

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

M.U. TO‘YCHIBOYEV

**BIOXIMIYA VA
SPORT BIOXIMIYASI**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan 5610500–, Sport faoliyati “ bakalavriat mutaxassisligi
bo‘yicha ta‘lim olayotgan talabalar uchun
darslik sifatida tavsiya etilgan*

**«TAFAKKUR BO‘STONI»
TOSHKENT– 2015**

UO‘K:577.1.196(0.75)

KBK28.072я73

T 95

M.U. To‘ychiboyev

Bioximiya va sport bioximiyasi: darslik–T: «Tafakkur bo‘stoni» 2015–
416 b

Taqrizchilar:

T.S.Soatov – *O‘zR FA akademigi, biologiya fanlari doktori, professor,*

B.A.Tashmuxeamedov – *O‘zR FA akademigi, biologiya fanlari doktori, professor.*

Mazkur darslik O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tasdiqlagan biokimyo fanining o‘quv dasturi asosida tayyorlangan. Darslik uch qismdan iborat. Birinchi “Statik biokimyo” qismida tirik organizmlarning tarkibiga kiradigan kimyoviy moddalarning tuzilishi (strukturasi), xossalari va biologik funksiyalari haqidagi zamonaviy ma’lumotlar keltirilgan. Ikkinchi “Dinamik biokimyo” qismida odam organizmida uning fiziologik funksiyalarining asosini tashkil qiladigan turli biokimyoviy jarayonlar haqidagi ma’lumotlar berilgan. Uchinchi “Sport biokimyosi” qismida esa turli jismoniy mashqlar bilan shug‘ullanganda odam organizmida unga javoban sodir bo‘ladigan biokimyoviy o‘zgarishlar va ularning qonuniyatlari bayon qilingan.

Ushbu darslik jismoniy tarbiya institutlari va boshqa barcha Oliy o‘quv yurtlari jismoniy tarbiya bakalavriyat yo‘nalishidagi talabalar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan biologiya yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalar ham foydalanishlari mumkin.

© «TAFAKKUR BO‘STONI», 2015 - y

© M.U. To‘ychiboyev, 2015 -y

© «Ilm Ziyο nashriyoti uyi», 2015-y

ISBN 978-9943-993-19-8

MUQADDIMA

XIX asrning ikkinchi yarmidan boshlab biologik kimyo o'zining predmeti va o'rganadigan uslublari bo'lgan mustaqil fan sifatida ajralib chiqa boshladi.

Biokimyo fanining haqiqiy rivojlanishi XX asrdan boshlandi, uning ko'pchilik sohalarida biologiya uchun juda muhim bo'lgan olamshumul yangiliklar birin-ketin ochila boshlandi. Ana shunday yangiliklarga nuklein kislotalar va oqsillarning strukturalarini rasshifrovka qilinishi, genetik informatsiyaning saqlanishi va nasldan-naslga uzatilish yo'llarining aniqlanishi, tirik organizmlarda energiyani boshqa tur energiyaga aylantirish mexanizmlarining aniqlanishi, qator gormonlar, vitaminlar va boshqa fiziologik faol moddalarning ta'sirining molekulyar mexanizmlarini ochilishi, moddalar va energiya almashinuv jarayonida hujayra struktura elementlari (organoidlar) ning rolini aniqlanishi va boshqalar kiradi.

Keyingi yillarda biokimyoning yangi bo'limlari – molekulyar biologiya, biotexnologiya, gen muhandisligi, klonlash va boshqalar bilan rivojlanmoqda.

Jismoniy tarbiya va sport sohasida yuqori malakali mutaxassis-larni tayyorlash odam organizmining hayot faoliyati jarayonlari haqidagi bilimlarni har tomonlama chuqur egallashni talab qiladi. Hayot faoliyatining namoyon bo'lishining barcha shakllari asosida biokimyoviy o'zgarishlar yotadi. Shuning uchun ham jismoniy tarbiya institutlarida biokimyo fanini o'qitish bo'lajak murabbiy va jismoniy tarbiya o'qituvchisini tayyorlashda muhim bosqichlardan biri hisoblanadi.

Jismoniy tarbiya va sport mashqlanishi biokimyoviy qonuniyat-larini bilish, sportning qaysi turi bilan shug'ullanishni to'g'ri tanlab olish, mashqlarning eng samarali vosita va uslublarni topish, ularning qo'llash natijalarini to'g'ri baholash va sport yutuqlarini oldindan aniq aytib berish masalalarini qat'iy ilmiy asosda hal qilishga yordam beradi.

Yuqorida ko'rsatilganidek, keyingi yillarda biokimyo fanining tez rivojlanishi, yangi eksperimental ma'lumotlarning to'planishi, bir qator muhim qonuniyatlarni o'rnatilishi, yangi konsepsiya va nazariyalarning paydo bo'lishi, birinchidan, jismoniy tarbiya institutlari uchun mavjud darsliklarni (N.N. Yakovlev. Bioximiya. 1974; V.V.,Menshikov, N.I.,Volkov I.K. Proskurina. Bioximiya. O'quv qo'llanma, 2001) ancha eskirib qolganligi va rus tilida bo'lishi va nihoyat uchinchidan, jismoniy tarbiya institutlari bakalavriat yo'nalishidagi talabalar uchun davlat tilida biron-bir davrslik yoki o'quv qo'llanma bo'lmaganligi sababli biokimyo fani sohasidagi bilimlarning zamonaviy darajasini yetarli, to'la miqyosda aks ettiradigan yangi darslikni tayyorlash va nashr etish zarurati tug'ildi.

Ushbu darslikni tayyorlash vaqtida bakalavriatlarda kimyo va biologiyaning maktab kursi hajmidagi kerakli maxsus tayyorgarlik borligi nazarda tutildi. O'quv materiallarini bayon qilishda odam organizmi a'zo va to'qimalarida sodir bo'ladigan biokimyoviy jarayonlarning funksional aspektlarini iloji boricha to'la yoritishga harakat qilindi. "Sport biokimyosi" bo'limida asosiy e'tibor muskul faoliyati uchun bevosita energiya manbayi bo'lib xizmat qiladigan anaerob va aerob bioenergetik mexanizmlarni ochish va boshqarish yo'llarini takomillashtirish, sportchilarning ratsional balanslashtirilgan ovqatlanishining asosiy prinsiplarini aniqlash, sport ish qobiliyatini oshirish yo'llari hamda vositalarini izlab topish va boshqalarga qaratilgan.

Biokimyo fani statik, dinamik va funksional biokimyolarga bo'linganligi sababli, ushbu darslik 3 qismdan iborat. "Statik biokimyo" qismida organizmning tarkibiga kiradigan kimyoviy birikmalarning tuzilishi, xossalari va biologik funksiyalari bayon qilingan. "Dinamik biokimyo"da tirik hujayralarda sodir bo'layotgan barcha kimyoviy reaksiyalar majmualari yoritilgan. "Sport biokimyosi" qismida esa turli jismoniy mashqlar ta'sirida odam organizmidagi biokimyoviy o'zgarishlarning umumiy qonuniyatlari bayon qilingan.

Darslikda muallif o'zining uzoq yillar davomida O'zbekiston Davlat jismoniy tarbiya institutida biokimyo fanidan o'qigan ma'ruzalar kursini asos qilib oldi.

Talabalar biokimyo fanini yaxshi o'zlashtirishlari uchun har bir mavzuning oxirida asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari, nazorat savollari va topshiriqlar keltirilgan.

Ushbu darslikni tayyorlashda qator mualliflarning, jumladan, V.V. Menshikov va N.I. Volkov, N.N. Yakovlev, I.K. Proskurina, T.T. Berezov va B.F. Korovkin, A.Leninjer, Ya.Musil, O.Novakova va K.Kunts, Yu.K. Vasilenko va boshqalarning kitoblaridagi jadval, rasm va grafiklardan foydalanilganligi uchun ularga samimiy minnatdorchilik bildiriladi.

Yuborgan tavsiya, ko'rsatgan kamchilik va mulohazalaringiz uchun oldindan samimiy minnatdorchilik bildiriladi.

Muallif

I. STATIK BIOKIMYO

1. Kirish

1.1. Biokimyo fani va uning jismoniy tarbiya va sport mutaxassislari uchun ahamiyati

Biokimyo – zamonaviy fiziko-kimyoviy biologiya fanining rivojlanayotgan tarmoqlaridan biri bo‘lib, u tirik organizmlarning tarkibiga kiradigan kimyoviy moddalarning tuzilishi, xossalari va biologik funksiyalarini, ularning hujayrada almashinuv jarayonlarini hamda ana shu almashinuv jarayonlarini a‘zo va to‘qimalarning fiziologik funksiyalari bilan bog‘liqligini o‘rganadi. Bunday ta‘rifdan kelib chiqadiki, biokimyo fani xuddi uchta mustaqil qismdan, ya’ni

- tirik organizmlarning, asosan kimyoviy tarkibi (kimyoviy tuzilishi, xossalari va biologik funksiyalari)ning tahlilini o‘rganadigan – *statik biokimyodan*;

- tirik hujayra (organizm)larda sodir bo‘layotgan barcha moddalar almashinuvi, kimyoviy reaksiyalarning majmuasini o‘rganadigan – *dinamik biokimyodan* va, nihoyat,

- alohida to‘qima va a‘zolarining hayot faoliyati asosida yotgan kimyoviy jarayonlarni va ularning spetsifik funksiyalarini namoyon bo‘lishini tekshiradigan – *funksional biokimyodan* tashkil topgan.

Sport biokimyosi funksional biokimyoning asosiy bir qismi bo‘lib, jismoniy mashqlar bilan shug‘ullanish jarayonida odam organizmida sodir bo‘ladigan biokimyoviy o‘zgarishlarning asosiy qonuniyatlarini hamda bir qator maxsus muammolarni, jumladan, sport mashqlanishlarining biokimyoviy asoslari, har xil quvvat va davomiylikdagi muskul ishlarining energiya ta‘minoti, har xil yoshdagi kishilar jismoniy mashqlar bilan shug‘ullanganda

biokimyoviy jarayonlarning sodir bo'lishini o'ziga xosligi va h.k. o'rganadi. Bulardan tashqari, jismoniy tarbiya va sport amaliyotida biokimyoviy nazorat sportchilarning holati, mashqlanganlik darajasi, mashqlanish yuklamalariga javoban organizmning reaksiyasi, tiklanish jarayonlarining borishi, mashqlanish va musobaqalar vaqtida maxsus dorivor va uslublarni qo'llashning samaradorligi va boshqalar haqida eng aniq ma'lumotlar beradi. Bularning hammasi jismoniy tarbiya va sport mutaxassislari – murabbiylari uchun muhim ahamiyatga ega.

Biokimyo fani shunday sport fanlari kompleksiga birlashtirilgan – sport fiziologiyasi, sport gigiyenasi, odamning muskul faolligi biologiyasi, sport morfologiyasi, jismoniy mashqlar biomexanikasi, sport tibbiyoti, sport psixologiyasi, sport farmakologiyasi va sport nazariyasi va uslubi kabi ilmiy fanlar orasida markaziy o'rinni egallaydi. Bu fanlar o'zaro bog'langan va bir-birlarini to'ldirib turadi.

1.2. Tirik organizmlarning elementar tarkibi, bioorganik molekulalarning tuzilishi va xossalari

Tirik organizmlarning kimyoviy elementar tarkibi o'lik tabiatning (jumladan tuproqning) tarkibidan jiddiy farq qiladi. Jumladan, hozirgi kungacha turli tirik organizmlarning tarkibida yer qobig'ida bor bo'lgan 100 dan ortiq kimyoviy elementlardan 40 tasi (ko'pincha 27 tasi) topilgan xolos. Bundan tashqari, tirik organizmlarda bu elementlarning o'zaro nisbati yer qobig'ida nisbatan butunlay boshqa. Masalan, tirik hujayralarning quruq moddasining 9,5 atom% – karbon (C), 1,4 atom% – azot (N), 25,5 atom% – kislorod (O) va 63 atom% – vodorod (H)ni tashkil qiladi (A.Lenindjer, 1985). Shu vaqtning o'zida yer qobig'ida karbon, vodorod va azotlarning hissasiga, hammasi bir bo'lib, yer qobig'ining umumiy massasining 1% dan kamrog'i to'g'ri keladi.

Bu elementlarni tirik organizmlardagi miqdoriga qarab uch guruhga bo'linadi:

- *asosiy elementlar (makroelementlar)* – C, O, H va N larning hissasiga 2 dan to 60 atom% gacha to'g'ri keladi. Bu elementlar universal ahamiyatga ega: ular tirik organizm tarkibiga kiradigan amalda barcha biomolekulalarning tuzilishi uchun ishlatiladi.

- *mikroelementlar* – natriy, magniy, fosfor, oltingugurt, xlor, kaliy va kalsiy tirik organizmlarda 0,1 dan to 0,02 atom% gacha bo'ladi. Ularning ko'pchiligi hujayralar va biologik suyuqliklarda ion shaklida uchraydi: Na^+ , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , SO_3^{2-} , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} . Bu ionlarning absolyut miqdori va balansi organizmda doimiy bir xil ushlab turiladi. Organizmning ion tarkibi ko'pincha dengiz suvining ion tarkibiga o'xshaydi. Bu, ehtimol, eng qadimgi okeanda birlamchi tirik organizmning paydo bo'lishi va rivojlanishi (akad. Oparinning yerda hayotni paydo bo'lishi nazariyasi) bilan bog'liq bo'lsa kerak.

- *ultramikroelementlar* – bor (B), selen (Se), vannadiy (W), temir (Fe), marganets (Mn), titan (Ti), kobolt (Co), mis (Cu), rux (Zn), molibden (Mo) – tirik organizmlarda juda kam miqdorda, ya'ni 0,001 atom% dan ham kam bo'ladi. Ular turli fermentlar va boshqa biologik faol moddalar (xlorofil, gemoglobin, mioglobin, sitoxromlar va h.k.) ning tarkibiga kirib, ularning biologik funksiyalarini amalga oshirishda muhim rol o'ynaydi. Masalan, temir (Fe^{2+}) ionlari gemoglobin, mioglobin oqsillarini va bir qator sitoxromlarni, mis (Cu^{2+}) ionlari xlorofilni tarkibiga kiradi va ularning biologik funksiyasini belgilaydi.

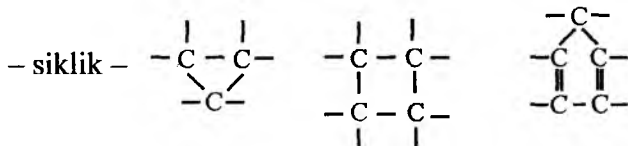
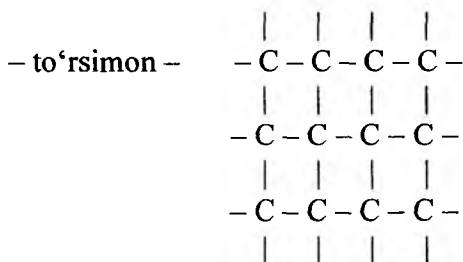
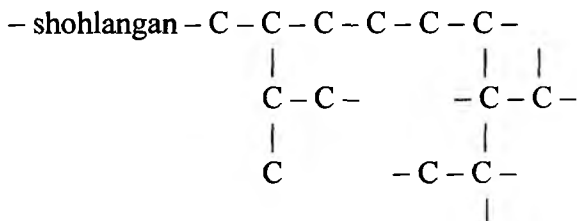
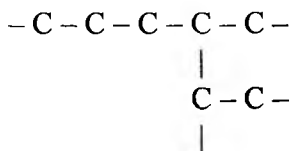
Tirik organizmlarning kimyoviy xususiyatlari ko'p darajada karbon atomlariga bog'liq. Karbon atomlari xuddi vodorod, kislorod, azot, fosfor va boshqa elementlarning atomlari kabi kimyoviy (*kovalent*) bog'larni, ya'ni ikkala birikayotgan atomlarga tegishli juft elektronlar bilan amalga oshirilayotgan mustahkam bog'larni hosil qilishi mumkin.

Biologik nuqtayi nazaridan karbon atomlarining faqat boshqa element atomlari bilangina emas, balki bir-birlari bilan o'zaro ta'sir qilib mustahkam *kovalent karbon-karbon* bog'lari ($-\text{C}-\text{C}-$, $-\text{C}=\text{C}-$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$) ni hosil qilish qobiliyati juda muhim ahamiyatga ega.

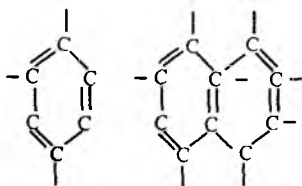
Har bir karbon atomi bitta, ikkita, uchta yoki to‘rtta karbon atomini biriktirib olishi mumkin.

Ana shu xususiyatlari tufayli kovalent bog‘langan karbon atomlari juda ko‘p (cheksiz) turli-tuman strukturalarni hosil qilish qobiliyatiga ega. Jumladan:

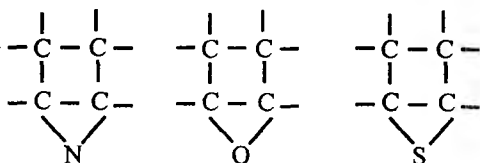
– to‘g‘ri chiziqli (atsiklik yoki alifatik) –



– aromatik –



– geterotsiklik –



yoki barcha strukturalarning turli-tuman kombinatsiyalari.

Ana shu barcha strukturalar juda ham turli-tuman tipdagi ko'p sonli organik molekulalarning skletlari asosida yotadi. Shunday karbon skletlariga boshqa element atom guruhlar, jumladan, H, O, N, S, P va boshqalar birikib olishi mumkin.

Kovalent bog'langan karbon atomlaridan skletlari bor moddalar *organik moddalar* deb ataladi, shu bilan birga amalda ularning xilma-xilligi cheksiz.

Karbon atomlaridan tuzilgan har xil strukturalar karbon atomlarining bo'sh qolgan bog'lari bilan vodorod atomlari birikib, organik moddalarning sinfi – *uglevodorodlarni* (karbogidrogenlarni) hosil qiladi.

Deyarli barcha organik moddalar (biomolekulalar) uglevodorodlarning hosilalari hisoblanadi.

Uglevodorodlarda bitta yoki bir nechta vodorod atomlarini har xil *funksional guruhlar* (spetsifik kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan atomlarning faol guruhi) bilan almashtirilishi mumkin. Natijada organik birikmalarning turli oilalari (sinflari) hosil bo'ladi. 1-jadvalda biorganik birikmalarning tarkibiga kirib, organik moddalarning turli oilalarini hosil qilgan bir qator funksional guruhlar keltirilgan.

**Biorganik birikmalarning tarkibiga kirgan
funktional guruhlar**

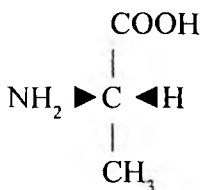
Funktional guruhlar	Struktura formulasi	Organik birikmalarining nomi	Tipik vakillari	Odatdagi nomi
- H	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Uglevodorodlar	$\begin{array}{c} \text{CH}_4 \\ \text{C}_2\text{H}_6 \\ \text{C}_3\text{H}_8 \end{array}$	Metan Etan Propan
- OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Spirtlar	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{OH} \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Metanol Etanol Propanol
- CHO	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}=\text{O} \end{array}$	Aldegidlar	$\begin{array}{c} \text{HCHO} \\ \text{CH}_3\text{CHO} \end{array}$	Formaldegid Atsetaldegid
$\begin{array}{c} \\ \text{CO} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}'-\text{C}-\text{R}'' \end{array}$	Ketonlar	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	Atseton
-COOH	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Karbon kislotalari	$\begin{array}{c} \text{HCOOH} \\ \text{CH}_3\text{COOH} \end{array}$	Chumoli kislotasi Sirka kislotasi
-CH ₂ OCH ₂ -	$\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{R}'' \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	Oddiy efirlar	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	Dietil efiri
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{R}'' \end{array}$	Murakkab efirlar	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	Etilsirka efiri
-CONH ₂	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	Amidlar	CH ₃ CONH ₂	Atseto-amid

$-\text{NH}_2$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{H} \end{array}$	Aminlar	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	Etilamin
$-\text{SH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{SH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Tiollar	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	Etantiol

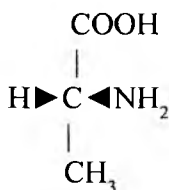
Jadvalda keltirilganlardan tashqari qator boshqa funksional guruhlar (metil-, etil, fosfat, fenil va h.k.)ni tutgan organik birikmalar ko'p.

Organik birikmalarning ana shu funksional guruhlari ularning fiziko-kimyoviy xususiyatlari va bajaradigan funksiyalarini belgilaydi. Ko'pchilik biomolekulalar ikki yoki bir necha funksional guruhlarni tutadi va shu sababli polifunksional xususiyatga ega bo'lishadi. Jumladan, aminokislotalar (misol uchun alanin – $\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$) karboksil ($-\text{COOH}$) va amino- ($-\text{NH}_2$) guruhlarni tutadi va shu sababli ular ham kislotalik, ham ishqorlik xususiyatlariga ega.

Organik biomolekulalarning yana bir xususiyati – bu karbon atomining tetraedrik strukturasiga bog'liq bo'lgan ko'pchilik biomolekulalarning *assimetriya* hodisasidir. Karbon atomlaridan bittasi to'rtta har xil atomlar yoki funksional guruhlar bilan bog'langan molekulalar bir-birini ko'zgudagi aksi bo'lgan ikkita har xil fazoviy konfiguratsiyaga ega bo'lishi mumkin. Bunday birikmalar – *assimetrik* yoki *optik izomerlar* deb ataladi. Ulardan qutblanish tekisligini bir yo'nalishda (chapga yoki o'ngga), ikkinchisi – qarama-qarshi yo'nalishda aylantiradi. Chapga aylantirganini – L-isomer, o'ngga aylantirganini – D-izomer deyiladi yoki moddalar oldiga L- yoki D- simvollarini yoziladi. Bunga aminokislota – alaninning molekulasini misol bo'la oladi.



L-alanin



D-alanin

Tirik organizmlarda biomolekulalar (makromolekulalar)ning asosiy sinflari to'rtta tipdagi kimyoviy birikmalardan iborat, ya'ni bular – oqsillar, nuklein kislotalar, lipidlar va uglevodlar (polisaxaridlar)dir. Bu birikmalar hujayrada juda yirik molekula hosil qiladi va ularning hissasiga tirik organizmlarning asosiy massasi to'g'ri keladi.

Oqsillar yoki proteinlar. “Protein” atamasi grekcha so'z “*proteios*”dan kelib chiqqan bo'lib, “birinchi” yoki “asosiy” ma'nosini bildiradi. “Oqsil” atamasi rus so'zi “белок”dan olingan bo'lib, tuxumning oq moddasidan olingan. Barcha organizmlarda oqsillar genlarning to'g'ridan-to'g'ri mahsulotlari va ularning ta'sir qilishining effektorlari hisoblanadi. Ko'pchilik oqsillar spetsifik katalitik faollikka ega va ferment sifatida ishlaydi. Boshqa tip oqsillar hujayra va to'qimalarda struktura elementlari vazifasini bajaradi. Bir qator oqsillar hujayra membranasida har xil gormonlar va boshqa biologik faol moddalarning spetsifik retseptorlari bo'lib xizmat qiladi. Umuman olganda, bajarayotgan funksiyalari bo'yicha oqsillar eng universal biomolekulalar hisoblanadi.

Nuklein kislotalar. DNK va RNK barcha tirik hujayralarda bir xil funksiyani, ya'ni genetik informatsiyani saqlash, nasldan-naslga uzatish va uni amalga oshirishni bajaradi. DNK – genetik informatsiyani saqlaydi, RNKning barcha turlari uni oqsillarni sintezlash jarayonida amalga oshiradi.

Lipidlar – ularga yog'lar va yog'simon moddalar kiradi, birinchidan, biologik membranalarning asosiy struktura komponenti

vazifasini bajaradi va, ikkinchidan, energiyaga boy bo'lgan "yonilg'i"ning zaxira formasi bo'lib xizmat qiladi.

Uglevodlar (polisaxaridlar) – asosan ikki funksiyani bajaradi. Ulardan biri, masalan, kraxmal zaxiradagi "yonilg'i" (energiya manbayi) sifatida hujayrani energiya bilan ta'minlaydi, holbuki boshqasi, jumladan, sellyuloza o'simlik hujayralarida hujayradan tashqarida (sellyuloza membranasi) struktura komponenti sifatida ishlatiladi. Hayvon va odam organizmlarida asosiy energiya manbayi bo'lib glikogen xizmat qiladi.

Biomolekulalarning ana shu to'rtta eng muhim sinflari (oilalari) bitta umumiy xossaga ega: ularning barchasi yuqori molekulyar massali nisbatan yirik strukturalarni tashkil qiladi va shu sababli *makromolekulalar* deb ataladi. Har xil oqsillarning molekulyar massalari 6000 dan 1000000 daltongacha bo'ladi; ba'zi bir nuklein kislotalar (DNK)ning molekulyar massasi bir necha milliard daltongacha yetadi; polisaxaridlar (kraxmal, glikogen)ning molekulyar massasi ham yuqori bo'lib, bir necha million daltongacha boradi. Ayrim lipidlarning molekularini o'lcham va molekulyar massalari ancha kichik (50–1500 Da). Lekin, odatda, lipidlarning molekulari bir-birlari bilan qo'shib, juda yirik strukturalarni hosil qiladi va ular minglab molekulalardan tashkil topgan bo'lib, makromolekula sistemalari (biomembranalar) sifatida ishlaydi.

Boshqa tomondan olganda, ana shu murakkab strukturalarning tuzilishi juda ham oddiy prinsipga asoslangan, ya'ni, birinchidan, ana shu strukturalarni hosil qilishda qurilish bloklari sifatida oddiy molekularlar ishlatiladi va, ikkinchidan, organizmlarning barcha turlarida bu molekularlarning soni ko'p emas va xuddi o'sha tuzilishga ega. Masalan, oqsillarda qurilish bloklari bo'lib, 20 xil aminokislota xizmat qiladi.

Oqsillarning uzun polipeptid zanjirlari har xil ketma-ketlikda joylashgan 20 xil aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan. Nuklein kislotalarning molekulari esa bor-yo'g'i 4 xil nukleidlardan tuzilgan. To'g'ri, ularning soni 5 ta, lekin DNK molekulasi kiradi 4 – A, G, S va T, RNKga esa – A, G, S va U.

Polisaxaridlar, aniqrog'i gomopolisaxaridlar (kraxmal, sel-lyuloza, glikogen)ning molekulari bitta tipdagi qurilish blokidan – glyukoza qoldiqlaridan tuzilgan uzun to'g'ri chiziqli yoki shoxlangan zanjirlardan, yoki boshqa hollarda ikkita tip blokni almashlanib turishidan (glyukoza – fruktoza yoki glyukoza – galaktoza) hosil bo'lgan geteropolisaxaridlardir.

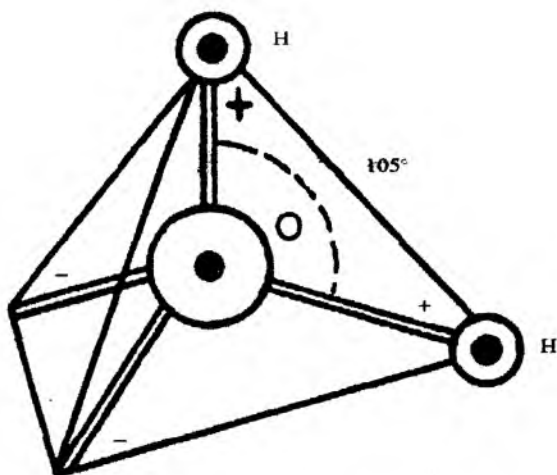
Shunday qilib, tirik organizmlarning quruq organik moddalarining 90% dan ko'prog'ini atigi 30–40 har xil tur oddiy organik molekulalardan tuzilgan minglab turli-tuman makromolekulalar tashkil qiladi.

1.3. Suvning xossalari va organizmning suv-dispers sistemalari

Hayotning asosi – oqsillar qatorida suv tirik organizmlarning eng muhim qismi hisoblanadi. Odatda, suvni obi-hayot deyishadi. Uning miqdori tana og'irligining 65% ini tashkil qiladi. Ko'pchilik dengiz hayvonlarida (jumladan, meduzalarda) yoki hasharotlarning tuxumdan chiqqan qurtlarida u 90% dan ortiqroqqa yetadi.

Suv – tirik organizmda asosiy erituvchi. Organizmda suvning g'oyat katta roli uning molekulasini o'ziga xos tuzilish xususiyatlari bilan belgilanadi. Suvda vodorod va kislorodning atomlari bir-birlari bilan kovalent bog'lar bilan bog'langan. Elektr zaryadlari suv molekulasida bir me'yorda (bab-baravar) taqsimlanmagan: unda ikkita “tortilish markazi” musbat (vodorodda) va ikkita markaz manfiy (kislorodda) zaryadga ega. Ana shu markazlar tetraedra konfiguratsiyasini hosil qiladi (1-rasm). Shu sababli suvning molekulasini *dipol* hisoblanadi.

Suvning dipollari bir-birlari bilan vodorod bog'larini hosil qilishi mumkin. Bu molekulalarni agregatlar tarkibiga birlashtirishga olib keladi $[(H_2O)_n]$. Bunday tarkibdagi agregatlar, o'z navbatida, murakkab muksimon strukturalarni hosil qilishi mumkin.



1-rasm. Suv molekulasi tetroedrik modeli

Suv molekulasi bunday assotsiatsiyalari uning kimyoviy xususiyatlarini o'zgartirmaydi, chunki vodorod bog'lari uncha mustahkam emas; fizikaviy xususiyatlari esa kuchli o'zgaradi. Jumladan, erituvchilik qobiliyati keskin oshadi. Suv molekullari polyar va ion tipdagi moddalarni yaxshi eritadi, nopolyar molekullarni esa yomon eritadi.

Suyuq suvda tetraedrik formaga ega bo'lgan molekullarning agregatlari ko'proq bo'ladi.

Suvning kristallsimon (muzsimon) strukturasi tirik organizmlar uchun shunday muhim bo'lgan xususiyat – erishning yuqori yashiringan issiqligi va parchlanishni tushuntirib beradi. Odam organizmi teri yuzasidan suvni bug'lanib turishi, qizib ketishdan saqlaydi; suvning yuqori issiqlik sig'imi issiqlikni qisqa muddatli mahalliy ajralishida tana hujayralarini shikastlanishdan saqlaydi.

Suvning dipoli faqat o'zarogina emas, balki moddalarning polyar molekullari bilan ham ta'sir qilish qobiliyatiga ega. Bu jarayon moddalarning *gidratatsiyasi* nomini olgan. Gidratatsiya vaqtida elektr zaryadlarining orasidagi o'zaro ta'sir keskin bo'shashadi.

Gidratatsiya – moddalarning kristallarini to ion, molekula yoki molekulalarning agregat(zarracha)igacha dispergirlash (maydaylash) ga olib keladi. Natijada dispers sistemalarining har xil turlari hosil bo‘ladi.

Eritmalar va ularning konsentratsiyasi. Tirik organizmlarda asosiy erituvchi bo‘lib suv xizmat qiladi. Suvda anorganik va organik moddalar eriydi. Moddalar o‘zlarining suvda eruvchanligi bo‘yicha yaxshi eriydigan, yomon eriydigan va umuman erimaydigan moddalarga bo‘linadi.

Ma’lum og‘irlik yoki hajm eritmada erigan moddaning miqdori uning *konsentratsiyasi* deyiladi. Konsentratsiyaning ikki turi mavjud: og‘irlik va hajm konsentratsiyalari.

Og‘irlik konsentratsiyasi – bu foizli konsentratsiya bo‘lib, 100 g eritmada erigan moddalarning grammlar sonini bildiradi. Masalan, osh tuzining (NaCl) 10% li eritmasi deyilganda 100 g eritmada 10 g NaCl tuzi borligini tushunamiz.

Hajm konsentratsiyasi o‘z navbatida ikki turga bo‘linadi: molyar va normal konsentratsiyalar va katta “M” va kichik “n” harflari bilan belgilanadi.

Molyar konsentratsiya – bu bir litr eritmada erigan moddalarning gramm molekula (GM) soni. Masalan, NaCl yoki H_2SO_4 larning 1 M eritmasi deyilganda 1 l eritmada 58,5 g NaCl yoki 98 g H_2SO_4 eriganini tushunamiz.

Normal konsentratsiya esa – bu bir litr eritmada erigan

moddalarning *gekv* (grammekivalent) soni ($gekv = \frac{GM}{n}$,

n =moddaning asoslar soni). Masalan, osh tuzi, sulfat va fosfat kislotalarining 1 n eritmalarida NaCl bir asosli kislotaning tuzi bo‘lganligi uchun $n=1$ bo‘ladi va 1 $gekv=58,5$ g ga teng bo‘ladi; sulfat kislotasi ikki asosli bo‘lgani uchun ($n=2$), uning 1 $gekv = 49$ g ga teng bo‘ladi va, nihoyat, fosfat kislotasi uch asosli ($n=3$) va uning 1 $gekv=32,67$ g ga teng. Bir gramm eritmada erigan moddalarning gramm soniga *eritmaning titri* deyiladi. Biokimyoviy

laboratoriyalarda eritmalarning, asosan, normal konsentratsiyasidan ko'proq foydalaniladi.

Suvning elektrolitik dissotsiatsiyasi. Suvning molekulasida ham elektrolitik dissotsiatsiya – vodorod va gidroksil ionlariga parchalanish qobiliyatiga ($H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$) ega, (lekin juda ham kam darajada). Jumladan, 55 mln suv molekularidan oddiy sharoitda 22°C haroratda 1 molekula suv dissotsiatsiyalangan bo'ladi, xolos.

Suvning maksimal dissotsiatsiyasida H^+ va OH^- ionlari konsentratsiyalarining dissotsiatsiyalanmagan suv molekularining konsentratsiyasiga bo'lgan nisbati doimiy qiymat bo'lib, *dissotsiatsiya konstantasi* deb ataladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

Elektrolitning erigan molekularini qancha qismi ionlarga parcha-langanligini ko'rsatadigan qiymat *dissotsiatsiya darajasi* (α) deb ataladi.

$$\alpha = \frac{\text{ionlarga parchalangan molekular soni}}{\text{erigan molekularning umumiy soni}}$$

Dissotsiatsiya darajasi foizlarda ifodalanishi mumkin.

Dissotsiatsiya darajasi 0,1 n eritmalarida 30% va undan ko'proqni tashkil qiladigan eritmalar *kuchli elektrolitlar*, 3–30% gacha dissotsiatsiyalanganlar – *o'rta kuchli elektrolitlar* va 3% dan kamroqqa dissotsiatsiyalanganlari – *kuchsiz elektrolitlar* deb ataladi. Odatda, eritmaning bir xil harorat va konsentratsiyasida erigan moddalarning polyarligi qancha katta bo'lsa, dissotsiatsiyalanish darajasi ham shuncha katta bo'ladi.

Organizmning suv-dispers sistemalari. Suv organizmning suyuq dispers sistemalari – qon, limfa, siydik, oshqozon va ichak shiralari, sinoval va orqa miya suyuqliklari, hujayra va hujayralararo

suyuqliklarining asosini tashkil qiladi. *Dispers sistemasi* deb bir (yoki bir necha) moddaning maydalangan kichik zarrachalari ikkinchi moddaning massasida ma'lum darajada bir me'yorda tarqalgan sistemaga aytiladi. Maydalangan modda – *dispers faza* deb ataladi. Dispers fazaning zarrachalari tarqalgan moddani *dispersion muhit* deyiladi. Organizmning ko'pchilik suyuq dispers sistemalarida suv dispersion muhiti bo'lib xizmat qiladi. Oqsil va lipidlardan tashkil topgan hujayra membranalarida suv dispers faza rolini o'ynaydi. Disperslik darajasi (ya'ni, dispers faza zarrachalarining o'lchami) bo'yicha chin eritmalar, kolloid eritmalar va suspenziya (emulsiya) ga bo'linadi.

Agar dispers faza to molekula yoki ionlargacha maydalangan (parchalangan) bo'lsa, sistema – *chin eritma* deyiladi. Chin eritmalar gomogen (bir jinsli), tiniq, dispersion muhit va dispers fazalari zarrachalarining o'rtasida bo'linish yuzasi bo'lmaydi. Chin eritmalariga – ko'pchilik mineral va organik kislotalar hamda ularning tuzlari, kichik molekulali organik birikmalar – monosaxaridlar, siydikchil, spirtlar, aldegid va ketonlarning eritmaları misol bo'la oladi.

Dispers fazasining moddalari zarrachalarining o'lchami 0,1 mikrondan katta bo'lgan sistemalar *suspenziyalar* yoki *emulsiyalar* deb ataladi. Agar dispers fazaning zarrachalari qattiq moddadan tashkil topgan bo'lsa, sistema *suspenziya* deb ataladi; bordi-yu, dispers faza zarrachalari suyuq modda bo'lsa – *emulsiya* deyiladi. Tirik organizmlarda ko'proq tarqalgan yog'lar va yog'simon moddalarning suvli emulsiyasi hisoblanadi.

Chin eritmalar va suspenziyalar (emulsiyalar) qatorida dispers sistemalariga *kolloid eritmalar* ham kiradi. Ularda dispers faza ko'pgina kichik molekulalarning agregatlari yoki o'lchami juda katta molekulalar (makromolekulalar) shaklida bo'ladi. Organizmda bular birinchi navbatda oqsillar va polisaxarid – glikogen molekulalari.

Kolloid eritmalar dispers fazasi zarrachalarining o'lchamlari 0,1 dan 0,001 mikrongacha bo'ladi.

Dispers faza zarrachalarini dispersion muhit bilan o'zaro ta'sir qilish xarakteriga qarab kolloid eritmalarini (agar muhit suv bo'lsa) gidrofob va gidrofil eritmalariga ajratiladi. Gidrofob kolloid eritmalar bo'linish fazasining keskin ifodalangan yuzasiga va kam chidamlilikka (turg'unlikka) ega, qo'shilayotgan elektrolitlar ta'sirida oson parchalanadi, shu bilan birga tushayotgan cho'kmalar zich, kompakt va struktura hosil qilmaydi. Gidrofil kolloid eritmalar ko'proq barqaror, ular dispers faza zarrachalari dispersion muhit bilan zichroq bog'langan, shuning uchun ular ilvira hosil qilish qobiliyatiga ega.

Gidrofil kolloid eritmalar biokimyo uchun muhim ahamiyatga ega, chunki organizmning barcha to'qimalari va ko'pchilik suyuqliklari (qon zardobi, limfa, so'lak, sut) oqsillarning gidrofil kolloid eritmalarini hisoblanadi.

Dispers sistemalarining ba'zi bir xususiyatlari (rang, solishtirma og'irligi, tiniqligi, elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi va h.k.) dispers faza va dispersion muhitning kimyoviy tabiatiga, boshqalari (qaynash va muzlash harorati, diffuziya tezligi, osmotik bosimi va h.k.) faqat dispers faza va dispersion muhit zarrachalarining konsentratsiyasiga bog'liq.

Diffuziya. Organizmning hayot faoliyati jarayonida diffuziya hodisasi katta ahamiyatga ega. Qaysi bir moddaning eritganda uning molekullari (yoki ionlari) erituvchi molekulasining issiqlik harakatiga jalb qilinib, sekin-asta erituvchining barcha hajmiga tarqalib ketadi. Bu tarqalish erigan moddaning kam konsentratsiyasi tomon sodir bo'ladi va *diffuziya* nomi bilan yuritiladi.

Boshqacha aytganda, diffuziya – dispers faza va dispersoin muhitlari zarrachalarining harakati bo'lib, dispers sistemaning butun hajmi bo'yicha ularning konsentratsiyasini o'z-o'zidan tenglashga olib keladi, undan so'ng muvozanat holati o'rtnashadi.

Agar erigan moddaga (dispers fazaga) boshqa hech qanday omillar ta'sir qilmasa, u o'zining yuqoriroq konsentratsiyali doirasidan kamroq konsentratsiyali doirasiga qarab harakat qiladi. Diffuziya

tezligi – sistemaning ko‘ndalang kesimi maydoniga, konsentratsiya gradiyentining qiymatiga (katta-kichikligiga), sistemaning absolyut haroratiga to‘g‘ri proporsional va harakatlanayotgan zarrachalarning katta-kichikligi va erituvchining yopishqoqligiga teskari proporsional bo‘ladi. Muskul ish vaqtida to‘qimalarda haroratni oshishi natijasida diffuziya tezligi keskin oshadi.

Normal hayot faoliyati uchun suyuq muhitlarda faqat diffuziyaning ma‘lum tezligigina emas, balki hujayra membranalar orqali moddalarning tashilish tezligi ham zarur. Barcha muhokama qilingan diffuziya qonuniyatlari “*passiv*” diffuziyaga tegishli. Lekin, organizmda maxsus moddalar – **tashuvchilar** ishtirokida “*osonlashtirilgan*” diffuziya ham bo‘lishi mumkin. Bulardan tashqari, organizmda yana “*faol transport*” bor bo‘lib, unda moddalar hujayra yoki hujayra organoidlari membranalar orqali kam konsentratsiyadan yuqori konsentratsiyaga, ya‘ni konsentratsiya gradiyentiga qarshi energiya sarf qilish yo‘li bilan tashiladi.

Osmos va osmotik bosim. Barcha tip biologik membranalar (sitoplazmatik membrana, hujayra organoidlarining membranalar) yarim o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega, ya‘ni ular ko‘pchilik erigan moddalarni yoki umuman o‘tkazmaydi, yoki juda kam o‘tkazadi va erituvchi, ya‘ni suv bunday membranalar orqali hech qanday to‘siqsiz bemaol harakat qila oladi. Erituvchi (suv) membrana orqali ikki yo‘nalishda harakat qiladi, lekin uning erigan moddaning yuqori konsentratsiyasi va kam erituvchi bo‘lgan eritma tomonga harakat tezligi qarama-qarshi tomonga yo‘nalish tezligidan ancha yuqori bo‘ladi. Yarimo‘tkazuvchan membrana orqali erituvchining bir tomonlama diffuziyasi *osmos* nomini olgan. Har qanday diffuziya kabi osmos ham membrana bilan ajratilgan eritmalarni konsentratsiyasini baravrlashtirishga olib keladi. Bunday holatda *osmotik muvozanat* o‘rnatiladi, membrana orqali har ikkala yo‘nalishda harakatlanayotgan erituvchining miqdori tenglashadi.

Osmosni chaqirayotgan kuch *osmotik bosim* nomini olgan. Osmotik bosimning qiymati – eritmaning ma‘lum hajm birligida

erigan zarrachalarning miqdoriga va ularning harakatlanish tezligiga bog'liq (zarrachalarning o'lchami va ularning elektrik zaryadlari ahamiyatga ega emas). Osmotik bosimni $p_{osm}=CRT$ formulasi bo'yicha hisoblash mumkin (p_{osm} – osmotik bosim; C – eritmaning molyar konsentratsiyasi; R – gaz konstantasi – $0,082 \text{ l.atm/grad.mol}$; T – absolyut harorat ($^{\circ}\text{C}+273^{\circ}$)).

Bir xil sharoitda erigan modda zarrachalari konsentratsiyasi teng bo'lgan eritmalar *izotonik* eritmalar deb ataladi. Har xil osmotik bosimli eritmalar –*anizotonik eritmalar* deyiladi. Ikkita anizotonik eritmalaridan osmotik bosimi kamrog'i *gipotonik* va ko'prog'i *gipertonik eritma* deb ataladi.

Agar tirik hujayrani izotonik eritma (jumladan, NaCl ning 0,15 M eritmasi) o'rab olgan bo'lsa, u bilan hujayra o'rtasida osmotik muvozanat bo'ladi va hujayra hech qanday o'zgarishga uchramaydi. Bordi-yu hujayra ichi osmotik bosimi tashqari – hujayralararo bo'shlig'i osmotik bosimidan bir oz yuqoriroq bo'lsa, hujayra *turgor* deb nomlangan o'zi uchun normal holatga o'tadi. Lekin, hujayra ichi osmos bosimining keskin oshishi, hujayra ichiga suvni ortiqcha kirishi uning funksiyalarini buzilishiga va hatto membrana qobig'ining yorilishiga, ya'ni hujayraning halokatiga (lizisiga) olib keladi. Qon hujayralari, jumladan, eritrotsitlar uchun bu jarayon *gemoliz* deb ataladi. Agar tashqi eritmaning osmotik bosimi hujayra ichi osmotik bosimidan katta bo'lsa, hujayradan ko'p miqdorda suv chiqadi. Buning natijasida hujayraning protoplazmasi *plazmolizga* uchraydi, ya'ni qisilib, bujmayib qoladi. Uzoq davom etgan shunday holatda hujayraning funksiyasi buziladi va u halok bo'ladi. Plazmoliz organizmni chanqashdan halok bo'lishini (issiq cho'llarda uzoq suvsiz qolgan sharoitlarda) sabablaridan biri bo'lishi mumkin.

Eritmalarning faol reaksiyasi. Organizmning suv-dispers sistemalarining xususiyatlari va biologik roli ulardagi vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyasiga kuchli bog'langan. Amaliyotda qabul qilinishicha, eritmalarning kislotalik va ishqorlik xususiyatlarini vodorod ionlarining konsentratsiyasi bilan

ifodalanadi va uni ***muhitning faol reaksiyasi*** deb ataladi. Shu bilan birga, vodorod ionlarining haqiqiy konsentratsiyasi juda ham kichik son (10^{-7} g.ion/l) bo'lganligi sababli uni teskari manfiy logarifmidan foydalanib, bu qiymatni *vodorod ko'rsatkichi* deb ataladi va pH simvoli bilan belgilanadi.

Vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyalari teng bo'lgan eritmalar *neytral eritmalar* deyiladi. Agar vodorod ionlari gidroksil ionlariga nisbatan ko'p bo'lsa, bunday eritmalar muhit kislotalik bo'ladi. Bordi-yu, vodorod ionlarining konsentratsiyasi gidroksil ionlarinikidan kam bo'lsa, bunday eritmalar ishqoriy muhitga ega bo'ladi. Toza suv muhitning neytral reaksiyasiga ega.

Eritmalarda $\text{pH} = 0 \leftarrow 7 \rightarrow 14$ gacha bo'ladi. Demak, $\text{pH} = 7$ neytral, pH 7 dan 14 ga eritmaning ishqorlik xususiyati oshib boradi, 7 dan 0 ga qarab kislotalik xususiyati oshib boradi. Eritmada vodorod va gidroksillarning konsentratsiyasini yig'indisi – H^+ (10^{-7} g.ion/l) + OH^- (10^{-7} g.ion/l) = 10^{-14} g.ion/l ga teng bo'ladi va ulardan birining miqdori o'zgarsa, ikkinchisining ham o'zgaradi, lekin yig'indisi (10^{-14} g.ion/l) doimiy bo'lib, o'zgarmaydi. Masalan, H^+ konsentratsiyasi 10^{-4} g.ion/l bo'lsa, OH^- konsentratsiyasi 10^{-10} g.ion/l ga teng bo'ladi yoki H^+ 10^{-6} g.ion/l bo'lsa, OH^- 10^{-8} g.ion/l bo'ladi va hokazolar.

Muhitning faol reaksiyasi organizmning hayot faoliyatini ta'minlaydigan deyarli barcha kimyoviy reaksiyalarni sodir bo'lishi uchun juda katta ahamiyatga ega. Organizmning moddalar almashinuvi – anabolizm va katabolizm jarayonlari, moddalarning oshqozon-ichak yo'lida so'rilishi, fermentlarning faolligini o'zgarishi, biologik membranalarning o'tkazuvchanligi va boshqa biokimyoviy jarayonlar hujayra, hujayralararo suyuqligi, qon va boshqa biologik suyuqliklarning faol reaksiyasiga bog'liq bo'ladi.

Eritmalarining buferlik ta'siri va organizmning bufer sistemalari. Moddalar almashinuvi jarayonida doimo kislotalik yoki ishqoriy xarakterga ega bo'lgan oraliq moddalar hosil bo'lib turadi, natijada ular organizmning ichki muhit faol reaksiyasini keskin o'zgartirishi kerak edi. Lekin, bunday o'zgarishlar yoki aslo sodir bo'lmaydi, yoki pH ko'rsatkichini bir oz o'zgarishi kuzatiladi,

xolos. Buni organizmda buferlik ta'siriga ega bo'lgan eritmalarning bo'lishi bilan tushuntirish mumkin.

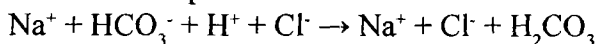
Eritmalarning *buferlik ta'siri* – bu eritmalarni ortiqcha vodorod va gidroksil ionlarini bog'lab olish va ularni kuchsiz dissotsiatsiyanadigan molekulalarga (suvda erimaydigan yoki yomon eriydigan molekulalarga yoki suvga) aylantirish qobiliyatidir.

Tipik bufer sistemalari – bu kuchsiz kislotalar eritmalarini ularning kuchli asoslar bilan bergan tuzlari eritmalarining aralashmasi yoki kuchsiz asoslar eritmalarini ularning kuchli kislotalardan tuzlari eritmalarining aralashmasidir.

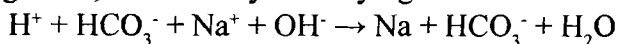
Tirik organizmlarning ko'proq tarqalgan bufer sistemalariga kiradi:

1. Bikarbonat buferi – $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$
2. Fosfat buferi – $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$
3. Atsetat buferi – $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$
4. Oqsil buferi – oqsil – kislota + oqsil – tuz
5. Ammoniy buferi – $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$

Eritmalarning buferlik ta'sirini asosiy mohiyati shundan iboratki, qo'shilgan vodorod va gidroksil ionlar bufer sistemasi bilan bog'lanib, dissotsiatsiyanmaydigan kislota (yoki asos)larni yoki suvni hosil qiladi. Jumladan, bikarbonat bufer sistemasiga kuchli kislota (HCl) qo'shilsa, H^+ ioni bikarbonat (HCO_3^-) ionini bilan bog'lanib, juda yomon dissotsiyanadigan karbonat (H_2CO_3) kislotasini hosil qiladi:



Kuchli ishqorni (NaOH) qo'shilganda gidroksil ionini bilan bog'lanib, dissotsiatsiyanmaydigan suv molekulasini hosil qiladi:



Boshqa bufer sistemalari ham xuddi shu prinsipda ta'sir qiladi. Lekin, eritmalarning buferlik ta'siri cheksiz emas, balki har bir bufer sistemaning o'zini ma'lum bir chegarasi bor. Agar juda ko'p kuchli kislota yoki ishqorni qo'shilganda eritmaning pH i o'zgaradi va buferlik ta'siri yo'qoladi. Eritmalarning buferlik ta'sirini miqdoriy ifodasi ularning *buferlik hajmi* deb ataladi. U 1 litr eritmani pH

ni 1 ga o'zgartirish uchun ketgan kuchli kislota yoki ishqorni grammekvivalentlar (*gekv*) soni bilan o'lchanadi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Kovalent (kimyoviy) bog' – ikkala birikayotgan atomlarga tegishli juft elektronlar bilan amalga oshadigan mustahkam kimyoviy bog' ($-C-C-$, $-N-C-$, $-C-O-$, $-C-S-$ va h.k.).

Vodorod bog'i – dipollarni o'zaro ta'sirida hosil bo'lgan bog' ($-C=O \dots H-N-$; $-N-H \dots O=C-$; $-O-H \dots O=C$ va boshqalar).

Disulfid bog'i – ikkita sulfide ($-SH$) guruhi orasida hosil bo'ladigan bog' ($-S-S-$).

Ion bog'i (yoki o'zaro elektrostatik ta'sir) – ikkita polyar guruhlar (" $+$ " va " $-$ ")ning o'zaro ta'siri.

O'zaro gidrofob ta'siri – ikkita gidrofob guruhlarini o'zaro ta'sir (tortish) kuchi.

Eritmaning konsentratsiyasi – ma'lum og'irlik yoki hajm eritmada erigan moddaning miqdori.

Og'irlik (yoki foizli) konsentratsiyasi – 100 g eritmada erigan moddaning grammlar soni.

Molyar konsentratsiya – 1 l eritmada erigan moddalarning gramm-molekula (*GM*) soni.

Normal konsentratsiya – 1 l eritmada erigan moddalarning gramm-ekvivalent (*gekv*) soni.

Elektrolitik dissotsiatsiya – moddalarning eritma (suv)da ionlarga (kation va anionlarga) parchalanishi.

Dispers sistema – bir (yoki bir necha) moddaning maydalangan kichik zarrachalarini ikkinchi moddaning massasida ma'lum darajada bir me'yorda tarqalgan sistemasi.

Dispers faza – maydalangan modda (moddalar)ning zarrachalari.

Dispersion muhit – dispers fazaning maydalangan zarrachalari tarqalgan modda.

Chin eritma – dispers faza to molekula yoki ionlargacha maydalangan (parchalangan) sistemalar.

Suspenziya – dispers fazaning zarrachalari (0,1 mikrondan katta) qattiq moddadan tashkil topgan sistemalar.

Emulsiya – dispers faza zarrachalari suyuq moddalardan tashkil topgan sistemalar.

Kolloid eritma – dispers fazasi ko'pgina kichik molekulalarning agregatlari yoki o'lchami juda katta (0,1 dan 0,001 mikrongacha) bo'lgan molekulalar (makromolekulalar – polisaxaridlar, oqsillar) shaklidagi sistemalar.

Diffuziya – dispers faza va dispersion muhitlari zarrachalarining harakati bo'lib, dispers faza zarrachalari yuqori konsentratsiyadan past konsentratsiyaga qarab, dispersion muhit zarrachalari, aksincha, dispers fazaning yuqori konsentratsiyasiga tomon harakatlanishi.

Osmos – yarimo'tkazuvchan membrana orqali erituvchining bir tomonlama diffuziyasi (harakati).

Osmotik bosim – osmosni chaqirayotgan kuch.

Izotonik eritma – bir xil sharoitda erigan modda zarrachalari konsentratsiyasi teng bo'lgan eritmalar.

Anizotonik eritma – har xil osmotik bosimli eritmalar.

Gipertonik eritma – ikkita anizotonik eritmadan osmotik bosimi katta eritma.

Gipotonik eritma – ikkita anizotonik eritmadan osmotik bosimi kichik eritma.

Muhitning faol reaksiyasi – eritmalarning kislotalik va ishqorlik xususiyatlari, ya'ni vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyasi.

Vodorod ko'rsatkichi (pH) – vodorod ionlari konsentratsiyasining teskari manfiy logarifmi.

Eritmalarning buferlik ta'siri – eritmalarni ortiqcha vodorod va gidroksil ionlarini bog'lab olishi va ularni kuchsiz (yomon) dissotsiatsiyalanadigan molekulalarga (suvda yomon eriydigan yoki erimaydigan) yoki suvga aylantirish qobiliyati.

Eritmalarning buferlik hajmi – 1 l eritmani pH ni 1 ga o'zgartirish uchun sarflangan kuchli kislota yoki ishqorning grammekvivalentlar (*gekv*) soni.

Savollar va topshiriqlar

1. *Biokimyo fani nimani o'rgatadi?*
2. *Biokimyo fanining jismoniy tarbiya va sport mutaxassislari uchun qanday ahamiyati bor?*
3. *Tirik organizmlarning elementar tarkibiga qisqacha xarakteristika bering.*
4. *Karbon atomlari qanday unikal xususiyatga ega va uning biologik ahamiyati nimadan iborat?*
5. *Qanday moddalarni organik moddalar deb ataladi?*
6. *Karbon atomlari o'zaro kovalent bog'lar bilan bog'lanib qanday turli-tuman strukturalarni hosil qilishi mumkin?*
7. *Uglevodorodlarda bir yoki bir necha vodorod atomlarini har xil funksional guruhlari bilan almashinishi natijasida organik moddalarning qanday oilalari (sinflari) hosil bo'ladi?*
8. *Tirik organizmlarning asosini tashkil qilgan biomolekulalar (makromolekulalar)ga qaysi oila moddalari kiradi va ularga qisqacha xarakteristika bering.*
9. *Makromolekulalar qanday xususiyatlari bilan bir-birlariga o'xshaydi?*
10. *Eritmalarning konsentratsiyasi deganda nimani tushunasiz va uning qanday turlarini bilasiz?*
11. *Foizli, molyar va normal konsentratsiyalarni ifodalab bering.*
12. *Dispers sistema nima va uning qaysi qismlarini dispers faza va dispersion muhit deb ataladi?*
13. *Tirik organizmlarning qanday asosiy suv-dispers sistemalarini bilasiz?*
14. *Qanday eritmalarini chin va kolloid eritmalar, qaysi birlarini suspenziya yoki emulsiyalar deb ataladi?*
15. *Diffuziya, osmos va osmotik bosim nima?*
16. *"Muhitning faol reaksiyasi" tushunchasini ifodalab bering. Eritmaning vodorod ko'rsatkichi (pH) nima?*
17. *Eritmalarning buferlik ta'siri deganda nimani tushunasiz va uning qanday ahamiyati bor?*
18. *Odam organizmining tipik bufer sistemalarini sanab bering.*

2. UGLEVODLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

2.1. Uglevodlarning umumiy xarakteristikasi

Uglevodlar – oqsillar va lipidlar bilan bir qatorda tirik organizmlarning eng muhim kimyoviy birikmalaridan hisoblanadi. Odam va hayvonlar organizmida uglevodlar g'oyat muhim funksiyalarni bajaradi:

- eng avvalo, energetik funksiyani, ya'ni hujayraning asosiy energiya manbai hisoblanadi;
- struktura funksiyasini (ko'pchilik hujayra strukturalarining doimiy komponenti);
- himoya funksiyasini (immunoglobulinlarning uglevod komponentlari bo'lib, immunitetni ushlab turishda qatnashishi).

Bulardan tashqari, barcha boshqa sinf organik birikmalarining biosintezi uchun uglevodlar yoki ularning almashinuvini oralik moddalari – metabolitlar birlamchi xomashyo bo'lib xizmat qiladi. Uglevodlar hujayraning genetik materiali – nuklein kislotalar (DNK va RNK)ning nukleotidlarini doimiy komponenti hisoblanadi. Qolaversa uglevodlar organizmning metabolizmida nihoyatda muhim rol o'ynaydigan nukleotid kofermentlarning komponentlarini tarkibiga hamda organizmda murakkab va muhim vazifalarni bajaradigan ko'pchilik murakkab biopolimerlar – glikoproteidlar, glikopeptidlar, glikolipidlar, glikonukleoproteidlar va boshqalarning tarkibiga kiradi.

Uglevodlar barcha tirik organizmlarning tarkibiga kiradi. Biosferada uglevodlar barcha boshqa organik birikmalarni birgalikda olingan miqdoridan ko'p. O'simliklar organizmida selluloza hisobiga to'qimalarning quruq massasini to 80% gachasi uglevodlarga

to'g'ri keladi. Boshqodoshlar oilasi vakillari va makkajo'xorining donlarini, kartofelning tugunagini quruq massasini deyarli 80% uglevod (polisaxarid – kraxmal)ga to'g'ri keladi. Odam va hayvonlar organizmida ularning miqdori ancha kam, ya'ni tananing quruq massasini 2% idan ko'p emas. Uglevodlarga eng boy hisoblanadi – jigar (5–10%), skelet muskullari (1–3%), miokard (0,5%), bosh miya (0,2%).

Birinci marotaba “*uglevod*” atamasi Derpt (hozirgi (Tartu) universitetining professori Karl Shmidt tomonidan 1844-yilda taklif qilingan. U molekulari uglerod, vodorod va kislorod atomlaridan tashkil topgan va $C_nH_{2n}O_n$ yoki $C_m(H_2O)_n$ imperik formulaga ega bo'lgan organik birikmalarni “uglevodlar” deb atagan. Chunki oxirgi formula – $C_m(H_2O)_n$ “uglerod + suv” ma'nosini bildirib, uni qisqartirganda “uglevod” atamasi kelib chiqqan. Haqiqatan ham, o'sha davrda ma'lum bo'lgan uglevodlarning deyarli barchasi ana shu formulaga ega bo'lgan. Jumladan, glyukoza va fruktoza – $C_6(H_2O)_6$, saxaroza va laktoza – $C_{12}(H_2O)_{11}$, selluloza, kraxmal va glikogen – $[C_6(H_2O)_5]_n$ formulalariga ega. Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, o'zlarining barcha xususiyatlari bilan uglevodlar sinfiga kirgan bir qator birikmalar yuqorida keltirilgan umumiy formuladagiga nisbatan vodorod va kislorod atomlarini birmuncha boshqa nisbatda tutishadi. Masalan, umumiy imperik formula bo'yicha uglerod, vodorod va kislorod atomlari o'zaro 1:2:1 ega bo'lsa, monosaxarid – dezoksiriboza ($C_5H_{10}O_4$) molekulasida bunday nisbat saqlanmagan. Bundan tashqari, geteropolisaxaridlarning molekulari bunday formulaga aslo bo'ysunmaydi, chunki ularning tarkibiga azot, oltingugurt va boshqa elementlar ham kirishi mumkin.

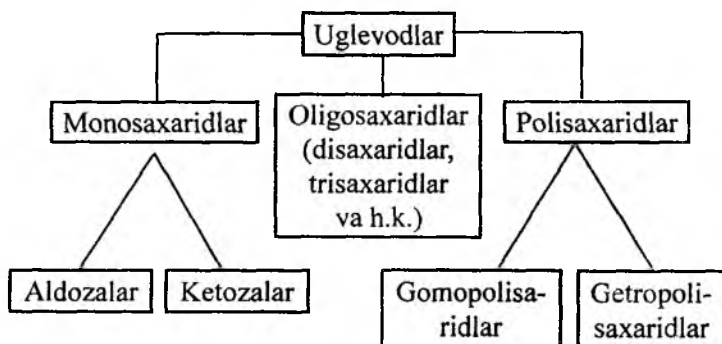
Shu sababli Xalqaro kimyoviy moddalarni nomenklatura qilish komissiyasi uglevodlarni “*glitsidlar*” (grekcha so'z “glycos” – shirin degan ma'noni bildiradi) deb atashni taklif qilishgan. Lekin bu atama deyarli qabul qilinmadi, faqat uglevodlarni boshqa sinf biomolekulari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarini nomlashda qo'llanildi. Jumladan, uglevodlarni lipidlar bilan hosil qiladigan

kompleks birikmalari – glikolipidlar, oqsillar bilan – glikoproteidlar, lipid va oqsillar bilan – glikolipoproteidlar va hokazolar. Bundan tashqari, keyingi yillarda uglevodlar (oligo- va polisaxaridlar)ning gidrolizini katalizlaydigan fermentlarni **glikozidazalar** deb atay boshlashdi.

Uglevodlar kimyoviy tuzilishlari bo'yicha yoki **aldegidspirtlar** (polioksialdegidlar) yoki **ketospirtlar** (polioksiketonlar) yoki ularning hosilalari hisoblanadi.

2.2. Uglevodlarning klassifikatsiyasi

Hozirgi vaqtda qabul qilingan klassifikatsiya bo'yicha uglevodlar o'zlarining kimyoviy tarkibiga ko'ra uch guruhga bo'linadi:



Monosaxaridlar yoki oddiy qandlar – faqat bitta aldegidspirt yoki ketospirt struktura birligini tutadi. Tabiiy monosaxaridlar orasida oltita uglerod atomini tutgan D-glyukoza ko'proq tarqalgan.

Oligosaxaridlar (grekcha so'z "*oligo*" – "ko'p emas" ma'nosini bildiradi) glyukozid-glikozid bog'lari bilan birikkan 2 tadan 10 tagacha monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan. Ikkita monosaxarid qoldig'idan tuzilgan disaxaridlar ko'proq uchraydi. Disaxaridlarning tipik vakili – saxaroza (shakarqamish yoki lavlagi shakari), uning molekulasini ikkita olti uglerodli qandlar – D-glyukoza va D-fruktoza qoldiqlaridan tuzilgan.

Uch va undan ortiq monosaxarid qoldiqlarini tutgan oligo-saxaridlar erkin holda emas, balki murakkab biopolimerlar (polisaxaridlar, glikoproteidlar, glikonukleoproteidlar, glikolipidlar, glikolipoproteidlar)ning yon shoxlari sifatida uchraydi.

Polisaxaridlar – yuzlab yoki minglab monosaxarid qoldiqlaridan hosil bo‘lgan uzun yoki shoxlangan zanjirlardir. Polisaxaridlarning ba’zi birlari, masalan, sellyuloza, amiloza uzun chiziqsimon zanjir ko‘rinishga, vaholanki amilopektin va glikogen – shoxlangan ko‘rinishga ega. O‘simliklar dunyosida eng ko‘p tarqalgan polisaxaridlar – kraxmal va sellyuloza, odam va hayvonlar organizmida esa – glikogen (hayvon kraxmali).

2.3. Monosaxaridlar (oddiy qandlar)

Monosaxaridlar yoki oddiy qandlar – rangsiz, qattiq kristall moddalar, suvda osonlik bilan eriydi, ammo nopolyar erituvchilarda erimaydi. Odatda, ularning hammasi shirin mazaga ega. Ularning molekulari shoxlanmagan zanjirni hosil qiladigan 2 tadan 7 tagacha karbon atomlarini tutadi. Molekularidagi karbon atomlarining soniga ko‘ra monosaxaridlar quyidagilarga bo‘linadi: **biozaga** ($C_2H_4O_2$), **triozalarga** – ($C_3H_6O_3$), **tetrozalarga** – ($C_4H_8O_4$), **pentoza-larga** – ($C_5H_{10}O_5$), **geksozalarga** – ($C_6H_{12}O_6$) va **geptozalarga** – ($C_7H_{14}O_7$).

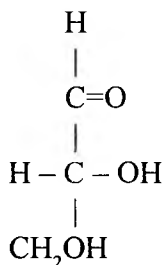
Monosaxarid molekularida karbon atomlaridan bittasi kislorod atomi bilan qo‘sh bog‘ bilan bog‘lanib, **karbonil guruhini** hosil qiladi, qolgan barcha karbon atomlariga vodorod va gidroksil guruhi birikkan bo‘ladi.

Agar karbonil guruhi uglerod (karbon) zanjirining oxirida joylashgan bo‘lsa, monosaxarid aldegid bo‘ladi va u **aldoza** deb yuritiladi. Agar karbonil guruhi uglerod zanjirining har qanday boshqa holatida joylashgan bo‘lsa, bunday monosaxarid keton bo‘ladi va u **ketoza** deb ataladi.

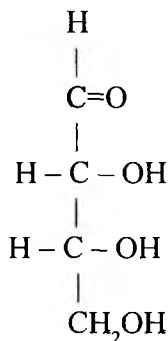
Monosaxaridlar orasida geksozalar va pentozalar ko‘proq

tarqalgan. Odam va hayvon organizmida o'ndan ortiq har xil monosaxaridlar topilgan. Quyidagi monosaxaridlar – aldozalar va ketozalar ko'proq uchraydi:

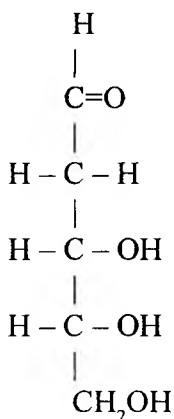
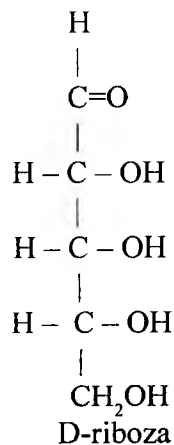
Aldozalar



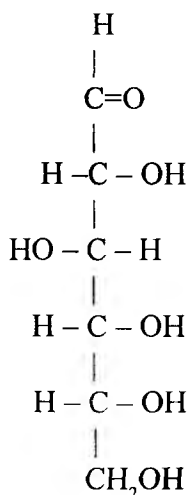
D-glitseraldegid



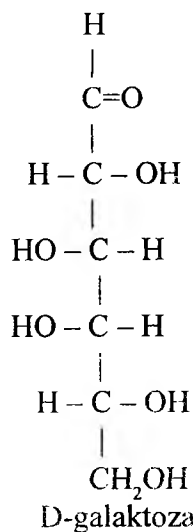
D-eritroza



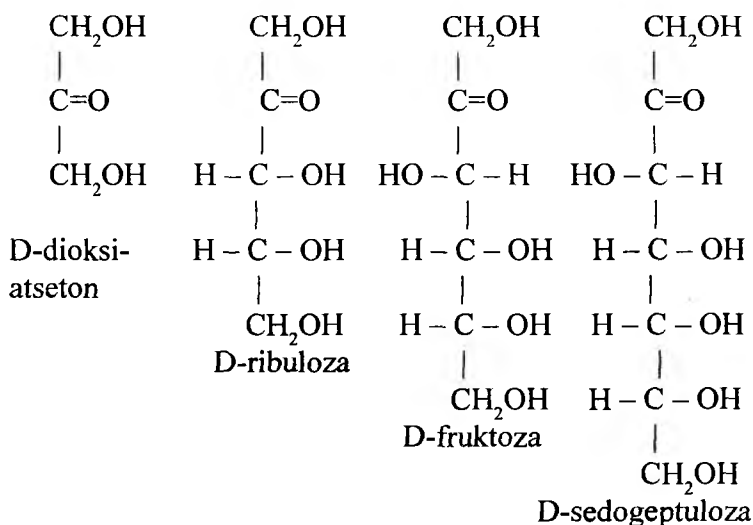
D-dezoksiriboza



D-glyukoza



Ketozalar

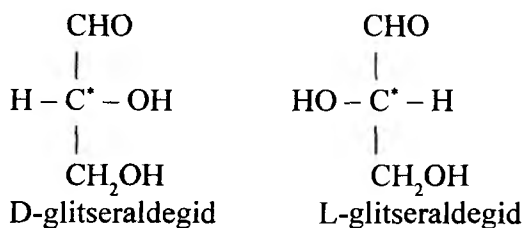


Monosaxaridlar osonlik bilan kimyoviy reaksiyalarga kirishadi, shuning uchun ham ular tabiatda erkin holda kam uchraydi. Organizmlarda ular o'zlarining hosilalari ko'rinishida bo'ladi: o'simliklarda kraxmal va selluloza ko'rinishida, odam va hayvonlarda esa – glikogen ko'rinishda. Faqat bitta glyukoza istisno sifatida erkin holda o'simlik, hayvon va odam to'qimalarining hujayra suyuqligida, qonda, limfada va boshqa biologik suyuqliklarda uchraydi. Odamning qonida tinch holatda 80–120 *mg%* (3,5–5,5 *mmol*) glyukoza bo'ladi. Qand diabeti kasalligida uning qondagi miqdori keskin oshib ketadi (300 *mg%* va undan ko'p).

Ko'pchilik monosaxaridlar – glitseraldegid, dioksiatseton, riboza, ribuloza, glyukoza, fruktoza, sedogeptuloza)ning fosforli efirlari tirik organizmlarda uglevodlar almashinuvining oraliq mahsulotlari hisoblanadi va hujayra metabolizmida muhim rol o'ynaydi. Riboza va dezoksiriboza nuklein kislotalar – DNK va RNKlarning tarkibiga kiradi. Glyukoza, galaktozalar organizmning muhim energetik

moddalari hisoblanadi va ular ko‘p tarqalgan oligo- va polisaxaridlar, murakkab oqsillar – glikoproteidlar va glikolipoproteidlarning molekularini tarkibiga kiradi.

Monosaxaridlar molekularining tarkibida stereoizomerlarining (optik izomerlarining) soni ularga bog‘liq bo‘lgan **assimetrik** karbon atomlarini tutadi. Har bir monosaxarid molekulasida assimetrik karbon atomlarining soni molekuladagi karbon atomlarining umumiy sonidan ikkini ayirib tashlaganiga teng. Demak, monosaxaridlarning stereoizomerlarining soni ularning tarkibidagi assimetrik karbon atomlarining soniga bog‘liq bo‘ladi. Optik faol stereoizomerga ega bo‘lgan eng sodda tuzilgan monosaxarid glitserinaldegididir. U ikkita shaklda mavjud: D (o‘ngga buraydigan) va L (chapga buraydigan).



Lekin, ko‘pchilik monosaxaridlar molekularida ikki va undan ortiq assimetrik karbon atomlarini tutadi. Ularni D yoki L qatorga mansubligini karbonil guruhidan maksimal uzoqlikda joylashgan assimetrik karbon atomining konfiguratsiyasi ko‘rsatadi. Agar gidroksil guruhi uzoqdagi assimetrik karbon atomida proyeksion formulaning o‘ng tomonida joylashgan bo‘lsa, monosaxarid D-qatorga, agar chap tomonda bo‘lsa – L-qatorga mansub bo‘ladi. Ana shunday optik stereoizomerlarga glyukoza va galaktoza misol bo‘lishi mumkin.

Ular bir-birlaridan faqat to‘rtinchi karbon atomidagi gidroksilning fazoviy joylashishi bilan farq qiladi.

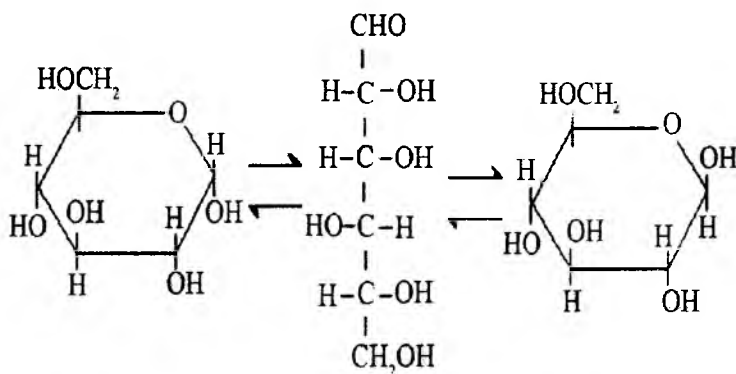
Optik stereoizomerlar bitta o‘sha imperik formulaga ega bo‘lsa ham, lekin ular bir-birlaridan fiziko-kimyoviy xususiyatlari bilan

farq qiladi hamda har xil biologik funksiyalarni bajaradi. Odam organizmi faqat D-glyukoza va uning hosilalarini qabul qiladi.

Molekulalari beshta va oltita karbon atomlarini tutgan tipik monosaxaridlar – pentoza va geksozalar eritmalar va oligo- va polisaxaridlarning tarkibida siklik shaklda bo‘ladi. Bunda karbonil va eng uzoqdagi karbon atomining gidroksil guruhi fazoda yaqinlashadi. Karbonil va gidroksilning o‘zaro ta’siri karbonildagi qo‘sh bog‘ni uzilishiga, karbonil kislorodining bo‘shagan valentligining joyini o‘zgartirishga va karbon atomlarining halqasini gidroksilning kislorodi orqali yopilishiga olib keladi. Karbonildan siklni yopilishida hosil bo‘lan gidroksil **poluatsetal** yoki **glyukozid** gidroksili deb ataladi.

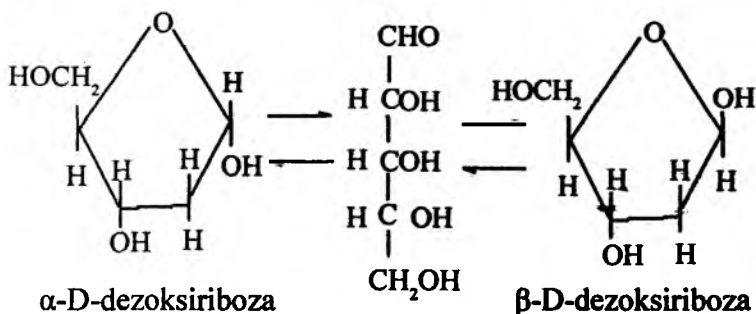
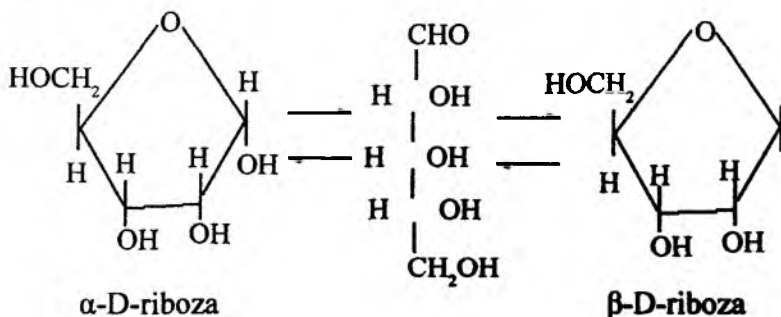
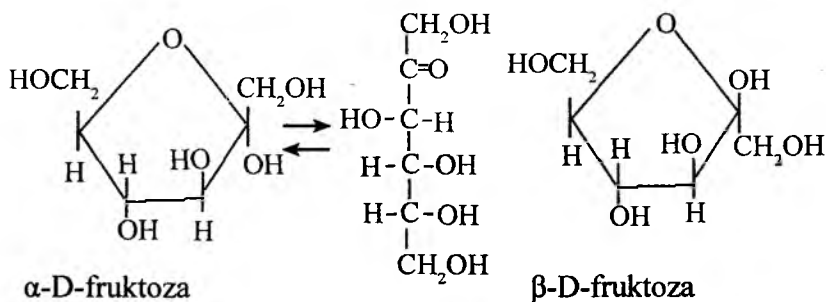
Glyukozid gidroksilining fazoviy joylashishiga qa-rab monosaxaridlarning α - va β -shakllari ajratiladi. Monosaxaridlarning izomerlarini siklik shakllarini organizm oligo- va polisaxaridlar, mononukleotidlar va boshqa murakkab biorganik molekulalarni tuzish uchun ishlatadi.

Quyida D-glyukoza, D-fruktoza, D-riboza va D-dezoksiriboza-larning ikkita shakldagi α va β strukturalari keltiriladi.



α -D-glyukoza

β -D-glyukoza



Geksozalarning aldoza formalari – D-glyukoza va D-galaktoza piranning olti aʼzolik halqasiga juda oʻxshash olti aʼzolik siklik glyukopiranoza va galaktopiranoza halqalarini hosil qiladi. Bularning har biri ikkita stereoisomer – α va β shaklida boʻlishi mumkin. Ketogeksozalar, jumladan, D-fruktoza ham α - va β -izomerlar koʻrinishida boʻladi. Bu birikmalarda beshinchi karbon atomining gidroksil guruhi ikkinchi karbon atomining karbonil guruhi bilan

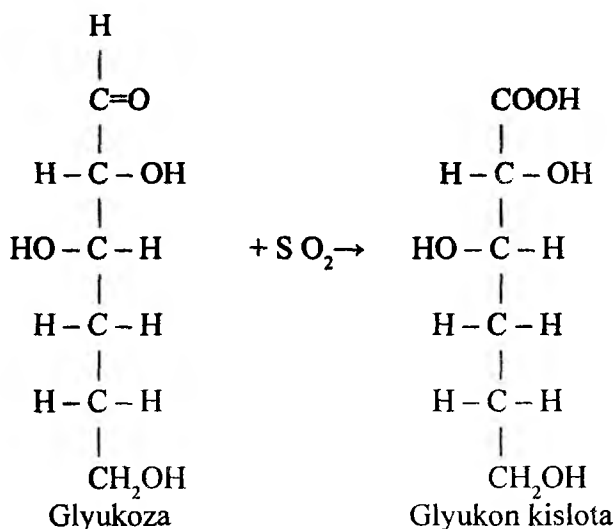
o'zaro ta'sir qilib, beshta a'zolik furanoza halqasini hosil qiladi. D-fruktoza ikkita siklik α - va β -D-fruktoza stereozomerlarni hosil qiladi.

Pentozalar–D-riboza va D-dezoksiribozalar ham ketogeksozalarga o'xshab beshta a'zolik siklik α - va β -furanoza halqalarini hosil qiladi.

Eritmalarda monosaxaridlarning atsiklik va siklik shakllari bir vaqtning o'zida bo'ladi va o'zlari bir-biriga aylanish qobiliyatiga ega. Assimetrik karbon atomining holatiga qarab D yoki L qatorga taalluqligi ajratiladi. Shu narsani ta'kidlamog kerakki, odam organizmi monosaxaridlarning faqat D-qatorini hazm qila oladi. Organizmda α - va β -izomerlar bir-biriga o'ta oladi.

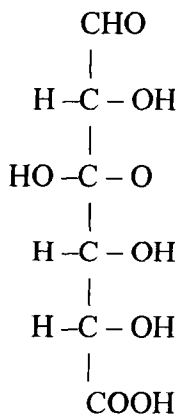
Monosaxaridlarning kimyoviy xususiyatlari erkin karbonil va spirt guruhlarining xususiyatlariga ham, boshqa barcha gidroksil guruhlariga nisbatan ancha faol kimyoviy reaksiyalarga kiradigan glyukozid gidroksilining xususiyatlariga ham bog'liq bo'ladi.

Monosaxaridlarning karbonil guruhini ishtirokida oksidlanish va qaytarilish reaksiyalari sodir bo'lishi mumkin. Masalan, aldozalar kislotalik yoki neytral sharoitda kuchsiz oksidlovchilar bilan oson oksidlanib, aldon kislotalarini hosil qiladi;

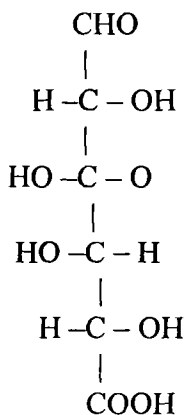


Shu yo'l bilan D-glyukozadan D-glyukon kislotalari va D-galaktozadan D-galakton kislotalari hosil bo'ladi. D-glyukon kislotalarining fosforlangan shakli uglevodlar almashinuvining oralik mahsuloti sifatida muhim rol o'ynaydi.

Aldozalarda aldegid guruhi oksidlanmasdan birlamchi spirt guruhi oksidlanib, uron kislotalari hosil qilishi mumkin. D-glyukoza va D-galaktozalarning birlamchi spirt guruhi oksidlanishi natijasida D-glyukuron va D-galakturn kislotalari hosil bo'ladi;



D-glyukuron
kislotalari



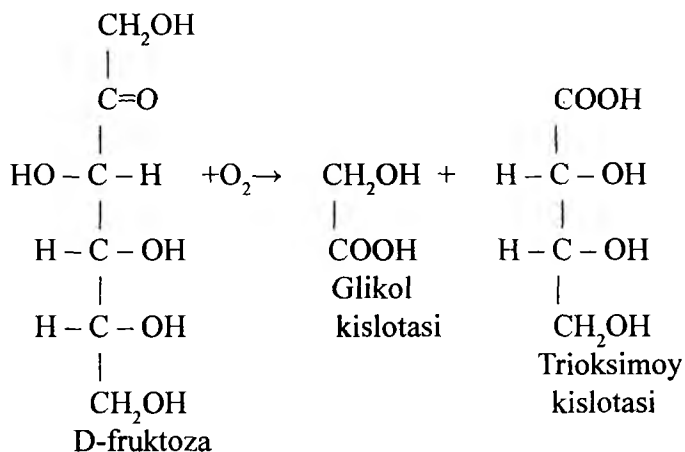
D-galakturn
kislotalari

Biologik nuqtayi nazardan uron kislotalari juda muhim ahamiyatga ega, ularning ko'pchiligi geteropolisaxaridlarning komponentlari hisoblanadi.

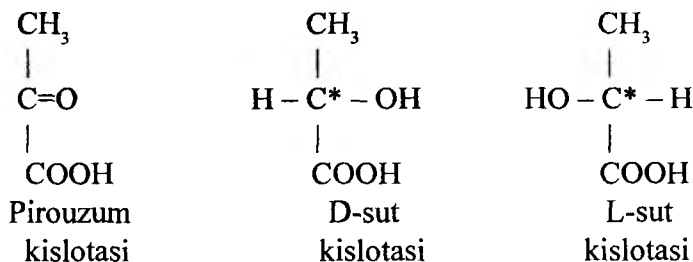
Ketozalar kuchliroq oksidlovchilar bilan oksidlanib, karbon zanjiri uziladi.

D-fruktozadan zanjirni uzilishi natijasida glikol va triksimoy kislotalari hosil bo'ladi;

Ishqoriy sharoitda aldozalar ham, ketozalar ham karbon zanjirining uzilishi bilan oksidlanadi.



Ma'lum sharoitlarda karbon zanjirining uzilishi bilan sodir bo'ladigan geksozalarning oksidlanishining mahsulotlari sifatida pirouzum va sut kislotalari hosil bo'lishi mumkin. Sut kislotasi ikkita stereozomer – D va L shaklida bo'lishi mumkin. Odam va hayvon muskullarida faqat D-sut kislotasi, sut kislotali mahsulotlarda har ikkala shakli ham bo'ladi.



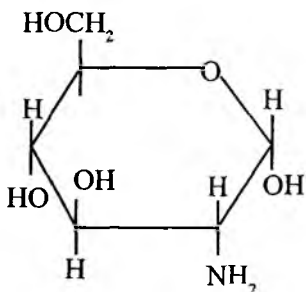
Monosaxaridlar C–O bog'i bo'yicha osongina gidrirlanib, ko'p atomli spirtlarga aylana oladi. Jumladan, D-glyukozadan – sorbit, D-mannozadan – mannit, D-ribozadan – ribitol spirtlari hosil bo'ladi.

Monosaxaridlarning fosforli efirlari, jumladan, glyukoza-1-fosfat, glyukoza-6-fosfat, fruktoza-1,6-difosfat, riboza-5-fosfat,

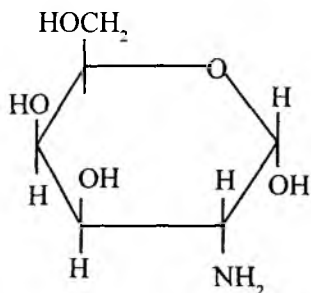
dezoksiriboza-5-fosfat va boshqalar organizmning moddalar almashinuvi jarayonlarida nihoyatda katta rol o'ynaydi.

Geksozalarning chuqur tubdan oksidlanishidan o'simliklarda vitamin C – askorbin kislotasi hosil bo'ladi.

Tabiatda geksozalarning ikkita aminohosilalari – glyukozamin va galaktozamin keng tarqalgan;



α -D-glyukozamin



β -D-galaktozamin

Ular o'ziga muvofiq monosaxaridlardan ikkinchi karbon atomidagi gidroksil guruhini aminoguruhga almashinishi bilan hosil bo'lgan. Ularning har ikkalasi ham ikkita α - va β -stereoizomerlar shaklida bo'ladi. Glyukozamin odam va hayvon to'qimalarida bo'ladigan ko'pchilik geteropolisaxaridlarning tarkibiga kiradi, galaktozamin esa tog'ay to'qimalarini hosil qiladigan glikoproteidlar va glikolipidlarning doimiy komponenti hisoblanadi.

Oddiy monosaxaridlar qaytariluvchilar bo'lib xizmat qilishi mumkin. Ular shunday oksidlovchilar – ferritsianid, vodorod perekisi yoki ikki valentli mis ionlarini (Cu^{2+}) osonlik bilan qaytarishi mumkin. Bu reaksiyalarda qandlarning karbonil guruhi oksidlanadi va oksidlovchilar qaytariladi. Qand eritmasidagi qaytarilgan oksidlovchining miqdorini o'lchash yo'li bilan qandning eritmadagi konsentratsiyasini hisoblab chiqarish mumkin. Ana shu usul bilan qondagi glyukozaning (qandning) miqdori aniqlanadi.

2.4. Oligosaxaridlar

Oligosaxaridlar – bu uncha ko‘p bo‘lmagan (2–10) monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan va o‘zaro glikozid bog‘lari bilan birikkan uglevodlar. Shunga ko‘ra ular – disaxaridlar, trisaxaridlar va hokazolarga bo‘linadi. Tabiatda eng keng tarqalgan va erkin holda uchraydigan oligosaxaridlar – bu disaxaridlardir. Boshqa uch va undan ortiq monosaxarid qoldiqlaridan tashkil topgan oligosaxaridlar deyarli erkin holda uchramaydi, polisaxarid kraxmal va glikogenlarning yon shoxlarini hosil qiladi va glikoproteid, glikolipid va boshqa murakkab biopolimerlarning uglevod komponentini tashkil qiladi.

Disaxaridlar molekulari monosaxaridlarning ikkita qoldig‘idan tuzilgan bo‘lib, ular o‘zaro glikozid bog‘i bilan bog‘langan.

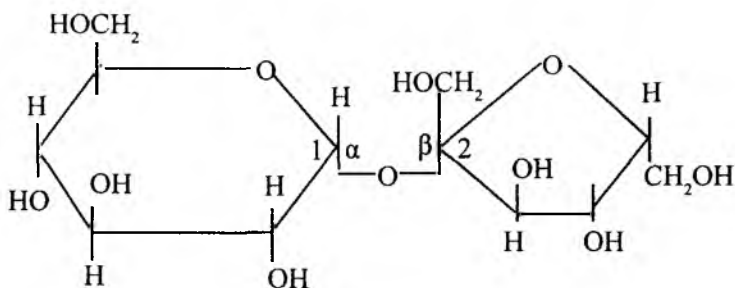
Ular polisaxaridlar bilan bir qatorda odam va hayvon oziqalarining asosiy uglevod manbalaridan biri bo‘lib xizmat qiladi. Disaxaridlarning eng ko‘p tarqalgan vakillari – bular saxaroza, laktoza va maltozalar hisoblanadi.

Saxaroza – uning molekulasida (1–2) α , β -glyukozid-glyukozid bog‘i bilan birikkan α -D-glyukoza va β -D-fruktoza qoldiqlaridan tuzilgan.

Shuning uchun ham saxaroza molekulasida erkin glyukozid gidroksili yo‘q va qaytarish xususiyatiga ega emas. Saxaroza fotosintez jarayonining asosiy oraliq mahsuloti hisoblanadi va o‘simliklarda uglevodlarning asosiy transport formasi bo‘lib xizmat qiladi.

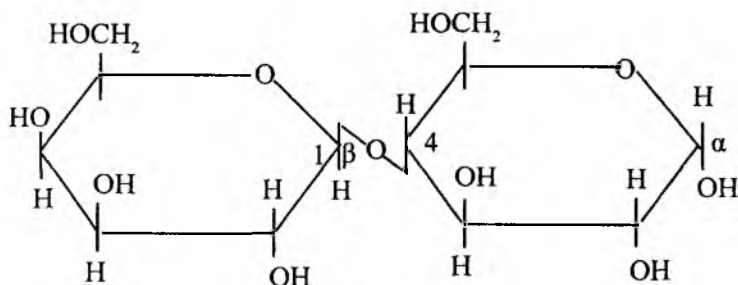
Saxaroza ayniqsa qand lavlagining ildiz mevasida, shakarqamishda va zarang daraxtining shirasida ko‘p bo‘ladi. Organizmga oziqa sifatida ancha miqdorda kirsam ham odam va hayvonlar organizmida erkin holda uchramaydi.

Uning o‘zi odam organizmi uchun hazm bo‘lmaydigan modda, lekin u saxaraza fermenti ta’sirida glyukoza va fruktozaga parchalanib, oson hazm bo‘ladigan bo‘lib qoladi.



Saxaroza

Laktoza (sut shakari) – molekulasida o‘zaro (1-4)β-glyukozid gidroksil bog‘i bilan birikkan β-D-galaktoza va α-D-glyukoza qoldiqlaridan tuzilgan disaxarid. U faqat sutning tarkibida bo‘ladi. Laktozaning molekulasida bitta glyukozid gidroksili erkin bo‘lganligi uchun u ikki valentli mis (Cu^{2+}) ioni, vodorod peroksid va boshqa kuchsiz oksidlovchi moddalarni qaytarish qobiliyatiga ega.

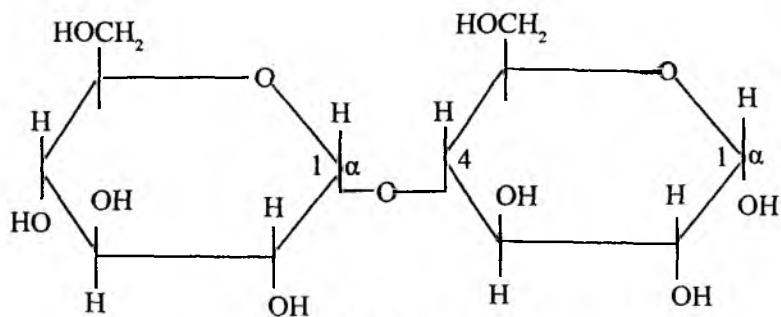


Laktoza

Oshqozon-ichak yo‘lida ovqatlarni hazm bo‘lish jarayonida laktoza ichakning mukozali hujayralari ishlab chiqaradigan laktaza fermenti ta’sirida parchalanishga duchor bo‘ladi. Ko‘krak emadigan chaqaloq bolalarda bu fermentning faolligi juda yuqori bo‘ladi, lekin katta yoshli odamlarning ichaklarida laktoza faolligi faqat Shimoliy Yevropaning aholilarida va Afrikaning ba’zi qabilalarida kuzatiladi. Ko‘pchilik katta yoshli odamlarda, jumladan, sharqda

yashovchi odamlar, arablar, yahudiylar, ko'pchilik afrikaliklar, indeyslar va O'rta yer dengizi sohillarida yashovchi aholilarning ichaklarida laktozaning faolligi past, bu esa ko'p hollarda laktozaga **intolerantlik** (hazm qila olmaslik) kasalligiga olib keladi. Bu xususiyat genetikaga moyil omil hisoblanadi. Laktozaning hazm bo'lmashligi shu bilan bog'liqki, bu disaxarid ichakda fermentativ (laktaza ta'sirida) galaktoza va glyukozaga parchalangandan so'ng qonga so'riladi. Laktazaning faolligi juda past bo'lganda, u ichakda to'plana boshlaydi, bu esa kuchli panos (ich ketish), qorinda og'riq va ko'ngil aynishiga olib keladi.

Maltoza – molekulasida o'zaro (1–4) α -glyukozid gidroksil bog'i bilan bog'langan ikkita α -D-glyukoza qoldig'idan tuzilgan. U polisaxarid – kraxmal va glikogenlarning organizmda fermentativ parchalanishining oralik mahsuloti hisoblanadi. Maltozaning molekulasida ikkinchi glyukozaning qoldig'ida erkin glyukozid gidroksili bor. Demak, u qaytarish xususiyatiga ega.



Maltoza

2.5. Polisaxaridlar

Polisaxaridlar – bu yuqori molekulyar moddalar bo'lib, molekulyarlari yuzlab va minglab monosaxaridlar yoki ularning hosilalarini qoldiqlaridan tuzilgan. Polisaxaridlarning kimyoviy tuzilishlari amalda bir xil: molekulyarlari chiziqli shaklidagi yoki

shoxlangan polimerlar bo'lib, ularning monomerlari o'zaro glyukozid gidroksil bog'lari bilan bog'langan.

Tuzilishining umumiy prinsiplari nuqtayi nazaridan polisaxaridlarni ikki guruhga bo'lish mumkin: monosaxarid birliklarining faqat bitta tipidan, ya'ni faqat bir xil monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan – *gomopolisaxaridlar* va ikki va undan ortiq xil monosaxarid yoki ularning hosilalarini qoldiqlaridan tuzilgan – *geteropolisaxaridlar*.

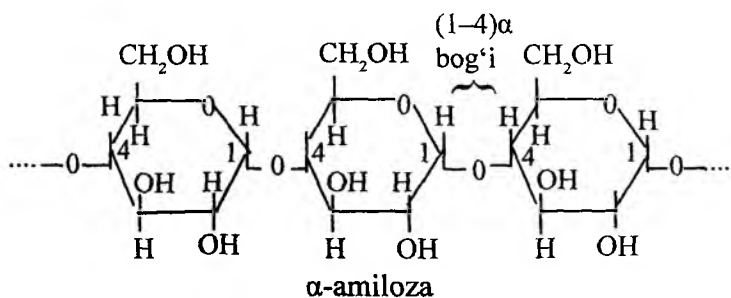
Bajaradigan funksiyalariga qarab ham polisaxaridlarni ikki guruhga bo'lish mumkin: *struktura* va *zaxira* polisaxaridlari. Muhim struktura polisaxaridi bo'lib *sellyuloza* hisoblanadi, asosiy zaxira polisaxaridlari bo'lib esa *kraxmal* (o'simliklarda) va *glikogen* (odam va hayvon organizmlarida).

2.5.1. Gomopolisaxaridlar

Gomopolisaxaridlar – shirin mazaga ega emas, qattiq, uchmaydigan moddalar. Suvda erimaydi yoki yomon eriydi. Biologik ma'noda eng muhimlari va tabiatda keng tarqalganlari: o'simliklar dunyosida – *kraxmal* va *sellyuloza*, odam va hayvonlar organizmida – *glikogen* hisoblanadi. Ularning kimyoviy tarkibini $(C_6H_{10}O_5)_n$ formula bilan ifodalash mumkin, lekin ular o'zaro monosaxarid qoldiqlarining soni, molekularida karbon zanjirini shoxlangan va shoxlanmaganliklari bilan farqlanadi.

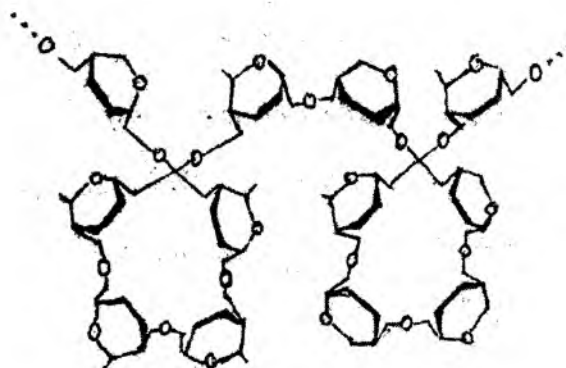
Kraxmal – ikkita gomopolisaxaridlarning aralashmasi bo'lib, umumiy formulasi $(C_6H_{10}O_5)_n$ bo'lgan molekulasida to'g'ri chiziqli – *amiloza* va shoxlangan – *amilopektin*dan tuzilgan. Odatda, kraxmalda amilozaning hissasi 10–30% ni, amilopektinniki esa – 70–90% ni tashkil qiladi.

α -amiloza – bir-biri bilan (1–4) α -glyukozid bog'i bilan birikkan α -D-glyukoza qoldiqlarining uzun shoxlanmagan zanjiridan iborat. Amilozaning molekulasida o'rtacha 1000 atrofida D-glyukoza qoldiqlari o'zaro birikkan. Molekulyar massasi 160000 Da atrofida.



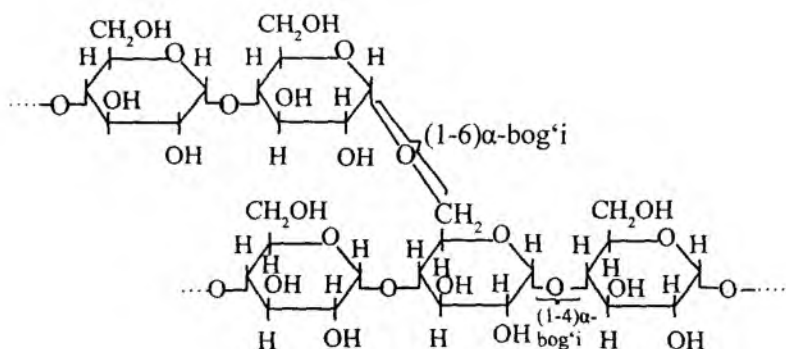
Suvda amiloza ancha yaxshi erisa ham, lekin chin eritma hosil qilmaydi. Amilozaning zanjiri suvda gidratatsiyalangan mitsellalarni hosil qiladi.

Amilozaning zanjiri buralib spiral hosil qiladi va molekulası fibrilla shaklida (ipsimon) boʻladi.



α -amilozaning spiral shakli

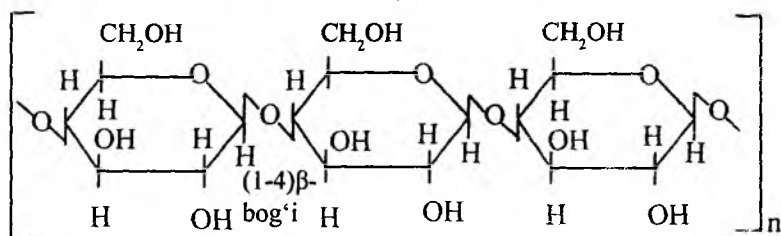
Amilopektin ham α -D-glyukoza qoldiqlaridan tuzilgan boʻlib, amilozadan farqi uning molekulası kuchli shoxlangan va molekulyar massasi 1000000 *Da* gacha yetadi. Amilopektinning molekulasida glyukoza qoldiqlari ipsimon chiziqli spirallarida oʻzaro amiloza molekulasidagi kabi (1-4) α bogʻi bilan birikkan, zanjirning shoxlanish nuqtalarida esa yon shoxlarni hosil qilib, (1-6) α bogʻi bilan birikkan.



Amilopektin molekulasining bir qismi

Sellyuloza – o‘simliklar olamida eng keng tarqalgan struktura polisaxaridi. Sellyuloza – pishiq tolalardan tuzilgan, suvda erimaydigan modda bo‘lib, o‘simlik hujayralarining devorlari (qobig‘i)da, ayniqsa o‘simliklarning shoxlari, poyasi, tanasi va boshqa yog‘ochlashgan qismlarida bo‘ladi. Daraxtning yog‘och qismi asosan sellyulozadan tuzilgan, paxta tolasi esa deyarli toza sellyuloza. Olimlarning hisoblashicha, yerda yashayotgan har bir odamning hissasiga har kuni o‘simliklar taxminan 50 kilogrammdan sellyuloza ishlab chiqaradi.

Sellyulozaning molekulasi 10000 dan ortiq D-glyukoza qoldiqlarining bir-birlari bilan o‘zaro (1-4)β-bog‘lari orqali birikkan uzun shoxlanmagan zanjiridan iborat. Uning molekulyar massasi 1000000–2000000 *Da* ni tashkil qiladi.

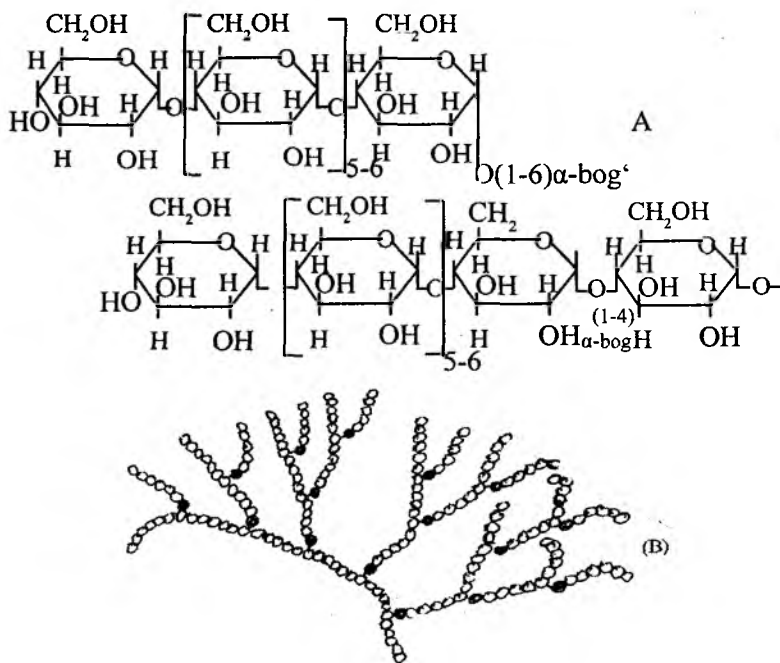


Sellyulyoza molekulasining bir qismi

Sellyulozani oshqozon-ichak yo‘lining fermentlari hazm qilmaydi, chunki odamning bunday fermentlari orasida (1-4)β-bog‘ini uzadigan β-glikozidaza (β-amilaza) fermentlari yo‘q. Shu bilan birga

oziqa tarkibida optimal miqdordagi sellulozaning bo'lishi (boshqa oziqa tolalari qatorida) ichakning to'liqsimon harakati va axlatning hosil bo'lishini yaxshilashdan tashqari, asosan yo'g'on ichakda hazm bo'lmay qolgan oqsillar, aminokislar va boshqa moddalarning bakterial bijg'ish jarayonida hosil bo'lgan toksik moddalarni o'ziga adsorbsiya qilib olib, axlat bilan tashqariga chiqarish, qondagi xolesterinning miqdorini boshqarib turish va boshqa bir qator vazifalarni bajaradi.

Glikogen – odam va oliy hayvonlar organizmining α -D-glyukoza qoldiqlaridan tuzilgan asosiy zaxira gomopolisaxaridi hisoblanadi. Glikogenning imperik formulasi ham xuddi kraxmalnikidek $(C_6H_{10}O_5)_n$ bo'ladi. Glikogen odam va hayvonlarning barcha to'qimalari va a'zolarida bo'ladi, lekin jigar va muskullarda ko'p miqdorda uchraydi. Unung molekulyar massasi 10^5 – 10^8 Da atrofida bo'ladi.



2-rasm. Glikogen molekulasining alohida qismi (A) va butun molekulasining tuzilishi (B)

Glikogenning molekulasi amilopektinga o'xshab shoxlangan poliglyukozid zanjiridan tuzilgan bo'lib, unda glyukoza qoldiqlari (1-4) α -bog'i bilan birikkan. Shoxlanish nuqtalarida yon shoxlar (1-6) α -bog'lar orqali hosil bo'lgan. Lekin glikogenning molekulasi amilopektinni molekulasiga nisbatan juda kompakt (zich) va kuchli shoxlangan. Shoxlanish nuqtalarining oralig'ida 5-6 ta glyukoza qoldiqlari joylashgan (2-rasm).

Glikogen glikozidaza fermentlari ta'sirida oldin suvda eriydigan dekstrinlargacha, so'ng maltozagacha va oxirida glyukozagacha parchalanadi.

2.5.2. Geteropolisaxaridlar

Odam va hayvonlarning organizmlarida geteropolisaxaridlar asosan biriktiruvchi to'qimalar, tog'aylar, shilimshiq moddalar va hujayra qobiqlarida bo'ladi.

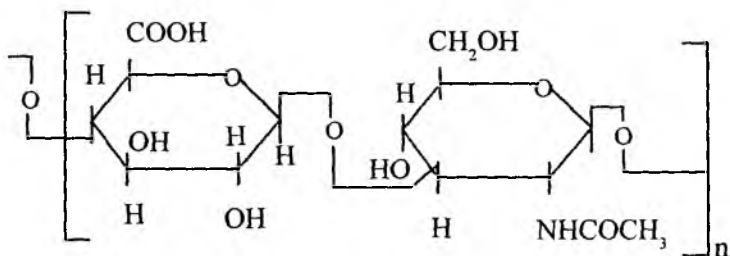
Ularga misol qilib gialuron kislotalari, xondroitinsulfat va geparinlarni ko'rsatish mumkin.

Gialuron kislotalari – hayvon to'qimalarining hujayralararo asosiy moddasi – geteropolisaxarid bo'lib, uning molekulasida ko'p marta navbatlashgan D-glyukuron kislotalari va N-atsetil-D-glyukozaminning qoldiqlaridan tuzilgan.

Gialuron kislotalarining molekulasida disaxaridning qoldiqlari glyukuron kislotalari va N-atsetilglyukozamin o'zaro bir-biri bilan (1-3) β -bog'i bilan birikkan, disaxaridning qoldiqlari esa (1-4) β -bog'lar orqali birikkan.

Gialuron kislotalari hujayrada yopishqoq gelsimon eritma hosil qiladi.

U hujayra devorlari uchun kleylab (yopishtirib) turadigan modda hisoblanadi, to'qimalarda hayotiy kerakli moddalarning taqsimlanishida qatnashib, ularning tarkibiga kiradi, sinoval suyuqliklarda va ko'zning shishasimon tanasida borligi aniqlangan.

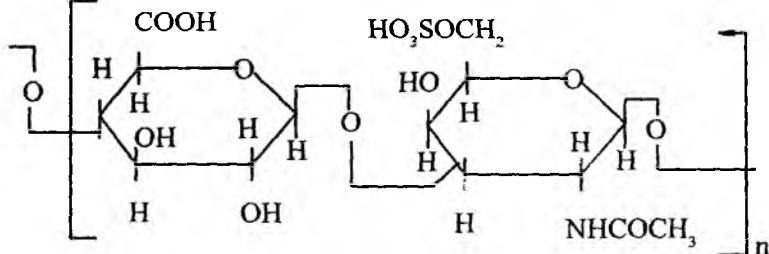


D-glyukuron kislota
qoldig'i

N-atsetil-D-glyukoza
qoldig'i

Gialuron kislota

Xondroitinsulfat kislota – molekula D-glyukuron kislota va N-atsetilgalaktozaminning sulfat efini qoldiqlaridan tuzilgan disaxaridning ko'p marta navbatlanishidan hosil bo'lgan zanjirdan iborat. Xondroitinsulfat molekulasida disaxaridning komponentlari xuddi gialuron kislotasidagidek o'zaro bir-birlari bilan (1-3) β -bog' bilan birikkan, disaxarid qoldiqlari esa – (1-4) β -bog' bilan bog'langan.



D-glyukuron kislota
qoldig'i

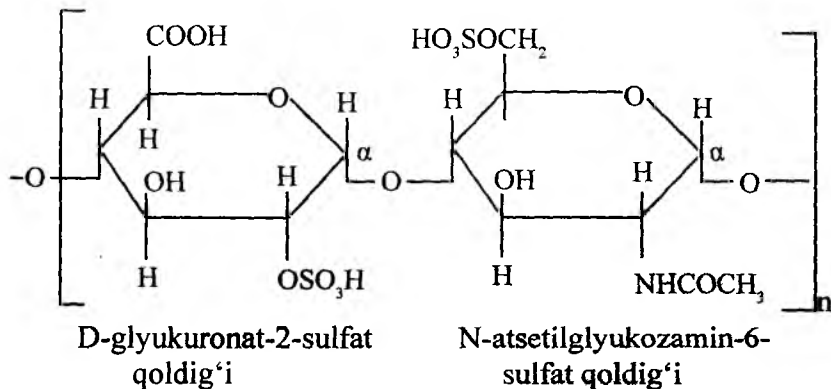
N-atsetilgalaktozamin
qoldig'i

Xondroitinsulfat

Xondroitinsulfatning ikki xili mavjud: xondroitin-4-sulfat va xondroitin-6-sulfat. Ular teri, paylar, bog'lamlar, suyak to'qimasi, ko'zning shishasimon tanalarida uchraydi.

Geparin – molekula D-glyukuron kislota va N-atsetil-glyuko-zaminlarning sulfatli hosilalarining qoldiqlarini navbatlashishidan

hosil bo'lgan zanjirlardan tuzilgan. Geparin molekulasida struktura birlirlari o'zaro bir-birlari bilan (1-4) α -bog'i bilan birikkan. Geparin qonning ivishini kuchli ingibatori (antikoagulyanti) hisoblanadi. U jigar, o'pka, arteriya qon tomirlari devorlarining hujayradan tashqari moddalarida bo'ladi, organizmni infeksiyalardan himoya qilishda ishtirok qiladi.



Polisaxaridlarning kimyoviy xususiyatlari erkin spirt (gidroksil) guruhlari va monosaxaridlarning qoldiqlarini orasidagi glyukozid bog'larining o'ziga xos xususiyatlari bilan belgilanadi. Polisaxarid molekulalarida deyarli erkin karbonil guruhlari yo'q, shuning uchun ham aldegid va ketonlarning reaksiyalari ularga xos emas. Monosaxarid qoldiqlarining orasidagi glyukozid bog'lari gidrolizga yoki fosforolizga uchrashi mumkin. Kraxmal va glikogen gidrolizining oraliq mahsulotlari – dekstrinlar, maltoza va oxirida – glyukoza bo'ladi. Kraxmalga spetsifik reaksiya bo'lib, uning yod bilan rangli komplekslarni hosil qilishi xizmat qiladi. Amiloza – ko'k, aminospektin – binafsha, glikogen – qizil-qo'ng'ir rangga bo'yaladi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamallari

Uglevodlar – molekulalari karbon, vodorod va kislorod atomlaridan tashkil topgan va $C_nH_{2n}O_n$ yoki $C_m(H_2O)_n$ imperik formulaga ega bo'lgan organik birikmalar.

Monosaxaridlar – gidrolizlanganda boshqa kichik struktura birliklariga parchalanmaydigan uglevodlar.

Oligosaxaridlar – molekulari uncha ko'p bo'lmagan (2–10) monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan uglevodlar.

Gomopolisaxaridlar – yuzlab yoki minglab bir xil monosaxarid qoldiqlaridan tashkil topgan, molekulari uzun zanjirimon yoki shoxlangan uglevodlar.

Geteropolisaxaridlar – ikki va undan ortiq xil monosaxarid yoki ularning hosilalarini qoldiqlaridan tuzilgan yuqori molekulyar massali uglevodlar.

Aldozalar – karbonil guruhi uglevod zanjirining oxirida joylashgan monosaxaridlar.

Ketozalar – karbonil guruhi uglevod zanjirining biron boshqa joyida joylashgan monosaxaridlar.

Saxaroza (lavlagi yoki qamish shakari) – molekulari (1–2) α , β -glyukozid-glyukozid bog'i bilan birikkan α -D-glyukoza va β -D-fruktoza qoldiqlaridan tuzilgan disaxarid.

Laktoza (sut shakari) – molekulari o'zaro (1–4) β -glyukozid-gidroksil bog'i bilan birikkan β -D-galaktoza va α -D-glyukoza qoldiqlaridan tuzilgan disaxarid.

Maltoza – molekulari o'zaro (1–4) α -glyukozid-gidroksil bog'i bilan bog'langan ikkita α -D-glyukoza qoldig'idan tuzilgan disaxarid.

Kraxmal – ikkita gomopolisaxaridning aralashmasi bo'lib, umumiy formulasi $(C_6H_{10}O_5)_n$ bo'lgan molekulari to'g'ri chiziqli – **α -amiloza** ba shoxlangan – **amilopektin**dan tashkil topgan gomopolisaxarid.

α -Amiloza – bir-biri bilan (1–4) α -glyukozid-gidroksil bog'i orqali birikkan α -D-glyukoza qoldiqlarining uzun shoxlanmagan zanjiridan iborat gomopolisaxarid.

Amilopektin – molekulasida α -D-glyukoza qoldiqlari ipsimon chiziqli spirallarida o'zaro (1–4) α -bog'i bilan bog'langan, zanjir shoxlanish nuqtalarida esa yon shoxlarni hosil qilib, (1–6) α -bog'i bilan birikkan yuqori molekulyar massali (~ 1000000 Da) gomopolisaxarid.

Sellyuloza – molekulasi 10000 dan ortiq D-glyukoza qoldiqlarining bir-birlari bilan o‘zaro (1–4) β -bog‘lari orqali birikkan uzun shoxlanmagan zanjirdan tuzilgan gomopolisaxarid.

Glikogen (hayvon kraxmali) – molekulasining tuzilishi xuddi amilopektinnikiga o‘xshagan kuchli shoxlangan, molekulyar massasi amilopektinga nisbatan bir tartibdan ham yuqoriroq gomopolisaxarid.

Gialuron kislotasi – molekulasi ko‘p marta navbatlashgan D-glyukuron kislotasi va N-atsetil-D-glyukozaminning qoldiqlaridan tuzilgan geteropolisaxarid.

Xondroitinsulfat kislotasi – molekulasi D-glyukuron kislotasi va N-atsetilgalaktozaminning sulfat efiri qoldiqlaridan tuzilgan disaxaridning ko‘p marta navbatlanishidan hosil bo‘lgan zanjirdan tuzilgan geteropolisaxarid.

Geparin – molekulasi D-glyukuron kislotasi va N-atsetilglyukozaminlarning sulfatli hosilalarining navbatlashishidan hosil bo‘lgan zanjirdan tuzilgan getopolisaxarid.

Savollar va topshiriqlar

1. *Qanday moddalar uglevodlar deb ataladi va “uglevod” atamasi nima ma’noni bildiradi?*
2. *Uglevodlarni klassifikatsiya qiling va ularning biologik funksiyalarini ifodalab bering.*
3. *Monosaxaridlarning aldoza va ketoza shakllari bir-birlaridan nimalar bilan farqlanadi?*
4. *Monosaxaridlarning eng muhim vakillarini struktura formulalarini yozing.*
5. *Glyukoza, fruktoza, galaktoza, riboza va dezoksiribozalarning siklik struktura formulalarini yozib, glyukozid gidroksillarini tagiga chizib qo‘yig‘.*
6. *Agar aldozalar, jumladan, glyukoza va galaktozaning karbonil guruhi kislotalik yoki neytral sharoitda kuchsiz oksidlovchilar bilan*

oksidlansa, qanday kislotalar hosil bo'ladi?

7. Aldozalarda aldegid guruhi oksidlanmasdan birlamchi spirt guruhi oksidlansa, qanday kislotalar hosil bo'ladi?

8. Qanday uglevodlar oligosaxaridlar deb ataladi?

9. Saxarozaning molekulasida qaysi monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan va ular o'zaro bir-birlari bilan qanday bog'lar bilan birikkan?

10. Saxaroza o'simlik organizmida qanday funksiyalarni bajaradi?

11. Laktozaning molekulasida qanday monosaxarid qoldiqlaridan tuzilgan va nima uchun uni sut shakari deb atashadi?

12. Kraxmalning molekulasida qaysi polisaxaridlardan tashkil topgan? Ularga qisqacha xarakteristika bering.

13. Sellyulozaning molekulasida α -amilozaning molekulasidan nima bilan farq qiladi?

14. Geteropolisaxaridlarning molekulasida gomopolisaxaridlarning molekulasidan nimalar bilan farq qiladi?

15. Geteropolisaxaridlar odam va hayvon organizmlarining qaysi to'qima va a'zolarida ko'proq uchraydi va qanday funksiyalarni bajaradi?

16. Eritmada glyukoza yoki fruktoza borligini qaysi reaksiyalar yordamida aniqlash mumkin?

17. Yod bilan reaksiya eritmalarida qaysi uglevodni aniqlash uchun qo'llaniladi?

3. LIPIDLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

3.1. Lipidlarga umumiy xarakteristika

Lipidlar – odatda, suvda erimaydagan moysimon yoki yog‘ga o‘xshash, kimyoviy tabiati bo‘yicha turli-tuman moddalar bo‘lib, ularni hujayralardan nopolyar erituvchilar – efirlar, xloroform, benzol, atseton va boshqalar bilan ekstraksiya qilib olish mumkin. Hozirgi vaqtda tabiiy lipidlarning tarkibida ko‘p sonli va xilma-xil struktura komponentlari topilgan: yuqori moy kislotalari, spirtlar, uglevodlar, aldegidlar, ketonlar, azot asoslari, aminokislotalar, fosfor kislotasi va h.k.

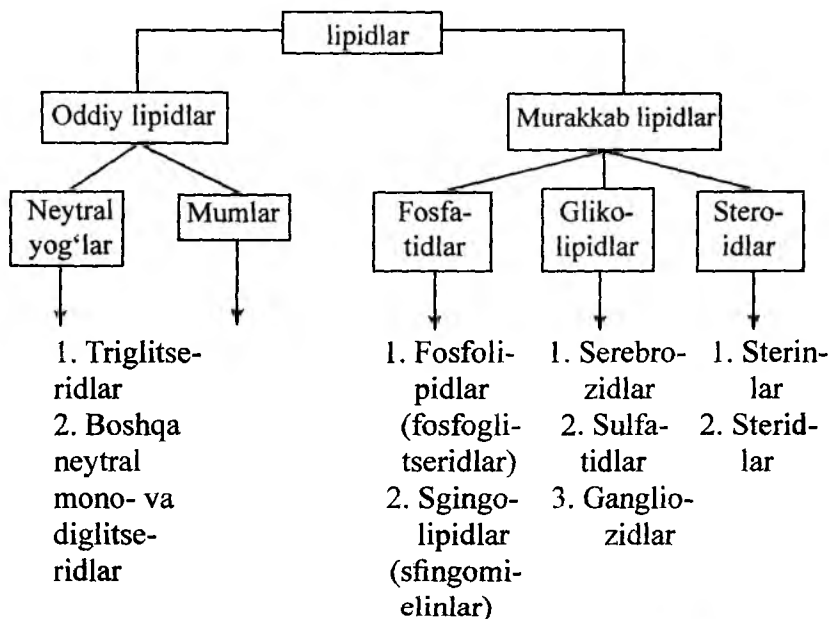
Biologik nuqtayi nazardan lipidlar juda muhim, ko‘p funksiyali birikmalardir. Ular barcha tipdagi biologik membranalarning tuzilishi va ularning regulyatorlik funksiyalarini bajarishda muhim rol o‘ynaydi; organizmning yog‘ depolarida ajratib (saqlab) qo‘yilishi mumkin bo‘lgan energiya manbalari hisoblanadi va uzoq davom etadigan muskul ishi vaqtida eng samarali “yoqilg‘i” sifatida ishlatiladi. 1 g yog‘ yonganda 38,9 kJ energiya ajralib chiqadi.

Lipidlar odam, hayvon va o‘simlik to‘qimalarining tarkibiga kiradi. Lipidlar ko‘p miqdorda bosh va orqa miyada, jigar, buyrak va boshqa a‘zolarida ko‘p miqdorda bo‘ladi. Ularning konsentratsiyasi nerv to‘qimalarida – 25%, hujayra va hujayra organoidlar membranalarda – 40% tashkil qiladi.

3.2. Lipidlarning klassifikatsiyasi

Yuqoridagi ko‘rsatilganidek, tabiiy lipidlarning tarkibida struktura komponentlari sifatida juda ko‘p turli-tuman kimyoviy birikmalar uchraydi. Shuning uchun ham lipidlarni kimyoviy nuqtayi nazaridan

qat'iy ma'lum bir xossalari bo'yicha klassifikatsiya qilib bo'lmaydi. Lekin shartli ravishda ularni quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin:



Bundan tashqari, lipidlarni organizmda bajaradigan funksiyalari va molekulalarning polyar yoki nopolyarligiga qarab ikkita guruhga – **rezerv** (nopolyar) va **struktura** (protoplazmatik yoki polyar) lipidlarga bo'lish mumkin.

Rezerv (nopolyar) lipidlar – yog' to'qimalarida: teriosti kletchatkasi, salnik, buyrak pardasi hamda boshqa ichki a'zolarining atrofida to'planadi. Yog' to'qimasi depo funksiyasini bajaradi: u lipidlarni qondan shimib olish va organizmning energetik ehtiyojini ta'minlash uchun ularni ajratib chiqarish qobiliyatiga ega. Rezerv lipidlarning miqdori ovqatlanish tartibi, faoliyat xarakteri, qalqonsimon bezning funksiyasi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi va tananing umumiy massasini 10–15% dan (normada) to 30% gacha (semizlikda) keng miqyosda o'zgarib turadi. Ba'zi-bir ko'chmanchi qushlarda ko'chish mavsumiga kelganda depodagi yog'ning miqdori

uning tana og'irligining 50% ini tashkil qiladi (4000 *km* davomida ovqatlanishga imkoniyati yo'q okean ustida Aleut orollaridan Gavay orollariga uchib o'tadigan Oltin tusli rjanka qushi).

Struktura (polyar) lipidlari – barcha tipdagi biologik membranalarining asosiy tarkibiy qismi (ikki qavatli lipid membrana) bo'lib, ovqatlanish tartibi, a'zolar faoliyati xarakteri yoki qalqonsimon bezning funksiyasiga bog'liq bo'lmagan holda organizmning to'qimalarida doimo bir xil miqdorda bo'ladi. Bu guruhning har xil lipidlarining miqdori va o'zaro nisbati har bir tipdagi membranalar uchun doimiy.

Sovun hosil qilib gidrolizlanadigan (yog' kislotalarining tuzlari) *sovunlanadigan lipidlar* deyiladi. Ularga neytral yog'lar, fosfolipidlar, sfingolipidlar, glikolipidlar va mumlar kiradi. Yog' kislotalarini ajratish bilan gidrolizlanish qobiliyati yo'q (jumladan, stereoidlar) *sovunlanmaydigan lipidlar* deyiladi.

3.3. Yog' kislotalari

Yog' kislotalari lipidlarning ko'pchilik asosiy sinflarining muhim struktura komponentlari hisoblanib, ularning tarkibida murakkab efirlar yoki amidlar ko'rinishida bo'ladi. Hujayrada erkin holda juda kam miqdorda uchraydi. Tabiiy lipidlarning tarkibida o'zaro uglevodorod zanjirini uzunligi bilan farq qiladigan 200 dan ortiq har xil yog' kislotalari aniqlangan. Odatda, barcha yog' kislotalari juft sonli karbon atomlaridan tuzilgan shoxlanmagan uglevodorod zanjiridan tashkil topgan. Yog' kislotalari – 4 dan to 24 gacha karbon atomini tutgan uzun zanjirli organik kislotalardir; ular bitta karboksil ($-COOH$) guruhini va uzun nopolyar uglevodorod "dumini" tutadi. Shu sababli ko'pchilik lipidlar suvda erimaydi va moy yoki yog' xususiyatlarini namoyon qiladi.

Yog' kislotalarining molekulari yana bir-birlaridan qo'sh bog'larning bo'lishi, ularning soni va joylashish holati, har xil funksional guruhlar (oksi-, keto- va h.k.)ni bo'lishi bilan ham farq qiladi. Lipidlarning tarkibiga ham *to'yingan*, ham *to'yinmagan* (tarkibida qo'sh bog' tutgan) *yog' kislotalari* kiradi (2-jadval).

Ba'zi bir tabiiy yog' kislotalar (A.Lenindjer bo'yicha, 1985)

Kar-bon atomi soni	Strukturasi	Travial nomi	Erish temperaturasi, T°C
To'yingan yog' kislotalar			
4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Moy kislotasi	—
12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Laurin kislotasi	44,2
14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Miristin kislotasi	53,9
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Palmitin kislotasi	63,1
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Stearin kislotasi	69,6
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Araxin kislotasi	76,5
24	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Lignotsrin kislotasi	86,0
To'yinmagan yog' kislotalar			
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Palmito-olein kislotasi	— 0,5
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Olein kislotasi	13,4
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linol kislotasi	— 5
18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linolen kislotasi	— 11
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Araxidon kislotasi	— 49,5

2-jadvalda ko'rsatilganidek, deyarli barcha tabiiy holda uchraydigan yog' kislotalari juft sonli karbon atomlarini tutadi va shu bilan birga ularning ko'pchiligini molekulari 16 yoki 18 karbon atomidan tashkil topgan. Lipidlarni tuzilishida qatnashadigan

ko'pchilik yog' kislotalaridagi qo'sh bog' 9-va 10-karbon atomlari oroligida joylashgan (yog' kislotalarida 1-karbon atomi (C-1) bo'lib, karboksil (-COOH) guruhining karboni hisoblanadi).

Qo'shimcha qo'sh bog'lar odatda C-9-qo'sh bog' bilan zanjirning (dunning) metil oxiri oroligida joylashadi. Yog' kislotalarida ikkita qo'sh bog' o'zaro bog'langan ($-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-$ bo'lmaydi, ularning orasida albatta hech bo'lmasa bitta metilen guruhi $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-$ bo'lishi kerak. Tabiiy to'yinmagan yog' kislotalar asosan sis - konfiguratsiyaga ega va juda kamdan-kam trans - konfiguratsiya uchraydi. Aytishlaricha, bir necha bog' tutgan to'yinmagan yog' kislotalarida sis - konfiguratsiya uglevodorod zanjiriga kuchli bukilgan va kaltaygan ko'rinish beradi. Bu ko'pchilik lipidlarni membranalarni tarkibiga kirishini hisobga olganda muhim biologik ma'noga ega.

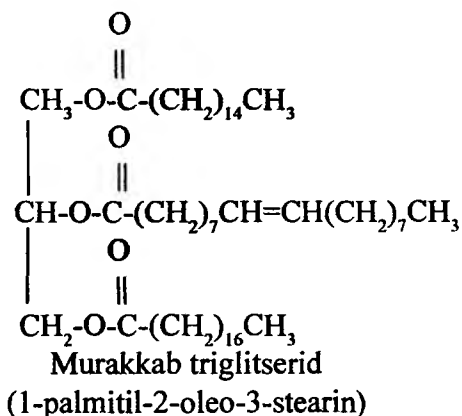
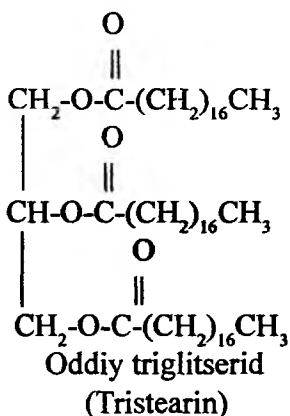
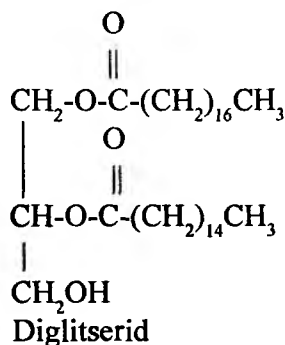
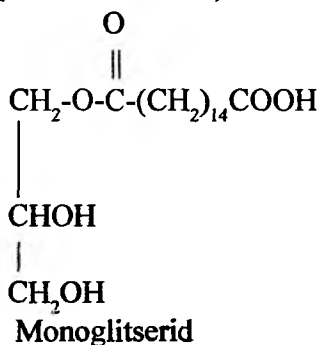
Uzun uglevodorod zanjirli yog' kislotalari, odatda, suvda erimaydi. Ularning natriyli va kaliyli tuzlari (sovunlar) suvda mitsellalarni hosil qiladi. Mitsellalarda yog' kislotalarining manfiy zaryadlangan karboksil guruhi suv fazasiga qaragan, nopolyar uglevodorod zanjiri esa mitsellyar struktura ichida yashirin joylashadi. Bunday mitsellalar umumiy manfiy zaryadga ega bo'ladi va eritmalarda o'zaro itarish kuchlari sababli suspenziya hosil qiladi.

To'yingan yog' kislotalarida karbon atomlarining sonini ortishi bilan ularning erish harorati ko'tarilib boradi, to'yinmagan yog' kislotalarda esa, aksincha, pasayib boradi (2-jadval).

3.4. Neytral yog'lar (triglitsyeridlar)

Yuqori molekulyar yog' kislotalarining uch atomli spirt glitserin bilan bergan murakkab efirlarini *neytral yog'lar* yoki *triglitsyeridlar* deb ataladi. Glitserinning molekulasidagi gidroksil guruhlarining etirifikatsiyalangan soniga qarab mono-, di- va triglitsyeridlar deb ataladi. Tabiiy yog'lar – bu o'zlarining yog' kislotalari tarkibi bo'yicha *oddiy* va *aralashgan* triglitsyeridlarning bir xil bo'lmagan

aralashmasidir. Oddiy triglitseridlar molekularida faqat bir xil yog‘ kislotalarining qoldiqlarini tutadi (triolein, trilinolen, tristearin va h.k.). Murakkab triglitseridlar deb tarkibida har xil yog‘ kislotalarini tutgan triglitseridlarga aytiladi (1-palmitil – 2-oleo – 3-stearin, 1,2-palmitil – 3-olein).



Tabiiy neytral yog‘larning asosini hayvon yog‘lari va o‘simlik moylari tashkil qiladi. Hayvon yog‘lari tarkibida, asosan, to‘yingan yog‘ kislotalari – palmitin, stearin va monoto‘yimmagan – olein kislotalari ko‘p bo‘ladi (ularning erish harorati yuqori bo‘lganligi sababli (2-jadval) oddiy sharoitda qattiq konsistensiyaga ega bo‘ladi va *yog‘lar* deyiladi). O‘simlik moylari o‘zining yog‘ kislotalari

tarkibi bilan hayvon yog‘laridan, eng avvalo, to‘yinmagan yog‘ kislotalari – linol, olein va linolen kislotalarini ko‘p miqdorda tutishi bilan farq qiladi (ularning erish haroratlari juda past bo‘lganligi uchun oddiy sharoitda ular suyuq konsistensiyaga ega va *maylar* deb ataladi).

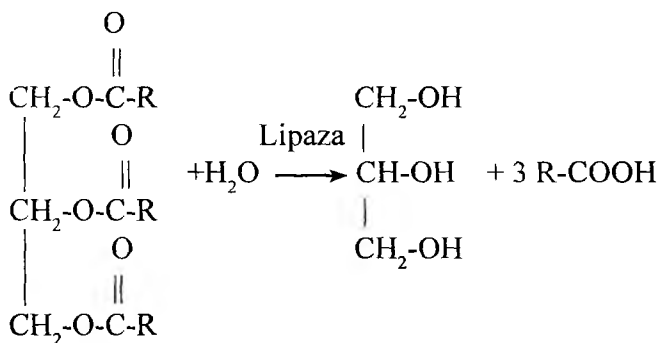
Odam organizmi uchun polito‘yinmagan – linol, linolen va araxidon kislotalari alohida o‘ziga xos muhim ahamiyatga ega. Organizmda ular sintezlanmaydi va oziqalar tarkibida ularni bo‘lmasligi xolesterin almashinuvining buzilishi, teri kasalligi va boshqa patologik hodisalarga olib keladi. Organizmda araxidon kislotasining yetishmasligi mahalliy gormonlar – *prostoglandinlar* biosintezining buzilishiga olib keladi. Araxidon kislotasining biosintezi uchun linol va linolen kislotalari birlamchi xomashyo bo‘lib xizmat qiladi. Odamning polito‘yinmagan (tarkibida 2 va undan ortiq qo‘shbog‘ tutgan) yog‘ kislotalariga bo‘lgan bir sutkalik ehtiyoji taxminan 15 grammni tashkil qiladi.

Yog‘larning to‘yinmaganlik darajasini *iod soni* bilan belgilanadi. Yod soni – 100 g yog‘ yoki moy necha gramm yodni biriktirib olish mumkinligini ko‘rsatadi. Masalan, mol yog‘ining yod soni – 38–40, kanop moyniki esa – 150 grammga teng.

Tabiiy yog‘larning tarkibida juda kam miqdorda bo‘lsada, erkin yog‘ kislotalari bo‘ladi va ularning miqdori kislota soni bilan belgilanadi. Kislota soni – 100 g yog‘ yoki moyni neytrallash uchun sarflangan ishqor miqdori bilan aniqlanadi.

Triglitsyeridlar fermentativ parchalanganda organizmda glitserin va erkin yog‘ kislotalari hosil bo‘ladi. Bu jarayonni lipaza fermentlari katalizlaydi. Ishaqor bilan qizdirilganda esa glitserin ba sovun hosil bo‘ladi:

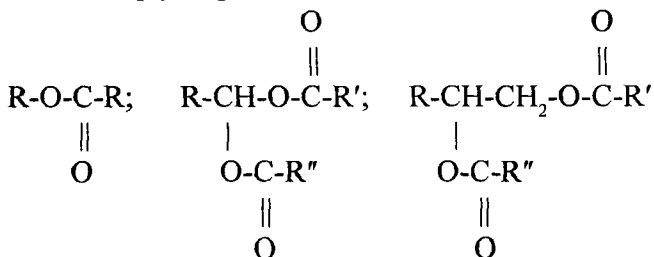
Yog‘larni saqlash vaqtida yorug‘lik nurlari, havo kislorodi, namlik, issiqlik va mikroorganizmlar ta’sirida ular oksidlanish va boshqa kimyoviy o‘zgarishlarga uchraydi. Shu vaqtda hosil bo‘lgan mahsulotlar (perekislar, aldegidlar, ketonlar) yoqimsiz, achchiq maza beradi va organizm uchun zaharli bo‘lishi mumkin.



Yogʻlar odam organizmida energiyaning asosiy zaxira manbai boʻlib, uzoq muddatli va katta va moʻtadil quvvatli mashqlarni bajarganda asosiy energiya manbai boʻlib xizmat qiladi.

3.5. Mumlar

Mumlar – yuqori yogʻ kislotalari bilan molekularida 16 tadan 22 tagacha karbon atomlarini tutgan bir yoki ikki atomli yuqori spirtlarning murakkab efirlaridir. Ularning umumiy struktura formulalarini quyidagicha ifodalash mumkin:



R, R' va R'' – mumkin boʻlgan radikallar.

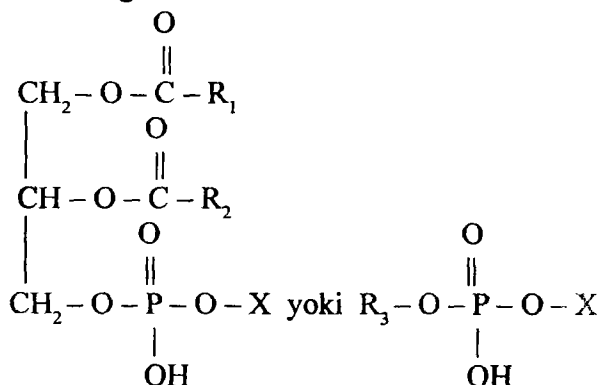
Mumlar teri, jun, patlarni qoplaydigan yogʻlarning tarkibiga kiradi. Oʻsimliklarda barg va mevalarning yuzasidagi yupqa rangsiz silliq pardani hosil qiladigan lipidlarning 80% ini mumlar tashkil qiladi.

Tabiiy mumlar (masalan, asalari mumlari, spermatsept, lanolin) ko'pincha yuqorida ko'rsatilgan murakkab efirlardan tashqari, yana bir oz miqdorda erkin yuqori yog' kislotalari, spirtlar hamda 21–35 karbon atomli uglevodorodlarni tarkibida tutishlari mumkin. Ba'zi ma'lumotlarga ko'ra mumlar ba'zi bir mikroorganizmlarning normal metabolitlari hisoblanadi.

3.6. Fosfatidlar

Fosfatidlarning ikkita guruhi mavjud: fosfolipidlar (fosfoglitseridlar) va sfingolipidlar (sfingomielinlar).

Fosfolipidlar – glitserin, yuqori murakkab yog' kislotalari va fosfor kislotasining murakkab efirlari bo'ladi. Ularni yana fosfor kislotasining diefi ham deb atash mumkin.



bunda – R_1 va R_2 – yuqori yog' kislotalarining radikallari, R_3 – glitserin. X – azot tutgan birikma.

Fosfolipidlarning "X" – komponentlari sifatida ko'proq xolin $[\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$, etanolamin $(\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2)$, aminikislota serin $(\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH})$ va tarkibida 6 ta karbon

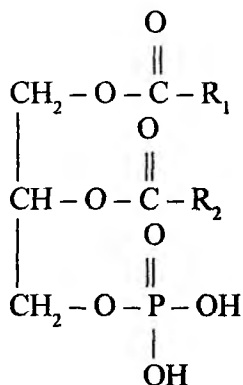


atomini tutgan siklik spirt – inozitollar uchraydi.

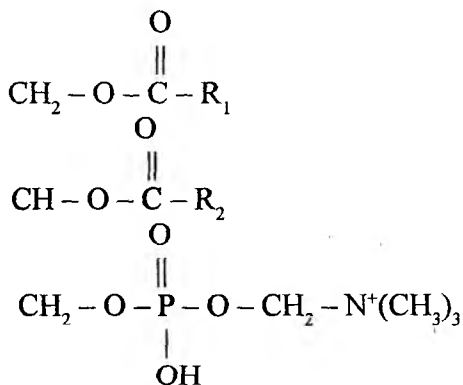
Boshqa tomondan fosfolipidlarni fosfatid kislotasining

hosilalari deb qarash mumkin. Chunki fosfatid kislotalari ularning, birinchidan asosiy struktura komponenti hisoblanadi va, ikkinchidan fosfolipidlarning nomi “fosfatidil” soʻziga “X” – komponentining nomini qoʻshish bilan olinadi.

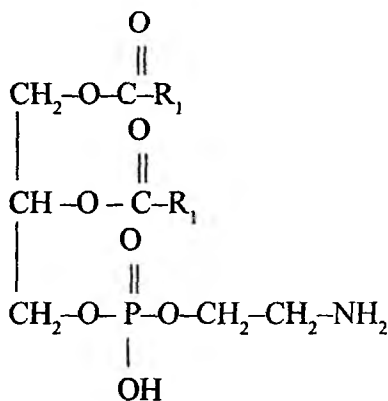
Jumladan, fosfatidilxolin (FX), fosfatidiletanolamin (FEA), fosfatidilserin (FS), fosfatidilinozitol (FI) va h.k. Shu bilan birga baʼzi bir fosfolipidlar – fosfatidilxolin – **letsitin**, fosfatidiletanolamin – **kefalin** trivial nomlari bilan ham yuritiladi.



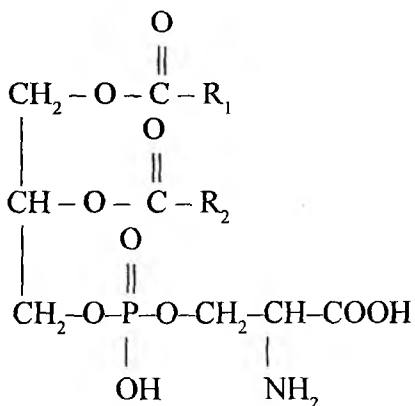
Fosfatid kislota



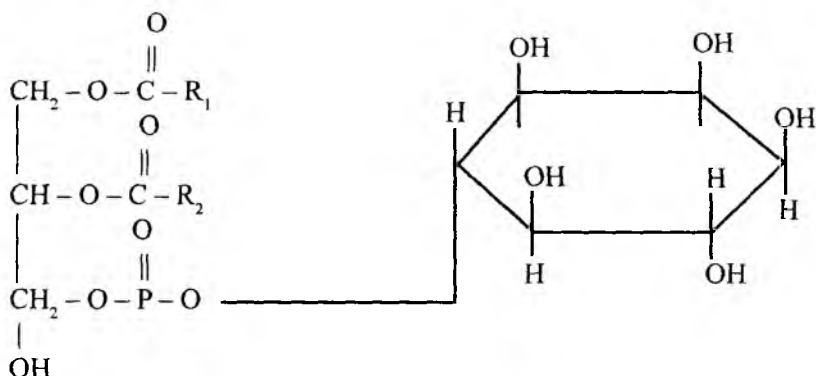
Fosfatidilxolin (letsitin)



Fosfatidiletanolamin (kefalin)



Fosfatidilserin



Fosfatidilinozitol

Fosfatidilxolinlar (letsitinlar) – triglitseridlardan farq qilib, molekulasida glitserinning uchta gidroksil guruhidan bittasi fosfor kislotasi bilan murakkab efir bog‘i bilan bog‘langan, fosfor kislotasi esa o‘z navbatida yana azot asosi – xolin $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}^+(\text{CH}_3)_3]$ bilan ham murakkab efir bog‘i bilan bog‘langan. Shunday qilib, fosfatidilxolinning molekulasida – glitserin, yuqori yog‘ kislotalari, fosfor kislotasi va xolindan tashkil topgan.

Fosfatidiletanolaminlar (kefalinlar) – fosfatidilxolinlardan “X” – komponenti sifatida azot asosi – etanolamin $(\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+\text{H}_3)$ ni tutishi bilan farq qiladi.

Hayvon va o‘simlik organizmlarida fosfatidilxolin va fosfatidiletanolaminlar uchraydi. Fosfatidilxolinlar ayniqsa tuxumning sarig‘ida juda ko‘p bo‘ladi. Bu ikkala fosfalipidlar metabolik jihatdan bir-biri bilan bog‘langan bo‘lib, hujayra membranalarida lipid komponentlarining asosini tashkil qiladi.

Fosfatidilserinlar – molekulalarida azotli birikmalar sifatida serin aminokislotasi $(\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH})$ ning qoldig‘ini tutadi



Fosfatidilserinlar organizmlarda fosfatidilxolin va fosfatidiletanolaminlarga nisbatan ancha kam tarqalgan. Ularning ahamiyati

asosan, fosfatidiletanolaminlarning biosintezida qatnashishi bilan aniqlanadi.

Fosfatidilinozitollar–ham fosfatid kislotasi hosilalari guruhiga kiradi. Ularning molekularida “X” – komponenti vazifasini olti karbon atomli siklik spirt – inozitol bajaradi.

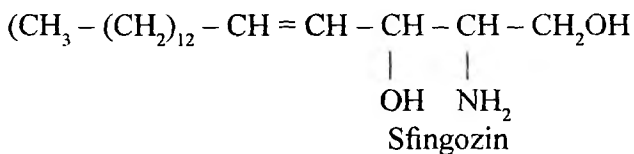
Fosfatidilinozitollar tabiatda yetarli darajada keng tarqalgan. Hayvon, o‘simlik va mikroorganizmlarda topilgan. Hayvon organizmida ular miya, jigar va o‘pkada bo‘ladi.

Yuqorida keltirilgan fosfolipidlar tuzilishlari bo‘yicha umumiy sxemaga ega bo‘lsada, ular bir-birlaridan faqat “X” – komponentlarining kimyoviy tabiati bo‘yichagina emas, balki yog‘ kislotalarining tarkibi bilan ham farq qilishadi.

Ularning hammasi biologik membranalarining barcha xillarini ajratib bo‘lmas qismi hisoblanadi.

Boshqacha aytganda, fosfolipidlar biologik membranalarining barcha xillarini negizini, ya’ni ikki qavatli fosfolipid membranasini tashkil qiladi.

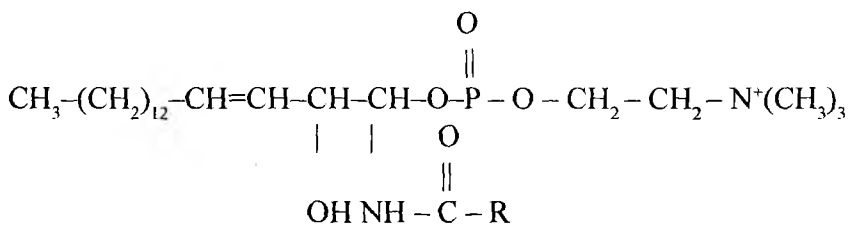
Sfingolipidlar – barcha sfingolipidlar o‘zlarining tarkibida uch atomli spirt – glitserinni o‘rniga uzun zanjirli to‘yinmagan aminospirt – *sfingozinni* tutadi. Sfingolipidlarning asosiy vakili bo‘lib sfingomielinlar xizmat qiladi:



Sfingomielinlar – eng keng tarqalgan sfingolipidlar. Ular asosan hayvon va o‘simlik hujayralarining membranalarida bo‘ladi. Ayniqsa, ularga nerv hujayralari boy.

Sfingomielinlar – o‘zlarining molekularida to‘yinmagan aminospirt – sfingozin, yuqori molekulari yog‘ kislotasi, fosfor kislotasi va azot asosi (ko‘pincha xolin yoki etanolamin)ni tutadi.

Ularning umumiy struktura formulasini quyidagicha ko'rsatish mumkin:



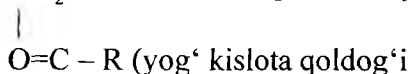
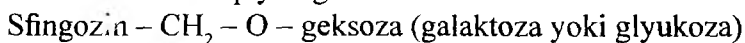
Sfingomielin

Struktura tuzilishi bo'yicha sfingomielinlar fosfolipidlarning tuzilishini eslatadi. Sfingomielin molekulasida qanday bo'lmasada o'zida ham musbat (xolin qoldig'i), ham manfiy (fosfor kislotasi qoldig'i) zaryadni tutgan polyar "boshchani" va ikkita nopolyar "dumini" (sfingozinning uzun alifatik zanjiri va yog' kislotasining atsil radikali) tutadi. Shu sababli ba'zi bir mualliflar sfingomielinlarni fosfolipidlar sinfiga kiritishadi (V.V.,Menshikov N.I.,Volkov 1986).

3.7. Glikolipidlar

Glikolipidlarning 3 ta sinfchalari mavjud: *serebrozidlar*, *sulfatidlar* va *gangliozidlar*. Bularning barchasi molekulalarida uch atomli spirt – glitserinni o'rniga to'yinmagan aminospirt – *sfingozinni* yoki uning hosilasi (digidrosfingozin)ni tutadi.

Serebrozidlar – molekulalarida fosfor kislotasi qoldig'ini ham, xolinni ham tutmaydi. Ularning tarkibiga sfingozinning gidroksil guruhi bilan efir bog'i orqali bog'langan geksoza (odatda bu D-galaktoza, ayrim hollarda D-glyukoza) hamda 24 ta karbon atomini tutgan yuqori yog' kislotasi kiradi. Serebro-zidlarning struktura tuzilishini quyidagi sxema bilan ifodalash mumkin:



Ba'zi-bir serebroidlar tarkiblarida ikkita, uchta yoki to'rtta monosaxarid (D-glyukoza, D-galaktoza, N-atsetil-D-galaktozamin) qoldiqlarini tutadi. Serebriodlar, asosan, nerv hujayralarining membranalarida (muelin qobig'ida) ko'p bo'ladi.

Sulfatidlar – molekulalarida geksozaning uchunchi karbon atomi bilan murakkab efir hosil qilib birikkan sulfat kislota qoldig'i bo'lishi bilan serebrozidlardan farq qiladi.

Sulfatidlar sut emizuvchilar miyasining oq moddasida bo'ladi. Lekin ularning miyadagi miqdori serebrozidlarnikiga nisbatan ancha kam.

Ganglioizidlar – molekulalarining struktura tuzilishlari bo'yicha serebrozidlarga juda o'xshash, lekin ular galaktozaning bitta qoldig'ini o'rniga polyar "boshchasida" – D-glyukoza, D-galaktoza hamda ularning hosilalari N-atsetilglyukozamin va N-atsetilneyroamin kislotalarining qoldiqlaridan tashkil topgan murakkab oligosaxaridni tutadi.

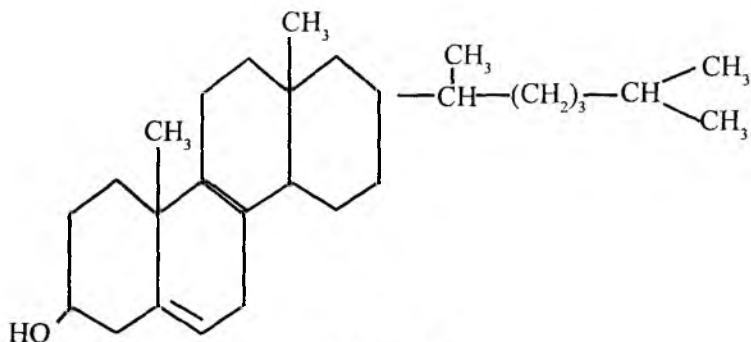
Ganglioizidlar miyaning kulrang moddasida membran lipidlarning 6% ini tashkil qiladi va nerv va glial hujayralar sitoplazmatik membranasiida mujassamlashgan.

3.8. Steroidlar

Steroidlar sovunlanmaydigan lipidlar guruhiga kiradi. Ular o'zlarining kimyoviy tabiati bo'yicha – murakkab siklik halqali – siklopentanpergidrofenantrenning hosilalari hisoblanadi. Steroidlarga, jumladan, kiradi: buyrak usti bezi qobiq qismining gormonlari – mineral- va glyukortikoidlar, ayollar va erkaklarning jinsiy gormonlari – esterogenlar va androgenlar, o't kislotalari, yurak glikozidlari va h.k.

Steroidlarni 2 ta sinfga bo'lish mumkin: *sterinlar* va *steridlar*. Steroidlardan ko'proq tarqalgani sterinlar (sterollar), ya'ni steroid spirtlar hisoblanadi.

Odam organizmida sterinlar muhim o'rin egallaydi. Ularning asosiy vakili bo'lib *xolesterin* (*xolesterol*) xizmat qiladi.



Xolesterin

Xolesterin – qon zardobi lipoproteinlari (xilomikronlar, kichik zichlikdagi lipoproteinlar, juda kuchik zichlikda lipoproteinlar) ning muhim komponenti, jigar va boshqa to‘qimalarda esa – o‘t kislotalari, steroid gormonlar va boshqa steroid tabiatli moddalar biosintezini dastlabki material bo‘lib xizmat qiladi. Odam organizmida xolesterin almashinuvining buzilishi, jumladan, uning miqdorini oshib ketishi qon tomirlarining patologik o‘zgarishlariga – **ateroskleroz** kasalligining rivojlanishiga olib keladi. O‘t kislotalar oshqozon-ichak yo‘lida lipidlarni (neytral yog‘larning) hazm bo‘lishida (fermentativ parshalanishida) katta ahamiyatga ega. Steroid gormonlar – organizmda moddalar almashinuvining ko‘pchilik jarayonlarini boshqarib (regulyatsiya qilib) turadi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Lipidlar – odatda, suvda erimaydigan moysimon yoki yog‘ga o‘xshash, kimyoviy tabiati turli-tuman moddalar bo‘lib, ularni hujayralardan nopolyar erituvchilar – atseton, benzol, xloroform, efirlar va boshqalar bilan ekstraksiya qilib olish mumkin.

Yog‘ kislotalar 4 dan to 24 gacha karbon atomlarini tutgan uzun zanjirli sonlanmagan organik kislotalar. Ularning molekularlari bitta karboksil ($-\text{COOH}$) guruhi va uzun nopolyar uglevodorod “dumidan” tashkil topgan.

To'yinmagan yog' kislotalar – tarkibida bitta yoki bir necha qo'sh bog' tutgan yog' kislotalar.

To'yingan yog' kislotalar – uglevodorod zanjirida barcha karbon atomlari bo'sh valentliklari vodorod atomlari bilan to'yingan.

Neytral yog'lar (yoki triglitseridlar) – uch atomli spirt – glitserin va yuqori yog' kislotalarining murakkab efirlari.

Mumlar – yuqori moy kislotalari va 16 dan 22 gacha karbon atomlarini tutgan yuqori bir atomli yoki ikki atomli spirtlarning murakkab efirlari.

Fosfatidlar – fosfor kislotasining murakkab diefirlari.

Fosfolipidlar – fosfatidil kislotasining hosilasi bo'lib, tarkibida glitserin, yuqori moy kislotalari, fosfor kislotasi va o'zida azot tutgan birikmani tutadi.

Sfingolipidlar (yoki sfingomielinlar) – molekulari to'yinmagan ikki atomli aminospirt – sfingozin, yuqori moy kislotasi, fosfor kislotasi va azot asosi (ko'pincha xolin yoki etanolamin)dan tashkil topgan fosfatidlardir.

Glikolipidlar – molekularida uch atomli spirt glitserinning o'rniga to'yinmagan aminospirt – sfingozinni tutadi, lekin fosfor kislotaga qoldig'i va azot asosini tutmaydi.

Serebroidlar – molekulari to'yinmagan aminospirt – sfingozin, geksoza (odatda D-galaktoza, ayrim hollarda D-glyukoza) hamda 24 ta karbon atomini tutgan yuqori yog' kislotasidan tashkil topgan glikolipidlar.

Sulfatidlar – tuzilishlari bo'yicha xuddi serebrozidlarga o'xshagan bo'lib, faqat geksozaning uchinchi karbon atomiga sulfat kislotaga qoldig'i murakkab efir bog'i bilan bog'langan glikolipidlardir.

Ganglioizidlar – molekulasining struktura tuzilishlari bo'yicha serebrozidlarga juda o'xshash, lekin galaktozaning bitta qoldig'i-ning o'rniga polyar “boshchasida” – D-gluikoza, D-galaktoza hamda ularning hosilalari – N-atsetilglyukozamin va N-atsetilneyroamin kislotalari qoldiqlaridan tuzilgan murakkab oligosaxaridni tutgan glikolipidlardir.

Steroidlar – o‘zlarining kimyoviy tabiati bo‘yicha – murakkab siklik halqali – siklopentanpergidrofenantrenning hosilalari.

Savollar va topshiriqlar

1. *“Lipidlar” tushunchasini ifodalab beting.*
2. *Lipidlarning tarkibiga qanday kimyoviy birikmalar kiradi?*
3. *Odatda, lipidlarni qanday sinflarga bo‘lish qabul qilingan?*
4. *Lipidlarni organizmlarda bajaradigan funksiyasiga qarab qanday guruhlariga bo‘linadi?*
5. *Qanday yog‘ kislotalari to‘yingan yoki to‘yinmagan yog‘ kislotalari deb ataladi va ular bir-birlaridan qanday xususiyatlari bilan farqlanadi?*
6. *To‘yinmagan yog‘ kislotalarining asosiy vakillarini keltiring va ularning biologik funksiyalarini izohlab baring.*
7. *Neytral yog‘lar (yoki triglitseridlar) o‘zlarining kimyoviy tabiati bo‘yicha qaysi sinf organik moddalariga kiradi?*
8. *Triglitseridlarning umumiy struktura formulasini yozing.*
9. *Hayvon yog‘lari va o‘simlik moylari bir-birlaridan qaysi xususiyatlari bilan farq qiladi va nima uchun ularning birlari – qattiq, ikkinchilari – suyuq konsistensiyaga ega?*
10. *Neytral yog‘larni “yod soni” deb nimaga aytiladi?*
11. *Neytral yog‘larning kislotalik soni nimaga teng?*
12. *Fosfolipidlar o‘zlarining tarkibida qanday struktura komponentlarini tutadi?*
13. *Fosfolipidlarning tabiatda eng ko‘p tarqalgan vakillarini keltiring.*
14. *Fosfolipidlarning asosiy biologik funksiyasi nimadan iborat?*
15. *Sfingolipidlarning molekulari – fosfolipidlarning molekularidan qaysi bir struktura komponentlari bilan farqlanadi?*
16. *Glikolipidlar o‘zlarining tuzilishi bo‘yicha sfingolipidlardan qaysi komponentlarini bo‘lishi yoki bo‘lmasligi bilan farqlanadi?*
17. *Sfingo- va glikolipidlar odam organizmining qaysi to‘qima va a‘zolarida ko‘proq uchraydi?*

4. OQSILLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

4.1. Oqsillarga umumiy xarakteristika

Oqsillar – tirik organizmlarning shakllanishi va rivojlanishida fundamental rol o'ynaydi, ya'ni hayotning namoyon bo'lishini barcha asoslari oqsillar bilan bog'langan. Oqsillar miqdoriy jihatdan tirik hujayradagi barcha boshqa makromolekulalardan ustunlik qiladi va ko'pchilik organizmlarning quruq massasining yarmidan ko'pini tashkil qiladi. Organizmlarning har bir turida minglab har xil oqsillar bo'ladi, turlarning soni esa, ehtimol, 10 milliondan ko'proqni tashkil qiladi. Masalan, *E.coli* hujayrasida 3000 atrofida har xil oqsillar bo'ladi, odam organizmida esa 50000 dan ortiq turli-tuman oqsillar bor. Eng ajablanarlisi shundaki, barcha tabiiy oqsillar faqat 20 ta har xil aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan, biroq tabiatda ularning xili ancha ko'p (150 dan ortiq). Bu aminokislotalar juda har xil ketma-ketlikda o'zaro birikish va juda katta ulkan sondagi xilma-xil oqsillarni hosil qilishi mumkin. Masalan, 2 ta aminokislotadan dipeptidning 2 ta bir-biriga o'xshamagan izomerini hosil qilish mumkin bo'lsa, 4 ta aminokislotadan nazariy nuqtayi nazardan 24 izomer, 20 ta aminokislota qoldig'idan esa – $2,4 \cdot 10^{18}$ ta har xil oqsillarni hosil qilish mumkin.

Shuni ta'kidlash mumkinki, turli organizmlarda ko'proq uchraydigan oqsillarning molekulalarida takrorlanayotgan aminokislotalar qoldiqlarining soni 300–400 atrofida bo'ladi va bunday holda mumkin bo'lgan izomerlar soni astronomik songa aylanadi.

Oqsillar – faqat juda katta sonli turli-tumangina emas, balki o'zlarining bajaradigan funksiyalari bo'yicha ham nihoyatda xilma-xil makromolekulalardir.

4.2. Oqsillarning biologik funksiyalari

Tirik organizmlarda oqsillarning bajaradigan biologik funksiyalari juda ko'p, xilma-xil, ularning sonini cheksiz deyish mumkin. Chunki hujayrada har qanday funktsiyani bajarish kimyoviy reaksiyalar bilan bog'langan, bu reaksiyalarni katalizlaydigan fermentlar – oqsillardir. Demak, tirik organizmlarda oqsillar ishtirokisiz hech qanday kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lmaydi, ya'ni hech qanday funktsiya bajarilmaydi. Quyida oqsillarning tirik organizmlarda bajaradigan asosiy va ba'zi ma'noda unikal funksiyalari keltirilgan.

1. Katalitik funktsiyasi. Hozirgi vaqtda aniq bo'lgan barcha biologik katalizatorlar – fermentlar o'zlarining kimyoviy tabiati bo'yicha oqsillardir. 1988-yilgacha 2100 dan ortiq ferment ajratib olingan. Oqsillarning bu funktsiyasi juda unikal bo'lib, biologik sistemalarda kimyoviy reaksiyalarning tezligini belgilaydi.

2. Regulyatorlik (boshqarish) funktsiyasi. Ko'pchilik gormonlar (gipotalamus, gipofiz, oshqozon osti bezi gormonlari – samostatin, kortikoliberin, tireotropin, insulin va h.k.) kimyoviy tabiatlari bo'yicha oqsillar bo'lib, organizmda moddalar almashinuvining turli zvenolarini regulyatsiya qilib (boshqarib) turadi.

3. Transport funktsiyasi. Qonning nafas olish funktsiyasi, jumladan, kislorodni tashishni gemoglobin (muskul tolasi hujayrasi doirasida – mioglobin) oqsili amalga oshiradi, lipoproteinlar jigardan boshqa a'zo va to'qimalarga triglitseridlar, yog' kislotalari, xolesterin va boshqalarni tashiydi, ATFazalar biologik membranalar orqali turli anorganik hamda organik ionlarni tashiydi va boshqalar.

4. Himoya funktsiyasi. Organizmda asosiy himoya funktsiyasini immun sistema bajarib, organizmga tushayotgan bakteriyalar, toksinlar yoki viruslarga javoban maxsus himoya oqsillari – *antitelalarning* sintezini ta'minlaydi. Fibrinogen oqsili qonning ivishiga to'sqinlik qiladi va shu bilan qon yo'qotilishini kamaytiradi va h.k.

5. Qisqartirish funktsiyasi. Muskullarning qisqartiruvchi oqsillari – miozin, aktin, tropomiozin, troponinlar ATFning kimyoviy

energiyasini mexanik energiyaga aylantirib, ularning qisqarish va bo'shashishini ta'minlaydi, ya'ni mexanik ishni amalga oshiradi.

6. Struktura funksiyasi. Oqsillar hujayra organoidlarining barchasini tarkibiga kiradi. Ular odam organizmining boshqa oqsillari orasida o'zlarining miqdorlari bo'yicha birinchi o'rinni egallaydi.

Bularning orasida biriktiruvchi to'qimalardagi *kollagen*, soch, tirnoq va teridagi keratin – tomirlarning devoridagi *elastinlar* muhim vazifalarni bajaradi.

7. Retseptorlik funksiyasi. Bir qator oqsillar odam va hayvon hujayralarining tashqi sirtida joylashib, turli gormonlar, vitaminlar, neyromediatorlar va boshqa fiziologik faol moddalarning retseptorlari bo'lib xizmat qiladi, ya'ni ularni spetsifik ravishda tanlab bog'lab olib, ta'sirlarini hujayra ichiga uzatadi.

8. Energetik funksiyasi. Oziqa moddalari tarkibida organizmga kirayotgan oqsillarning bir qismi energiya manbayi bo'lib xizmat qiladi. Jumladan, sport bilan shug'ullanmaydigan odamlarda ularning sutkalik energiyaga bo'lgan ehtiyoji 13–14% oqsillar hisobiga ta'minlanadi. Sportning tezkorlik-kuchlilik turlari bilan shug'ullanadigan sportchilarda bu ko'rsatkich 15–17% ni, shtanga, kulturizm, og'ir tosh ko'taradigan sportchilarda 18–20% ni tashkil qiladi.

9. Toksik funksiyasi. Ko'pchilik hayvon zaharlarining tarkibidagi toksinlar o'zlarining kimyoviy tabiatlari bo'yicha peptidlar yoki oqsillar hisoblanadi. Kobra (ko'zoynakli) ilonining zaharidan ajratib olingan neyro-va sitoksinlar, asalari zaharining – apamini, qovoqari zaharining – orientotoksini, toksik fosfolipazalari va boshqalar misol bo'la oladi.

10. To'yimli oziqa funksiyasi. Bu funksiyani rezerv oqsillar – tuxumning albumini, sutning kozeini, dukkakdoshlarning urug'ida zaxira oqsillar bajaradi.

Oqsillarning tirik organizmlarda bajaradigan funksiyalari ana shular bilan cheklanib qolmaydi. Aksincha, hujayralarda hech qanday bir biologik funktsiya oqsillar ishtirokisiz bajarilmaydi.

4.3. Oqsillarning elementar tarkibi va ularning a'zo hamda to'qimalardagi miqdori

Odam va hayvonlarning to'qima va a'zolari oqsillarga ko'proq boy bo'ladi. Jumladan, muskullar, taloq va buyraklarda oqsillarning hissasiga ularning quruq massasining 70–80% dan ko'prog'i, odamning butun tanasida esa – quruq massaning 45% to'g'ri keladi. Hayvon to'qimalariga nisbatan o'simliklarda oqsillar ancha kam bo'ladi. Faqat dukkaddoshlarning urug'larida (20–35%) va boshqadoshlarning donlarida (10–13%) ko'proq bo'ladi.

Hamma oqsillar tarkiblarida beshta kimyoviy elementni – karbon, vodorod, kislorod, azot va oltingugurti tutadi. Ularning miqdori har xil oqsillarda o'rtacha: C – 51–54%, H – 6–7%, O – 21–23%, N – 15–17% va S – 0,5% gachani tashkil qiladi.

Azotning miqdorini o'rtacha qiymati ko'pchilik oqsillarda 16% ni tashkil qiladi va undan oziqa bilan organizmga kirayotgan oqsillar miqdorini hisoblash va organizmda oqsillarning sarflanishini aniqlash uchun foydalaniladi. Oziqa bilan kirayotgan jami azotni yoki almashinuvning barcha azot tutadigan oxirgi mahsulotlari tarkibidagi organizmdan chiqarilayotgan azotning miqdorini bilib olib, organizmga kirayotgan yoki sarflanayotgan oqsil miqdorini aniqlash mumkin. Buning uchun oziqa yoki almashinuvning oxirgi

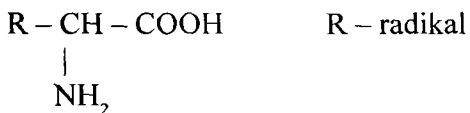
mahsulotlari azotni $6,25 \left(\frac{100}{16} = 6,25 \right)$ koeffitsiyentga ko'paytiriladi.

Masalan, almashinuvning oxirgi mahsulotlarini 15 g azoti 93,75 g oqsilni sarflanganligiga to'g'ri keladi.

Ba'zi bir oqsillarning tarkibiga fosfor, temir, rux, mis, kobalt, molibden va boshqa elementlar ham kiradi. Ayniqsa, bu elementlar ferment – oqsillarning faol markazida joylashgan bo'ladi.

4.4. Aminokislotalar – oqsil molekulalarining qurilish bloklari

Hamma oqsillarning molekulalari 20 xil aminokislotalarning qoldiqlaridan tuzilgan va ularning umumiy struktura formulasi quyidagi ko'rinishga ega:



Istisno sifatida faqat prolin aminokislota bu formulaga bo'ysunmaydi. Uning molekulasida radikalning oxirgi metil guruhi aminoguruhi bilan birikib, geterotsiklik halqani hosil qiladi. Shu sababli prolinning molekulasida erkin aminoguruh bo'lmaydi va uni *iminokislota* deb atashadi. Qolgan 19 ta aminokislota birlaridan radikallari – (R)ning kimyoviy tabiati bilan farq qiladi. Aminokislotalarning ana shu radikallari tufayli oqsillar boshqa biopolimerlarga xos bo'lmagan qator unikal funksiyalar va kimyoviy individuallikka ega.

Aminokislotalarni bir qator xususiyatlari bo'yicha quyidagicha klassifikatsiya qilish mumkin:

- radikallarning kimyoviy tabiati bo'yicha – atsiklik yoki alifatik (alanin, leysin, izoleysin, lizin va h.k.), aromatik (tirozin, fenilalanin) va geterotsiklik (triptofan, gistidin, prolin) aminokislotalar;

- funksional guruhlarining miqdori (soni) bo'yicha – monoaminomonokarbon kislotalar (alanin, serin, tirozin va h.k.), monoaminodikarbon kislotalar (asparagin va glutamin kislotalari) va diaminomonokarbon kislotalar (arginin va lizin);

- radikallarining polyarligi bo'yicha – polyar, lekin zaryadlanmagan – gidrofil aminokislotalar (glitsin, serin, tirozin, sistein, asparagin va glutamin), nopolyar – gidrofob aminokislotalar (alanin, valin, leysin, izoleysin, prolin, metionin, fenilalanin, triptofan), manfiy zaryadlangan – nordon aminokislotalar (asparagin va glutamin kislotalari) va musbat zaryadlangan – ishqoriy aminokislotalar (arginin, lizin, gistidin);

- odam va hayvonlar organizmida sintezlanish yoki sintezlanmaslik qobiliyati bo'yicha – almashinadigan va almashinmaydigan aminokislotalarga bo'linadi. Birinchilari oziqa moddalari tarkibida kamroq bo'lsa, hujayralarning o'zi ularni boshqa aminokislotalar yoki moddalar almashinuvining metabolitlaridan sintezlay oladi. Bularga 11 aminokislota kiradi: glitsin, alanin, serin, arginin,

sistein, prolin, tirozin, asparagin va glutamin kislotalari va ularning amidlari – asparagin va glutamin. Ikkinchilari – almashinmaydigan aminokislotalar odam va hayvon organizmlarida boshga aminokislota yoki metabolitlardan hosil bo'lmaydi va ular organizmga faqat oziqa mahsulotlari tarkibida kirishi kerak. Bularga 9 ta aminokislota – valin, leysin, izoleysin, lizin, metionin, treonin, fenilalanin, gistidin va triptofanlar kiradi.

Ko'pchilik mualliflar aminokislotalarning radikallarini polyarligi asosida qilingan klassifikatsiyani ko'proq ma'qullashadi. 3-jadvalda 20 ta aminokislotaning struktura formulalari, nomi va chet el adabiyotlarida keng tarqalgan 3 harfli qisqartirilgan belgilari keltirilgan.

3-jadval

**Oqsillar tarkibiga kirgan 20 ta aminokislotalarning
struktura formulasi va nomlari**

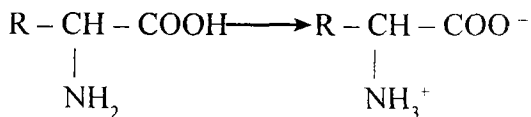
T/r	Struktura formulasi	Nomi	Qisqartirilgan belgisi
1. Polyar (gidrofil) aminokislotalar			
1.	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Glitsin	Gly
2.	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Serin	Ser
3.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Treonin	Tre
4.	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Sistein	Cys
5.	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Tirozin	Tyr
6.	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Asparagin	Asn

7.	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	Glutamin	Gln
2. Nopolyar (gidrofob) aminokislotalar			
1.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Alanin	Ala
2.	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Balin	Val
3.	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Leysin	Leu
4.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Izoleysin	Ile
5.	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{S}-\text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Metionin	Met
6.	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C}-\text{COOH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{N} \end{array}$	Prolin	Pro
7.	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$	Fenilalanin	Phe
8.	$\text{Indol-3-yl}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$	Triptofan	Trp
3. Manfiy zaryadlangan (nordon) aminokislotalar			

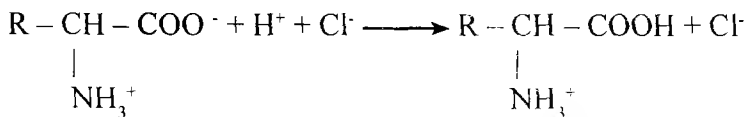
1.	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Asparagin kislotasi	Asp
2.	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Glutamin kislotasi	Glu
4. Musbat zaryadlangan (ishqoriy) aminokislotalar			
1.	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	Lizin	Lys
2.	$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$ $$ NH_2	Arginin	Arg
3.	 $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Gistidin	Gis

3-jadval keltirilgan aminokislotalar minglab oqsillarda har xil miqdoriy nisbatlarda va ketma-ketlikda bo'ladi, lekin ba'zi bir individual oqsillar ana shu 20 xil aminokislotalarning hammasini tutmaydi. Ko'pchilik tabiiy oqsillarda 20 xil aminokislotalarni bo'lishidan tashqari, ba'zi bir oqsillarda aminokislotalarning hosilari – oksiprolin, oksilizin, diyodtirozin, fosfoserin e-N-metillizin va boshqalar juda kam miqdorda uchraydi. Bu aminokislotalar oqsilning sintezi tugallangandan keyin ribosomalarda postsintetik kimyoviy modifikatsiya natijasida hosil bo'ladi.

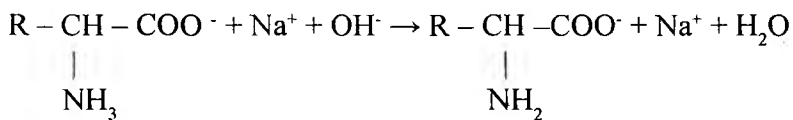
Amalda hamma aminokislotalar **amfoterlik** xususiyatiga ega, ya'ni neytral suvli eritmalarda dipolyar formaga aylanadi:



kislotalik muhitda – asos sifatida:



ishqoriy muhitda esa – kislota sifatida dissotsiyanadi:

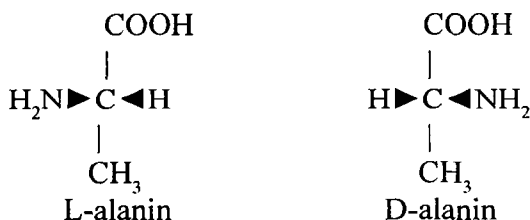


Aminokislotalar suvda eriydi. Ularning xususiyatlari faqat amino- va karboksil guruhlarining sonigagina emas, balki radikal va unga kirayotgan boshqa funksoinal guruhlariga ham bog‘liq bo‘ladi.

Aminokislotalarning muhim xususiyatlaridan biri, ular optik faollikka ega. Suvda (yoki HCl da) eriganligi tufayli ular nurning sirtini o‘ngga yoki chapga burish qobiliyatiga ega.

Bu xususiyat barcha tabiiy aminokislotalarning molekularida (istisno sifatida glitsinda yo‘q) α -holatdagi assimetrik karbon atomi bo‘lishi bilan bog‘liq bo‘ladi.

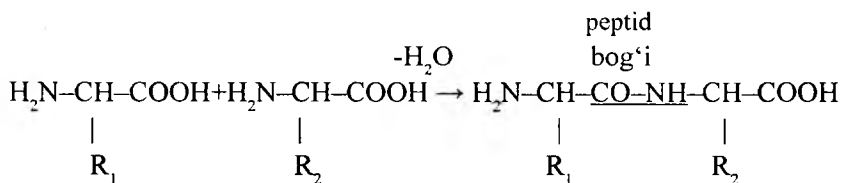
Quyida misol tariqasida alaninning L- va D-izomerlarining struktura formulalari keltirilgan:



Tabiiy oqsillarning tarkibiga kiradigan aminokislotalar faqat L-izomerlar, ya’ni L-aminokislotalardir.

4.5. Oqsillarning tuzilishi va struktura tashkil topishi

Oqsillar – bu o‘zaro kovalent *peptid* bog‘lari bilan bog‘langan har xil aminokislotalarning *geteropolimerlaridir*. Peptid bog‘i – bir aminokislotalaning karboksil guruhi va ikkinchi aminokislotalaning aminoguruhi o‘zaro ta’sirida bir molekula suv ajralishi bilan hosil bo‘ladi:



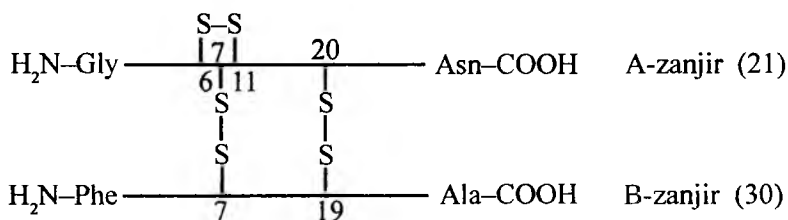
Reaksiya natijasida hosil bo'lgan mahsulotni **peptid** deb ataladi. Agar peptid ikkita aminokislota qoldig'idan tashkil topgan bo'lsa – **dipeptid**, uchta – **tripeptid**, to'rtta – **tetrapeptid** va o'nta – **dekapeptid** deb ataladi. Bordi-yu, peptid molekulasi o'nlab, yuzlab, minglab aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan bo'lsa – ularni **polipeptid** deyiladi. Molekulyar massalari 5000 daltongacha bo'lgan peptidlarni – **polipeptidlar** va molekulyar massalari 5000 *Da* va undan yuqori bo'lgan polipeptidlarni – **oqsillar** deb ataladi. Oqsillarning molekularlari – uzun shoxlanmagan polipeptid zanjirlaridan tashkil topgan.

Ko'pchilik peptidlar va polipeptidlar yaxshi o'rganilgan. Jumladan, muskullarning tarkibida uchraydigan dipeptidlar – karnozin va anserinlar hujayra pH ko'rsatkichining doimiyligini ushlab turishda qatnashadi, tripeptid – glyutation – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarni boshqarishda, bir qator peptidlar (polipeptidlar) – vazopressin, oksitotsin, angiotanzin, AKTG va boshqalar gormonal faollikka ega bo'lib, bir qator fiziologik funksiyalarni boshqarishda muhim ahamiyatga ega. Kobra (ko'zoynakli) ilon zaharidan neyro- va sitotoksinlar, asalari zaharidan – neyrotoksin – apamin, qovoqari zaharidan – presinaptik neyrotoksin – oriyentomoksin va tabiati bo'yicha polipeptid (oqsil) bo'lgan boshqa kuchli zaharli moddalar ajratib olingan.

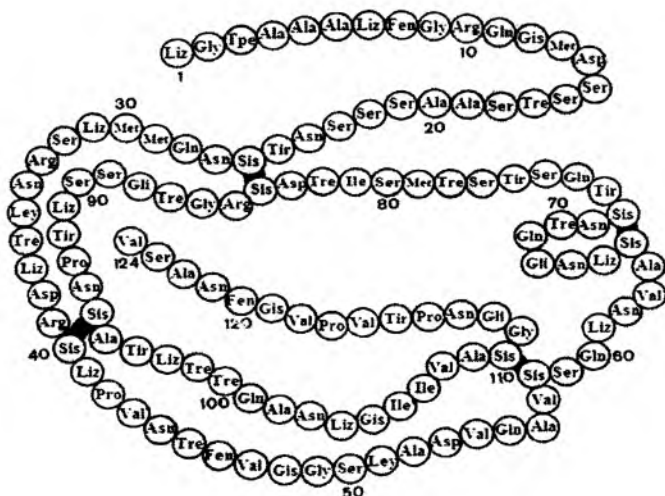
Polipeptid va oqsillarga xarakterli rangli reaksiya – bu biuret reaksiyasi: oqsil yoki polipeptidning ishqoriy eritmasiga ozgina mis sulfat tuzining kuchsiz eritmasidan qo'shilsa, binafsha rang hosil bo'ladi. Oqsil molekularining strukturasi murakkabligi va o'ziga xos tuzilishi bilan farqlanadi. Oqsil molekulasining struktura tuzilishining 4 ta darajasini ajratiladi: birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi strukturalar.

Oqsil molekulasining **birlamchi strukturalari** – bu oqsilning tarkibiga kirgan aminokislotalarning miqdori (soni) va ularning polipeptid zanjirida qat'iy izchillikda ketma-ket joylashishidir. Polipeptid zanjirida aminokislota qoldiqlarining ana shunday ketma-ket joylashish tartibi oqsillarning eng muhim fiziko-kimyoviy va biologik xususiyatlarini hamda xilma-xilligi va bajaradigan funksiyalarini belgilaydi va har bir alohida holda unikal hisoblanadi. Masalan, ko'pchilik ilon zaharlaridan ajratib olingan fosfolipaza A₂ fermentlarining molekulari 110–120 aminokislotalar qoldig'idan tuzilgan bo'lib, ular fosfolipidlar molekulasiidagi glitserinning ikkinchi karbon atomi gidroksil guruhi bilan eterifikatsiya qilingan yog' kislotasini uzish reaksiyasini katalizlaydi. Ularning molekulasiidagi 47-yoki 48-aminokislota gistidin bo'lib, agar uni kimyoviy modifikatsiya qilinsa, ferment o'zining katalitik faolligini butunlay yo'qotadi.

Hozirgi vaqtda juda ko'p (bir necha yuzlab) tabiiy oqsillarning birlamchi strukturalari aniqlangan. Bularning orasida birinchi bo'lib Kembridj universiteti Kavendish laboratoriyasida Frederik Senger insulin gormoni molekulasiidagi polipeptid zanjiridagi aminokislotalar qoldiqlarini ketma-ket joylashish tartibini aniqlagan. Insulinning molekulasida ikkita polipeptid zanjiridan – 21 ta aminokislota qoldig'idan tuzilgan A-zanjirdan va 30 ta aminokislota qoldig'idan tuzilgan B-zanjirdan tashkil topgan. Bu har ikkala zanjir bir-birlari bilan ko'ndalang ikkita kovalent disulfid (–S–S–) bog'lari bilan bog'langan. Bundan tashqari, A-zanjirning o'zida ham yana bitta disulfid bog'i bor. Shunday qilib, insulin molekulasiidagi (51 ta aminokislota qoldig'i) tuzilishini quyidagi sxemada ifodalash mumkin.



Eslatma: sxemada keltirilgan sonlar (6, 7, 11, 20, 19) A- va B-zanjirlardagi aminokislota qoldiqlarining tartib raqamlarini bildiradi. Birlamchi strukturasi Stenford Mur va Uilyam Steyn (Rokfeller instituti, AQSH) tomonidan aniqlangan ikkinchi oqsil – bu novvosning oshqozon osti bezidan ajratib olingan *ribonukleaza* fermentidir. Bu fermentning molekulasini 124 aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan bitta polipeptid zanjiridan iborat bo‘lib, N – oxiri aminokislotalari – lizin va C – oxiri aminokislotasi – valin; sistein qoldiqlari orasida to‘rt joyda ko‘ndalang disulfid (–S–S–) ko‘priklari hosil bo‘lgan (3-rasm).

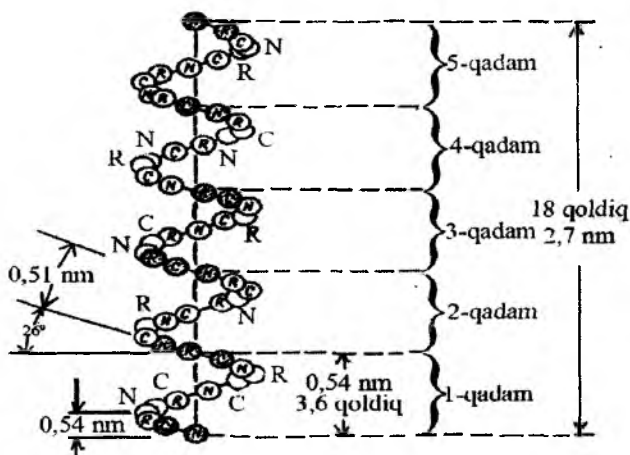


3-rasm. Oshqozonosti bezi ribonuklezasining birlamchi strukturasi (S.Mur va U.Steyn bo‘yicha)

Bulardan tashqari, juda ko‘p oqsillarning, jumladan, mioglobin, gemoglobin – α va β -zanjirlari, sitoxrom C, lizotsim, ximotripsinogen, RNK-polimeraza, aspartataminotransferaza, AKTG, fosfolipazalar, neyro- va sitotoksinlar va boshqalarning birlamchi strukturalari o‘rganilgan.

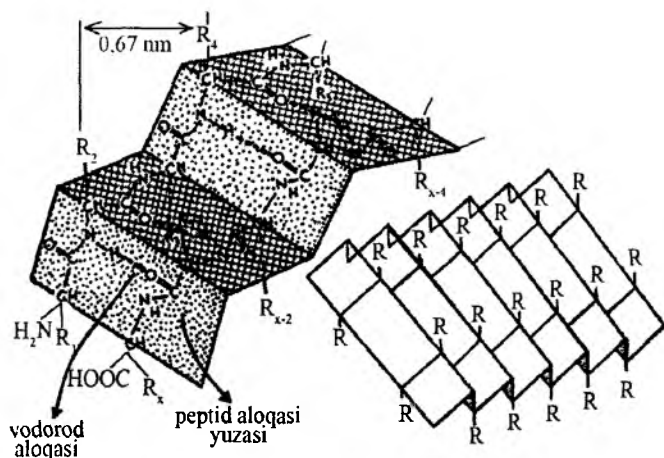
Ikkilamchi struktura. Oqsil molekulasining polipeptid zanjiri bitta tekislikda joylashmaydi, balki u fazoda ma’lum konfiguratsiya

– ikkilamchi strukturani hosil qiladi. Oqsil molekulasining konfiguratsiyasi tartibsiz emas, u birlamchi strukturaga muvofiq holda joylashadi. Polipeptid zanjirlarining ikkita – α - va β -konfiguratsiyalari ko‘proq o‘rganilgan (4-rasm). Polipeptid zanjiri fazoda spiral ko‘rinishida (α -konfiguratsiya yoki α -struktura) joylashadi, faraz qilinayotgan silindr atrofidagi har bir aylanma 3,6 aminokislota qoldig‘idan tuzilgan. Har bir aylanmaning o‘q bo‘ylab masofasi 0,54 nm ni tashkil qiladi va bitta aminokislota qoldig‘iga 0,15 nm to‘g‘ri keladi. Spiralning ko‘tarilish burchagi – 26° ; spiralning har 5 ta aylanmasidan keyin (18 aminokislota qoldig‘i) polipeptid zanjirining struktura konfiguratsiyasi takrorlanadi (4-rasm). Bu shundan dalolat beradiki, α -spirallashgan strukturani takrorlanish davri (yoki aynan o‘xshashligi)ni 2,7 nm tashkil qiladi. Bu spirallashgan α -struktura polipeptid zanjirining $-\text{CO}-\text{NH}-$ guruhlarini o‘rtasidagi vodorod bog‘larini bo‘lishi bilan turg‘un (barqaror) bo‘ladi.



4-rasm. Polipeptid zanjiri α -spiraling strukturasi va o‘lchamlari

Ba’zi-bir oqsillarning molekulari fazoda β -konfiguratsiyani (β -strukturani) hosil qiladi. Bu struktura bir-biriga burchak hosil qilib joylashgan yaproqlarning ketma-ket qatoriga o‘xshaydi (qat-qat buramali struktura) (5-rasm).

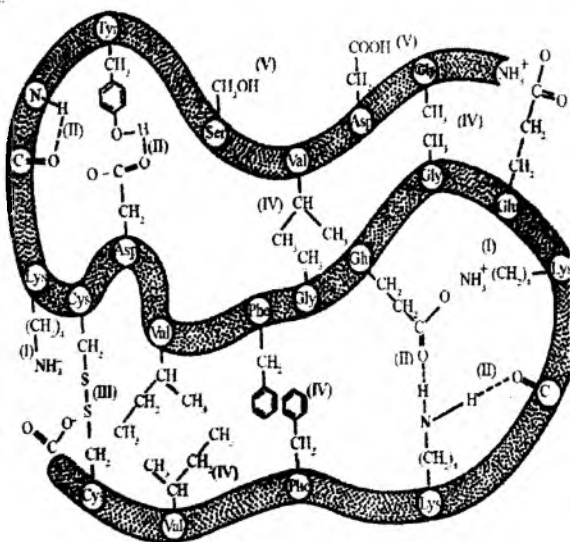


5-rasm. Polipeptd zanjiri ikkilamchi strukturasi
β-konfiguratsiyasi

Bir guruh oqsillarning molekulari α-spirallashib (α-struktura) kompakt joylashgan bo'lsa, ikkinchi guruh oqsillarning polipeptid zanjiri ma'lum bir burchak hosil qilib joylashgan yaproqchalar shaklida (β-struktura) kompakt joylashadi. Boshqa ba'zi bir oqsillarning polipeptid zanjirlarining bir qismi α-spirallashgan struktura, ikkinchi bir qismi plastinkasimon β-strukturaga ega bo'lib, boshqa qismlari strukturalashmagan bo'ladi. Polipeptid zanjirining spirallashish darajasi har bir oqsil uchun o'ziga xos bo'ladi. Jumladan, gemoglobinning α- va β-zanjirlarining 75 foizi spirallashgan bo'lsa, lizatsimniki – 42%, pepsiniki esa – bor yo'g'i 30 foizi spirallashgan xolos.

Uchlamchi struktura. Barcha tabiiy oqsillar yanada yuqori tartibdagi fazoviy tuzilishi – uchlamchi strukturaga ega. Bu strukturani hosil qilishda va uning barqarorligini ta'minlab turishda har xil nokovalent bog'lar – vodorod, ion va disulfid bog'lari hamda gidrofob o'zaro ta'sir kuchi ishtirok etadi.

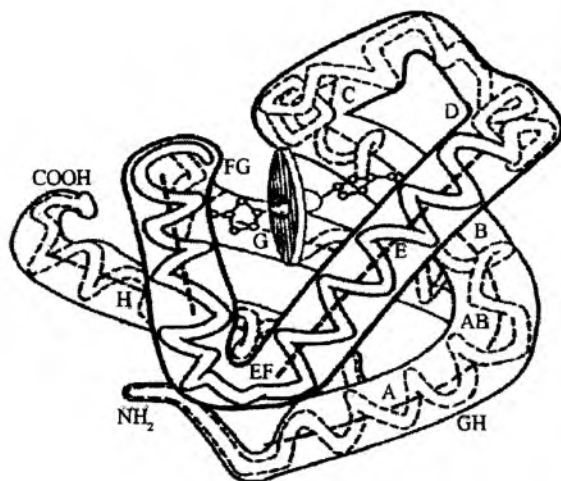
Oqsil molekulasini stabilizatsiya qilib turadigan ba'zi bog'larning turlari 6-rasm keltirilgan.



6-rasm. Oqsil molekulasining uchlamchi strukturasi barqaror (mustahkam) ushlab turadigan nokoalent bog'larning turlari. I – ion bog'lari; II – vodorod bog'lari; III – disulfid bog'lar; IV – gidrofob o'zaro ta'sir kuchi; V – gidratatsiyalanadigan guruhlar.

Uchlamchi struktura – har bir oqsil uchun unikal bo'lib, polipeptid zanjirining fazoda joylashishi undagi aminokislotalarning soni va galma-gallanishi, ya'ni birinchi strukturasi bilan oldindan belgilangan bo'ladi. Oqsillarning uchlamchi strukturasi rentgenostruktura analizi yordamida va EVMda murakkab hisoblash yo'li bilan o'rganiladi. Hozirgi vaqtda ko'pgina (300 dan ortiq) oqsillarni, jumladan, mioglobini, gemoglobini, pepsin, ximotripsin, lizotsim, ribonukleaza, tripsin va unung ingibitori, insulin, sitoxrom va boshqalarning uchlamchi strukturalari o'rganilgan.

Uchlamchi strukturasi o'rnatilgan birinchi oqsil – kashalotning mioglobini bo'lib, uni Dj.Kendryu rentgenostruktura analizi asosida aniqlangan (7-rasm).



7-rasm. Mioglobinning uchlamchi strukturasi modeli (Kendryu bo'yicha)

Lotin harflari bilan struktura dimenlari belgilangan.

Shu narsani ta'kidlab o'tish kerakki, oqsillarning uchlamchi strukturasi o'zida juda muhim, mutlaqo yangi informatsiyani, ya'ni funksional informatsiyani tutadi. Chunki, oqsillarning barcha biologik funksiyalari (katalitik, gormonal, antigen va boshqalar) ularning nativ uchlamchi strukturasi saqlanishi bilan bog'liq. Oqsilning ana shu nativ informatsiyasi (uchlamchi strukturani) buzilishga (vodorod va boshqa nokovalent bog'larni uzilishi) olib keladigan har qangay ta'sir (harorat, fiziko-kimyoviy) oqsilning biologik funksiyasini qisman yoki butunlay yo'qotish bilan sodir bo'ladi.

To'rtlamchi struktura. Oqsillarning to'rtlamchi strukturasi – bu o'zlarining birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi strukturalari bo'lgan alohida polipeptid – zanjirlarining (subyedinitsalarning) birikmasi bo'lib, struktura va funksional vazifalari bo'yicha yagona murakkab oqsil molekulasidir. Ko'pincha uni subyedinitsali struktura deb ham atashadi. Masalan, insulin – 2 ta, gemoglobin – 4 ta, laktatdehidrogenaza fermenti – 5 ta subyedinitsadan tuzilgan.

Oqsillarning to'rtlamchi strukturasi mustahkam ushlab turishda vodorod, ion va boshqa nokovalent bog'lar hamda qisman kovalent disulfid ($-S-S-$) bog'lari ishtirok etadi. Har bir subyedinitsa alohida o'zi biologik faollikka ega emas, faqat ular birgalikda yagona bir funktsiyani bajaradi.

Hozirgi vaqtda bir necha yuz oqsillarning to'rtlamchi strukturasi borligi aniqlangan. Lekin, juda kam oqsillarni, shu jumladan, gemoglobin oqsilining to'rtlamchi strukturasi rentgenostruktura analizi yordamida aniqlangan (8-rasm). Rasmda ikkita subyedinitsa qora va boshqa ikitasi – oq rangda ifodalangan. Har bir subyedinitsa bittadan gem molekulasini tutadi, lekin rasmda faqat ikkita ko'rinadi, ikkitasi esa modelning orqa tomonida joylashgan.



8-rasm. Gemoglobinning to'rtlamchi strukturasi model (Perutsi va hammualliflari bo'yicha).

Shunday qilib, oqsillarning to'rt darajadagi struktura tuzilishi borligi to'g'risidagi fikrlarni tasdiqlaydigan barcha asoslar bor. Har bir individual oqsilning o'zini funksiyasining unikalligini ta'minlab beradigan unikal strukturasi bo'ladi. Shu sababli turli-tuman oqsillarning strukturalarini aniqlash tirik sistemalarning tabiatini va shu tufayli hayotning mohiyatini bilib olish uchun kalit bo'lib xizmat qiladi.

4.6. Oqsillarning xossalari

Oqsillarning eng xarakterli fiziko-kimyoviy xususiyatlari – bu ularning eritmalarini yopishqoqligi, bir oz diffuziyasi, katta miqyosda shishish qobiliyati, optik faolligi, elektr maydonida harakatchanligi, 280 nm to‘lqin uzunligida ultrabinafsha nurlarini yutish qobiliyatlaridir.

Har bir oqsilning tuzilishi va biologik vazifasi bo‘yicha spetsifikligini (maxsusligini) unga xarakterli bo‘lgan aminokislotalarning tarkibi va polipeptid zanjiridagi aminokislota qoldiqlarining ketma-ket joylashish tartibi belgilaydi.

Oqsillarning fiziko-kimyoviy xususiyatlari, asosan, ularning tarkibiga kiradigan aminokislotalarning radikallarini tabiati va xususiyatlariga hamda erkin funksional guruhlarining miqdoriga, shu jumladan, amino- va karboksil guruhlarining miqdoriga ham bog‘liq bo‘ladi.

Aminokislotalar kabi oqsillar ham erkin amino- va karboksil guruhlarini bo‘lganligi tufayli amfoterlik xususiyatiga ega.

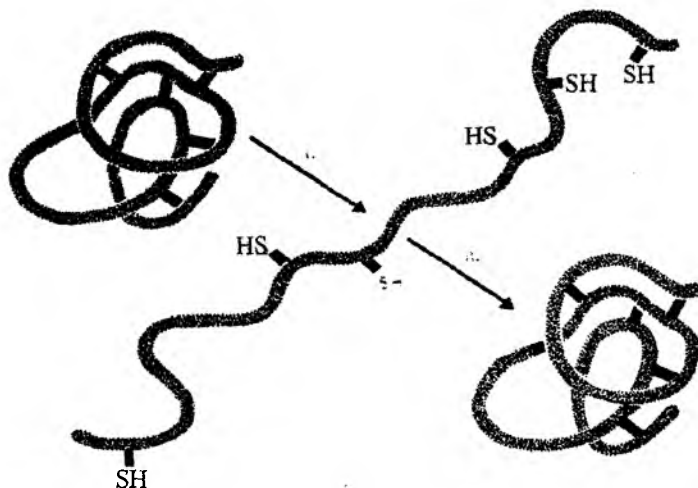
Muhitning qat‘iy ma‘lum reaksiyasida oqsil molekulalarining kislotali va ishqorli radikallari neytrallashadi va molekula neytral bo‘lib qoladi. Reaksiyaning ana shu o‘lchami **izoelektrik nuqta (pI)** nomi bilan yuritiladi. Ko‘pchilik oqsillar uchun pH ko‘rsatkichining 4–7 doirasida bo‘ladi. Ammo ba‘zi-bir oqsillar uchun u kuchli kislotali (pepsin – pH=1) yoki kuchli ishqorli (giston – pH=10) bo‘lishi mumkin.

Oqsil molekulalarining ham vodorod, ham gidroksil ionlarini bog‘lab olish qobiliyati ular qon va har xil a‘zolarining hujayralaridagi buferlik xususiyatini belgilaydi. Masalan, qonning asosiy buffer sistemasi bo‘lib eritrotsitlardagi gemoglobin oqsili xizmat qiladi.

Oqsillar yuqori molekulyar birikmalarga kiradi. Ularning molekulyar massalari 5000 dan to 1000000 daltongacha va undan ham ko‘proq bo‘ladi.

Oqsillar molekulalari katta bo‘lishi tufayli suvda kolloid eritmalarini hosil qiladi. Ularning turg‘unligi oqsil molekulasida o‘ziga xos suv qobig‘ini (pardasini) va ma‘lum elektr zaryadini

bo'lishiga bog'liq. Suv qobig'i buzilganda oqsilning eruvchanligi kamayadi va ular cho'kmaga tushadi. Suvda erigan oqsillar yuqori harorat ta'sirida, og'ir metallarning ta'sirida cho'kmaga tushadi. Bu cho'kmalar qaytadan erish qobiliyatiga ega emas. *Denaturatsiya* deb atalgan orqaga qaytmaqdigan hodisani asosida oqsil molekullari ustki (sirtqi) qatlamining tuzilishini o'zgarishi, ularning ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi strukturalarini o'zgarishi yotadi. Agar denaturatsiya qaytar bo'lsa, uni *renaturatsiya* deb ataladi (9-rasm). Ko'pincha to'rtlamchi strukturaga ega bo'lgan oqsillarning struktura tuzilishlarini o'rganishda denaturatsiya va renaturatsiya hodisalaridan foydalaniladi. Ma'lum sharoitda – past harorat, muhitning pH ko'rsatkichini ma'lum diapazonida siydukchilning 8 molyarli eritmasida oqsil molekulasidagi disulfid, vodorod va boshqa nokovalent bog'lar uzilib, polipeptid (subyedinitsa) zanjirlari birbirilaridan ajraydi (denaturatsiya ro'y beradi). Agar ana shu sharoitda eritmadan dializ yo'li bilan siydikchilning konsentratsiyasini sekin-asta kamaytirilsa, oqsilning nativ to'rtlamchi strukturasi qaytadan tiklanadi (renaturatsiya).



9-rasm. Oqsillarning denaturatsiya va renaturatsiyasi

4.7. Oqsillarning klassifikatsiyasi

Oqsillar oʻzlarining kimyoviy tarkibi boʻyicha – *oddiy* (proteinlar) va *murakkab* (proteidlar) oqsillarga boʻlinadi.

4.7.1. Oddiy oqsillar

Oddiy oqsillar oʻzining tarkibida faqat aminokislotalar qoldiqlarini tutadi. Ularga protaminlar, gistonlar, albuminlar, globulinlar, prolaminlar va glyutelinlar kiradi.

Protaminlar va gistonlar yadroda joylashgan, kuchli ishqorli, molekulyar massalari uncha katta emas (5000–20000 *Da*) va bajaradigan funksiyalari boʻyicha nuklein kislotalari bilan bogʻlangan. Protaminlar – kuchli ishqorlik xususiyatiga ega, chunki ular tarkibining 60–85% ini arginin tashkil qiladi. protaminlar hozirgi zamon tushunchasi boʻyicha oqsil emas, balki peptidlardir, chunki ularning molekulyar massalari 5000 daltondan oshmaydi. Ular tarkibida DNK tutgan murakkab oqsillar – dezoksiribonukleoproteidlarning strukturasida oqsil komponentini tashkil qiladi.

Gistonlar ham ishqorlik xarakteriga ega, ularning tarkibiga arginin va lizin aminokislotalari kiradi, lekin ularning miqdori 20–30% ni tashkil qiladi, xolos. Molekulyar massalari oqsillarning molekulyar massalarini pastki chegarasidan bir oz yuqoriroq (20000 daltongacha boradi). Bu oqsillar, asosan, hujayraning yadrosida joylashgan boʻlib, dezoksiribonukleoproteinlarning tarkibiga kiradi va genomning metabolik faolligini boshqarishda muhim rol oʻynaydi.

Albuminlar – oqsillarning keng tarqalgan guruhi, suvda va NaCl hamda NaSO₄ eritmalarida yaxshi eriydi, (NH₄)₂SO₄ ning toʻyingan eritmalarida erimaydi, qon zardobining oqsillarining 65–62% ini tashkil qiladi. Molekulyar massasi 35000–70000 *Da* atrofida. Ularning asosiy vakillari – tuxum albumini, qon zardobi va sut albuminlari, mioalbuminlardir.

Globulinlar – suvda erimaydigan, lekin neytral tuzlar, ishqorlar va kislotalarda eriydigan oqsillar. Molekulyar massalari 50000 *Da* va undan yuqori bo‘ladi. Ular barcha hayvon va o‘simlik to‘qimalarida (qon plazmasi, sut zardobi, muskullarda (aktin) bo‘ladi.

Prolaminlar va glyutelinar – o‘simlik oqsillari guruhi etanolning 60–80% li suvli eritmasida eriydi (barcha boshqa oqsillar bunday sharoitda cho‘kmaga tushadi). Ularning miqdori ayniqsa boshqodoshlarning va makkajo‘xorining donlari (urug‘lari)da ko‘p. Ulardan yaxshi o‘rganilganlari – glyutenin va gliadin (bug‘doydan), gordein (arpadan), orizenin (guruchdan), zein (makkajo‘xoridan), bularning hammasi oziqa mahsulotlari tarkibiga kiradi.

4.7.2. Murakkab oqsillar

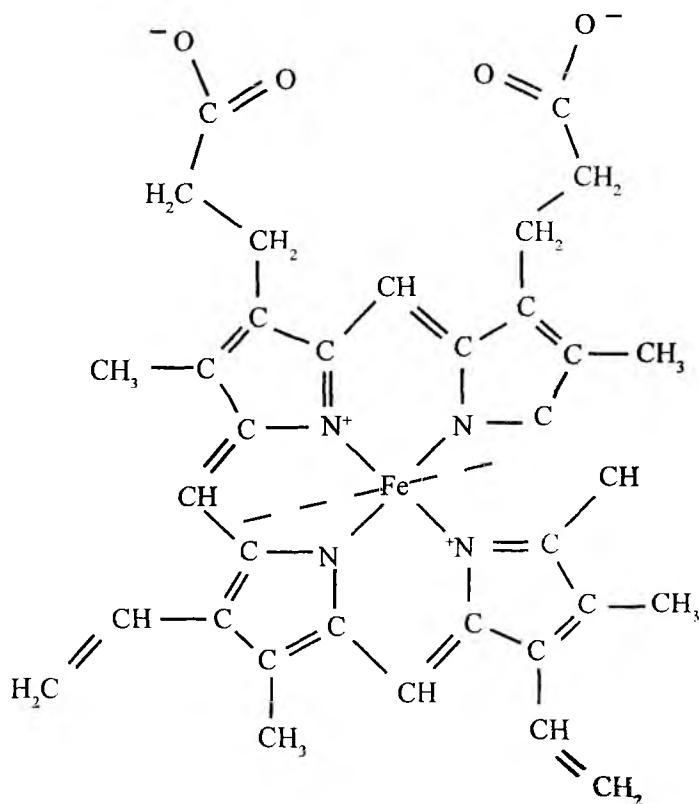
Murakkab oqsillarning molekulari oqsil qismdan (aminokislotalardan) va oqsil bo‘lmagan (boshqa birikmalardan) – prostetik guruhdan tuzilgan. Prostetik guruhlarining kimyoviy tabiatiga ko‘ra murakkab oqsillarni bir necha sinfchalarga bo‘linadi: xromoproteidlar, nukleoproteidlar, lipoproteidlar, glikoproteidlar, fosfoproteidlar, metalloproteidlar.

Xromoproteidlar – bo‘yalgan oqsillar, ularga rangni oqsil qismga birikkan turli organik birikmalar beradi. Xromoproteidlar prostetik guruhi sifatida temirli birikma porfirinni (**gemoproteidlar**) va izoallaksazinni (**flavoproteidlar**) tutadi.

Gemoproteidlarga qonning gemoglobini, muskul tolasi hujayralaridagi mioglobin, o‘simliklardagi xlorofil (magniy-porfirin) va boshqalar kiradi.

Gemoglobin – o‘pkadan to‘qimalarga kislorodni, to‘qimalardan o‘pkaga esa kanbonat angidrid (CO_2)ni tashuvchisi hisoblanadi. U eritrotsitlarda joylashgan (bitta eritrotsitda 280 million molekula atrofida gemoglobin bo‘ladi) va globin oqsilidan va oqsil bo‘lmagan qism – gemdan tuzilgan. Globin 4 polipeptid zanjiridan – ikkita α -zanjirdan va ikkita β -zanjirdan tuzilgan. Globinning molekulasida 574 aminokislota qoldig‘idan tuzilgan.

Molekulyar massasi 64500 *Da* ga teng. Gem – qizil rang va kislorodni biriktirib olish qobiliyatini beradi. U odam va har xil hayvonlarda bir xil tuzilishga ega. Gem metin guruhlarini orqali birikkan 4 pirol halqasi va ikki valentli temir atomidan tuzilgan (10-rasm).



10-rasm. Gemning strukturasi

Flavoproteidlar – prostetik guruh sifatida B_2 vitaminining hosilalari FMN va FADni tutadi. Nafas olish zanjiri fermentlarining tarkibiga kiradigan flavoproteidlar organizmda muhim vazifalarni bajaradi.

Nukleproteidlar – tarkibida nuklein kislotalarni – RNK (ribonukleoproteidlar) va DNK (dezoksiribonukleoproteidlar)ni tutadi. Bularga xromosalar, ribosomalar, viruslar misol bo‘la oladi.

Lipoproteidlar – murakkab oqsillar, prostetik guruhi sifatida lipidlarni tutadi. Ularning tarkibida neytral yog‘lar, yog‘ kislotalari, fosfolipidlar, xolesterinning efirlari bo‘ladi. Lipoproteidlar hujayra membranalari va organoidlari hamda nerv qobiqlari tarkibiga kiradi.

Qon zardobida ular lipidlarni tashish vazifasini bajaradi.

Fosfoproteidlar – aminokislotalardan tashqari fosfor kislotasini ham tutadi (~1% gacha), serin va treoninlarning gidroksil guruhi bilan bog‘langan bo‘ladi. Ular yosh o‘sayotgan organizmlar uchun to‘yimli oziqa hisoblanadi va sutda (kazein), tuxumda (ovalbumin, vitellin) ko‘p miqdorda bo‘ladi.

Glikoproteidlar – tarkiblarida uglevodlarni yoki ularning hosilalari – mannoza, galaktoza, geksozaminlar, glyukuron kislotasi va boshqalarni tutadi. Glikoproteidlarga biriktiruvchi to‘qimalarning ko‘pchilik oqsillari, qonni ivishga qarshi agenti (geparin), so‘lakning shilimshiq moddasi (mutsin) tarkibiga kiradi. Qonning glikoproteidlari immunobiologik reaksiyalarda qatnashadi, ba‘zi birlari gormonlar (gonadotrop, follikula faollashtiradigan) yoki ferment hisoblanadi. Glikoproteidlar – odamlarda qonning guruhlarini belgilaydi, buni bilish qon quyishda og‘ir asoratlarning oldini olish uchun kerak.

Metallproteidlar – tarkiblarida bir yoki bir necha metall ionlarini tutadi. Bunday oqsillarga gemi yo‘q temir tutgan oqsillar (ferritin) hamda tarkibida metall atomi bo‘lgan murakkab oqsillar – fermentlar kiradi. Bularda ko‘pincha, kalsiy, magniy, manganets, rux, mis va boshqa metallarning ionlari bo‘ladi. Ularning ko‘pchiligi fermentlarning tarkibiga kiradi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Oqsillar – 20 xil aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan geteropolimerlar.

Aminokislotalar – oqsil molekulasining struktura (qurilsh) bloklari.

Oqsil molekulasining birlamchi strukturasi – bu oqsilning tarkibiga kirgan aminokislotalarning miqdori (soni) va ularning polipeptid zanjirida ketma-ket joylashish tartibi.

Oqsil molekulasining ikkilamchi strukturasi – polipeptid zanjiri bitta tekislikda joylashmaydi, balki u fazoda ma'lum konfiguratsiyani – ikkilamchi strukturani hosil qiladi: polipeptid zanjiri fazoda spiral ko'rinishda (α -struktura) yoki burchak hosil qilib plastinkasimon (β -struktura) kompakt joylashishi mumkin.

Oqsil molekulasining uchlamchi strukturasi – oqsil molekulasi fazoda yana ham kompaktroq joylashib, konfiguratsiyasi globula (sharsimon yoki tuxumsimon) yoki fibrilla (ipsimon) shaklida bo'lishi mumkin.

Oqsil molekulasining to'rtlamchi strukturasi – bu faqat 2 va undan ortiq polipeptid zanjirlaridan tuzilgan oqsillarga xos. Bunda o'zlarining birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi strukturalariga ega bo'lgan polipeptid zanjirlari fazoda kompakt strukturani hosil qilib, yagona bitta funksiyani bajaradi.

Oqsillarning izoelektrik nuqtasi – muhitning qat'iy ma'lum reaksiyasida oqsil molekulasining kislotalik va ishqoriy radikallari neytrallashadi va molekula neytral bo'lib qoladi. Reaksiya (pH)ning ana shu qiymati izoelektrik nuqta nomi bilan yuritiladi.

Prostetik guruhi – murakkab oqsillarning oqsil (aminokislota) bo'lmagan qismi.

Denaturatsiya – oqsil molekulasi tashqi qavatini strukturasi o'zgarishi va ularning ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi strukturalarining buzilishi.

Renaturatsiya – orqaga, ya'ni o'zining nativ holatiga qaytishi mumkin bo'lgan denaturatsiya.

Savollar va topshiriqlar

1. Oqsillarning xilma-xilligi va bajaradigan funksiyalarini nima uchun cheksiz deyiladi?

2. Oqsil molekulalarining qurilish bloklari bo'lib, qanday birikmalar xizmat qiladi?

3. Aminokislotalar o'zlarining qismlari bilan bir-birlaridan qanday farq qiladi?

4. Aminokislotalar o'zlarining qaysi bir xususiyatlariga asosan klassifikatsiya qilinadi va qanday sinflarga bo'linadi?

5. Aminokislotalarning amfoterlik xususiyati deyilganda nimani tushunasiz? Aminokislotalarning dissotsiatsiyalanish reaksiyasini yozing.

6. Oqsil molekulasida aminokislota qoldiqlari bir-birlari bilan qanday kimyoviy bog' bilan birikadi va bu bog'larning hosil bo'lishida aminokislotalarning qaysi funksional guruhlari qatnashadi?

7. Bir necha aminokislotalarning o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan mahsulot qanday nom bilan yuritiladi?

8. Oqsil molekulasining tuzilishi juda murakkab bo'lib, u qanday darajadagi struktura tuzilishiga ega?

9. Oqsil molekulasining birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi strukturasi deyilganda nimani tushunasiz?

10. Qanday oqsillar to'rtlamchi strukturaga ega? Nima uchun uni subbirliklar strukturasi deb ham atashadi?

11. Oqsillarning ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi strukturalarini mustahkam ushlab turishda qanday kimyoviy bog'lar qatnashadi?

12. Oqsillarning qanday xususiyatlariga asoslanib oddiy va murakkab oqsillarga bo'linadi?

13. Oddiy oqsillarning (proteidlarning) asosiy guruhlariga qisqacha xarakteristika bering.

14. Murakkab oqsillar (proteidlar)ning aminokislota bo'lmagan qismi qanday nom bilan yuritiladi va ular qanday biologik funksiyalarni bajarishda qatnashadi?

15. Murakkab oqsillar prostetik guruhlarining kimyoviy tabiatiga ko'ra qanday guruhlariga bo'linadi?

16. Flavoproteidlarning asosiy vakillari – gemoglobin va mioglobinlarga qisqacha xarakteristika bering.

17. Eritmalarda oqsillar qanday reagentlar bilan cho'ktiriladi va ularning qaysi birlaridan oqsillarni nativ holatda tozalab olishda foydalanish mumkin?

5. NUKLEIN KISLOTALAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

5.1. Nuklein kislotalarning biologik funksiyalari va klassifikatsiyasi

Nuklein kislotalar barcha tirik hujayralarda (organizmlarda) bir xil funksiyani bajaradi, ya'ni genetik informatsiyani saqlash, nasldan-naslga uzatish va amalga oshirishni ta'minlaydi. DNK molekulasi genetik informatsiyani nukleotidlarning ketma-ketligi shaklida saqlaydi, RNKning turli xillari uni oqsillarning biosintezini boshqarish yo'li bilan amalga oshiriladi.

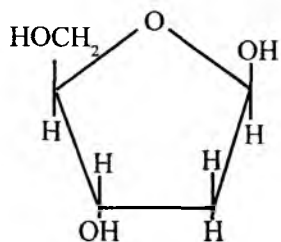
Nuklein kislotalar – yuqori molekulali makrobiopolimerlar bo'lib, ularning molekulalari 4 xil nukleotidlardan tuzilgan, nukleotidlar o'z navbatida tarkibida 3 xil komponentni – azot asoslari, uglevod komponenti – pentoza va fosfor kislota qoldig'ini tutadi.

Nukleotidlarning tarkibiga qaysi bir uglevod (pentoza) kirganiga qarab nuklein kislotalar ikkita katta guruhga bo'linadi: *dezoksiribonuklein kislotalar* (DNK) va *ribonuklein kislotalar* (rPNK) va hatto ularning nomlari ham pentozaning nomiga nuklein kislota so'zlarini qo'shish bilan olinadi. DNKning tarkibida uglevod komponenti sifatida *dezoksiriboza*, RNKda esa *riboza* xizmat qiladi. Ribonuklein kislotalar o'z navbatida bajaradigan funksiyalariga qarab 3 guruhga – transport RNK (tRNK), information RNK (iRNK) va ribosomal (rPNK)larga bo'linadi.

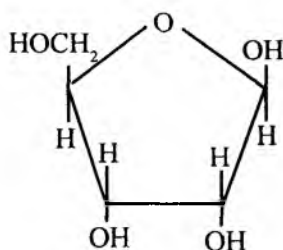
5.2. Nuklein kislotalarning struktura komponentlari

Yuqorida ko'rsatilganidek, nuklein kislotalarning molekulalari 4 xil nukleotid qoldiqlaridan, nukleotidlar o'z navbatida 3 xil komponentdan – azot asosi, uglevod (pentoza) va fosfor kislota qoldig'idan tuzilgan.

DNK va RNK nukleotidlarining tarkibiga kirgan uglevodlar – dezoksiriboza va riboza β -D-ribofuranoza shaklida bo'ladi.

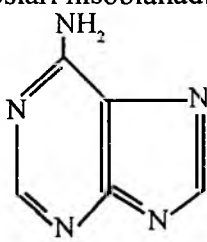


β -D-2-dezoksiriboza

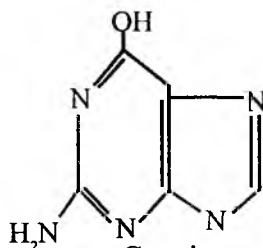


β -D-riboza

Nukleotidlarning tarkibida 5 azot asoslari topilgan. Ulardan ikkitasi – adenin va guanin ham DNK va ham RNK tarkibiga kiradi va purin asoslari hisoblanadi.



Adenin

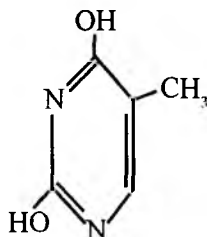


Guanin

Uchta azot asosi – uratsil, timin va sitozin pirimidin asoslar hisoblanadi. Sitozin ham DNK, ham RNK tarkibiga kiradi, uratsil – faqat RNK va timin – faqat DNK tarkibiga kiradi. Nuklein kislotalar tarkibida ba’zi bir boshqa purin va pirimidin asoslari hosilalari (digidrouratsil, psevdouridin, inozin, metilsitozin va h.k.) ham topilgan. Lekin ular faqat polinukleotid zanjirlarida kimyoviy modifikatsiya yo’li bilan hosil bo’ladi va ko’proq transport RNKlarning tarkibida uchraydi.



Uratsil

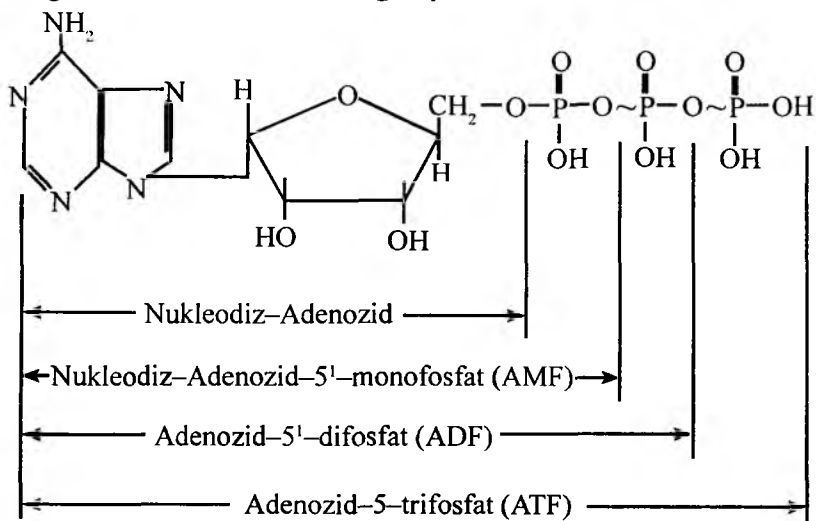


Timin



Sitozin

Purin yoki pirimidin asoslari riboza yoki dezoksiribozani biriktirib olib, *nukleozid* deb ataladigan kompleks birikmani hosil qiladi. Nukleozid tarkibidagi riboza (yoki dezoksiriboza)ning beshinchi holatdagi (C – 5' yoki – 5') gidroksil guruhiga fosfor kislotasi qoldig'ini biriktirib – *nukleotidga* aylanadi.



Nukleozidlarning nomi purin asoslarining nomiga – *ozin* suffuksini (adenozin, guanozin), pirimidinlarga esa – *din* suffuksini (uridin, timidin, sitidin) qo'shish bilan olinadi.

Nukleotidlarning nomi nukleozid nomining oxiriga fosfor kislotasi qoldig'ini soni va fosfat so'zini qo'shish bilan hosil qilinadi. Jumladan, agar nukleozid bitta fosfor kislotaga qoldig'ini tutsa, nukleozidmonofosfat, ikkita kislotaga qoldig'i bo'lsa – nukleoziddifosfat va uchta qoldiq bo'lsa – nukleozidtrifosfat deb ataladi va nukleozidning nomini, fosfor kislotasining soni va o'zining nomini birinchi harflari bilan qisqartirilib belgilanadi. Masalan, adenozinmonofosfat – AMF, adenozindifosfat – ADF, adenozintrifosfat – ATF va h.k. Nukleozid – 5'– monofosfatlar nuklein kislotalar (RNK, DNK)ning asosiy struktura komponentlari (qurilish bloklari) bo'lib xizmat qiladi.

DNK va RNK molekulari o'zaro bir-birlaridan kimyoviy tarkibi bilan farq qiladi, ya'ni:

Adenin	Adenin
Guanin	Guanin
Sitozin	Sitozin
Timin	Uratsil
Dezoksiriboza	Riboza
H_3PO_4	H_3PO_4

Nuklein kislotalarning hujayralarda joylashishi va miqdoriga kelsak, DNK barcha tirik hujayralarning asosan yadrolarida (prokariotlarda, sitoplazmada) xromosomalarning tarkibida, qisman mitoxondriya va xloroplastlarda joylashgan. Bitta organizmning hujayralarida DNKning miqdori doimiy va pikogrammlarni tashkil qiladi, har xil tur organizmlarda esa ancha farq qiladi. DNKning molekulyar massasi juda katta va bir necha milliard daltonni ($\sim 10^{10}$ – 10^{11} Da) tashkil qiladi. Masalan, hisoblashlar bo'yicha hujayrada DNKning zanjiri 5 nm atrofida joyni egallasa, agar uni cho'zsa, 8 sm uzunlikkacha cho'zilar ekan. RNK miqdori haqida aniq ma'lumotlar yo'q, chunki uning miqdori asosan hujayradagi oqsillar biosintezining intensivligi bilan aniqlanadi. Umuman olganda, RNKning hissasiga hujayra umumiy massasining taxminan 5–10% i to'g'ri keladi. Shu jumladan, information RNK hissasiga RNKning umumiy massani $\sim 2\%$, transport RNKga – 16% va ribosomal RNKga – 82% to'g'ri keladi. Bundan tashqari har uchala tip RNK (information, ribosomal va transport) bir-birlaridan molekulyar massalari, nukleotidlarning soni va tarkibi, struktura tuzilishi va hujayrada bajaradigan funksiyalari bilan farq qiladi.

Information RNK (iRNK) – hujayraning taxminan 2% RNKni tashkil qiladi, tarkibida 75–3000 nukleotid tutadi, molekulyar massasi – $2,5 \cdot 10^4$ – $1 \cdot 10^6$ Da. Hujayraning yadrosi va sitoplazmada uchraydi. Oqsil sintezi jarayonida matritsa vazifasini bajaradi.

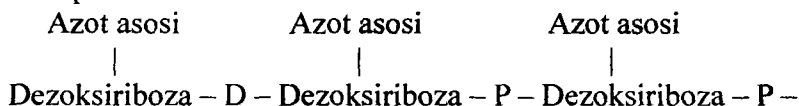
Transport RNK (tRNK) – hujayraning $\sim 16\%$ RNKni tashkil qiladi, tarkibida 75–90 nukleotid tutadi, molekulyar massasi $2,3 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^4$ Da. Asosan sitoplazmada uchraydi. Ularning formasi

(ikkilamchi strukturasi) oʻziga xos va beda bargining shakliga oʻxshaydi. Sitoplazmada aminokislotalarni faollashtirib, oqsillarning sintezlanish joyiga – ribosomaga tashish vazifasini bajaradi.

Ribosomal RNK (rRNK) – hujayraning 82% RNKini tashkil qiladi, tarkibida ~120-3100 nukleotid tutadi, molekulyar massasi ~ $3,5 \cdot 10^4$ - $1,1 \cdot 10^6$ Da. Shu jumladan, 5S RNK – 120 atrofida nukleotid tutadi, molekulyar massasi ~ $3,5 \cdot 10^4$ Da; 16S RNK – ~1500 nukleotid, molekulyar massasi – $5,5 \cdot 10^5$ Da; 23S RNK – ~3100 nukleotid tutadi, molekulyar massasi – ~ $1,1 \cdot 10^6$ Da. Ribosomalarning asosiy strukturasi tashkil qiladi.

5.3. DNKning tuzilishi va strukturasi

Birlamchi strukturasi. DNKning molekulasida dezoksiribonukleotidlar bir-birlari bilan fosfor kislotasi qoldigʻi va dezoksiriboza orqali birikib, polinukleotid zanjirini hosil qiladi. Polinukleotid zanjirida dezoksiribonukleotidlarning maʼlum tartibda ketma-ket joylashishi DNK molekulasining *birlamchi strukturasi*ni tashkil qiladi.



Ikkilamchi struktura. DNK strukturasi qator oʻziga xos xususiyatlarini tushunish uchun 1949-yilda Ervin Chargaff ochgan DNK molekulasida azot asoslarini qatʼiy maʼlum miqdorda boʻlishi qonuniyati **Chargaff qoidasi** nomi bilan yuritilgan qonuniyat, juda katta, muhim rol oʻynadi. Bu qoidaga asosan, turli, manbalardan ajratib olingan toza DNKning tarkibini analiz qilganda shu narsa maʼlum boʻldiki, yaʼni

1. purinlarning miqdori pirimidinlarning miqdoriga teng:

$$A + G = S + T \text{ yoki } \frac{A + G}{S + T} = 1;$$

2. adenin va sitozinning miqdori guanine va timinning miqdoriga teng:

$$A + S = G + T \text{ yoki } \frac{A+S}{G+T} = 1;$$

3. adeninning miqdori timin miqdoriga va guanin miqdori sitidin miqdoriga teng:

$$A = T \text{ va } G = S \text{ yoki } \frac{A}{T} = 1 \text{ va } \frac{G}{S} = 1;$$

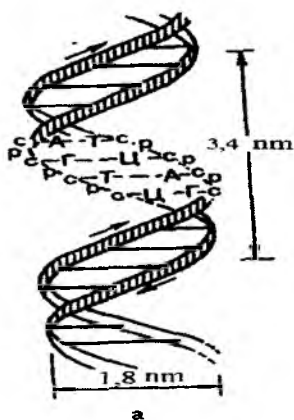
4. spetsifiklik koeffitsiyenti – $G + S$ va $A + T$ larni nisbati: $\frac{G+S}{A+T}$

DNK molekulalarida $G + S$ va $A + T$ larning miqdori hech qachon teng bo'lmaydi. Shuning uchun ularning o'zaro nisbati, ya'ni *spetsifiklik koeffitsiyenti* hayvonlar va ko'pchilik o'simlik DNKlari uchun – 0,54–0,94, mikroorganizmlarning DNKlari uchun – 0,45–2,57 ga teng.

Chargaff qoidasining muhim xususiyatlaridan biri shundan iborat ediki, bu qonuniyatga bo'ysunish uchun DNKning molekulasi qo'sh zanjirdan iborat bo'lishi kerak edi. Lekin o'sha vaqtda Chargaffning o'zi ham DNK molekulasining qo'sh zanjirdan tuzilgan bo'lishini tasavvur qilmagan.

O.Everi shogirdlari bilan 1944-yilda yakunlagan ishida pnevmaniya kasalligini chaqiradigan pnevmokokklar bilan o'tkazilgan tajribasida ochilgan transformatsiya hodisasini o'rganishgan. Bu ajoyib tajribada olimlar pnevmokokklarning ikkita turini – biri pnevmoniya kasalligini chaqiradigan va ikkinchisi umuman kasallik chaqirmaydigan turlarini olib, kasallik chaqiradigan turlarining hujayralarini qizdirish bilan o'ldirgan va unga tirik kasallik chaqirmaydigan hujayralarni qo'shgan. Ma'lum vaqt o'tgandan keyin ba'zi bir tirik hujayralar (kasallik chaqirmaydigan) o'lik hujayralar bilan kontaktda bo'lgandan keyin qandaydir yo'l bilan kasal chaqiradigan bo'lib qolgan. Bu tajribada o'ldirilgan bakteriyadan tirigiga nimadir (qandaydir modda) o'tgani aniq edi. To'g'risini aytganda, Everining bu ishi hozir irsiyatning

moddasi yoki genlar xuddi DNK molekulasining o'ziligini tasdiqlab bergan birinchi ish hisoblanadi. O. Everi va E. Chargaflarning ana shu ishlaridan juda ham ustalik bilan foydalangan Djeys Uotson va Frensis Kriklar 1953-yilda taklif qilgan qo'sh spiral modeliga muvofiq DNK molekulasi faraz qilingan o'q atrofida biri ikkinchisiga α -spiral hosil qilgan burama shaklidagi ikkita zanjirdan iborat (11-rasm). Zanjirlar uglevod va fosfat qoldiqlaridan tuzilgan, ulardan spiral ichiga ma'lum doimiy oralikda azot asoslari tortilgan. Bu ikkita zanjir identik, bir-biriga to'la mos keladi va komplementardir (lotincha *complement* – to'latish ma'nosini bildiradi). Lekin ikkita zanjir bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda antiparallel o'rin olgan (12-rasm). Ikkala zanjirning azot asoslari juft-juft bo'lib

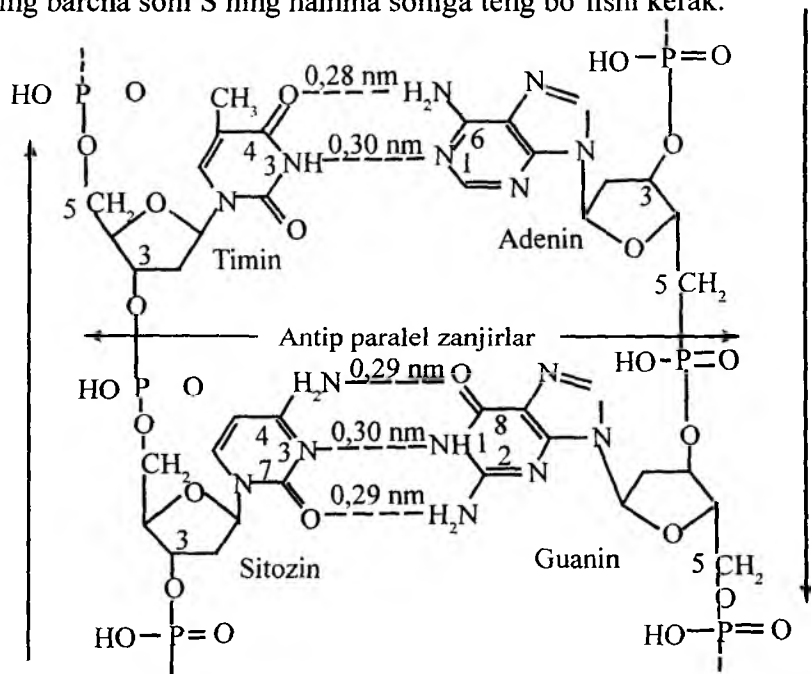


11-rasm. DNKning qo'sh spiralini sxematik tasviri

joylashgan (A – T va G – S). Ularning oraligida vodorod bog'lari bor, ya'ni adenin va timin oralig'ida – 2 ta, guanin va sitozin oralig'ida – 3 ta vodorod bog'lari bor. Uotson va Krikning aniqlaganiga ko'ra, ikkita zanjirning azot asoslari ma'lum bir prinsipda, **komplementarlik** deb atalgan prinsipda joylashadi: bir zanjirning ma'lum bir azot asosining qarshisida ikkinchi zanjirning qat'iy ravishda ma'lum bir azot asosi joylashadi.

Shunday qilib, A qarshisida T va G qarshisida S yoki T qarshisida A va S qarshisida G joylashadi. Bundan boshqacha joylashish mumkin emas. Chunki purinlarning (A va G) molekulasi 2 ta geterotsiklik halqadan tuzilgan va o'lchami katta, pirimidinlarning (T va S) molekulasi 1 ta geterotsiklik halqadan tuzilib, o'lchami kichik. Ikkita uglevod – fosfat zanjirlarning oralig'i 1,8 nm (11-rasm) bo'lib, bu masofaga 1 ta purin va 1 ta pirimidin asoslari joylashadi, xolos. Lekin ikkita pirimidin S va T mumkin emas, chunki bunday

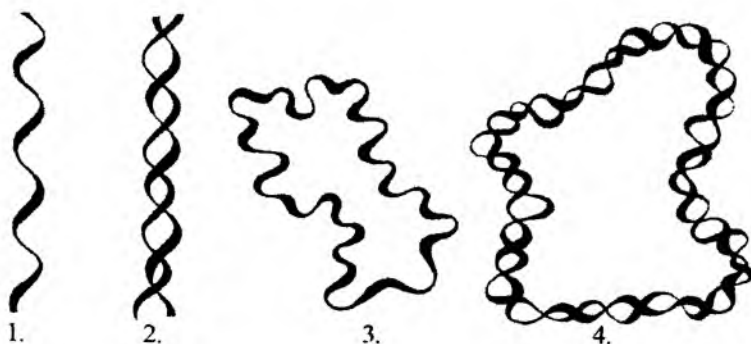
holda asoslar orasida ancha bo'sh joy qolib, vodorod bog'lari hosil bo'lmaydi. Ikkita purin (A va G) bo'lishi ham mumkin emas, chunki ularning molekulari bu oraliqqa sig'maydi, Bulardan tashqari, A-S yoki G-T jufti bo'lishi ham mumkin emas, chunki bunday hollarda ularning o'rtasida vodorod bog'lari hosil bo'lmaydi va qo'sh zanjirning bir-biri bilan mustahkam bog'lanib turishi yo'qoladi. Shunday qilib, Chargaff qoidasi DNKning strukturasi bo'yicha to'la tasdiqlanayapti, ya'ni qo'sh spiral strukturani aylanma zinapoya deb faraz qilsak, har bir pog'onada yoki A-T juft yoki G-S juft bo'lishi shart va, nihoyat, A ning umumiy soni T ning umumiy soniga va G ning barcha soni S ning hamma soniga teng bo'lishi kerak.



12-rasm. Ikkita qarama-qarshi yo'nalgan polinukleotid zanjirida azot asoslarining komplementar joylashishi

DNK molekulasi uchlamchi strukturaga ham ega bo'lganligi tufayli hujayrada (xromosomalarda) juda kompakt bo'lib, o'z joyini egallaydi.

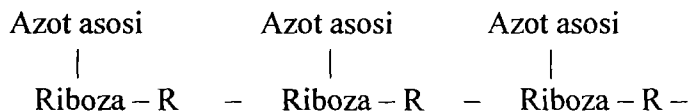
Bitta zanjirdan tuzilgan DNKni FX174 bakteriofagida (1), bitta zanjirdan tuzilgan halqasimon DNKni mitoxondriya va viruslarda (3), ikkita zanjirli halqasimon DNKni infeksiyon viruslarda (4) uchratish mumkin (13-rasm).



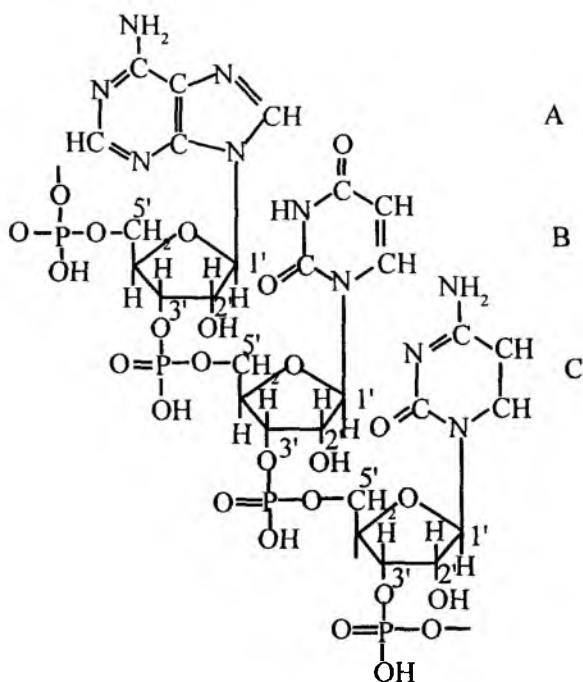
13-rasm. DNKning uchlamchi strukturasi (sxema)

5.4. RNKning tuzilishi va strukturasi

Birlamchi strukturasi. RNKning molekulasida ribonukleotidlar (AMF, GMF, SMF va UMF) bir-birlari bilan fosfor kislotasi qoldig‘i va riboza orqali birikib, ribopolinukleotid zanjirini hosil qiladi. Polinukleotid zanjirida ribonukleotidlarning ma‘lum izchillikda ketma-ket joylashishi RNK molekula-sining *birlamchi strukturasi*ni tashkil qiladi.



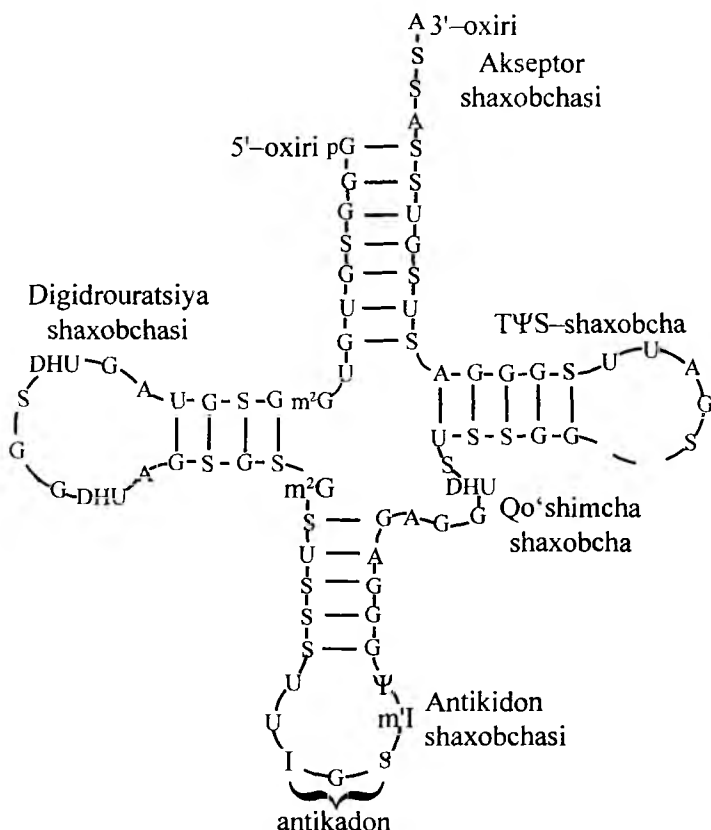
Nukleotidlarning bog‘larini hosil bo‘lishida fosfor kislotasi qoldig‘i orqali ribozaning 3'- va 5'- holatdagi gidroksil (-OH) guruhlari ishtirok etadi (14-rasm).



14-rasm. RNK molekulasining bir bo'lakchasini tuzilishi.

Hozirgi vaqtda deyarli barcha transport RNKlar, *E.coli* bakteriyasining 5S va 16S ribosomal RNK va bir qator viruslarning RNKlarini birlamchi strukturasi aniqlangan. Hujayrada barcha RNKlarning hammasi bitta polinukleotid zanjiridan tashkil topgan.

Information va ribosomal RNKlarning ikkilamchi strukturalari kamroq o'rganilgan. Ularning polinukleotid zanjirlari ko'proq spiral hosil qilib, fazoda kompaktroq joylashadi. Asosan, transport RNKlarning ikkilamchi strukturalari to'la o'rganilgan bo'lib, ularning barchasini fazoviy konfiguratsiyasi "beda bargi" shakliga o'xshaydi (15-rasm). Bu strukturalarni solishtirganda so'zsiz ma'lum biologik ahamiyatga ega bo'lgan qonuniyatlar kelib chiqadi. Hamma tRNKlarda akseptor shaxobchasi – SSA ketma-ketlikda tugallangan 3'-oxiri (aminokislota qoldig'i adeniga birlashadi), antikodon shaxobchasi – 3 ta ketma-



15-rasm. Alanil-tRNKning ikkilamchi strukturasi (Xolli xodimlari bilan, 1965).

(Alanin-tRNKning tarkibida odatdagi to'rtta nukleotiddan tashqari yana psevdouridin (Ψ), metil- va dimetilguanin, digidourin (diNU), metilipoksantin (MeI), ribotimidin (T), va inozin (I) lar topilgan).

ket joylashgan nukleotidlar – antikodon (iRNK molekulasidagi kodon bilan komplementar bog'lanadigan), digidouratsil (diNU) va psevdouridin (NΨS) shaxobchalari bo'ladi. Bundan tashqari ko'pchilik tRNKning polinukleotid zanjirining 5'-oxirida guanil kislotali (pG) joylashgan.

Transport RNKlarning uchlamchi strukturasi uchta shaxobchalar (digidouratsil, psevdouridin va antikodon) taxlanib, bir-biriga yaqinlashib “beda bargning” shaklini emas, balki lotincha L harfini to‘ntarib, pastini tepa qilib qo‘yganga o‘xshaydi. Bir zanjirli matritsali (information) va ribosomal RNKlarga kelsak, muhitning pH, ion kuchi va haroratining ma’lum fiziologik ahamiyatli ko‘rsatkichlarida polipeptid zanjirining ko‘p qismlari qo‘sh spiral hosil qilib, fazoda kompakt tayoqcha yoki kompakt o‘ram (koptok) shaklida joylashishi mumkin.

5.5. Nukleotidlarning moddalar va energiya almashinuvidagi roli

Nukleozid-5'-monofosfatlar barcha tip nuklein kislotalarning tarkibiga kiradi. Nukleozid-5'-trifosfatlar DNK va RNKlarning biosintezi jarayonlarida qurilish bloklari bo‘lib xizmat qiladi. Bulardan tashqari nukleozidtrifosfatlar – makroerg birikmalar bo‘lib, organizmlarning moddalar va energiya almashinuvida muhim rol o‘ynaydi (biologik oksidlanishning energiyasini akkumulyatsiya qiladi). Ayniqsa ATFning bioenergetik jarayonlardagi roli juda katta. Odam organizmining sutkalik energiyaga bo‘lgan ehtiyojini deyarli 90% i ATF hisobiga, ya’ni ATFning ADF va anorganik fosfatga parchalanganda ajralib chiqqan energiya hisobiga ta’minlanadi.

Bulardan tashqari, organizmda siklik nukleotidlar – sAMF (yoki S – 3', 5'-AMF) bo‘ladi. Ular moddalar va energiya almashinuvi jarayonlarida muhim ahamiyatga ega. Masalan, ko‘pchilik gormonlar va biologik faol moddalar o‘zlarining ta’sirlarini adenilatsiklaza sistemasi orqali amalga oshiradi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamaları

DNK – dezoksiribonuklein kislota.

RNK – ribonuklein kislota.

Nukleozid – purin va pirimidin azot asoslarini uglevod (riboza yoki dezoksiriboza) bilan birikib hosil qilgan kompleks birikmasi.

Nukleotid – nukleozidlar o‘ziga fosfor kislotasi qoldig‘ini biriktirib olgan kompleks birikma.

Nuklein kislotalarning birlamchi strukturasi – polinukleotid zanjirida mononukleotidlarning ma’lum tartibda ketma-ket joylashishi.

DNKning ikkilamchi strukturasi – Uotson va Kriknig qo‘sh spiral modeliga muvofiq, DNK molekulasi faraz qilingan o‘q atrofida biri ikkinchisiga spiral hosil qilgan burama shaklidagi ikkita qarama-qarshi yo‘nalgan zanjirdan iborat.

Komplementarlik prinsipi – bir zanjirning ma’lum bir azot asosi qarshisida ikkinchi zanjirning qat’iy ravishda ma’lum bir azot asosining joylashishi, ya’ni A qarshisida T va G qarshisida S yoki, aksincha T qarshisida A va S qarshisida G joylashishi.

Chargaff qoidasi – DNK molekulasida: 1) purinlar miqdori pirimidinlar miqdoriga teng; 2) adenin va sitozinning miqdori guanine va timin miqdoriga teng; 3) A G ga va G S ga teng, ya’ni $A=T$ va $G=S$; 4) $G+S$ ning $A+T$ ga nisbati \ spetsifiklik koeffitsiyenti deb ataladi va har xil bo‘ladi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Tirik organizmlarda nuklein kislotalar qanday biologik funksiyalarni bajaradi?*

2. *Nuklein kislotalar qisman va to‘la parchalanganda qanday moddalar hosil bo‘ladi?*

3. *Nukleotidlar qanday komponentlardan tuzilgan? Ularning tarkibida nechta molekulagacha fosfor kislota qoldig‘i bo‘ladi?*

4. *ATFning struktura formulasini yozing.*

5. *DNKning tarkibida qaysi nukleotid RNKda esa qaysi bir nukleotid bo‘lmaydi?*

6. *Nuklein kislotalar (DNK va RNK)ning birlamchi strukturasi deyilganda nimani tushunasiz?*

7. *DNK molekulasining ikkilamchi strukturasi Uotson va Krik taklif qilgan qo‘sh spiral modeliga muvofiq ta’riflab bering.*

8. *Komplementarlik prinsipi deganda nimani tushunasiz?*

6. FERMENTLAR – BIOLOGIK KATALIZATORLAR

6.1. Fermentlar haqida umumiy tushuncha

Tirik organizmlarda doimo juda ko'p turli-tuman kimyobiy reaksiyalar sodir bo'lib turadi. Bu reaksiyalar o'lik tabiatdagi shunday reaksiyalarning tezligidan millionlar marta yuqoriroq tezlikda boradi. Shu bilan birga organizmda bularning hammasi nisbatan past harorat va bosim ostiga hamda muhitning pH ni chegaralangan diapazonida sodir bo'ladi. Masalan, ovqat hazm qilish tizimida oqsillarni aminokislotalargacha parchalanishi 37°C da 2–3 soat davomida sodir bo'lsa, laboratoriya sharoitida esa 105°C, 0,6 *n* HCl eritmasida 24–72 soatda o'tkazish mumkin.

Tirik organizmlarda kimyoviy reaksiyalarning juda katta tezligi ularda *fermentlar* yoki *enzimlarning* bo'lishiga bog'liq. Ferment atamasi – lotincha so'z "*fermentum*" – achitqi, xamirturush, *enzim* esa – grekcha "*en*" – ichki, "*zyme*" – achitqi ma'nolarini bildiradi.

Bu moddalarning nomlarini o'zini kelib chiqishi shu narsani ko'rsatadiki, ularning borligi haqidagi dastlabki ma'lumotlar achish jarayonlarini o'rganishdan olingan. 1914-yilda peterburgli olim K.S. Kirxgof fermentning ta'sirini birinchi marta to'la ilmiy asoslab bergan. Lui Paster achish jarayonini fermentlarning ta'siri bilan bog'lab, bu fermentlarni achitqi hujayralaridan va hujayralarning tirik holatini ushlab turgan hamma narsadan ajratib bo'lmaydi degan fikrga keladi. Faqat rus olimlari M.M. Manaseina, A.N. Lebedeva hamda E.Buxnerlarning ilmiy ishlari tufayli asosiy metabolik jarayonlarni katalizlaydigan bu muhim fermentlarni hujayradan tashqarida ham ishlay olishi isbotlandi.

Fermentlar haqidagi ta'limotning eng katta yutuqlarini XX asr olib keldi. 1926-yili Samner birinchi kristall ferment – ureazani ajratib oldi va uni oqsil tabiatli ekanligini tasdiqladi. Samner barcha fermentlar oqsillar bo'lishi kerak degan fikrni bildirdi. Nortrop

hamualliflari bilan pepsin, tripsin va ximotripsin fermentlarini kristall holatida ajratib olgandan keyin fermentlarning oqsil tabiati uzil-kesil hal bo'lgan edi.

Shunday qilib, fermentlar – boikatalizatorlar hujayrada hosil bo'ladi va kimyoviy tabiatlari bo'yicha yoki oddiy oqsillar yoki murakkab – aminokislota bo'lmagan komponentlarni tutgan oqsillardir. Fermentlar oddiy kimyoviy katalizatorlardan farq qilib, ular juda yuqori darajadagi *spetsifiklikka* ega, ya'ni faqat bir moddaning bir tipdagi yagona reaksiyasini tanlab katalizlaydi. Bunday yuqori darajadagi spetsifiklikni ularning molekulalarini oqsil tabiati belgilaydi.

Hozirgi vaqtda 2000 dan ortiq har xil fermentlar identifikatsiya qilingan va ulardan 200 atrofidagi fermentlar kristall holatida ajratib olingan va ularning xossalari o'rganilgan. Bundan tashqari, bir necha o'nlab fermentlarning birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi va hatto to'rtlamchi strukturalari aniqlangan.

Fermentlar organizmdagi modda va energiya almashinuvini tashkil qiladigan minglab kimyoviy reaksiyalarni katalizlaydi.

Fermentlarning tuzilishi va funksiyalarini o'rganishda erishilgan yutuqlar shunday deyishga imkoniyat beradiki, fermentlar shunday ishchi apparatlarki, ularning yordamida DNKning nukleotidlar ketma-ketligida yozilgan genetik informatsiyasini amalga oshiriladi.

Hozirgi vaqtda ko'pchilik fermentlar sanoatda, xalq xo'jaligida, mikrobiologiya, tibbiyot va farmakologiya sanoatlarida keng miqyosda qo'llanilmoqda.

6.2. Fermentativ reaksiyalarning kinetikasi

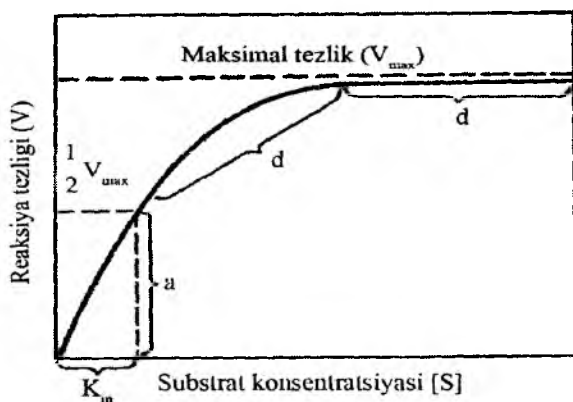
Kimyoviy reaksiyalarning tezligi va unga ta'sir qiladigan omillar haqidagi ma'lumot *kimyoviy kinetika* deb ataladi. Kimyoviy kinetikada reaksiyaning tezligi – ma'lum vaqt birligida reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasini (*mol/l.sek*) o'zgarishi bilan aniqlanadi. Reaksiyaning tezligi – reaksiyaga kirishayotgan modda molekulalarining tuzilishi, ularning konsentratsiyalari, bosim, harorat, katalizatorlarning bor bo'lishi va hokazolarga

bog‘liq bo‘ladi. Masalan, haroratni har 10°C ko‘tarilishi bilan reaksiya tezligi o‘rtacha 2–3 marta ortadi. $A+B \rightarrow C+D$ reaksiyasida reaksiyaning tezligi (v):

$v = K \cdot [A] \cdot [B]$ formulasi bilan aniqlanadi.

Reaksiyalarini fermentlar tezlashtiradigan moddalar *substratlar* deb ataladi va $[S]$ simvoli bilan belgilanadi.

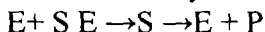
Biroq, fermentativ reaksiyalarning kinetikasi kimyoviy reaksiyalar kinetikasidan farq qiladi. Fermentativ reaksiyalarda reaksiya tezligini substrat konsentratsiyasiga (grafik bo‘yicha) bog‘liq bo‘lishi *giperbola* chizig‘i bilan ifodalanadi (16-rasm), ya’ni substratning past konsentratsiyasida reaksiya birinchi tartibga ega bo‘ladi (substrat konsentratsiyasining ortishi bilan reaksiya tezligi ham ortadi) va substratning yuqori konsentratsiyasida – reaksiya nulovoy tartibga ega bo‘ladi (reaksiyaning tezligi substrat konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lmaydi).



16-rasm. Fermentativ reaksiya tezligini substratning konsentratsiyasiga bog‘liqligi

Mana shu fakt 1913-yilda Mixaelis va Menten tomonidan fermentativ kinetikaning fundamental nazariyasini yaratishda muhimrol o‘ynadi. Bu nazariyaning asosida shunday taxmin yotadi,

ya'ni fermentativ reaksiyalar jarayonida ferment-substrat kompleksi (E-S) hosil bo'ladi va u kimyoviy reaksiyaga duchor bo'lib, so'ngra ferment va reaksiya mahsulotiga parchalanadi:



Fermentativ reaksiyaning tezligini substratning konsentratsiyasiga bog'liqligi quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$V = V_{\max} \frac{[S]}{[S] + K_m} \text{ yoki } V = \frac{V_{\max}}{1 + \frac{K_m}{[S]}}.$$

Mixaelis konstantasi (K_m) ferment va substrat o'rtasidagi kimyoviy o'xshashlik me'yori, ularning ferment-substrat kompleksini hosil qilish imkoniyatining me'yori bo'lib xizmat qiladi.

6.3. Fermentlarning kimyoviy tuzilishi va strukturasi

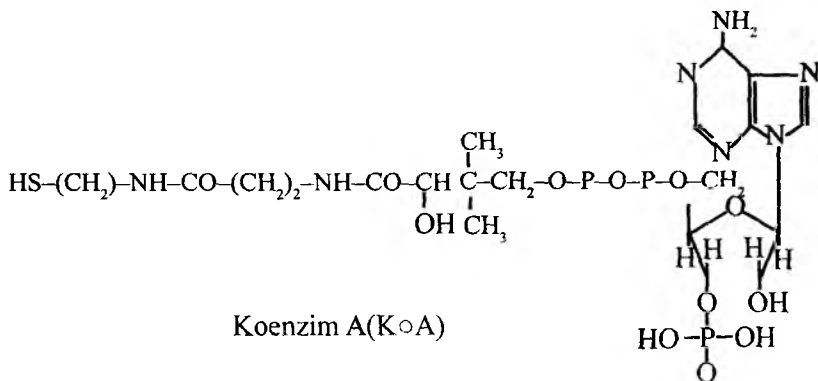
Fermentlar kimyoviy tuzilishi bo'yicha bo'lishi mumkin yoki proteinlar (ya'ni oddiy oqsillar) yoki proteidlar (murakkab oqsillar). Agar ferment-proteinning faolligi oqsilning o'zining strukturasi bo'g'liq bo'lsa, ferment-proteidlarining faolligi kofaktorlar deb ataladigan oqsil tabiatli bo'lmagan ma'lum guruhlarining bo'lishi bilan bog'liq bo'ladi. Kofaktorlar sifatida yoki metallarning ionlari yoki ferment-proteid tarkibiga kirgan tabiati oqsil bo'lmagan qo'shimcha guruhlar – murakkab organik birikmalar qatnashishi mumkin. Umuman, ferment – *xoloferment*, oqsil qismi *apoferment* va, nihoyat, qo'shimcha guruh (prostetik guruh) – *koferment* nomlari bilan yuritiladi.

Kofaktorlar, ya'ni kofermentlar, odatda, haroratga chidamli, vaholanki ko'pchilik fermentlar esa qizdirilganda inaktivatsiyaga uchraydi (faolligini yo'qotadi). Kofermentlarning fermentlar bilan bog'lanishi kimyoviy yaqinliklari (o'xshashliklari)ni har xil darajasi bilan farq qiladi. Prostetik guruh deganda oqsil qismidan ajratib bo'lmaydigan, mustahkam bog'langan qo'shimcha guruhi nazarda tutiladi. Masalan, sitoxrom C ning polipeptid guruhi bilan kovalent bog'langan gem guruhi.

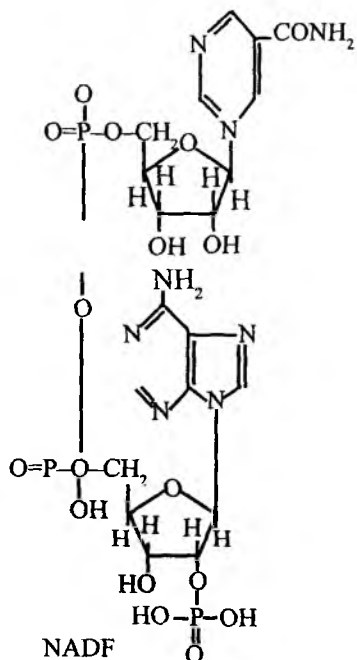
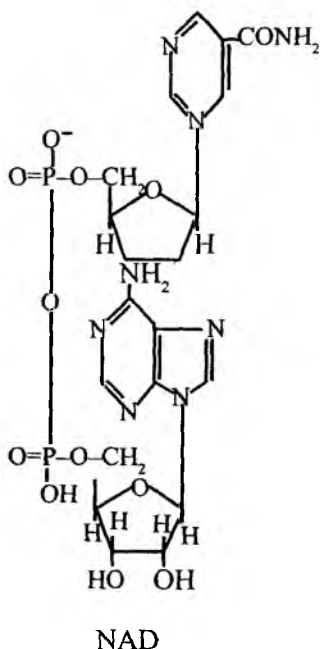
Koferment deyilganda apofermentdan osonlik bilan ajraladigan, bitta yoki bir necha fermentlarga xizmat qila oladigan va mustaqil (erkin) holda bo'lish qobiliyatiga ega bo'lgan qo'shimcha guruhlar nazarda tutiladi. Jumladan, NAD va NADF apoferment bilan faqat proton va elektronlarni substratdan boshqa kofermentga tashishda bog'langan bo'ladi. Bundan so'ng ular ajralib chiqadi va erkin holatda bo'ladi.

Ferment-proteidlarda kofermentlik vazifasini ko'pchilik vitaminlar va vitaminsimon moddalar (B_1 , B_2 , B_3 , B_5 , B_6 , B_{12} , B_c , Q va h.k) yoki vitaminlarni ishtirokida hosil bo'lgan birikmalar (koferment yoki koenzim A [K_oA], NAD, NADF, FAD) bajaradi. Hozirgi vaqtda tarkibida koferment sifatida vitaminlar va ularning hosilalarini tutgan 300 dan ortiq har xil fermentlar ma'lum. Shuning uchun ham organizmda vitaminlar yetishmaganda (gipovitaminoz holatida) ko'pchilik ferment sistemalarining faoliyati buziladi.

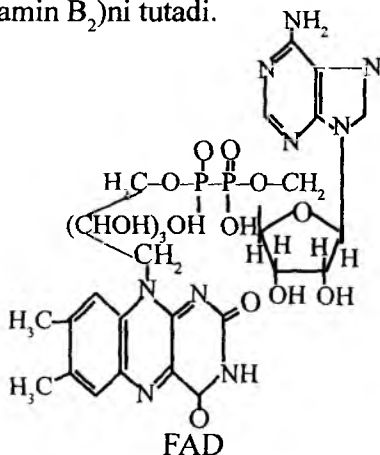
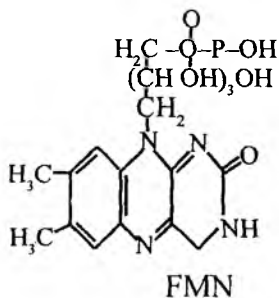
Bir qator kofermentlarning tuzilishlarini ko'rib chiqamiz. Jumladan, koferment A yoki koenzim (KoA) atsetil va atsil guruhlarni tashuvchi kofermentlardan eng muhimi, o'zining tarkibida pantoten kislotasi (vitamin B_3)ni tutadi.



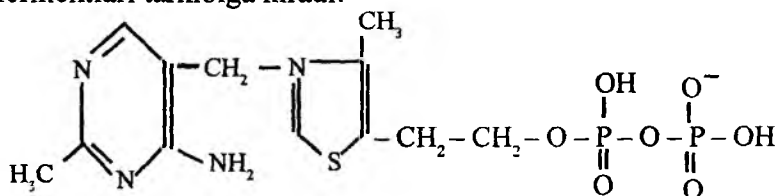
Kofermentlar NAD (nikotinamidadenindinukleotid) va NADF (nikotinamidadenindinukleotidfosfat) – vodorod elektronlari va protonlarini tashiydi, tarkibida nikotinamid (vitamin B_3)ni tutadi.



Kofermentlar FMN (flavinmononukleotid) va FAD (flavi-nadenin-dinukleotid) nafas olish zanjirida vodorod elektronlari va protonlarini tashiydi va tarkibida riboflavin (vitamin B₂)ni tutadi.



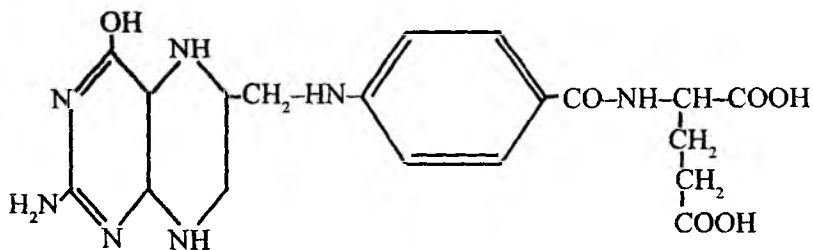
Koferment TPF (tiaminpirofosfat) – vitamin B₁ (tiamin)ning fosforli efiri – aldegid guruhlarini tashishda va ketokislotalarning dekarboksillanishida qatnashadi. TPF pirivatdegidrogenaza, α-ketoglutaratdegidrogenaza va transketolaza fermentlarining kofermentlari tarkibiga kiradi:



Tiaminpirofosfat

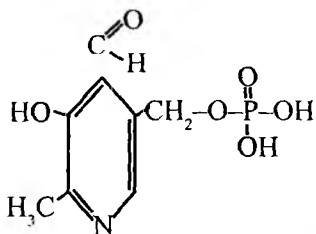
Koferment TGFK (tetragidofol kislotalari) – bir qator moddalarning biosinte-

zida bir karbonli fragmentlar (-CH₃ – metil, -CH₂OH – oksimetil, -CH-formil va h.k.)ni ko‘chirishni amalga oshirishda qatnashadi va qaytarilgan fol kislotalari (vitamin B₉) hisoblanadi.

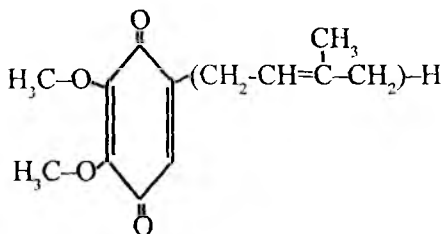


Tetragidrofol kislotalari (TGFK)

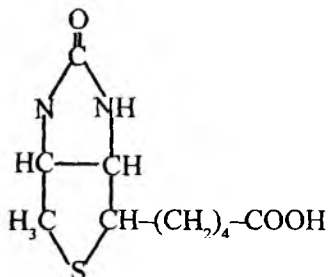
Koferment piridoksalfosfat – tarkibida vitamin B₆ (piridoksin)ni tutgan aminokislotalarning dekarboksillanish va ketokislotalar bilan pereaminirlanish reaksiyalarini katalizlashda qatnashadi. Koenzim (K₀Q) – ubixinonlarni vitaminlar qatoriga kiritadi, u oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida elektronlarni tashiydi. Vitamin H (biotin) karboksibiotin sifatida ikkita tipdagi fermentativ reaksiyalarni – ATFGa bo‘g‘liq bo‘lgan karboksillanish va transkarboksillanish reaksiyalari fermentlarining kofermentlari bo‘lib xizmat qiladi.



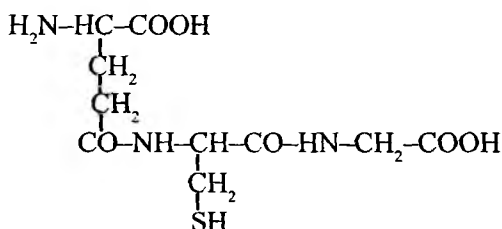
Piridoksalfosfat



Koenzim Q (ubixinon)



Karboksibiotan



HS – glytation

Vitaminlar bilan bir qatorda kofermentlik funksiyasini ba'zi bir peptidlar, jumladan, HS-glytation (γ -glutaminilsisteinil glitsin) bajarishi mumkin. U hujayradagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida ishtirok etadi. Bulardan tashqari, kofermentlik vazifasini ko'pchilik nukleotidlar, ularning hosilalari va hatto transport RNKlar ham bajaradi.

Ferment-proteidlarning koferment qismi fermentning faol markazini tashkil etadi yoki faol markaz tarkibiga kiradi va substratni bog'lab olish va uni reaksiyaning oxirgi mahsulotiga aylantirishda bevosita ishtirok etadi.

Agar koferment sifatida metall ionlari ishtirok etsa, ular fermentni substrat bilan bog'laydigan ko'priqcha funksiyasini bajaradi va natijada ferment-substrat (E-S) kompleksi hosil bo'ladi yoki bevosita katalitik funktsiyani bajaradi.

Murakkab fermentlar (ya'ni, ferment-proteidlar)ning o'ziga xos xususiyatlaridan biri shundan iboratki, ularning oqsil (apoferment), oqsil bo'lmagan (koferment) qismi o'zi alohida sezilarli katalitik

faollikka ega emas. Faqat ularning birgalikdagi kompleksi yuqori fermentativ faollikka ega. Shu bilan birga oqsil (apoferment) kofermentning erkin holatda juda kam darajada (yo'q hisobida) bo'lgan katalitik faolligini keskin oshiradi; koferment o'z navbatida oqsil (apoferment) qismni stabillashtiradi va denaturatsiyalashtiradigan ta'sirlarga chidamliligini oshiradi. Shunday qilib, murakkab fermentlarning katalitik funksiyasini bevosita ijrochisi fermentning faol markazi rolini bajarayotgan koferment bo'lsa, lekin uning ta'siri substratni yuqori darajali spetsifiklik bilan bog'lab olishni ta'minlaydigan fermentning oqsil qismini polipeptid fragmentlarisiz mumkin emas. Murakkab fermentlarning yana bir o'ziga xos xususiyatlaridan biri shundaki, bitta kofermentning o'zi har xil oqsillarni biriktirib olib, butunlay boshqa kimyoviy reaksiyalarni katalizlashi mumkin. Masalan, koferment – piridoksalfosfat bir holda aminokislotalarning transaminirlanish va boshqa holda dekarboksillanish reaksiyalarini tezlashtiradi. Demak, reaksiyaning turli xarakterlari tegishli apofermentlarning tabiati, struktura tuzilishlarining farqiga bog'liq.

Oddiy, qo'shimcha guruhi (prostetik guruhi yoki kofermenti) bo'lmagan fermentlarga kelsak, butunlay boshqacha. Oddiy fermentning polipeptid zanjirlari ham murakkab fazoviy konfiguratsiyaga ega. Ularning molekulalarining barcha qismlari bir xil funksiyani bajarmaydi. Fermentning polipeptid zanjirini tarkibiga kirgan ma'lum aminokislota qoldiqlarini unikal kombinatsiyasi – fermentning **faol (katalitik) markazi** nomini olgan. Odatda fermentlarning faol markazi tarkibida quyidagi aminokislotalarning qoldiqlari uchraydi: serin, tirozin, sistein, triptofan, arginin, lizin, gistidin, asparagin va glutamine kislotalari.

Mana shu aminokislotalarning radikallari ($-OH$, $-SH$, $-COOH$, $-NH_2$ guruhlari, indol guruhi, imidazol guruhi, guanidin guruhi) bu yerda o'sha murakkab fermentlar (ferment-proteidlar) tarkibidagi kofermentning funksiyasini bajaradi, ya'ni substratni bog'lab olib, uni reaksiyaning oxirgi mahsulotiga aylantiradi.

Ferment-proteinning faol markazini hosil qilgan aminokislotalarning qoldiqlari yolg'iz polipeptid zanjirining har xil

nuqtalarida joylashgan. Shuning uchun fermentning faol markazi qachon oqsil molekulasini o'zining uchlamchi strukturasi ega bo'lganda, ya'ni kataliz uchun kerakli aminokislota qoldiqlari fazoviy yaqinlashganda hosil bo'ladi.

Ferment-oqsillarning uchlamchi strukturasi u yoki bu omillar ta'sirida o'zgarishi faol markazning deformatsiyasi va katalitik faolligini o'zgarishiga olib kelishi mumkin.

Faol markazdan tashqari fermentlarda yana ikkita – **substrat** va **allosterik** markazlari bo'ladi.

Substrat markazi – bu fermentning substratni biriktirib oladigan qismi. Ko'pincha substratni substrat markazi bilan birikishi lizin qoldig'ining ikkinchi aminoguruhi, yoki glutamin kislotasi qoldig'ining karboksil guruhi, yoki sistein qoldig'ining sulfgidril guruhlarini bilan o'zaro ta'sirida amalga oshadi. Bu shu narsani ko'rsatadiki, turli fermentlar substrat markazining tabiati har xil. Ko'pincha faol va substrat markazlarini bir-biridan ajratib bo'lmaydi, ular butun narsa.

Allosterik markaz – bu ferment molekulasining faol markazdan fazoviy uzoqlashgan uchastkasi, unga ma'lum kichik molekulari modda (ligand, effektor) birikib, oqsil molekulasini uchlamchi strukturasi o'zgarishiga olib keladi. Bu, o'z navbatida, fermentning katalitik faolligini kuchayishi yoki susayishiga olib keladigan faol markazning konfiguratsiyasini o'zgarishiga olib keladi.

Fermentlarning molekularini o'lchamlari har xil. Ularning molekulyar massalari bir necha mingdan to million daltongacha yetadi. Ko'pchilik fermentlar – yuqori molekulari oqsillar bo'lib, subbirlklardan tuzilgan va **multifermentlar** deb ataladi.

Ba'zi fermentlarning molekulari bir necha polipeptid zanjirlari – subbirlklardan tuzilgan. Ba'zi hollarda har bir subbirlkl katalitik faollikka ega, boshqa hollarda esa faol markaz bir necha subbirlklarning o'zaro bog'likligida hosil bo'ladi. Shunday qilib, tuzilishlari bo'yicha har xil, lekin bir xil tipdagi kimyobiy reaksiyalarni katalizlaydigan fermentlar **izofermentlar** deb ataladi. Misol tariqasida laktatdegidrogenaza (LDG) fermentini

olish mumkin. LDG molekulasi ($M=140000$) ikki tipdagi – H (yurakda ko‘proq) va M (muskulda ko‘proq) subbirliklarning kombinatsiyasidan tashkil topgan 4 ta subbirliklardan ($M=35000$) tuzilgan va 5 ta izoformaga (izofermentga) ega: LDG, (H_4), LDG₂ (H_3M), LDG₃ (H_2M_2), LDG₄ (HM_3) va LDG₅ (M_4). Bularning hammasi bir-birlaridan katalitik faolligini darajasi, fiziko-kimyoviy xususiyatlari, a’zo va to‘qimalarda joylashishi va h.k. bilan farq qiladi. Bundan tashqari, ko‘pgina fermentlarning (geksokinaza, aldolaza, ishqoriy fosfataza, piruvatkinaza va h.k.) ham izofermentlari aniqlangan.

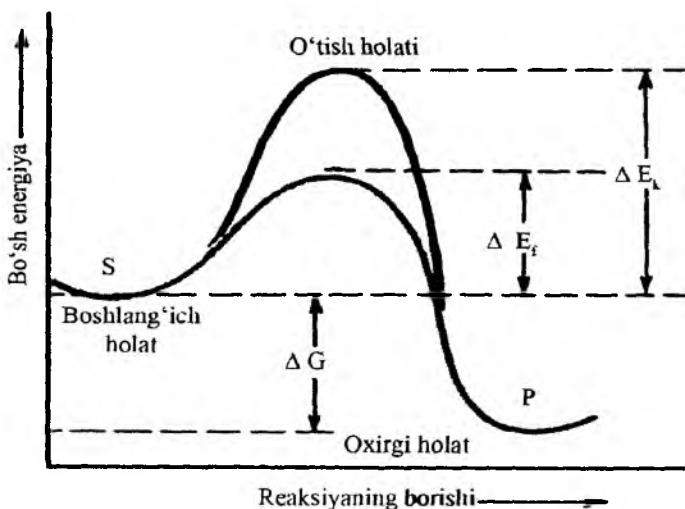
6.4. Fermentlarning ta’sir mexanizmi

Fermentlar xuddi anorganik tabiatli katalizatorlar kabi termodinamik nuqtayi nazardan mumkin bo‘lmagan qanday boshqa kimyoviy reaksiyalarni chaqirmaydi, faqat bor reaksiyalarni katalizlaydi. Har bir kimyoviy reaksiya termodinamik jihatdan sodir bo‘lishi mumkin, qachonki oxirgi mahsulotning erkin energiyasi boshlang‘ich moddaning energiyasiga taxminan teng yoki kamroq bo‘lganda. Boshqacha aytganda, reaksiya doimo energiyaning kamayib boorish tomoniga qarab sodir bo‘ladi.

Lekin, boshlang‘ich komponentlar va oxirgi mahsulotlarning energiyalarining farqi katta bo‘lishiga qaramasdan, reaksiya sodir bo‘lmasligi mumkin. Reaksiyaning boshlanishi uchun uning energetik baryer (to‘siq)ini yengish kerak. Buni reaksiya komponentlarini faollashgan (qo‘zg‘algan) holatga o‘tkazish uchun kerak bo‘lgan energiya sistemasiga aylantirish bilan amalga oshirish mumkin. Kimyoviy reaksiyani boshlanishi uchun kerak bo‘lgan, termodinamik nuqtayi nazardan boshlanishi (ehtimolligi) mumkin bo‘lishiga qaramasdan, usiz reaksiya boshlanmaydigan energiyaga **faollashuv energiyasi** deb aytiladi va qiymati Dj/mol bilan ifodalanadi.

Kimyoviy jarayonlarda energiya zaxirasi shu reaksiyaning energiya baryeridan katta bo‘lgan molekularargina reaksiyaga kirishadi. Bunday energiya zaxirasi uncha ko‘p bo‘lmagan reaksiyaga

kirishadigan moddalarning molekulari ega, xolos. Shunday qilib, molekularning reaksiya qobiliyatini oshirish, yoki boshqacha aytganda, kimyoviy reaksiyalarning tezligini oshirish uchun reaksiyaning energetik baryerini pasaytirish (ya'ni molekularning faollashuv energiyasini kamaytirish) kerak. Shu narsa aniqlanganki, katalizator faollashuv energiyasini pasaytirish qobiliyatiga ega, lekin bu qobiliyat fermentlar – biokatalizatorlarda tabiiy anorganik katalizatorlarga nisbatan juda yuqori (17-rasm). Masalan, vodorod peroksid suv va kislorodga parchalanishi uchun $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2$ 75,2 kJ/mol faollashuv energiyasi kerak bo'ladi. Katalizatorlar sifatida platinaning kolloidini qo'llanilgan faollashuv energiyasi 50,2 kJ/mol ni tashkil qiladi, katalaza fermentining ishtirokida esa faollashuv energiyasi 8,3 kJ/mol ga teng, xolos.



17-rasm. Fermentativ va kimyoviy reaksiyalarning energetik mexanizmi.

S – boshlang'ich substrat; P – mahsulot; ΔE_k – kimyoviy reaksiyaning faollashuv energiyasi; ΔE_f – fermentativ reaksiyaning faollashuv energiyasi; ΔG – erkin energiyaning standart o'zgarishi.

Savol tug'iladi. Qanday qilib, ferment faollashuv energiyasini pasaytiradi? Bu yerda fermentni substrat bilan birikib, ferment-substrat kompleksini hosil qilishi hal qiluvchi rolni o'ynaydi. Bu kompleks birikmada, ehtimol, bir vaqtning o'zida substratning faollanishi va uning reaksiya qobiliyatini oshirishga olib keladigan fermentning spetsifikligiga bog'liq bo'lgan bog'larni bo'shashishi (kuchini yo'qotishi) sodir bo'ladi.

Bir qator kuzatishlar shu narsani ko'rsatadiki, ferment substrat kompleksida bir vaqtning o'zida ikkita jarayon sodir bo'ladi: birinchidan, bog'larni qutblanishiga olib keladigan kompleksning elektron zichligining o'zgarishi; ikkinchidan, ham substratning molekulasida, ham fermentning faol markazida ayrim bog'larni geometrik deformatsiyasi. Bog'larning deformatsiyasi va qutblanishi ferment-substrat kompleksining energetik baryerni yengib o'tishiga yordam beradi. Shunday qilib, fermentlarning ta'sir mexanizmini quyidagicha ta'riflash mumkin: 1) fermentativ reaksiyada ferment o'zining substrati bilan kovalent yoki boshqa kimyoviy bog'lar bilan bog'lanib qisqa yashovchi ferment-substrat kompleksi (E-S)ni hosil qiladi; 2) so'ngra substrat o'ziga bog'langan ferment ta'sirida tegishli kimyoviy reaksiyaga layoqatli qiladigan o'zgarishlarga uchraydi, ya'ni substrat molekulasidagi kimyoviy bog'larning deformatsiyasi va qutblanishi sodir bo'ladi; 3) uchinchi fazada faollashgan ferment kompleksida kimyoviy reaksiyaning o'zi sodir bo'ladi, ya'ni reaksiyaning oxirgi mahsulotlari hosil bo'ladi; 4) oxirgi to'rtinchi fazada ferment va reaksiya mahsulotlari erkin holda ajralib chiqadi. Agar fermentni E, substratni S, faollashgan substratni S* va reaksiya mahsulotlarini P harflari bilan belgilasak, yuqorida keltirilgan jarayonlarning ketma-ketligi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



Qisqa muddat yashaydigan, tez o'zining tarkibiy qismlariga (ferment va reaksiya mahsulotlariga) parchalanib ketadigan

ferment-substrat komplekslarining paydo bo'lishi haqidagi tasavvur L.Muxaelis va M.Menten tomonidan fermentativ reaksiyalarning kinetik analizi asosida rivojlantirilgan.

Mixaelis va Menten nazariyasining asosida shunday tasavvur yotadi, ya'ni ferment-substrat kompleksining ferment va reaksiya mahsulotlariga parchalanish tezligining konstantasi hamma reaksiyaning tezligini anuqlaydi. Shuning uchun reaksiyaning tezligi v ana shu konstantaning (K_3) ferment-substrat (ES) kompleksi α ko'paytmasiga teng: $v=K_3 \cdot [ES]$.

Mixaelis va Mentenning ishlari o'zlarini paydo bo'lishidan 40 yil o'tganda eksperimental tasdiqlandi.

6.5. Fermentlarning xossalari

Fermentlar oqsillar bo'lib, anorganik katalizatorlarning xususiyatlaridan farq qiladigan o'zlariga xos qator xususiyatlarga ega.

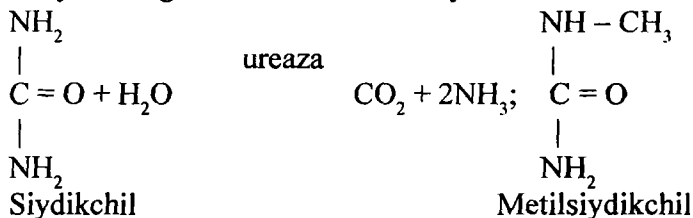
Fermentlarning spetsifikligi. Fermentlarning juda ham xarakterli xususiyatlaridan biri ularning nihoyatda spetsifikligi, ya'ni tanlab ta'sir qilishidir. Fermentlar ham katalizlayotgan reaksiyalarining tipiga, ham o'zlari ta'sir qilayotgan substratlarining tuzilishiga spetsifik bo'ladi. Fermentlarning spetsifikligi – ularning molekularini tuzilishi va struktura tashkil topishi hamda ferment-substrat komplekslarini hosil qilishda qatnashadigan ma'lum funksional guruhlarining bo'lishi bilan aniqlanadi.

Ferment o'zining substratini bog'lab olganda, ya'ni ferment-substrat kompleksi hosil bo'lganda, ferment va substratning fazoviy konfiguratsiyasi bir oz mos ravishda o'zgarishi mumkin. Bu holda substrat fermentning polipeptid zanjirini har xil ta'sirlarga (haroratga) chidamliligini va katalitik faolligini oshiradi, ferment esa substratni oxirgi mahsulotga aylanishini tezlashtiradi.

Ta'sir qilish mexanizmiga ko'ra fermentlar – *absolyut (mutlaq)* va *nisbiy (guruhga oid)* spetsifiklikka bo'linadi.

Absolyut spetsifiklik – bunda ferment daqat yolg'iz bitta substratning ma'lum bir tip reaksiyasini katalizlaydi. Hatto substratning strukturasida kichkina bitta o'zgarish bo'lsa, uning

reaksiyasini shu ferment katalizlamaydi. Masalan, ureaza fermenti siydikchilning gidrolitik parchalanishini katalizlaydi, ammo metilsiydikchilga also ta'sir ko'rsatmaydi:



Fermentlarning guruhga oid spetsifikligini o'zi ikki tipga: absolyut guruhga oid spetsifiklik va nusbiy guruhga oid spetsifiklikka bo'linadi.

Absolyut guruhga oid spetsifiklikka ega bo'lgan fermentlar uchun bir tipda tuzilgan bir necha moddalar – substratlar bo'lib, bu fermentlarning ta'siri o'sha moddalar qatnashgan kimyoviy reaksiya tipiga moslashgan. Misol sifatida degidrogenaza fermentlarini olish mumkin. Ularning hammasi bitta o'sha vodorodni ajralib chiqish reaksiyasini katalizlaydi, lekin substratga qarab alohida degidrogenazalarning spetsifikligi namoyon bo'ladi (laktatdegidrogenaza, malatdegidrogenaza, suksinatdegidrogenaza va h.k.).

Nisbiy guruhga oid spetsifiklikka ega bo'lgan fermentlar molekulalarning alohida qism (component)larini biriktirib turgan ma'lum kimyoviy bog'lar (efir, murakkab efir, glikozid, peptid va h.k.) ga ta'sir qiladi. Bu guruh fermentlar uchun molekulaning strukturasi hech qanday rol o'ynamaydi. Masalan, pepsin kelib chiqishidan qat'i nazar hayvonni, o'simliklarni yoki mikroorganizmlarning oqsillarini garchi tuzilishlari, aminokislota tarkiblari, fiziko-kimyoviy xossalari bilan farq qilsa ham gidrolitik parchalaydi. Bu guruhga glikozidazalar, lipazalar, nukleazalar, peptidgidrolazalar, fosfolipazalar va boshqalar kiradi.

Ba'zi bir fermentlar *stereokimyoviy spetsifikligi* bilan farq qiladi, ular fazoviy izomerlarning faqat bittasiga ta'sir qiladi. Jumladan, laktatdegidrogenaza L-laktatga spetsifik ta'sir qiladi,

D-aminokislotalarning oksidazasi – faqat D-aminokislotalarga.

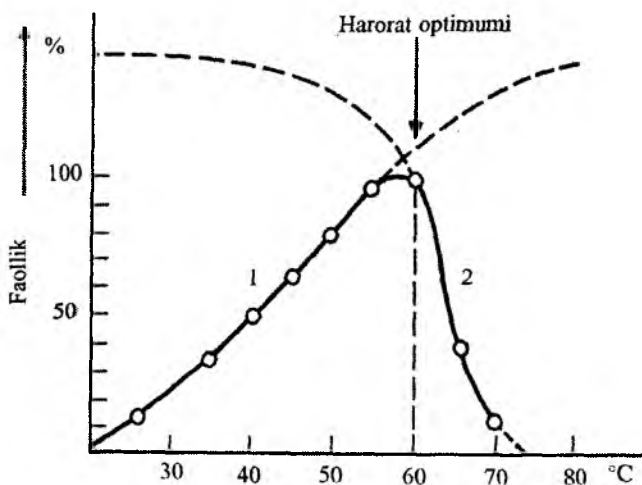
Nihoyat, **nisbiy substratli spetsifiklikka** ega bo'lgan fermentlar uchun substrat bo'lib turli kimyoviy guruhlarga oid moddalar xizmat qiladi (masalan, sitoxrom P450).

Fermentlarning termolabiligi (yuqori haroratga chidamsizligi). Katalitik faolligini haroratga bog'liqligi fermentlarning xarakterli xususiyatlaridan biri hisoblanadi. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi, shu jumladan, fermentativ reaksiyalarning tezligi ham reaksiya muhitining haroratini oshishi bilan ortib boradi. Bu reaksiyaga kirishayotgan molekulalarning qo'zg'aluvchanligini ko'payishi bilan tushuntiriladi. Biroq, yetarli yuqori haroratda (60–70°C va undan ortiq) ferment-oqsillar issiqlik denaturatsiyasiga uchrab, fermentativ reaksiyaning tezligi pasayadi va ularning katalitik faolligi yo'qoladi. Fermentlarning faolligini haroratga bog'liqligi fermentlarning **termolabiligi** nomini olgan.

Ferment o'zining eng yuqori faolligini namoyon qilgan harorat harorat – fermentning **harorat optimumi** deb ataladi (18-rasm). Har xil fermentlar uchun temperature optimumi bir xil emas. Umuman olganda, odam va hayvon organizmlari fermentlari uchun u 36–40°C va o'simlik fermentlari uchun 50–60°C ni tashkil qiladi. Lekin istisnosi ham bor, ya'ni papain fermenti o'zining eng yuqori katalitik faolligini 80°C da namoyon qiladi, katalaza esa – 0–10°C atrofida yoki ilon zaharlaridan ajratib olingan bir qator fosfolipaza A₂ fermentlari kuchsiz kislotalik muhitda 10–15 daqiqa qaynatilganda ham o'zlarining katalitik faolligini yo'qotmaydi.

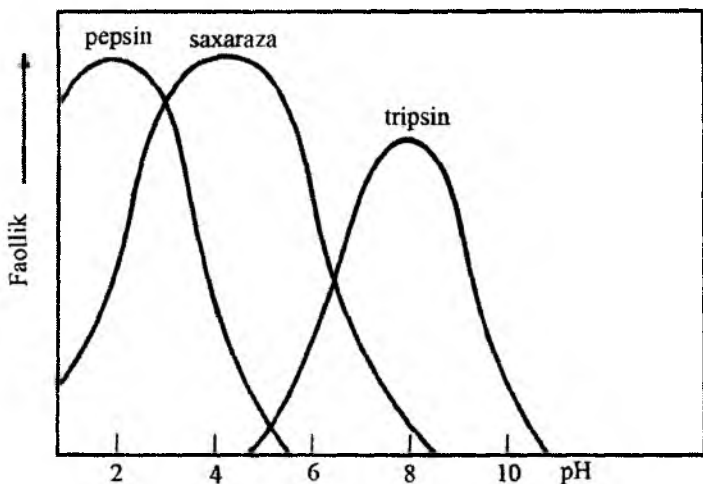
Fermentlarning faolligini muhitning pH ga bog'liqligi. Fermentlarning yana bir xarakterli xususiyatlaridan biri ularning faolligini muhitning pH, ya'ni vodorod ionlarining konsentratsiyasiga bog'liqligidir. Har bir fermentning o'zini maksimal faolligini namoyon qilishi uchun muhit vodorod ionlarining ma'lum konsentratsiyasi (yoki muhitning ma'lum pH qiymati) bor (19-rasm). Muhitning ana shu pH qiymati diapazonini fermentning **pH-optimumi** deb ataladi. Ko'pchilik fermentlar uchun bu diapason pH=6–8 ga teng. Lekin ba'zi-bir fermentlar o'zlarining maksimal faolliklarini muhitning kuchli kislotalik yoki

kuchli ishqoriy sharoitlarida namoyon qilishi mumkin: oshqozon shirasidagi pepsinning pH-optimumi pH 1,5–2,5, arginazaniki esa – pH 9,5–9,9 ga teng. Bularni shunday tushuntirish mumkin, ya'ni pepsin tarkibida xlorid (HCl) kislotasini tutgan oshqozon shirasini tarkibiga kiradi, HCl kislota pepsinning yuqori faolligini namoyon qilish uchun sharoit yaratadi. Lekin, arginazaning pH-optimumi pH 10 atrofiga, jigar hujayralarida bunday sharoit yo'q, chamasi arginaza *invivo* o'zining pH-optimum zonasida ishlamasa kerak.



18-rasm. Haroratni fermentning faolligiga ta'siri

Hozirgi zamon tushunchasi bo'yicha muhit pH ning ferment molekulasiga ta'siri – ham ferment, ham substratning funksional guruhlari (jumladan, dikarbon aminokislotalarning –COOH guruhi, diaminokislotalarning –NH₂ guruhi, sistenning –SH guruhi, gistidinning – imidozol azot guruhi, serinning –OH guruhi va h.k.) ning ionlarini holati va darajasiga ta'siridan iborat. Bundan tashqari muhit pH ni o'zgarishi ferment-substrat kompleksi va reaksiya oxirgi mahsulotlarining ionlashish darajasiga hamda fermentning oqsil qismi – polipeptid zanjirining fermentini faolligiga bog'liq bo'lgan uchlamchi strukturasi ta'sir qiladi.



19-rasm. Fermentning faolligini muhitning pH ko'rsatkichiga bog'liqligi

Fermentlarning aktivator va ingibitorlari. Harorat va pH dan tashqari fermentlarning faolligiga aktivatorlar va ingibitorlar deb ataladigan qator kimyoviy birikmalarning eritmada bo'lishi ta'sir ko'rsatadi. Fermentlarning faolligini oshiradigan aktivatorlarga ko'pchilik metallarning ionlari va ba'zi-bir anionlar kiradi. Ayniqsa, fermentlarning aktivatorlari bo'lib Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Na^{2+} , Ca^{2+} , Co^{2+} ionlari, anionlardan – Cl^- anioni xizmat qiladi. Jumladan, ko'pchilik fosfolipaza A_2 fermentlari, muskullarda miozin ATPazasining aktivatori bo'lib Ca^{2+} ionlari xizmat qiladi.

So'lak va oshqozonosti bezi amilazalarini Cl^- ionlari faollashtiradi, HCl – pepsinning ta'sirini faollashtiradi.

Ba'zi-bir hollarda metallarning ionlari (Co^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} va boshqalar) fermentning kofermenti tarkibiga kiradi va ferment-substrat kompleksining hosil bo'lishini osonlashtiradi, boshqa hollarda – kofermentni apofermentga birikishiga yordam beradi yoki fermentning to'rtlamchi strukturasi shakllanishini ta'minlaydi.

Fermentlarning aktivatorlari bo'lib organik moddalar ham xizmat qilishi mumkin. Masalan, oshqozonosti shirasi lipazalari

o't kislotalari bilan faollashadi. Ba'zi-bir to'qima fermentlari (katepsinlar, arginaza va h.k.) erkin sulfhidril (-SH) guruhini tutgan (glutation, sistein) birikmalar bilan faollashadi. Bir qator ferment sistemalari uchun ularning faolligini (aktivatorlar yoki ingibitorlar) oqsil-modulyatorlari ochilgan. Fermentarning oqsil-ingibitorlarining ko'pchiligi glikoproteinlar hisoblanadi.

Ingibitorlar fermentlarning ta'sirini tormozlaydi, ularning faolligini pasaytiradi. Ingibitor rolini ba'zi og'ir metallarning ionlari (Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ag^{2+} , Cu^{2+} va h.k.) bajarishi mumkin. Ingibirlovchi ta'sir mexanizmlari har xil, lekin ko'pchiligi ikkita tipdagi: **raqobatli** va **noraqobatli, qaytaoladigan** va **qayta olmaydigan** tormozlanishdan iborat.

Raqobatli tormozlanishda strukturasi bilan substratga o'xshash bo'lgan ingibitor ferment substratni o'rniga raqobatlashib, o'zi bog'lanib, ferment-ingibitor kompleksini hosil qiladi. Demak, fermentning ma'lum bir qismi ferment-ingibitor kompleksini hosil qilishiga sarflanganligi tufayli, ferment-substrat kompleksi kam hosil bo'ladi va shunday qilib fermentning faolligi pasayadi.

Raqobatli ingibitorlar fermentlar bilan asl holga qayta oladigan bo'lib bog'lanadi. Shuning uchun raqobatli ingibitorlar ta'sirini muhitda substratning konsentratsiyasini oshirish yo'li bilan susaytirish yoki umuman yo'qotish mumkin. Bunday tormozlanishga misol qilib suksinatdegidrogenazani malonat bilan ingibirlanishini ko'rsatish mumkin. Ularning struktura formulalari o'xshash ($HOOC - CH_2 - CH_2 - COOH$ – suksinat va $HOOC - CH_2 - COOH$ – malonat) bo'lganligi uchun malonat fermentdagi suksinatni joyiga bog'lanish uchun raqobatchilik qiladi.

Ba'zi bir ingibitorlar erkin ferment bilan emas, balki ferment-substrat kompleksi bilan kompleks hosil qiladi. Bunday hollarda muhitda substratni konsentratsiyasi oshirish ingibitorning ta'sirini kamaytirmaydi. Bunday ingibitorlarni **raqobatsiz ingibitorlar** deb ataladi.

Noraqobatli ingibitorlar – ferment faol markazining ayrim funksional guruhlar ($-OH$, $-SH$, $-NH_2$ va boshqalar) bilan asl

holiga qayta olmaydigan o'zaro kimyoviy bog'lanadi va uni blokirovka qilib qo'yadi. Jumladan, Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ag^{2+} va boshqa og'ir metallarning ionlari fermentning polipeptid zanjirida –SH guruhlarini, shu jumladan, faol markazning –SH guruhlarini bilan ham bog'lanib oladi, karbon oksidi gem tipidagi prostetik guruhlar bilan bo'g'lanib oladi. Noraqobatli tormozlanishni faqat ingibatorni kimyoviy modifikatsiya qilib o'zgartirish yo'li bilan kamaytirish mumkin.

Bulardan tashqari, **substratli ingibitorlanish** ham mavjud. Bunda substratning ortiqcha miqdori o'zining fermentini faolligini pasaytiradi, ya'ni erkin ferment va substratga parchalana olmaydigan ferment-substrat komplekslari hosil bo'ladi.

6.6. Fermentlarning nomenklaturasi va klassifikatsiyasi

Hozirgi vaqtda tirik hujayralarda 2000 dan ortiq har xil fermentlar borligi aniqlangan va ularning har biri u yoki bu kimyoviy reaksiyalarni katalizlaydi.

Fermentlarning ta'siri va fermentativ mexanizmlarining juda ham turli-tumanligi fermentlarning qat'iy klassifikatsiyasi va nomenklaturasini talab qiladi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, enzimologiya (ya'ni fermentlar haqidagi fan) juda uzoq vaqtlar fermentlarning qat'iy ilmiy nomenklaturasiga ega bo'lmagan. Fermentlarga nomni tasodifiy belgilar bo'yicha substratning nomi bo'yicha, fermentning kimyoviy tuzilishi bo'yicha va, nihoyat, katalizlanadigan reaksiyaning tipi va substratning xarakteri bo'yicha berilgan.

1961-yilda Moskvada bo'lib o'tgan V Xalqaro biokimyoviy kongress qat'iy ilmiy prinsiplarda tuzilgan fermentlarning nomenklaturasini tasdiqladi. So'ngra Xalqaro biokimyoviy ittifoq va uning biokimyoviy nomenklatura bo'yicha hay'at a'zolari asosan ana shu prinsiplarni saqlashdi. 1979 yilda "Fermentlarning nomenklaturasi" (A.Ye. Braunshteyn tahriri ostida) kitobi nashrdan chiqdi va unga binoan fermentlarning nomenklaturasi va klassifikatsiyasining asosida quyidagi prinsiplar yotadi:

1. Fermentlarni belgilash uchun mo'ljallangan nomlar, ayniqsa – aza bilan tugallanadigan, faqat individual oqsil – katalizatorlar uchun qo'llanilishi kerak; ularni bittadan ortiq ferment tutgan sistemalarga qo'llash mumkin emas. Agar bunday sistema u katalizlayotgan umumlashtirilgan reaksiyalarga asoslangan atama bilan belgilangan bo'lsa, u holda nomga “sistema” so'zi kiritiladi (masalan, piruvatdegidrogenaza sistemasi, lekin piruvatdegidrogenaza emas).

2. Fermentlarning nomenklatura va klassifikatsiyasi ular katalizlayotgan reaksiyaga asoslanadi. Nomenklaturaning asosi qilib, umumlashtirilgan tenglama bilan ifodalanadigan umumlashtirilgan reaksiya olinadi. Fermentning ma'lum nomini individual ferment oqsil emas, balki bir xil katalitik ta'sirli oqsillar guruhi belgilaydi. Turli manbalardan (bakteriya, o'simlik, hayvon-larning har xil turlari) olingan fermentlar bir xil nom bilan klassifikatsiyalanadi. Bu izomermentlarga ham tegishli.

3. Fermentlar katalizlaydigan reaksiyalarining tipiga muvofiq guruhlariga bo'linadi va bu tip reaksiya substrat (lar)ning nomi bilan birgalikda alohida fermentlarning nomini tuzishda asos bo'lib xizmat qiladi.

Reaksiyaning tipiga fermentlarning klassifikatsiyasi va shartli nomerlash (shifrlari) ham asoslanadi.

Fermentlarning ro'yxatida bir vaqtning o'zida iloji boricha fermentning ta'sirini aniq ko'rsatadigan va shu bilan birga uni aniq identifikatsiya qiladigan sistematik nomi va kundalik amliyotda foydalaniladigan qisqacha trivial (ishchi) nomi keltiriladi. Ferment katalizlaydigan reaksiyaning ximizmi ko'rsatilgan. Har bir fermentga – fermentning sinfi, kenja sinfi, kenja-kenja sinfi va uning kenja-kenja sinfidagi tartib nomeri ko'rsatilgan 4 ta raqamdan iborat individual nomer (shifr) beriladi.

Jumladan, “laktatdegidrogenaza” – trivial nomining o'rniga uning sistema-tik nomi – L-laktat-NAD-oksidoreduktaza qo'llaniladi. Bu nomda fermentning birdaniga uchta xususiyati ko'rsatilgan: birinchidan, laktat (sut kislotasi) substrat bo'lib xizmat qiladi, ikkinchidan, koferment – vodorodning akseptori bo'lib NAD xizmat

qiladi va, uchinchidan, substratdan akseptorga vodorod (atom va protonlar), ya'ni reaksiyaning tipi ko'rsatilgan.

Demak, laktatdegidrogenaza 1.1.1.27 shifriga ega, ya'ni u fermentlarning 1-sinfiga (oksidoreduktazalar), 1-sinfchasiga (vodorodni donorlari sifatida $-\text{CHOH}$ guruhidan foydalanadigan oksidoreduktazalar), 1-sinfchaning sinfchasiga (vodorod atomlarining akseptorlari bo'lib NAD xizmat qiladi)ga kiradi va ana shu sinfchaning sinfchasi fermentlari ro'yxatida 27-o'rinni egallaydi.

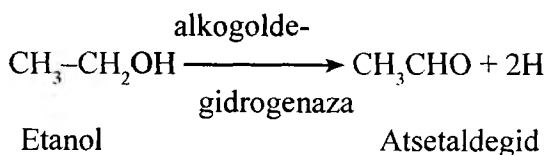
Bir vaqtning o'zida fermentlarning nomenklaturasi bilan ularning katalitik ta'sirga uchraydigan reaksiya tiplarining asosida sistematik klassifikatsiyasi ham tasdiqlangan. Ana shu klassifikatsiya asosida fermentlar 6 ta sinfga bo'linadi:

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Oksidoreduktazalar; | 2. Liazalar; |
| 2. Transferazalar; | 3. Izomerazalar; |
| 3. Hidrolazalar; | 4. Ligazalar (sintetazalar). |

Individual reaksiyalarining tabiatiga ko'ra har bir kenja sinfga va kenja-kenja sinflarga bo'linadi.

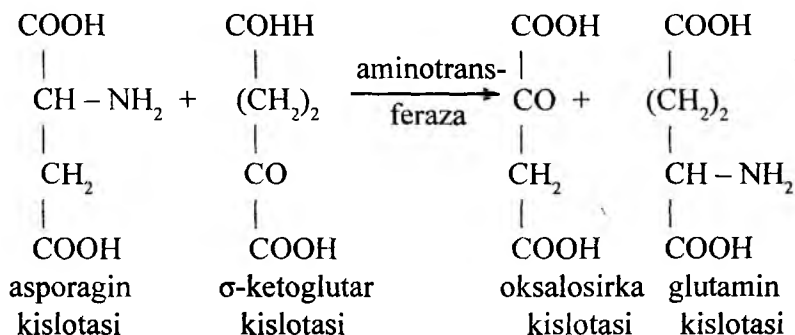
1. **Oksidoreduktazalar** – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini tezlashtiradi.

Ularni *degidrogenazalar*, yoki alternative sifatida – *reduktazalar* deb ham atashadi. Oksidoreduktazalar sinfi 17 ta kenja sinflarga bo'linadi:

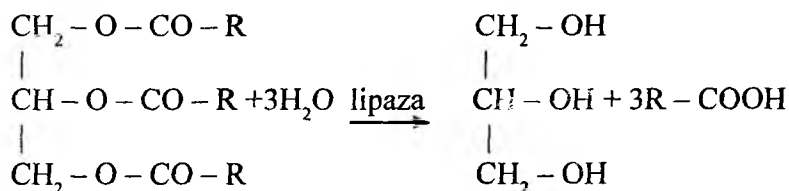


2. **Transferazalar** – bir molekuladan boshqasiga har xil atom guruhlari va molekula qoldiqlarining tashish reaksiyalarini tezlashtiradi.

Tashiyotgan atom guruhlarining tabiatiga qarab transferazalar sinfi 8 ta kenja sinflarga bo'linadi (metiltransferazalar, atsiltransferazalar, aminotransferazalar, fosfotransferazalar va h.k.).

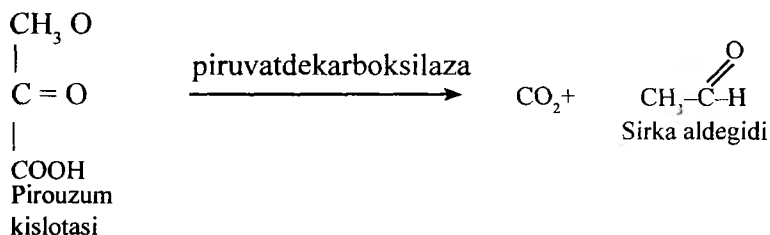


3. **Gidrolazalar** – organik moddalarning turli kimyoviy bog‘larini suv ishtirokida parchalanish (ba’zi hollarda sintezlanish) reaksiyalarini tezlashtiradigan fermentlar. Hidrolazalar tarkibida bir necha yuz fermentlar bo‘lib, ular gidrolizga uchraydigan kimyoviy bog‘larning xarakteriga qarab 11 ta kenja sinflarga bo‘linadi (esterazalar – murakkab efirlarni gidrolizi va sintezi reaksiyalarini tezlashtiradi; glikozidazalar – oligo- va polisaxaridlar-ning gidroliz reaksiyalarini tezlashtiradi; peptidgidrolazalar – oqsil va polipeptid zanjirlarida peptid bog‘ining parchalanish reaksiyalarini katalizlaydi va h.k.).

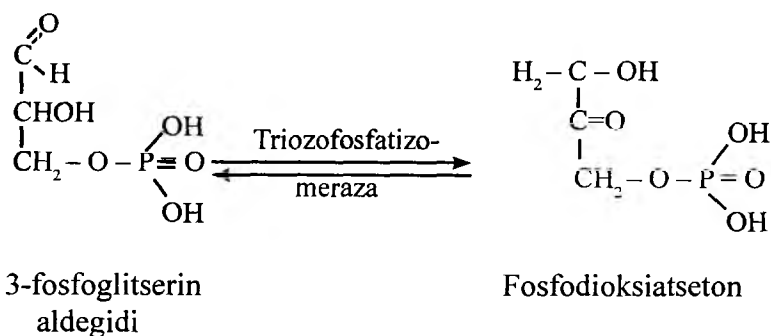


4. **Liaazalar** – organik moddalarning C – C, C – O, C – N, C – S, P – O kabi kimyoviy bog‘larining nogidrolitik (suv ishtirokisiz) parchalanish reaksiyalarini tezlashtiradi. Bu reaksiyalardan ba’zi birlari orqaga qayta oladigan bo‘lganligi uchun tegishli fermentlar faqat parchalanish emas, balki sintezlanish reaksiyalarini ham katalizlaydi.

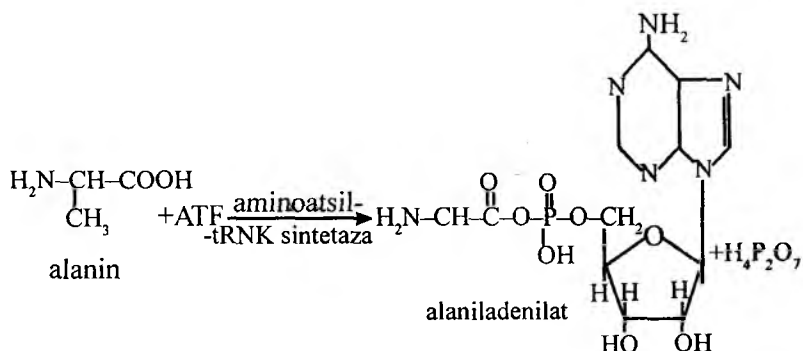
Bu sinf fermentlar 7 ta kenja sinfni o‘z ichiga oladi.



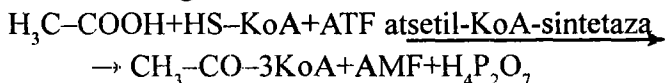
5. **Izomerazalar** – molekula ichidagi o‘zgarish jarayonlarini tezlashtiradi. Bunday o‘zgarishlar – molekula ichida vodorod, fosfat va atsil guruhlarini ko‘chirish, atom guruhlarini fazoviy joylashishini o‘zgartirish, qo‘sh bog‘larning joyini o‘zgartirishlardan iborat bo‘ladi. Izomerazalar sinfi bir necha o‘nlab individual fermentlarni o‘z ichiga oladi va u 6 ta kenja sinflarni tashkil qiladi. Ulardan muhimlari triozofosfatizomeraza, fosfoglitseratfosfomutaza va boshqalar hisoblanadi.



6. **ligazalar** (sintetazalar) – ATF yoki boshqa makroerg birikmalar ishtirokida faollashgan monomerlardan yuqori molekulali polimerlar (oqsillar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar va h.k.)ning sintezlanish reaksiyalarini katalizlaydi. Fosfor kislotasi qoldig‘i ajralib chiqishida hosil bo‘lgan energiya reaksiyaga kirishuvchi moddalarning faollantirishga ishlatiladi. Hosil bo‘lgan bog‘lar ko‘pincha yuqori energetik (makroerg) bog‘lar tipiga kiradi. Ligazalar sinfi 6 ta kenja sinf fermentlarini o‘z ichiga oladi.



Multiferment sistemalarining hosil bo'lishi natijasida har xil sinf fermentlarining ta'siri o'zaro chambarchas bog'langan. Bunga atsetil-KoA-sintetaza ishtirikida ATFni parchalanishi bilan bog'liq bo'lgan atsetil-KoA ning hosil bo'lishi misol bo'la oladi.



Atsetil-KoA transatsillanish reaksiyalarida koferment vazifasini bajaradi, shuning uchun ham tirik sistemalarda ligaza va atsiltransferazalarning ta'siri bir-birlari bilan chambarchas bog'langan. Ko'pchilik boshqa fermentlar uchun ham analogik o'zaro ta'sirlar xarakterlidir.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamallari

Ferment yoki enzym – ferment lotincha so'z "*fermentum*" – achitqi, xamirturush, tomizg'i, *enzim* esa – grekcha "*en*" – ichki, "*zume*" – achitqi ma'nolarini bildiradi.

Substrat – reaksiyasini fermentlar tezlashiradigan moddalar [S].

Mixaelis konstantasi (Km) – fermentativ reaksiyaning tezligi (v) maksimal tezlikning ($v_{\max}$) yarmiga teng bo'lgan vaqtdagi substratning konsentratsiyasiga teng.

Apoferment – ferment–proteidlarda fermentning oqsil qismi.

Koferment – ferment–proteidlarda fermentning oqsil bo'lmagan qismi, ya'ni prostetik guruhi.

Fermentning faol markazi – fermentning polipeptid zanjiri

tarkibiga kirgan ma'lum aminokislotalar qoldiqlarining unikal kombinatsiyasi bo'lib, u substratni bog'lab olish va uni reaksiyaning oxirgi mahsulotiga aylantirishda bevosita qatnashadi.

Substrat markazi – fermentning o'z substratini spetsifik bog'lab oladigan qismi.

Allosterik markaz – bu ferment molekulasining faol markazidan fazoviy uzoqlashgan uchastkasi bo'lib, unga ma'lum kichik molekulali modda (ligand, effektor) birikib, fermentning gaolligini boshqaradi.

Absolyut spetsifiklik – fermentning faqat yolg'iz bitta substratning ma'lum bir tip reaksiyasini katalizlashi.

Nisbiy (guruhga oid) spetsifiklik – ikki guruhga bo'linadi: **absolyut guruhga oid spetsifiklik** va **nisbiy guruhga oid spetsifiklik**. **Birinchisiga** ega bo'lgan fermentlar uchun bir tipda tuzilgan bir necha moddalar – substratlar bo'lib, bu fermentlarning ta'siri o'sha moddalar qatnashgan kimyoviy reaksiya tipiga moslashgan. **Ikkinchisiga** ega bo'lgan fermentlar – molekulalarning alohida qism (komponent)larini biriktirib turgan ma'lum kimyoviy bog'lar (murakkab efir, glikozid, peptid va h.k.)ga ta'sir qiladi. Bu guruh fermentlar uchun substrat molekulasining strukturasi hech qanday rol o'ynamaydi.

Stereokimyoviy spetsifiklik – absolyut spetsifiklikning alohida turi bo'lib, moddaning faqat bitta izomerini o'zgartirish reaksiyasini tezlashtiradi.

Oksidoreduktazalar – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini katalizlay-digan (tezlashtiradigan) fermentlar.

Transferazalar – bir molekuladan boshqasiga har xil atom guruhlari va molekula qoldiqlarini tashish reaksiyalarini tezlashtiradigan fermentlar

Gidrolazalar – organik moddalarning turli kimyoviy bog'larini suv ishtirokida parchalanish (ayrim hollarda sintezlanish) reaksiyalarini tezlash-tiradigan fermentlar.

Liazalar – organik moddalarning C – C, C – O, C – N, C – S, P – O

kabi kimyoviy bog‘larini nogirolitik (suv ishtirokisiz) parchalanish reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar.

Izomerazalar – molekula ichidagi o‘zgarish jarayonlarini tezlashtiradigan fermentlar.

Ligazalar (sintetazalar) – ATF yoki boshqa makroerg birikmalar ishtirokida faollashgan monomerlardan yuqori molekulali polimerlar (oqsillar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar va h.k.)ning sintezlanish reaksiyalarini tezlashtiradigan fermentlar.

Savollar va topshiriqlar

- 1. Ferment yoki enzim atamasi qanday ma'noni bildiradi va ular organizmda qanaqa vazifani bajaradi?*
- 2. Nima uchun fermentlarni biokatalizatorlar deyiladi?*
- 3. Fermentlar o'zlarining kimyoviy tabiati bo'yicha qaysi sinf organik moddalariga kiradi?*
- 4. Fermentlar oddiy kimyoviy katalizatorlardan qanday xususiyatlari bilan farqlanadi?*
- 5. Agar fermentning molekulasi murakkab oqsil, ya'ni ferment-proteiddan tuzilgan bo'lsa, uning oqsil bo'lmagan qismi (prostetik guruhi) va oqsil qismi qanday nomlar bilan yuritiladi?*
- 6. Koferment fermentning tarkibida qanday funksiyani bajaradi?*
- 7. Fermentning oqsil qismi – apoforfontning bajaradigan biologik funksiyasini ta'riflab bering.*
- 8. Fermentning kofermenti bo'lib qanday moddalar xizmat qilishi mumkin? Ularga misollar keltiring.*
- 9. Ferment-proteinlarda faol (katalitik) markaz deb nimaga aytiladi va u qanday funksiyani bajaradi?*
- 10. Fermentning substrat yoki allosterik markazi deganda nimani tushunasiz?*
- 11. Izoferment nima?*

12. Fermentlarning ta'sir mexanizmini sxematik ifodalab baring.
13. Fermentlarning absolyut (mutlaq) va nusbiy (guruhga oid) spetsifikliklarini ta'riflab bering.
14. Qaysi bir fermentlar o'zlarining maksimal faolligini muhitning pH ni 1,5–2,5 va 9,5–9,9 larida namoyon qiladi?
15. Qaysi bir fermentlar o'zlarining katalitik faolligi muhitning kuchsiz kislotalik sharoitda 10–15 daqiqa dabomida qaynatilganda ham o'zlarining fermentativ faolligini yo'qotmaydi?
16. Qanday moddalar fermentlarning aktivatorlari bo'lishi mumkin?
17. Raqobatli va noraqobatli ingibatorlar bir-birlaridan qanday xususiyatlari bilan farqlanadi?
18. Fermentlarning sistematik klassifikatsiyasi ularning qanday xususiyatlariga asoslangan va nechta sinfga bo'linadi? Sinflarning tartib raqamlari asosida nomlarini keltiring.
19. Glikozidazalar va peptidgidrolazalar fermentlarning qaysi sinfiga mansub?

7. VITAMINLAR

7.1. Vitaminlarga umumiy xarakteristika

XIX asrning oxirlarida odam va hayvon organizmlari oziqa tarkibida oqsillar, yog'lar, uglevodlar va bir qator mineral elementlarni doimo kirib turishini talab qilishi aniq bo'lgan edi. Shu bilan birga oziqa bilan kiradigan qandaydir moddalarning yetishmasligiga bog'liq bo'lgan moddalar almashinuvining buzilishi va qator kasalliklarning rivojlanishi ma'lum bo'lgan edi. Oziqa moddalarning yangi maxsus (spetsifik) guruhining eksperimental ixtirosi sharafiga rus olimi – vrach N.I. Lunin (1880) sazovor bo'ldi. 1912-yilda polyak olimi K.Funk ularni “vitaminlar” (lot. “*Vita*” – hayot), ya'ni *hayot aminlari* deb atashni taklif qildi.

Vitaminlar – organizmning o'sishi, hayot faoliyati va ko'payishi uchun zarur bo'lgan kimyoviy tabiati bo'yicha har xil kichik molekulali moddalar guruhidir. Ular quyidagi belgilari bilan xarakterlanadi:

- odam va hayvonlar organizmida sintezlanmaydi, shu sababli ular organizmga oziqa bilan kirishi kerak;

- hujayraning energiya manbayi yoki plastik **materiali** bo'lib xizmat qilmaydi. Demak, organizmning ularga **bo'lgan ehtiyoji** katta emas va kuniga grammning juda oz qismini tashkil qiladi (C – 0,07 g, B₁ – 0,002 g, B₁₂ – 0,000003 g va h.k.);

- oziqa bilan juda kam miqdorda kirib, organizmdagi boikimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi. Ko'pchilik vitaminlar fermentlarning faol guruhi (kofermenti)ning tarkibiga kiradi va ularning ta'sirini spetsifikligini belgilaydi;

- vitaminlarni yo'qligi, yetishmasligi yoki normadan ortiqcha bo'lishi moddalar almashinuvi va fiziologik funksiyalarning spetsifik buzilishiga va hatto kasalliklarning (avitaminoz, gipovitaminoz, gipervitaminoz) rivojlanishiga olib keladi.

Shunday qilib, vitaminlar – oziqa omillari oziqa mahsulotlari tarkibida kam miqdorda bo‘lib, organizmdagi biokimyoviy va fiziologik jarayonlarni normal borishini ta‘minlaydi va ularni boshqarishda ishtirok etadi.

7.2. Vitaminlarning klassifikatsiyasi

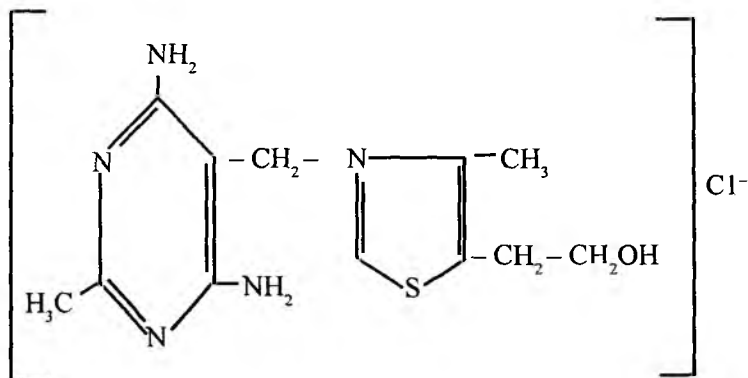
Vitaminlar shartli ravishda ikki guruhga bo‘linadi: suvda eriydigan va yog‘da eriydigan vitaminlar. Suvda eriydigan vitaminlarga quyidagilar kiradi: tiamin (vitamin B₁), nikotin kislotasi (B₃), piridoksin (B₆), riboflavin (B₂), pantoten kislotasi (B₅), siankobalamin (B₁₂), fol kislotasi (B₉), askorbin kislotasi (C), biotin (H), bioflavonoidlar (P). Yog‘da eriydigan vitaminlarga: retinol (A), kalsiferollar (D), tokoferollar (E), filloxinonlar (K)lar kiradi.

Bulardan tashqari vitamining o‘xshash (vitaminsimon) moddalar ham mavjud. Ularga quyidagilar kiradi: pangam kislotasi (B₁₅), orot kislotasi, inozit, paraaminobenzoy kislotasi, karnitin, to‘yinmagan yog‘ kislotalari (F) va h.k.

7.3. Suvda eriydigan vitaminlar

Vitamin B₁ (tiamin) – toza holda ajratib olingan vitaminlardan birinchisi bo‘lib, molekulasi pirimidin va tiazol halqalaridan hamda oksietil radikalidan tuzilgan. Organizmda vitamin B₁ barcha a‘zo va to‘qimalarda (eng ko‘pi jigarda, buyraklarda, yurakda, miyada, muskullarda) tiaminpirofosfat shaklida bo‘ladi.

B₁ vitaminning ta‘sir qilish mexanizmi yaxshi o‘rganilgan. Odam va hayvonlar organizmida oziqa bilan olinayotgan tiamin tiaminpirofosfatga aylanadi. Tiaminpirofosfat (kokarboksilaza) ketokislotalar – pirouzum, α -ketoglutar, gliksil va γ -oksi- α -ketoglutar kislotalarining oksidlanishli dekarboksillanishida degidrogenazalarning kofermenti sifatida qatnashadi. Bundan tashqari, tiaminpirofosfat uglevodlar almashinuvining pentoza siklida qatnashadigan fermentlar – transketolazalarning kofermenti bo‘lib ham xizmat qiladi.



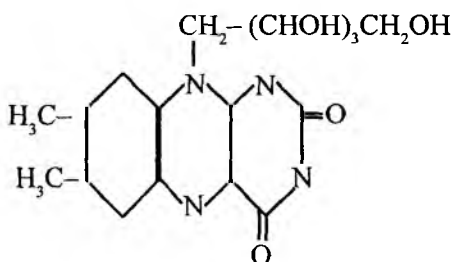
Vitamin B₁ (tiaminxlorid)

Vitamin B₁ yetishmaganda organizmda uglevodlarning normal almashinuvi buziladi, ketokislotalar ko'p miqdorda yig'ilaboshlaydi, polinevrit (beri-beri) kasalligi rivojlanadi.

Vitamin B₁ ning manbayi bo'lib sirtqi qismlari va qobig'idan ajratilmagan don mahsulotlari, yirik tortilgan un va boshqa o'simlik va hayvon mahsulotlari xizmat qiladi.

Organizmning vitamin B₁ ga bo'lgan kunlik ehtiyoji – 1,3–2,6 *mg*.

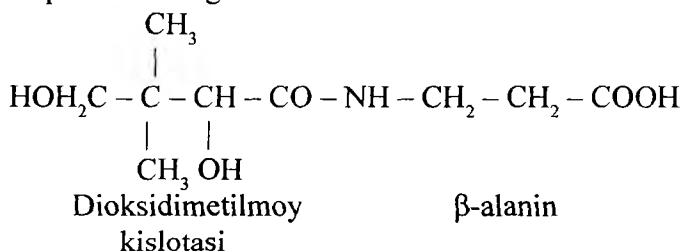
Vitamin B₂ (riboflavin) – kimyoviy tabiati bo'yicha izoalloksazinning hosilasi bo'lib, unga besh atomli spirt – ribitol birikkan.



Riboflavin flavinmononukleotid (FMN) va flavinadenin-dinukleotid (FAD) shakllarida nafas olish zanjiri bo'ylab vodorodni tashishni amalga oshiradigan oksidlanish-qaytarilish fermentlari – flavinga bog'liq dehidrogenazalarning kofermenti

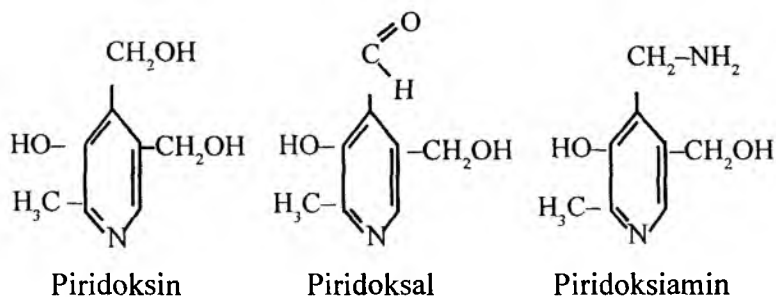
bo'lib xizmat qiladi. Qator flavoproteinlar (flavinga bog'liq degidrogenazalar) Krebs siklida, oksidlanishli fosforlanish jarayonida, yog' kislotalarining β -oksidlanish jarayonida hamda purin nekleotidlarining biosintez reaksiyalari va bevosita oqsillar sintezida ishtirok qiladi. Riboflavin (B_2) boshqoqli o'simliklarning donlarida (yirik tortilgan unda), yangi chiqqan sabzavotlarda, tuxumda, sutda, go'shtda bo'ladi. Kundalik ehtiyoji – 1,5-3 mg.

Vitamin B_3 (pantoten kislotalari) – o'zaro peptid bog'i bilan bog'langan α , γ -dioksi- β , β -dimetilmoy kislotalari va β -alaninlarning qoldiqlaridan tuzilgan.



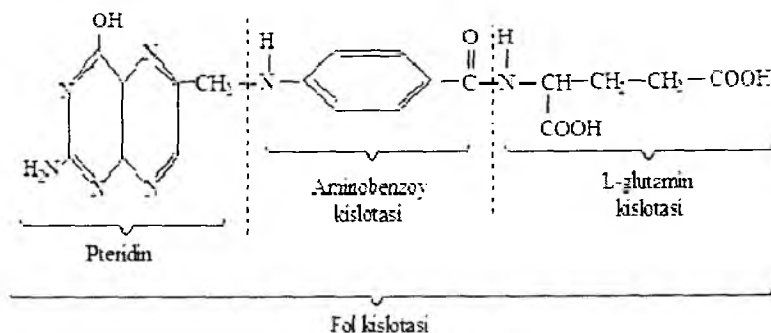
Pantoten kislotalari koenzim A ning faol guruhi hisoblanadi. U koferment A shaklida moddalar almashinuvi jarayonida fundamental rol o'ynaydi, ya'ni moy kislotalarining oksidlanishi va biosintezida, ketokislotalarning oksidlanishli dekarboksillanishida, Krebs siklida, sterin, steroid va stereoidlar, neytral yog'lar, fosfatidlar, porfirinlarning biosintezida, neyromediator asetilxolinning sintezida, aromatik aminlarning atsillanish va boshqa biokimyoviy jarayonlarda qatnashib, ularni amalga oshiradi. Shuning uchun ham pantoten kislotalari hayvon va o'simliklar dunyosida keng tarqalgan. Odam uchun B_3 vitaminining asosiy oziq-ovqat manbalari – jigar, tuxumning sarig'i, achitqi (zamburug'lar) va o'simliklarning yashil qismlari hisoblanadi. Kundalik ehtiyoj – 3-5 mg.

Vitamin B_6 (piridoksin) – piridinning hosilasi hisoblanadi. Piridoksin tashqari piridoksal va piridoksiamin vitaminlik faolligiga ega. Uchala moddalarning hammasi (3-okspiridinning hosilalari) "vitamin B_6 " degan umumiy nomni olgan. Ular biologik sistemalarda bir-biriga oson aylana oladi.



Vitamin B₆ ning faol shakli – piridoksalfosfat yoki uning aminoshakli – piridoksaminfosfat oqsillar almashinuvining boshqarilishini amalga oshiradigan qator muhim fermentlarning kofermentlari bo‘lib xizmat qiladi. U fermentlardan eng muhimlari – aminotransferazalar va transaminazalar. Piridoksin boshqa fermentlar – aminokislotalarning dekarboksilazalarini tarkibiga ham kiradi. Piridoksin yana glikogenni parchalaydigan fosforilaza fermentlarining tarkibiga kirib, uglevodlarning almashinuvida ham ishtirok etadi. Odam uchun piridoksinning asosiy manbayi bo‘lib non, no‘xat, fasol, kartofel, go‘sht, buyraklar, jigar xizmat qiladi. Kundalik norma – 1,5–3 mg.

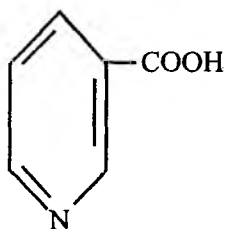
Vitamin B₉ (fol kislotasi) – uchta struktura birligi – *pteridin*, *paraaminobenzoy* va *L-glutamin* kislotalari qoldiqlaridan tuzilgan va quyidagi strukturaga ega:



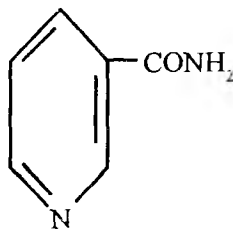
Fol kislotasi – odam organizmida qator murakkab fermentlar sistemasining muhim kofaktorlari (kofermentlari) hisoblanadi. U tetrahidrofol kislotasi – TGFK shaklida bir karbonli guruhlarini tashishni amalga oshiradigan fermentlarning kofermentlarining tarkibiga kiradi. TGFKning baʼzi bir hosilalari timin va metioninlarning biosintazida ishtirok etadi. Vitamin B₉ hamma oʻsimliklarning yashil barglari va achitqi zamburugʻlarda boʻladi.

Kundalik ehtiyoj – 0,2 mg.

Vitamin B₃ (nikotin kislotasi yoki uning amidi – nikotinamid, ularni vitamin PP deb ham yuritiladi) kimyoviy tuzilishi boʻyicha β -piridinkarbon kislotasi, nikotinamid esa – β -piridinkarbon kislotasining amidi hisoblanadi:



Nikotin kislotasi



Nikotinamid

Vitamin B₃ ning taʼsir mexanizmi aniq. Nikotin kislotasining amidi – nikotinamid shaklida NAD (nikotinamidadenin dinukleotid) va NADP (nikotinamidadenin dinukleotid fosfat) kofermentlarining tarkibiga kirib, tegishli apofermentlar bilan birgalikda organizmda oksidlanish - qaytarilish reaksiyalarini katalizlaydi. Nikotinamid kofermentlarining eng muhim biologik funksiyasi – toʻqimalarning nafas olishida (nafas olish zanjirida) vodorodning elektron va protonlarini oksidlanayotgan substratlardan olib, flavin kofermentlariga uzatishdan iborat. Nikotinamid kofermentlari eng muhim fermentlar – alkogoldehidrogenaza, aldehiddehidrogenaza, glutamatedehidrogenaza, fosfoglitserinaldehiddehidrogenaza, laktatdehidrogenaza, malatdehidrogenaza va boshqalarning tarkibiga kirishi B₃ vitaminining moddalar almashinuvidagi jiddiy (muhim) rolini taʼminlaydi.

B₅ (yoki PP) vitaminining avitominozi, ya'ni orgnizmida bo'lmashligini eng xarakterli belgilaridan biri, ya'ni **pellagra** kasalliklari (dermatitlar, diareya, demensiya)ni rivojlanishi hisoblanadi.

B₅ vitaminining asosiy manbalari bo'lib xizmat qiladi: guruch, non, kartofel, go'sht, jigar, buyraklar, sabzi.

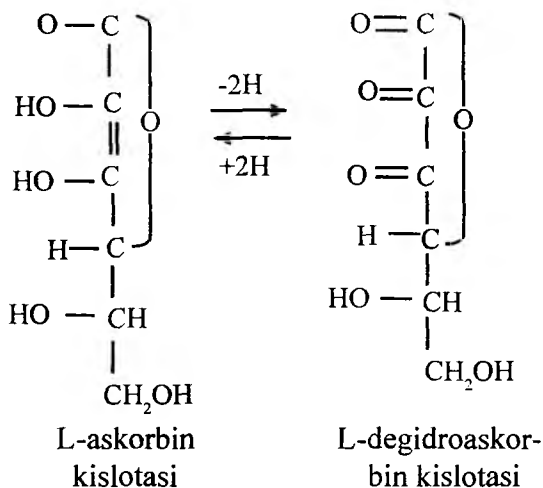
Kundalik ehtiyoj – 15–24 mg.

Vitamin B₁₂ (siankobalamin) – antianemik vitamin. Siankobalamin – gemoglobinning porfiriniga o'xshash ancha murakkab modda, lekin unda porfirin halqasining markazida temir ionini emas, balki kobalt (Co) va sianoguruh joylashgan. Vitamin B₁₂ kobamid kofermenti shaklida ikki tipdagi kimyoviy reaksiyalarda: koferment-metilkobalamin shaklida – transmetilirlanish reaksiyalarida va koferment-dezoksiadenozilkobalamin shaklida – izomerlanish reaksiyalarida vodorodni tashishda qatnashadi.

B₁₂ vitaminining biologik roli ko'p qirrali. U kobamid korgentining tarkibiga kiradi. Tarkibida kobamid kofermentini tutgan fermentlar atsetilirlanish reaksiyalariga ta'sir qiladi (atsetil – koenzim A ning hosil bo'lishiga) va natijada sirka va pirouzum kislotalarini biologik oksidlanish jarayonlari tezlashadi. Vitamin B₁₂ ning purin va pirimidin azot asoslarining biosintezida, ya'ni RNK va DNKlarning hosil bo'lishida qatnashishi alohida ahamiyatga ega. Kobamid kofermentlari ularning biosintazini tezlashtirish bilan oqsil sinteziga ta'sir qiladi, bu anabolik samara shaklida namoyon bo'ladi. Bulardan tashqari, vitamin B₁₂ aminokislota – metioninning almashinuvida metil (-CH₃) guruhini tashishda qatnashadi. Vitamin B₁₂ birdan bir yagona vitamin bo'lib, uning biosintazini faqat mikroorganizmlar amalga oshiradi. Vitamin B₁₂ ning asosiy manbalari – jigar (asosan molniki), go'sht, baliq, buyraklar, sut, tuxum. Katta yoshli odamning B₁₂ vitaminiga bo'lgan kunlik ehtiyoji – 3 mkg.

Vitamin C (askorbin kislotasi) – o'zining tuzilishi bo'yicha uglevodlarning (geksozalarning) hosilasi hisoblanadi. To'rtta optik izomeri bo'lib, ulardan tabiiy faol askorbin kislotasi

L-konfiguratsiyaga ega. D-askorbin kislotasi esa vitamin C ning antagonistisi hisoblanadi.

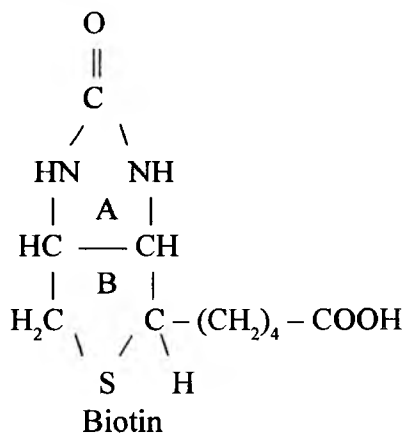


Askorbin kislotasi qaytadan oksidlanish (degidririlanish) va qaytarilish (gidririlanish) qobiliyatiga ega. Ana shu qobiliyati (xususiyati) uni oksidlanish qaytarilish reaksiyalarida vodorodni qo'shimcha tashuvchisi sifatida qatnashishiga imkoniyat berishi mumkin. Biroq, hozirgacha prostetik (koferment) guruhlarining tarkibida vitamin C bo'lgan fermentlar ajratib olingan emas. Taxmin qilishlaricha, vitamin C muskullarda oqsillar almashinuvining holatiga (kollagenning biosinteziga) ta'sir qiladi; u biriktiruvchi to'qimalarning oqsillarini, buyrak usti bezi po'stloq qismining gormonlarini hosil bo'lishida ba'zi-bir aminokislotalarning (tirozin) almashinuvini boshqarishda qatnashadi. Odamlarda C vitaminining yetishmasligi natijasida spetsifik kasallik -- *singa* (skorbut) rivojlanadi. Kasallik oldin qon kapillyarlarining mo'rtligini oshishi, quvvatsizlik, tez charchab (toliqib) qolishlik, ishtahaning kamayishi, o'sishning to'xtab qolishi, tishlarni tozalaganda milkdan qon ketishi, kariyes, infeksiyalarga beriluvchanlikni oshishi va boshqalar bilan ro'yobga chiqadi. Keyin milklarni yaralanishi, tishlarni qimirlashi va tushishi kuzatiladi.

Vitamin C tabiatda keng tarqalgan vitaminlarga kiradi. Odam uchun uning muhimroq manbalari bo‘lib o‘simlik mahsulotlari – sabzavotlar va mevalar xizmat qiladi. C vitaminiga boy – qalampir, salat, karam, xren (yerqalampir), kashnich va chetan, qoraqand va sitruslarning (limon) mevasi. Oziq-ovqat bo‘lmagan manbalardan – qoraqandning barglari va ayniqsa na‘matakning mevasida vitamin C juda ko‘p bo‘ladi. Jumladan, na‘matakning quruq mevasining 100 grammida 1,2 g vitamin C bo‘ladi.

Kundalik ehtiyoji sport bilan shug‘ullanmagan odamlar uchun – 100–200 mg.

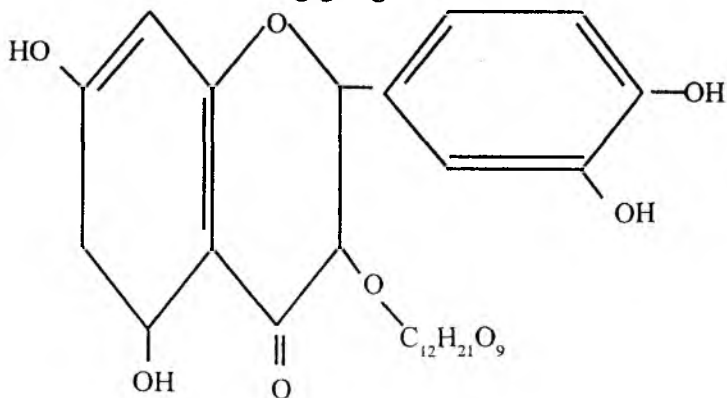
Vitamin H (biotin) – o‘zining kimyoviy tabiati bo‘yicha geterotsiklik tuzilishga ega bo‘lgan monokarbon kislotasi hisoblanadi. Molekulaning geterotsik qismi imidazol (A) tiofen (B) sikllardan tashkil topgan, yon zanjiri esa valerian kislotasining qoldig‘idan iborat.



Biotin karboksilaza fermentlarining kofermentlarini tarkibiga kirib, karboksillanish va transkarboksillanish reaksiyalarini boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. Shuning uchun ham biotin oqsillar, nuklein kislotalar, uglevodlar, lipidlar va ularning metabolitlarini metabolizmga, yog‘ kislotalarning sinteziga, Krebs siklining substratlari – dikarbon kislotalarni hosil bo‘lishiga, siydikchilning hosil bo‘lishi, purinlarning sintezi va boshqalarga jalb qilinadi.

Odamlarda biotin yetishmaganda terining yallig'lanishi (dermatitlar) kuzatilib, yog' bezlarining faoliyatini kuchayishi, sochning to'kilishi, tirnoqlarning shikastlanishi, muskullarda og'riq paydo bo'lishi, charchash, uyqusirash, depressiya hamda anemiya bilan birga sodir bo'ladi. Biotin deyarli barcha hayvon va o'simlik mahsulotlarining tarkibida bo'ladi. Bu vitamanga boy hisoblanadi – jigar, buyraklar, sut, tuxumning sarig'i. O'simlik mahsulotlaridan esa – kartofel, piyoz, tomat, rezavor ismaloq. Odam va hayvonlar uchun ichakning mikroflori sintezlayotgan biotini muhim manba hisoblanadi. Katta yoshli odamning biotinga bo'lgan kundalik ehtiyoji taxminan 0,25 mg bo'ladi.

Vitamin P (bioflavonoidlar, rutin, polifenollar, sitrin, kapillyarlarni mustahkamlaydigan, o'tkazuvchanlik vitamini) – kimyoviy tabiati bo'yicha birikmalarning umumiy guruhini tashkil qilmaydi, lekin hammasi ham difenilpropan karbon skeletiga ega va asosan xromon yoki flavinning hosilalari hisoblanadi. Bu moddalarning hammasi P vitamin faolligiga ega.



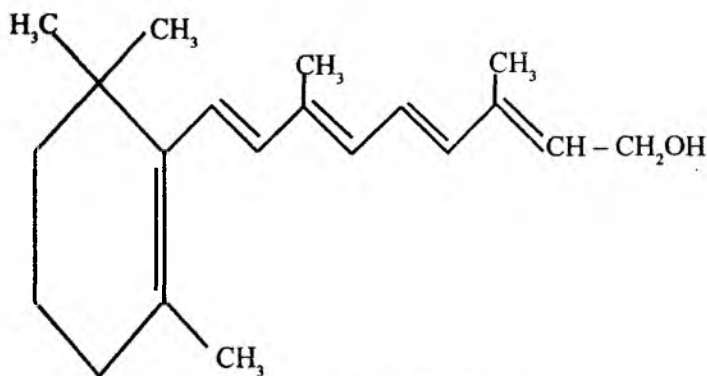
Rutin

Bioflavonoidlar yetishmaganda yoki oziqa tarkibida ular bo'lmaganida qon tomirlarining rezistentligi pasayadi va o'tkazuvchanligi oshadi, natijada qon quyilishlar, qon ketishlar kuzatiladi. Bundan tashqari, odamlarda quvvatsizlik, tez charchab qolish va qo'l-oyoqlarda og'riq paydo bo'lishlar kuzatiladi.

Bioflavonoidlarning qon tomirlarining devorlariga fiziologik ta'siri ba'zi-bir ferment sistemalariga (jumladan, gialuronidazalar, pirolinoksidazalar) ta'sir qilish qobiliyati orqali ularni to'qimalarning nafas olishida qatnashishi bilan bog'langan. P vitaminli preparatlar xuddi askorbin kislotasidek singa, revmatizm kasalliklarining oldini olish va davolashda qo'llaniladi. P va C vitaminlarning ta'siri o'zaro bog'langan. Ular oksidlanish-qaytarilish jarayonlarida tegishli sistemalarda juft zveno hosil qilib, birgalikda faoliyat ko'rsatadi. Katta odamlar uchun P vitaminining manbayi bo'lib o'sha C vitaminiga boy bo'lgan o'simlik oziqa mahsulotlari (jumladan, sabzavotlar, mevalar) xizmat qiladi. P vitaminining kundalik ehtiyoji aniqlanmagan.

7.4. Yog'da eriydigan vitaminlar

Vitamin A (retinol) – kimyoviy tabiati bo'yicha siklik to'yinmagan spirt bo'lib, uning kimyoviy struktura asosida ikkita izopren qoldig'i va birlamchi spirt guruhini tutgan yon alifatik zanjirini biriktirgan β -ionon halqasi yotadi.



Retinol (vitamin A)

O'simliklarda vitamin A provitaminlar – α -, β - va γ -karotinlar shaklida bo'ladi. Bularning orasida β -karotin eng yuqori biologik faollikka ega. Odam organizmida uning parchalanishi natijasida ikki molekula vitamin A hosil bo'ladi.

Vitamin A koʻzning toʻr pardasini tayoqchalaridagi koʻrish purpuri – *rodopsinni* sintezida (lipoprotein – opsinning prostetik guruhi hisoblanadi), oqsillarning biosintezida, energiya almashinuvida, glyukozaning hosil boʻlishini boshqarishda, kortikosteroidlarning biosintezida ishtirok etadi. Bulardan tashqari, retinolning hujayra membranalarining oʻtkazuvchanligini boshqaradigan taʼsiri hamda unung antioksidantlik taʼsiri muhim ahamiyatga ega.

Vitamin A yetishmaganda odamlarda kseroftalmiya (“quruq koʻzlar”) kasalligi rivojlana boshlaydi. Bu kasallikning boshlangʻich stadiyalari “shap-koʻrlik” (qorongʻida koʻrmaslik) shaklida namoyon boʻladi. Bu kasallik koʻrish purpuri (pigmenti) – rodopsinning yetishmasligi natijasida paydo boʻladi.

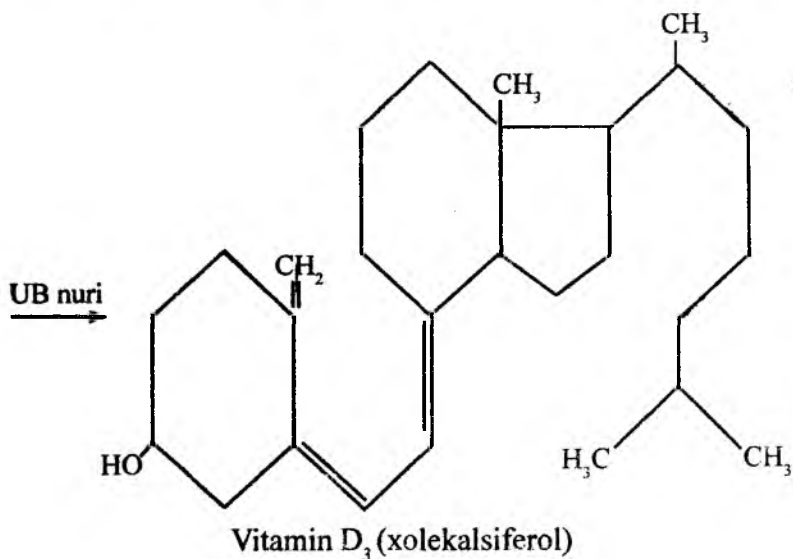
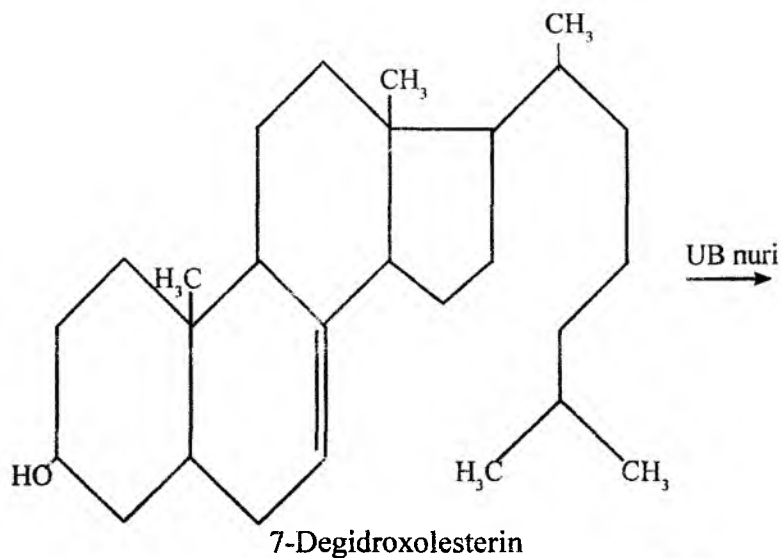
Vitamin A keng tarqalgan. A vitaminiga boy hayvon mahsulotlariga – yirik shoxli mollar va choʻchqalarning jigari, tuxumning sarigʻi, qaymogʻi olinmagan sut, qaymoq, smetanalar kiradi. Ayniqsa, erkin holdagi vitamin A dengiz okuni, treska, paltus baliqlari jigarining yogʻida juda koʻp boʻladi. Odam uchun vitamin A manbayi boʻlib yana qizil etli sabzavotlar (sabzi, pomidor, qalampir va boshqalar) xizmat qiladi. Oʻsimliklarda vitamin A provitamin – *karotin* shaklida boʻladi.

Katta yoshdagi odamlarning kundalik ehtiyoji – vitamin A ga – oʻrtacha 2,7 mg, β -karotinga – 2–5 mg ni tashkil qiladi.

Vitamin D (kalsiferol, antiraxit vitamin) – bir necha birikmalar shaklida boʻladi. Ulardan *xolekalsiferol* – vitamin D₃ eng yuqori biologik faollikka ega boʻlib, uning biosintezi uchun birlamchi xomashyo boʻlib xolesterin xizmat qiladi. Odam organizmida vitamin D₃ 7-degidroxolesterindan quyoshning ultrabinafsha nurlari taʼsirida hosil boʻladi.

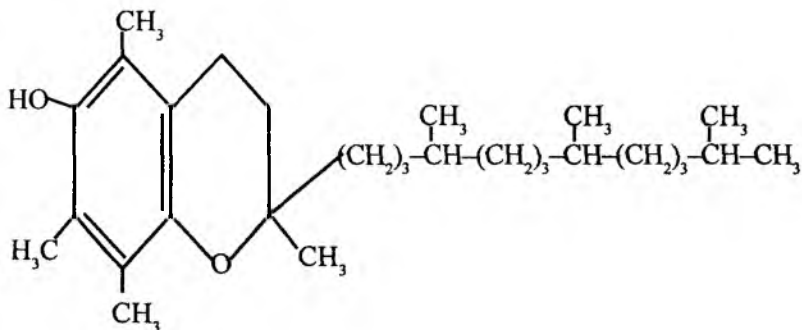
Vitamin D₃ fosfor-kalsiy almashinuvini boshqarishda muhim rol oʻynaydi. Uning yetishmasligi bolalarda *raxit* kasalligini rivijlantirishga olib keladi.

Bolalar uchun kundalik norma 10–25 mkg ni, katta yoshdagi odamlar uchun esa 2,5 mkg ni tashkil qiladi.



Vitamin E (tokoferollar) – bir necha vitaminlar (α -, β -, γ - va h.k.) shaklida bo‘ladi. α -Tokoferol va uning kimyoviy analoglari **tokolning hosilalari** hisoblanadi. α -Tokoferol kimyoviy tabiati bo‘yicha

5,7,8-trimetiltokol hisoblanadi va uning kimyoviy strukturasida benzopiran va geksodekan qoldiqlarini ham farqlash mumkin.



Benzopiran qoldig'i

Geksodekan qoldig'i

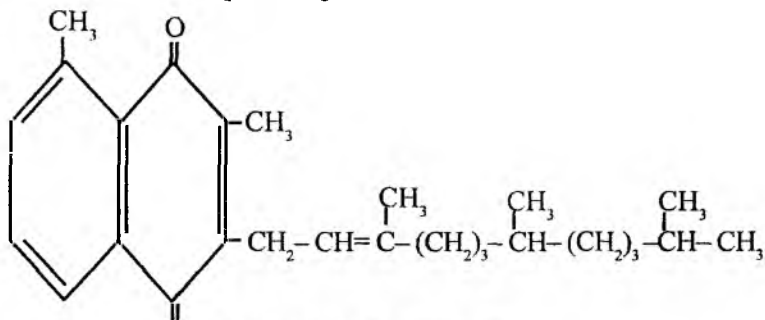
Vitamin E (**α-tokoferol**)

Vitamin E – (tokoferol yunoncha “tokos” – “avlod”, “fero” – “tashiyman” ma’nolarini bildiradi). Uzoq vaqtlar davomida E vitaminining ahamiyati uning ko‘payish jarayoniga ta’sir qilishi bilan chegaralangan, ya’ni odam va hayvonlar organizmida vitamin E bo‘lmasa yoki yetishmasa, spermatogenez va embriogenez jarayonlari (ya’ni erkaklarda spermatozoidlarning hosil bo‘lishi va ona organizmida homilaning rivojlanishi) buziladi va shu bilan birga reproduktiv a’zolarining degenerativ o‘zgarishlari kuzatiladi. Lekin, E vitaminini chuqurroq, har tomonlama o‘rganishlar bunday tushunchaning noto‘g‘ri ekanligini ko‘rsatdi. Organizmda E vitaminining ta’sir mexanizmi ikki xil. Bir tomondan, u yog‘lar va boshqa oson oksidlanadigan birikmalarni oksidlanishdan saqlaydigan hujayraning agenti hisoblanadi.

Boshqa tomondan esa, vitamin E oksidlanishli-qaytarilish jarayonlarida elektronlarni bevosita tashuvchisi bo‘lib ishtirok qiladi. Muskul to‘qimasida moddalar almashinuvida E vitaminining roli ayniqsa ancha katta. U makroergik birikma – kreatinfosfatning sintezida qatnashadi, flavin fermentlarining faolligini oshiradi, sitoxrom C ning tiklanishini tezlashtiradi, koenzim Q ning sintezlanishiga yordam qiladi va eng yaxshi yog‘da eriydigan – **antioksidant** hisoblanadi.

E vitaminining manbalari bo'lib quyidagilar xizmat qiladi: o'simlik moylari (kungaboqar, paxta, soya, makkajo'xori va boshqalarning moylari), salat, karam, boshqoqdoshlarning donlari, go'sht, saryog', tuxumning sarig'i. Kundalik ehtiyoji – 5–30 mg atrofida.

Vitamin K (filloxinon, antigemorragik vitamin) – bir necha vitaminlari bor. Vitamin K₁ kimyoviy tabiati bo'yicha 2-metil-1,4-naftoxinon bo'lib, uchinchi karbon atomida yon zanjir sifatida 20 ta karbon atomi va bitta qo'shbog'dan iborat fitil radikalini tutadi:



Vitamin K₁ (filloxinon)

Fillaxinon (vitamin K₁)ning organizmda yetishmasligi protrombin va qonning ivish sistemasida ishtirok etadigan boshqa oqsillarning glutamin kislotalarni ma'lum qoldiqlarini fermentativ karboksillanishning buzilishiga olib keladi.

Vitamin K₁ ning biologik funksiyasi qonning ivish jarayonini boshqarishdan iborat. U protrombin va boshqa oqsillarning glutamin qoldiqlarini karboksillash reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlarning kofermenti bo'lib xizmat qiladi.

Kashtan, gazanda (qichitqi) o't va bedalarning yashil barglari K vitaminiga juda boy bo'ladi. Vitamin K ning manbalari bo'lgan o'simlik mahsulotlariga – karam, ismaloq, oshqovoq, yashil pomidor, araxis moyi, ryabina (chetan)ning mevasi, hayvon mahsulotlariga esa faqat cho'chqaning jigari kiradi.

Odam organizmi uchun uning kundalik ehtiyoji qancha bo'lishi aniqlanmagan, chunki ichakning mikroflorasi bu vitaminni yetarli

darajada sintezlab turadi. Shuning uchun uning yetarli miqdori 1 mg hisoblanadi.

Ana shu yuqorida keltirilgan asosiy vitaminlardan tashqari vitaminga o'xshash moddalar ham bor, ularga quyidagilar kirishi mumkin: paraaminobenzoy kislotasi, pangam kislotasi, inozit, lipoy kislotasi, karnitin, xolin, vitamin F va hokazolar.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Vitaminlar – (lotincha – “vita” – hayot) – organizmning o'sishi, hayot faoliyati va ko'payishi uchun zarur bo'lgan turli kimyoviy tabiatga ega bo'lgan kichik molekulali moddalar guruhi.

Avitaminoz – biron bir vitaminning oziqa moddalari tarkibida bo'lmashligi natijasida rivojlanadigan kasalliklar.

Gipovitaminoz – oziqa bilan kirayotgan vitaminlarning yetishmasligi yoki ularning yomon hazm bo'lishi natijasida rivojlanadigan kasalliklar.

Gipervitaminoz – vitaminlarni organizmga haddan tashqari ko'p miqdorda kirishi natijasida rivojlanadigan kasalliklar. Ko'proq yog'da eriydigan vitaminlar (A, D, K va boshqalar)da uchraydi.

Beri-beri (polinevit) kasalligi – organizmda vitamin B₁ (tiamin) yetishmaganda rivojlanadi.

Singa (skorbut) kasalligi – odamlarda vitamin C yetishmaganda rivojlanadi.

“Shapko'rlik” – qorong'i tusha boshlaganda ko'rmaslik kasalligi – odamlarda vitamin A (retinol) yetishmaganda rivojlanadi.

Raxit – yosh bolalarda D vitaminining yetishmasligidan rivojlanadigan kasallik.

Savollar va topshiriqlar

1. *Qanday moddalar vitaminlar deb ataladi?*
2. *Vitaminlarning o'ziga xos qanday belgilari bor?*
3. *Organizmda vitaminlarning asosiy biologik funksiyasi nimadan ivorat? Uni misollar bilan yoritib bering.*
4. *Vitaminlar qanday guruhlarga bo'linadi va ularga qaysi vitaminlar kiradi?*

5. Qaysi bir vitaminlar nafas olish zanjiridagi degidrogenaza fermentlarining kofermentlari tarkibiga kiradi?

6. Vitamin B₁ tiaminpirofosfat (kokarboksilaza) shaklida qaysi dekarboksilaza fermentlarining kofermenti bo'lib xizman qiladi?

7. Bolalar (chaqaloqlar) organizmida D vitamini yetishmasa qanday biokimyoviy jarayonlar buziladi va natijada qaysi kasallik rivojlanadi?

8. Oqsillarning biosintezi jarayonida qaysi vitaminlar muhim rol o'ynaydi?

9. Bitta vitamin bir xil tipdagi kimyoviy reaksiyalarni katalizlaydigan har xil fermentlarning kofermenti bo'lishi yoki kofermentlarining tarkibiga kirishi mumkinmi? Mumkin bo'lsa misollar keltiring.

10. Bitta vitamin bir necha fermentlarning kofermentlarini tarkibiga kirib yoki o'zi kofermentlik vazifasini bajarib, har xil tipdagi kimyoviy reaksiyalarni katalizlashi mumkinmi? Misollar keltiring.

11. Koferment A yoki koenzim A (HS-KoA) o'zining tarkibida qaysi vitaminni tutadi?

12. Vitaminlarning borligini birinchi marta qaysi bir olim nechanchi asrda kashf etgan?

13. Kim "vitamin" atamasini fanga kiritgan va bu atama qanday ma'noni bildiradi?

14. Baliq yog'ining tarkibida qaysi vitamin ko'p miqdorda bo'ladi?

15. Na'matak mevasining quruq moddasini necha foizini qaysi vitamin tashkil qiladi?

8. GORMONLAR – BIOKIMYOVIY JARAYONLARNING REGULYATORLARI

8.1. Gormonlar haqida umumiy tushuncha

Gormonlar haqidagi ma'lumotlar mustaqil fan – **endokrino-logiyaa** sifatida ajratilgan. Hozirgi zamon endokrinologiya fani – ichki sekretiya bezlarida hosil bo'ladigan gormonlarning kimyoviy strukturasi va funksiyalarining o'zaro bog'liqligi, ularning ta'sir mexanizmi hamda endokrin bezlarining fiziologiya va patologiyalarini o'rganadi.

Gormonlar – butun organizmning fiziologik funksiyalarini ma'lum darajadagi holati, a'zo va to'qimalarning makro- va mikrostrukturalari va biokimyoviy jarayonlarning borish tezligini belgilaydigan biologik moddalarga kiradi. Shunday qilib, hozirgi zamon tushunchasi bo'yicha *gormonlar* – ichki sekretiya bezlarining maxsuslashtirilgan hujayralarida juda kam miqdorda ishlab chiqariladigan va albatta qonga o'tib, u orqali boshqa a'zo va to'qimalar – mishen (nishon)larga yetkazib beriladigan kimyoviy tabiatlari bo'yicha organik moddalar bo'lib, u yerda o'zlarining moddalar almashinuvi va fiziologik funksiyalarga spetsifik ta'sirini ko'rsatadi. Lekin bunday ta'rifga tegishli o'zgartirishlarni kiritish maqsadga muvofiqroq bo'lar edi. Chunki, hozirgi vaqtda sut emizuvchilarning o'ziga xos tipik gormonlari (jumladan, insulin) bir hujayrali mikroorganizmlarda topilgan yoki to'qima kulturasida somatik hujayralar ham gormonlarni sintezlash qobiliyatiga egaligi eksperimental tasdiqlangan.

Tirik organizmlarning ajoyib xususiyatlaridan biri ularning o'z-o'zini boshqarish mexanizmlari yordamida gomeostazning doimiyligini saqlash bo'lib, ularni amalga oshirishda (muvofiqlashtirishda) asosiy o'rinlardan biri gormonlarga tegishlidir. Yuqori hayvonlarda barcha biologik jarayonlarni faqat butun organizmdagina emas, balki hujayra va hujayra organoidlari

doirasida muvofiqlashgan holda o'tishini evolyutsiya jarayonida shakllangan neyroqumoral mexanizmlari belgilaydi. Ana shu mexanizmlar yordamida o'z almashinuv jarayonlarining intensivligini juda yaxshi boshqarib, o'rab olgan va ichki muhitning turli-tuman o'zgarishlarini qabul qiladi. Bu jarayonlarni boshqarishda, ko'pchilik reaksiyalarning ketma-ket borishini amalga oshirishda gormonlar moddalar almashinuvi tezligini bevosita boshqaradigan nerv sistemasi va fermentlarning ta'siri o'rtasida oraliq zvenoni egallaydi. Gormonlar yoki to'qimalarda bor fermentlarning faolligini oshirib tez javob reaksiyasini chaqiradi, yoki fermentlarning denovo sintezi bilan bog'liq bo'lgan sekin reaksiyani chaqiradi.

Endokrin (ichki sekretiya) bezlari va gormonlar haqida fanni paydo bo'lishi XIX asrning o'rtalariga to'g'ri keladi. 1855-yilda T.Addison buyrak usti bezini zararlanishi va teri qavatini spetsifik pigmentatsiyasi birga sodir bo'ladigan bronza kasalligini birinchi marta tavsiflab berdi. Klod Bernar o'zlarining sekret (shira)larini bevosita qonga ajratib chiqaradigan a'zolar, ya'ni ichki sekretiya (endokrin) bezlari haqida tushuncha kiritdi. Bu bezlarga, asosan, gipotalamus, gipofiz, qalqonsimon bezi, oshqozon osti bezi, buyrak usti bezlari, ayol va erkaklarning jinsiy bezlari va boshqalar kiradi.

U.Beylis va E.Sterling o'zlari 1902-yili ochgan o'n ikki barmoqli ichak ishlab chiqaradigan va oshqozon osti bezi shirasini ishlab chiqarilishi va o'zni ajralishini stimulyatsiya qiladigan gormon – sekretinni o'rganish vaqtida 1905-yilda "gormon" atamasini (grekcha so'z – *hormao* – qo'zg'ataman, qo'zg'atishni ta'minlayman) fanga kiritgan. Gormonlar o'zlarining biologik ta'sirlarini juda ham kam (yo'q darajada) konsentratsiyada (10^{-6} dan 10^{-12} M) ko'rsatadi. Hozirgi vaqtda 60 dan ortiq gormonlar aniq va ularning soni ko'payib bormoqda. Gormonlar faqat moddalar almashinuvini emas, balki organizmning ko'p boshqa funksiyalarini – hujayra va to'qimalarning o'sishi, yurakning ritmi, qon bosimi, buyraklarning ishi, ovqat hazm qilish fermentlari ajratib chiqarish, sut kelishini va reproduktiv organlarini ishini boshqaradi.

Endokrin bezlari ajratib chiqarayotgan va gormonal ta'sirga ega bo'lgan moddalar o'zlarining kimyoviy tabiati bo'yicha turli-

tumandir. Ularning ba'zi birlari – aminokislotalar yoki ularning hosilalari (tiroksin, adrenalin, noradrenalin, indolil sirka kislotasi); boshqalari purinlar (sitokininlar); yog' kislotalarining hosilalari (prostoglandinlar, yuvenil gormoni); qisqa peptidlar (vasopressin, oksitotsin); uzun polipeptidlar (insulin, glyukagon, AKTG); oqsillar (gonadotropin, o'sish gormoni); steroidlar (buyrak usti bezining po'stloq qismining gormonlari – kortizol, kortizon, gidrokortizon, jinsiy gormonlar – testosteron, estradiol, progesteron) va hokazolar. Gormonlarning ta'sir qilish mexanizmlari ularning kimyoviy tabiati singari nihoyatda xilma-xil.

Organizmدا ko'pchilik gormonal ta'sirlar (jumladan, steroid tabiatli gormonlar, tiroksinning ta'siri) pirovardida fermentlar va boshqa oqsillarning induksiyasini o'zgarishi yo'li bilan amalga oshadi. Fermentlarning induksiyasi deyilganda ferment-oqsillarning biosintezini ko'payishi tushuniladi. Fermentlarning biosintezi gormonlar bilan boshqarilishi genom darajasida, ya'ni transkripsiya (iRNK yoki RNKning har xil turlarini sintezi) yoki translyatsiya darajasida amalga oshiriladi. Gormonlarning ta'sirini muhim momenti – fermentlarning fazoviy strukturasiining barqarorligi va parchalanishining tezligini o'zgarishidir.

Gormonal boshqarilishning obyekti bo'lib yana hujayra (plazmatik) membranasining o'tkazuvchanligi hisoblanadi. Masalan, insulin hujayra membranalariining glyukoza, Ca^{2+} va aminokislotalarning ionlari uchun o'tkazuvchanligini oshiradi.

Bulardan tashqari ko'pchilik gormonlar (peptid va oqsil tabiatli gormonlar hamda katexolaminlar – adrenalin va noradrenalin) o'zlarining hujayra ichi jarayonlariga ta'sirini adenilat siklaza (sAMF) sistemasi orqali amalga oshiradi.

8.2. Gormonlarning nomenklaturasi va klassifikatsiyasi

Hozirgi vaqtda 60 dan ortiq gormon va gormonoidlar aniqlangan. Garchi ularning ko'pchiligini kimyoviy tabiati aniqlangan bo'lsa ham, ya'ni ularning har biriga kimyoviy nom berish mumkin bo'lsa ham gormonlarni trivial nomlaridan foydalanishini afzalroq deb

hisoblanadi. Bu ko'pchilik gormonlarni kimyoviy nomenklaturasi haddan tashqari beso'naqay va murakkabligi bilan bog'langan. Gormonlarning travial nomlari esa, odatda, yoki funksiyasini, yoki gormonning kelib chiqishini aks ettiradi va biologlar uchun bimalol qabul qilsa bo'ladi.

Gormonlarning klassifikatsiyasi to'g'risida ham xuddi shunday holatlar bor. Bir guruh olimlar gormonlarning bioligik funksiyalari, boshqalar ularning kelib chiqishlariga asoslanib klassifikatsiya qilishadi.

Oxirgi yillarda shu narsa aniqlandiki, ba'zi gormonlarning biosintezi endokrin bezlarida shu qadar absolyut mujassamlashgan emas. Jumladan, jinsiy gormonlar buyrak usti bezlaridan ajratib olingan, ba'zi peptid tabiatli gormonlar faqat endokrin bezlarining bezga yod hujayralaridagina emas, balki ulardan tashqarida ham oldindan hosil bo'lgan polipeptidlarning gidrolizlanish natijasida ham hosil bo'ladi. Bulardan tashqari, xuddi o'sha bir xil kimyoviy tabiatli (masalan, peptid gormonlar, steroid gormonlar va h.k.) gormonlarning ta'sir mexanizmlari ularning hosil bo'lish joylariga qaramasdan o'xshash. Shu sababdan gormonlarning kimyoviy klassifikatsiyasi taklif qilingan. Ana shu klassifikatsiya bo'yicha gormonlar 4 guruhga bo'linadi:

1. Peptid tabiatli gormonlar. Bu guruhga kimyoviy strukturasi turli molekulyar massali polipeptidlar bo'lgan barcha gormonlar kiradi. Ularning biosintezlanish joylari bo'lib qalqonsimon bezi, gipofiz, oshqozon osti bezi va boshqalar xizmat qiladi. Ularning vakillari sifatida quyidagi gormonlarni keltirish mumkin: insulin, glyukogen, oksitotsin, vasopressin, samototropin, AKTG, tireotropin, gonadotrop gormon, lipotrop gormon, gastrin, sekretin, pankreozimin, paratreoid gormon, tireokalsitonin va h.k.

2. Aminokistalarning hosilalari bo'lgan gormonlar. Bularga o'zlarining tuzilishi bo'yicha tirozin aminokislotasining hosilalari bo'lgan gormonlar – adrenalın, noradrenalın, tiroksin va triyodtironinlar kiradi. Ularning biosintezi qalqonsimon bez va buyrak usti bezining mag'iz qismida amalga oshadi.

3. Steroid gormonlar. Bu guruhga steroidlarning hosilalari bo'lgan gormonlar kiradi. Ular buyrak usti bezi, urug'don, tuxumdonlarda va qisman boshqa a'zo va to'qimalarda (jigar, yo'ldosh va boshqalar) sintezlanadi. Ulardan eng muhimlari – kortikosteron, gidrokortizon, kortizon, 11-dezoksikortikosteron, aldosteron, testosteron, estradiol, progesteron hisoblanadi.

4. Yog' kislotalarining hosilalari bo'lgan gormonlar. Bu gormonlar *prostoglandinlar* nomini olgan bo'lib, to'yinmagan yog' kislotalari hisoblanadi. Prostoglandinlar uncha ko'p bo'lmagan miqdorda ko'p organ va to'qimalarda uchraydi, bu esa ularga gormonlar emas, balki gormonoidlar (gormonsimon moddalar) deb qarashga majbur qiladi.

8.3. Peptid tabiatli gormonlar

Gipotalamusning gormonlari. Gipotalamus ta'sir mexanizmi bo'yicha ikki guruh – peptid tabiatli gormonlarni, ya'ni gipofiz gormonlarini ajratib chiqarilishini stimulyatsiya qiladigan gormonlar – *liberinlar* (tiroliberin, lyuliberin, somatoliberin, melanoliberin, prolaktoliberin, kortikoliberin) va qarama-qarshi ta'sir qiladigan, ya'ni gipofiz gormonlarini ajratib chiqarishni (biosintezini) kamaytiradigan gormonlar – *statinlar* (somatostatin, melonostatin, prolaktostatin) ishlab chiqaradi. Bu guruh gormonlarning beshta vakili (tiroliberin, lyuliberin, somatostatin, samotoliberin, melanoliberin) toza holda ajratib olingan, kimyoviy strukturasi rasshifrovka qilingan va keyingi yillarda laboratoriya sharoitida ularning sintezi amalga oshirilgan. Ularning hammasi strukturalari bo'yicha kichik molekulali peptidlar (oligopeptidlar)dir.

Gipofizning gormonlari. *Gipofiz* – har xil embrional kelib chiqishga ega bo'lgan ikki qismdan – oldingi va orqa bo'laklardan iborat. *Oldingi* bo'lakda ancha uzun polipeptid zanjiridan iborat bo'lgan bir necha gormonlarni ishlab chiqariladi. Ularni *trop gormonlar* yoki *tropinlar* deb ataladi, chunki ular keyingi darajadagi endokrin bezlarga yaqinligi (o'xshashligi) bor va ularga stimulyatsiya qilish ta'siriga ega. Jumladan, kortikotropin buyrak usti bezining po'stlog'ini, tirotropin – qalqonsimon bezni stimulyatsiya qiladi.

Tropinlarning asosiy vakillari hisoblanadi:

Melanotropin (melanotsitlarni stimulyatsiya qiluvchi gormon) – sut emizuvchilarda melaninogenezni, reptiliyalarning teri qoplamida pigmentli hujayralarni (melanotsitlarni) stimulyatsiya qiladi.

Adrenokortikotrop gormon (AKTG, kortikotropin) – buyrak usti bezining po'stloq qismini steroid gormonlarini ishlab chiqarishni stimulyatsiya qiladi.

O'sish gormoni (STG, somatotropin) – organizmning hammasini o'sish va rivojlanish jarayonlarini boshqaradi.

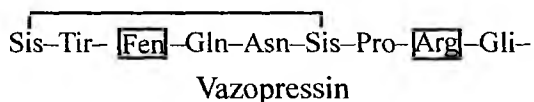
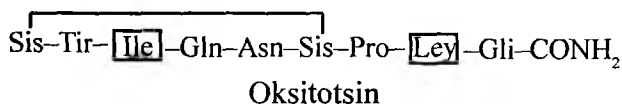
Laktotrop gormon (laktotropin, prolaktin) – sut bezlari rivojlanishi va sutning hosil bo'lishini stimulyatsiya qiladi.

Tireotrop gormon (TTG, tirotropin) – qalqonsimon bezning rivojlanishi va funksiyalarini nazorat qilib turadi va tireoid gormonlarning biosintezi va qonga ajratib chiqarilishini boshqaradi.

Gonadotrop gormonlar (gonadotropinlar) – bularga follikulalarni stimulyatsiya qiluvchi gormon (FSG, follitropin) va lyuteinlashtiruvchi gormon (LG, lyutropin) kiradi. Ikkala gormon ham murakkab oqsil – glikoproteidlar hisoblanadi. Follitropin – ayollarning tuxumdonlarida follikulalarning yetilishini va erkaklarda – spermatogenezni bohqaradi. Lyutropin – ayollarda estrogenlarni va progesteronni ajratib chiqarishni hamda follikulalarni sariq tanani hosil qilib yorilishi, erkaklarda esa – testosteronni ajratib chiqarish va interstial to'qimani rivojlanishini stimulyatsiya qiladi.

Lipotrop gormonlar (LTG, lipotropinlar) – organizmda yog'larni mobilizatsiya (safarbar) qilish jarayonlarini boshqaradi.

Gipofizning orqa bo'lagida ikkita gormon – **oksitotsin** va **vazopressin** ishlab chiqariladi. Har ikkala gormon ham qisqa peptid bo'lib, 9 aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan.



Oksitotsin – tug‘ish vaqtida bachadonning silliq muskullarini qisqarishini va sutning ajratib chiqarilishini chaqiradi, sut bezlarining alveolalari atrofida joylashgan muskul tolalarining qisqarishini stimulyatsiya qiladi. Vasopressin ham kuchli vazopressor ta’sir qilib, silliq muskulaturaning qisqarishini stimulyatsiya qiladi, lekin uning asosiy funksiyasi – suv almashinuvini boshqarish hisoblanadi. U uncha katta bo‘lmagan konsentratsiyada ($0,2 \text{ ng/kg}$ tana massasiga) kuchli antidiuretik ta’sir ko‘rsatadi, ya’ni buyrak kanalchalarining membranalari orqali suvning qaytadan shimilishini stimulyatsiya qiladi.

Normada u qon plazmasining (zardobining) osmotik bosimini va odam organizmining suv balansini boshqarib turadi. Gipofizning orqa bo‘lagi atrofiya bo‘lgan vaqtda siydik bilan juda ko‘p miqdordagi suyuqlikni chiqib ketishi bilan xarakterlanadigan – *qandsiz diabet* kasalligi rivojlanadi.

Gipotalamus va gipofizning gormonlari organizmni gormonal boshqarishda eng muhim o‘rinni egallaydi. Gipotalamusning gormonlari gipofizning faoliyatini boshqaradi. Gipotalamus gormonlari maxsus qon-tomir yo‘li – portal sistemasining kapillyarlari orqali gipofizga yetib borib, gipofizning gormonlarini ajratib chiqarilishini stimulyatsiya qiladi (liberinlar) yoki keskin kamaytiradi (statinlar). Gipofizning gormonlari esa o‘z navbatida periferik endokrin bezlari deb ataladigan: buyrak usti bezi, qalqonsimon va jinsiy bezlar hamda ko‘pchilik to‘qima va a‘zolarining faoliyatini boshqaradi.

Oshqozon osti bezining gormonlari. Oshqozon osti bezi aralash sekretsiyali bezlarga kiradi. Uning tashqi sekretsia funksiyasi ovqat hazm qilishning hal qiluvchi fermentlari, jumladan, amilazalar, lipazalar, tripsin, ximotripsin, karboksipeptidazalar va boshqa oshqozon osti bezi shirasi bilan ichakka quyilayotgan fermentlarning sintezidan iborat. Ichki sekretsia funksiyasi esa – α -(yoki A) va β -(yoki B)- hujayralaridan tuzilgan Langergans orolchalarida ikkita gormon – *glyukagon* va *insulinning* sintezidan iborat.

Insulin – kimyoviy tabiati bo‘yicha oqsil – gormon. Uning

molekulasi 16 har xil aminokislotalardan tuzilgan 51 aminokislota qoldiqlarini tutadi. Bu qoldiqlar ikkita disulfid bog'i bilan bog'langan ikkita polipeptid zanjiri shaklida joylashgan. A zanjir 21 ta, B zanjir 30 ta aminokislota qoldig'idan tuzilgan. Insulinning birlamchi va ikkilamchi strukturalari o'rganilgan (4.5-qism).

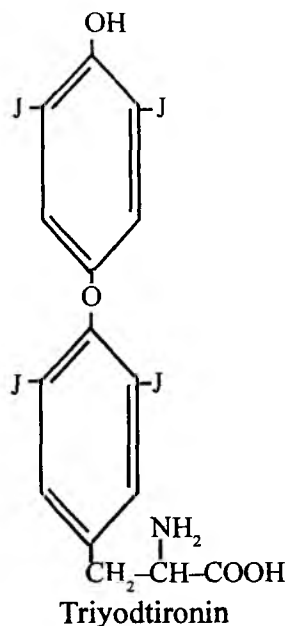
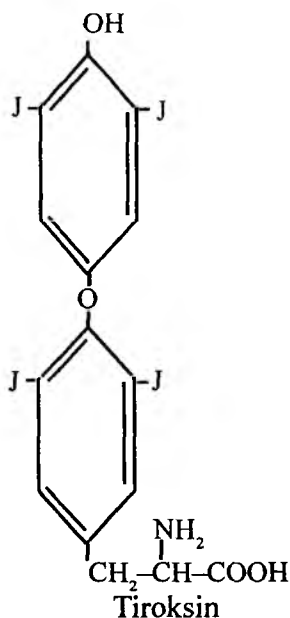
Organizmida insulinning almashinuv jarayonlariga ta'siri ko'p qirrali. Insulin uglevodlar almashinuvini boshqarishda eng muhim rol o'ynaydi: sitoplazmatik membranalarning glyukoza uchun o'tkazuvchanligini oshirish bilan glyukozani qondan to'qimalarga tashilishini kuchaytiradi; uglevodlarning anaerob va aerob parchalanish jarayonlarining hal qiluvchi fermentlari faolligini oshirib, ularning hujayrada parchalanishini tezlashtiradi va jigar hamda muskullarda glyukozadan glikogenning sintezini kuchaytiradi.

Oshqozon osti bezining ichki sekretiya funksiyasini buzilishi, ya'ni insulin gormonini kam miqdorda ishlab chiqarilishi odamlarda **qand diabeti** kasalligini rivojlanishiga olib keladi.

Glyukagon – kimyoviy tabiati bo'yicha polipeptid, molekulasi 29 aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan bitta polipeptid zanjiridan iborat. Molekulyar massasi – 3500 Da. Glyukagon insulinning antagonist gormoni bo'lib, aksincha qonda glyukozaning konsentratsiyasini oshiradi. Glyukagonning giperglikemik samarasi ikki yo'l bilan amalga oshadi: ulardan birinchisi shundan iboratki, glyukagon jigarning glikogenini glyukozaga parchalanishiga yordam berib, qonda glyukozani konsentratsiyasini oshiradi. Bunday ta'sir qilish mexanizmi adrenalinning ta'sir qilish mexanizmiga o'xshaydi. Ikkinchi yo'l shundan iboratki, glyukagon adrenalina qarama-qarshi ravishda glyukozaning sut kislotasigacha glikolitik parchalanishini ingibirlaydi va jigarda glyukozani glyukoneogenez yo'li bilan sintezlanishini kuchaytiradi. Muskullarda glikogenning parchalanishi glyukogenning ishtirokisiz sodir bo'ladi.

8.4. Aminokislotalarning hosilalari bo'lgan gormonlar

Qalqonsimon bezning gormonlari (tireoid gormonlar) – **tiroksin** (T_4) va **triyodtironin** kimyoviy tuzilishi bo'yicha bir-biriga yaqin.



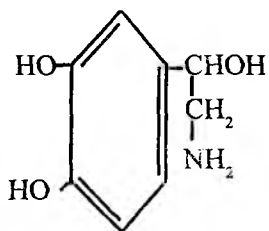
Ular aminokislota – tirozinning hosilalari bo‘lib, tarkiblarida 4 va 3 yod atomlarini tutadi. Tireoid gormonlar uchun ko‘pchilik metabolik jarayonlarga keng diapazonda ta‘sir qilish xarakterlidir, ya‘ni ular uglevodlar va lipidlar almashinuvining fermentlar sistemasi faolligiga, oqsil sinteziga, ionlar, substratlar va kofaktorlarning tashilishini intensivligiga, bioenergetik jarayonlarga ta‘sir qiladi.

Bu gormonlarni yetishmasligi bolalarda **kretinizm** kasalligini (o‘rish, nerv sistemasi va jinsiy bezlarning rivojlanishi to‘xtab qoladi, jismoniy va aqliy rivojlanishda orqada qoladi), katta yoshlilarda esa **miksiedema** kasalligini (shilimshiq pardada suv to‘planib shishishi, patologik semirish, soch va tishlarning tushishi, miyada o‘zgarishlar, asabiylashish va h.k.) rivojlanishiga olib keladi. Bu gormonlarni normadan ko‘p miqdorda ishlab chiqarilishi (giperfunksiya) **tireotoksikoz** (Bazedov) kasalligini chaqiradi (bu kasallikda bemorda ko‘zning chaqchayishi, ko‘p terlash, bo‘qoq, ozish, uyqusizlik, asabiylashish, yurak qisqarishining soni keskin ko‘payishi kuzatiladi).

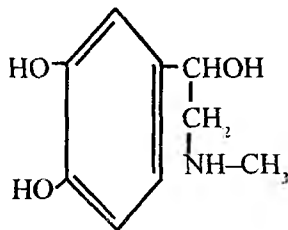
Buyrak usti bezining gormonlari. Buyrak usti bezlari morfologik va funksional jihatdan ikkita individual qismdan – miya moddasi va po‘stloq qavatidan iborat.

Miya moddasi katexolamin gormonlarini, po‘stloq qavati esa – stereoid gormonlarni ishlab chiqaradi.

Katexolamin gormonlarga ikkita gormon – *adrenalin* va *noradrenalin* kiradi. Har ikkala gormon ham tirozin va fenilalaninning hosilalari hisoblanadi:



Noradrenalin



Adrenalin

Ikkala gormon ham qon bosimini oshishini chaqirib, kuchli tomirlarni toraytiradigan ta’sir ko‘rsatadi. Adrenalinning asosiy ta’sir ko‘rsatish a’zolari – jigar, skelet muskullari, yurak va yurak-qon tomirlar sistemasi hisoblanadi. Bundan tashqari, ular uglevodlar almashinuviga katta ta’sir ko‘rsatadi, ya’ni adrenalin, jigarning glikogenini parchalanishini stimulyatsiya qiladi va qonda glyukozaning miqdorini oshiradi.

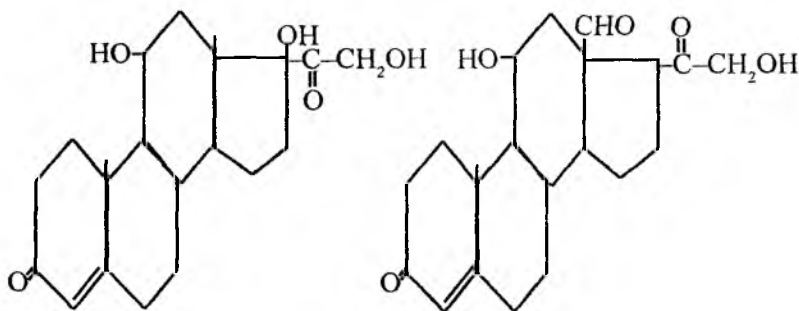
Natijada muskullarni anaerob sharoitda ishlash uchun kerak bo‘lgan “yoqilg‘i” bilan ta’minlaydi va nihoyat, u skelet muskullarida glikoliz yo‘li bilan glikogenni sut kislotasiga anaerob parchalanishiga yordam berib, shu bilan ATFni glikolitik yo‘l bilan hosil bo‘lishini stimulyatsiya qiladi.

8.5. Stereoid gormonlar

Buyrak usti bezlarining po‘stloq qavatida 30 dan ortiq stereoidlar sintezlanadi. Ularni **kortikoidlar** (**kortikosteroidlar**) deb ataladi va uchta asosiy sinflarga bo‘linadi.

1. Glyukokortikoidlar – ularning eng muhim vakili – **kortizol (gidrokortizon)**. U jigarda glyukozani (aminokislotalar, glitserin va yog‘ kislotalardan) sintezlanish jarayoni – glyukoneogezni stimulyatsiya qiladi va glikogenni jamg‘arilishiga yordam beradi, qonda glyukozaning miqdorini oshiradi va periferik to‘qimalarda glyukozaning ishlatilishini kamaytiradi.

Bundan tashqari, u yog‘ kislotalarining ishlatilishini yaxshilaydi va keton tanachalarining hosil bo‘lishini stimulyatsiya qiladi. Umuman, kortizol lipid va oqsillar almashinuviga – katabolizmga ta’sir ko‘rsatadi.



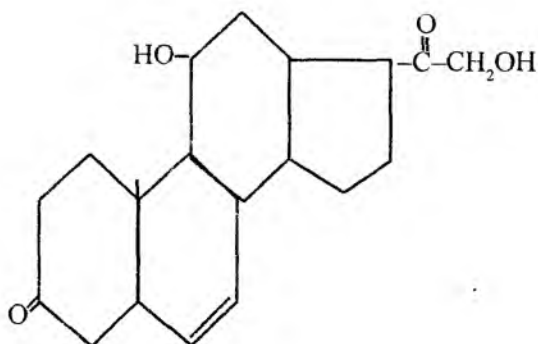
Kortizol (gidrokortizon)

Aldosteron

2. **Mineral kortikoidlar** – bu guruhning asosiy vakili – **aldosteron**. Uning funksiyasi buyrakda natriy ionlarini ushlab qolish va kaliy ionlarini organizmdan chiqarib tashlash; shu yo‘l bilan bu guruh gormonlar organizmda suv-tuz balansini ushlab turadi. Aldosteron ham xuddi kortizol kuchsiz mineralkortikoid faolligini namoyon qilganidek, glyukortikoid faolligiga ega.

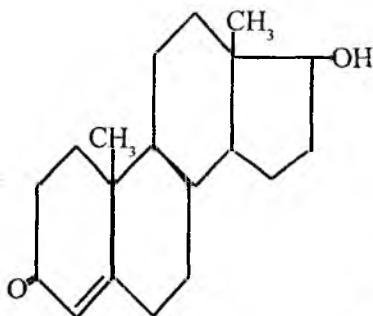
3. Bu guruhga taalluqli steroidlari glyuko- va mineralkortikoidlar o‘rtasida o‘zlarining xususiyatlari bo‘yicha oraliq o‘rinni egallaydi. Ularning asosiy gormoni – **kortikosteron**.

Struktura formalaridan ko‘rinib turibdiki, kortikosteroidlarning har uchala guruhi qator umumiy struktura elementlari bilan xarakterlanadi:

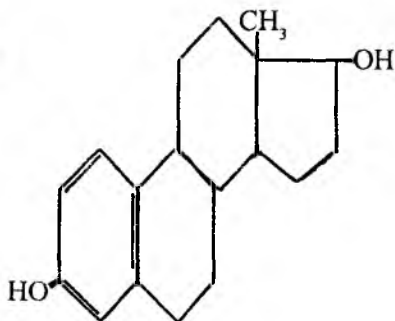


Kortikosteron

Jinsiy gormonlar – buyrak usti bezining po‘stloq qavatining gormonlariga o‘xshab, **androgenlar** (erkaklarning jinsiy gormonlari) va **estrogenlar** (ayollarning jinsiy gormonlari) stereoidlardir.



Testosteron



Estradiol

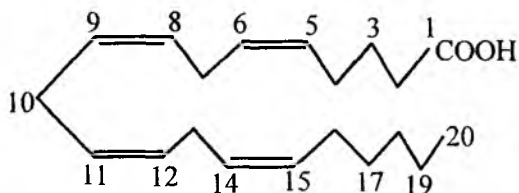
Buyrak usti bezining po‘stloq qavati, urug‘don va tuxumdondalar umumiy embrional kelib chiqishga ega. Shuning uchun ham androgenlar va estrogenlar faqat urug‘don va tuxumdondagina emas, balki qisman buyrak usti bezida ham sintezlanadi. Umuman olganda jinsiy belgilar o‘zaro ishlab chiqarilayotgan androgenlar va estrogenlarning nisbati bilan farqlanadi.

Androgenlar o‘sish va yetilishni stimulyatsiya qiladi, reproduktiv sistemalarni ishlab turishini va erkaklar organizmining ikkilamchi jinsiy belgilarining shakllanishini ta‘minlaydi; estrogenlar ayollar

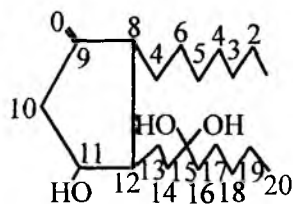
reproduktiv sistemasining faolligini boshqaradi. Shu bilan birga, ham androgenlar, ham edrogenlar reproduksiya bilan bo'g'liq bo'lmagan organizmning ko'pchilik toqimalariga ko'proq va har xil ta'sir ko'rsatadi. Masalan, androgenlar va ularning ba'zi-bir sintetik hosilalari skelet muskullarining tez o'sishini stimulyatsiya qiladi. Ularni ko'pchilik shtangistlar, kurashchilar, futbolistlar muskul massasi va kuchini oshirish maqsadida qabul qilishadi. Shu narsani esdan chiqarish kerak emaski, bu gormonlar qo'shimcha – *maskulini-zatsiyalashtirish* ta'siriga ham ega.

8.6. Yog' kislotalarining hosilalari bo'lgan gormonlar

U.Eyler birinchi marta odamning urug'don suyuqligida (spermasida) va qo'yning urug'don pufakchalarining ekstraktlarida tomirlarni toraytiradigan effekt va bachadonning silliq muskullarini qisqarishini chaqiradigan moddalar borligini namoyish qildi. Bu moddalarni u *prostoglandinlar* deb atadi. Prostoglandinlarning molekulari 20 karbon atomi va siklopentan halqasidan tuzilgan. Barcha prostoglandinlar siklopentan halqasi va ikkita yon zanjiridan tashqari yana bog' $C_{13}=C_{14}$ va C_{15} da gidroksil guruhini tutadi. Birinchi marotaba S.Bergstrem hammualliflari bilan kimyoviy toza prostoglandinni ajratib olgan. Keyingi yillarda shu narsa tasdiqlandiki, barcha prostoglandinlarning biosintezi uchun birlamchi xomashyo bo'lib ko'p to'yinmagan yog' kislotalari, jumladan, *araxidon kislotasi* xizmat qiladi. Araxidon kislotasi uchun esa – linol va linolen kislotalari birlamchi xomashyo hisoblanadi:



Araxidon kislotasi



Prostoglandin E₁

Travil nomenklaturasiga asosan barcha prostoglandinlar siklopentan halqasining strukturasiga ko'ra to'rt guruhga – A, B, E, F va qo'sh bog'larning soni va yon zanjirlardagi o'rindosh

guruhlarga qarab individual prostoglandinlarga bo'linadi. Individual prostoglandinlarni harflar bilan belgilanadi va ularning tarkibidagi qo'sh bog'larning sonini raqamlar bilan ko'rsatiladi: (PGA₁, PGA₂, PGB₁, PGB₂, PGE₂, PGF₂) va boshqalar.

Birlamchi prostoglandinlar odam va hayvonlarning barcha hujayralarida (istisno sifatida eritrotsitlarda sintezlanmaydi) sintezlanadi, oshqozon-ichak yo'lining silliq muskullariga, reproduktiv va respirator to'qimalariga hamda tomirlarga, boshqa gormonlarning faolligini o'zgartiradi, nerv qo'zg'aluv-chanligi, yallig'lanish jarayonlari, buyrak qon aylanish tezligini avtonom holda boshqaradi. Prostoglandinlarning organizmga fiziologik ta'siri turlicha. Ba'zi prostoglandinlar bachadonning qisqarishini stimulyatsiya qiladi, tug'ish to'lg'oqlarini chaqiradi, homiladorlikni to'xtatadi, qon ivishini ingibirlaydi, oshqozon shirasi chiqishini va xlorid kislotasi hamda pepsinning ajratilishini stimulyatsiya qiladi, qon bosimini pasaytiradi. Bularning hammasi tibbiy amaliyotda keng qo'llaniladi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Gormon – bu bir tipdagi to'qimalar ishlab chiqarib, qon orqali boshqa to'qimalar – nishonlarga borib, u yerda o'zlarining spetsifik ta'sirini (biokim-yoviy yoki fiziologik) ko'rsatadigan har xil kimyoviy tabiatli organik moddalar.

Endokrin bezlari yoki ichki sekretsia bezlari – odam va hayvon organizmlarida gormonlarni ishlab chiqaradigan bezlar.

Prostoglandinlar – ko'p to'yinmagan yog' kislotalari, jumladan, araxidon kislotasining hosilalari. Ko'pincha “mahalliy gormonlar” nomi bilan ham yuritiladi.

Savollar va topshiriqlar

1. *“Gormon” atamasini qaysi olimlar tomonidan va qachon fanga kiritgan va bu atama nima ma'noni bildiradi?*
2. *Qanday moddalar gormonlar deb ataladi?*
3. *Ichki sekretsia (endokrin) bezlariga qaysi bezlar kiradi va ularning har biri qanday gormonlarni ishlab chiqaradi?*
4. *Gormonlar o'zlarining kimyoviy tabiati bo'yicha qanday organik moddalar bo'lishi mumkin?*

5. Qaysi gormonlar o'zlarining hujayra ichi jarayonlariga ta'sirini adenilatsiklaza sistemasi orqali amalga oshiradi?

6. Qaysi bir gormonlar o'zlarining ta'sirini genom, ya'ni transkripsiya va tranlyatsiya darajasida amalga oshiradi?

7. Kimyoviy klassifikatsiya bo'yicha gormonlar nechta va qanday sinflarga bo'linadi?

8. Vazopressin va oksitotsin gormonlarining fiziologik ta'sirlarini ifodalab bering.

9. Tiroksin va triyodtironin gormonlarini qaysi endokrin bezi ishlab chiqaradi va ular gormonlarning qaysi guruhiga kiradi?

10. Samototropin (ya'ni o'stirish gormoni) normadan ko'payib yoki kamayib ketsa qanday kasalliklar rivojlanishi mumkin?

11. Gipofizning orqa bo'lagi ishlab chiqaradigan vasopressin gormonining qondagi miqdori kamayib ketsa odamlarda qanday kasallik rivojlanishi mumkin?

12. Jigarda glyukoneogenez jarayonini, ya'ni uglevod bo'lmagan moddalardan glyukozaning sintezlanish jarayonini qaysi gormon boshqaradi va u o'zining kimyoviy tabiati bo'yicha gormonlarning qaysi bir guruhiga kiradi?

13. Qondagi glyukozaning miqdorini doimiyligini qaysi gormonlar boshqarib turadi? Ularning ta'sir mexanizmlarini ifodalab bering.

14. Ayol va erkaklarning jinsiy gormonlari – esterogen va androgenlarning asosiy vakillarini keltiring.

15. Erkaklarning asosiy jinsiy gormoni – testosteron va uning sintetik analoglari sportda qanday maqsadda ishlatiladi?

16. Prostoglandinlar o'zlarining kimyoviy tabiatlari bo'yicha qanday organik moddalar hisoblanadi?

17. Prostoglandinlar odam va hayvon organizmlarining qaysi a'zo va to'qimalarida ko'proq uchraydi?

18. Ko'p to'yinmagan araxidon kislotasi qaysi birikmalar uchun birlamchi omashyo hisoblanadi?

19. Prostoglandinlar odam organizmida qanday fiziologik funksiyalarni bajaradi?

II. DINAMIK BIOKIMYO

9. MODDALAR ALMASHINUVINING UMUMIY QONUNIYATLARI

9.1. Moddalar almashinuvi haqida umumiy tushuncha

Tirik organizmlar doimo tashqi muhit bilan chambarchas bog'langan bo'lib, undan o'zlarining hayot faoliyatiga kerak bo'lgan moddalarni o'zlashtirib, o'zining spetsifik moddalariga aylantiradi va parchalanish reaksiyalarining oxirgi mahsulotlarini ana shu tashqi muhitga chiqarib turadi. Boshqacha aytganda, tirik organizmlarda doimo bir vaqtning o'zida juda ko'p turli-tuman kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lib turadi. Ana shu kimyoviy reaksiyalar majmuasini (yig'indisini) *moddalar almashinuvi* yoki *metabolism* nomi bilan yuritiladi. Metabolizm – bu ko'pgina o'zaro bog'langan multif ferment tizimlari ishtirokida ta'minlanadigan yuqori darajada muvofiqlashtirilgan va ma'lum maqsadga yo'naltirilgan hujayra faolligidir. Hujayrada metabolism quyidagi to'rtta maxsus funksiyalarni bajaradi:

- energiyaga boy oziqa moddalar (yog'lar, uglevodlar, oqsillar)ni parchalash yo'li yoki quyosh yorug'lik energiyasini tutib o'zgartirish yo'li bilan kimyoviy energiya bilan ta'minlash;

- tashqi muhit moddalarini (ya'ni oziqa moddalarini) oddiy kichik **molekulali moddalarga** – qurilish bloklariga aylantirish;

- ana shu qurilish bloklari bo'lib xizmat qiladigan oddiy moddalardan yuqori molekulali moddalar: oqsillar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar, lipidlar va organizmga xos bo'lgan boshqa hujayra komponentlarini yig'ish;

- hujayraning har xil maxsus funksiyalarini bajarish uchun kerak bo'lgan biomolekulalarni sintezlash va parchalash.

Metabolizmda assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarini ajratish qabul qilingan.

Assimilyatsiya – tashqi muhit moddalarini o‘zlashtirish va ularni organizm moddalariga aylantirish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Odam va hayvon organizmlarida assimilyatsiya – tashqi muhitdan kirayotgan organik va anorganik moddalarni shu organizmga spetsifik bo‘lgan oqsillar, nuklein kislotalar, lipidlar, uglevodlar va boshqa hujayra komponentlarini hosil qilish (sintezlash)ga olib keladigan juda katta sonli kimyoviy reaksiyalarni o‘z ichiga oladi. Assimilyatsiya jarayoni organizmning o‘sishi, rivojlanishi, yangilanib turishi va energiya manbayi sifatida foydalanadigan moddalarni jamg‘arishni ta‘minlaydi.

Dissimilyatsiya – moddalar almashinuvining qarama-qarshi tomoni. Murakkab organik birikmalarning parchalanishi, ya‘ni oqsillar, nuklein kislotalar, yog‘lar, uglevodlar (shu jumladan, organizmga oziqa tarkibida kirayotgan)ni oddiy moddalarga aylantirish va tashqi muhitga chiqarish jarayonidir. Barcha organizmlarda dissimilyatsiyaning asosiy oxirgi mahsulotlari – suv, karbonat angidrid (CO_2), ammiak (siydikchil) hisoblanadi.

Assimilyatsiya va dissimilyatsiyani ikkita o‘ziga mustaqil jarayonlar deb qarash mumkin emas. Bu o‘sha bitta jarayonning bir-biridan ajratib bo‘lmaydigan, o‘zaro chambarchas bog‘langan ikkita tomonidir. Masalan, assimilyatsiyaga oid bo‘lgan organizm uchun spetsifik moddalarni sintezlash tashqaridan energiya sarflashni talab qiladi, organizm bu energiyani biologik oksidlanish jarayonidan, ya‘ni dissimilyatsiya jarayonidan oladi.

9.2. Assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining o‘zaro nisbatiga bir qator omillarning ta‘siri

Odam organizmida assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining o‘zaro nisbati va ularning borish tezligi bir qator tashqi va uchki omillarga: odamning yoshi, muskullarning faolligi, ovqatlarning sifati va miqdori, o‘rab olgan muhitning va organizmning o‘zini harorati (masalan, kasal bo‘lganda) va boshqa ko‘p omillarga bog‘liq bo‘ladi.

Yosh o'sayotgan organizm assimilyatsiyani dissimilyatsiya ustidan ustunlik qilishi bilan ajralib turadi. Organizm moddalarini (struktura oqsillari, ferment – oqsillar, fosfolipidlar) sintezlanish tezligi ularning parchalanish tezligidan yuqori bo'ladi. Bu organizmning o'sishi, to'qima va a'zolarning hajm va massalarini kattalashishini ta'minlaydi.

Assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining tezliklarini o'zaro farqi endi tug'ilgan chaqaloqlarda juda katta bo'ladi. Keyin ular sekin-asta tenglasha boradi va 17–19 yoshlardan organizmda metabolizmning bu ikkita tomoni o'rtasida muvozanat o'rnatila boshlanadi. Shu vaqtdan boshlab organizmning o'sishi deyarli to'xtaydi. Bu muvozanat odamning to 40 yoshlarigacha davom etadi. Qarilikka qarab dissimilyatsiya jarayoni asta-sekin anabolizmdan (assimilyatsiyadan) ustunlik qila boshlaydi. Bu o'z navbatida organizm hayot faoliyati uchun muhim bo'lgan bir qator moddalarning miqdorlarini kamayishiga olib keladi.

Intensive muskul ishini bajarayotganda muskul faoliyatini energiya bilan ta'minlayotgan dissimilyatsiya jarayoni keskin kuchayadi. Ancha energiya sarflashni talab qiladigan assimilyatsiya jarayoni muskul ishi vaqtida energetik moddalarning yetishmasligi (defitsiti) sababli juda sekinlashadi yoki deyarli to'xtab qoladi. Ishni tugatgandan so'ng dam olish vaqtida energiya almashinuvining yo'nalishi o'zgaradi, ya'ni u asosan turli assimilyatsiya jarayonlarini energiya bilan ta'minlashga qaratiladi. Zo'riqish bilan bajariladigan muskul ishi organizmda bir qator moddalar assimilyatsiyasini ularning dissimilyatsiyasidan bir oz ustunlik qilishini ta'minlaydi. Bu esa o'z navbatida ishni bajarish uchun muhim bo'lgan qisqartiruvchi oqsillar, energetik substratlar, ferment-oqsillar va boshqa hujayraning struktura moddalarini jamg'arilishiga olib keladi. Oziqa moddalarning tarkibi, sifati, miqdori va ovqatlanish tartibi organizmda assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarini boshqarishda ishtirok qilishi mumkin. Jumladan, to'g'ri ovqatlanish organizmda lipidlarning sintezi va jamg'arilishini ularning parchalanishidan ustunlik qilishga olib keladi. Sifati va tarkibi nuqtayi nazardan yetarli va to'la qiymatga ega bo'lmagan ovqatlanish organizmda moddalar almashinuvining umumiy intensivligini

pasayishiga va dissimilyatsiya jarayonini assimilyatsiya ustidan ustunlik qilishga olib keladi.

Tashqi muhitning harorati pasayganda organizmda dissimilyatsiya jarayoni kuchayadi, ya'ni issiqlikni hosil bo'lishini ko'payishi organizmni sovib ketishdan saqlaydi. Kasal bo'lgan vaqtda dissimilyatsiya jarayonini kuchayishi tana haroratini ko'tarilishi uchun issiqlik manbayi bo'ladi. Tashqi muhitning ko'pgina omillari almashinuv jarayonlarining ayrim tomonlariga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Jumladan, quyosh nuri ta'sirida bo'lish organizmni ultrabinafsha nurlaridan saqlaydigan teri qatlamidagi pigmentlarni sintezlash va jamg'arish reaksiyalarini kuchaytiradi.

Tashqi muhit omillari ta'sirida sodir bo'ladigan almashinuv jarayonlardagi barcha o'zgarishlar yaqqol moslashish (adaptatsiya) xususiyatlariga ega. Ular organizmni ana shu omillar ta'siriga chidamliligini oshirishni ta'minlaydi. Xuddi shu tufayli organizmdagi kerakli o'zgarishlarni yoki tashqi muhitdagi o'zgarishlarga qaramasdan organizm konstantalarining doimiyligini ta'minlab turadigan moddalar almashinuvi o'zgarishi mumkin. Moddalar almashinuvi funksional imkoniyatlarini oshishi va sport mashqlanish jarayonida sportchining jismoniy sifatlarini takomillashishi asosida yotadi.

9.3. Moddalar almashinuvining asosiy turlari

Metabolizmدا plastik va funksional almashinuv, tashqi muhit bilan almashinuv va oraliq almashinuvlarni farq qilish qabul qilingan.

Plastik almashinuv deyilganda organizm uchun spetsifik bo'lgan moddalar – struktura moddalari, fermentlar, gormonlar, har xil sekretlar (shiralar), energiya manbalarining zaxiralarini sintezlashga olib keladigan kimyoviy reaksiyalarning kompleksi tushuniladi.

Funksional almashinuv – bu hujayra, to'qima va a'zolari, xullas butun organizmning funksional faolliklarini ta'minlaydigan kimyoviy reaksiyalar kompleksi. Funksional almashinuv, asosan, energiyaning bir turdan boshqa turga aylanish jarayonlari bilan bog'langan.

Plastik va funksional almashinuvlar o'rtasida shu jarayonlarni amalga oshirish uchun kerak bo'lgan substratlar va ATFga raqobatchilik (konkurensiya) bo'jadi. ATF – organizmda deyarli barcha energiya talab qiladigan biokimyoviy jarayonlar uchun universal, bevosita energiya manbayi bo'lib xizmat qiladi. Uning organizmdagi zaxirasi uglevodlar, yog'lar va oqsillarning biologik oksidlanish jarayonlarida ajralib chiqqan erkin energiyani bir qismi hisobiga resintezlanib tiklanib turadi. Agar hujayra (yoki to'qima) organ biror ish bajarayotgan bo'lsa, asosiy energiya shu ishni bajarishga yo'naltiriladi. Plastik almashinuvlarning reaksiyalari shu vaqtda energiya yetishmasligi sababli keskin sekinlashadi. Jumladan, sportchi yuqori intensivlikdagi jismoniy mashqni bajarayotgan vaqtda, ayniqsa, uning ishlayotgan muskullarida deyarli barcha biosintez jarayonlari keskin sekinlashadi. Ishni tugatgandan so'ng yoki funksional faollikni pasaytirgandan keyin, aksincha biosintez jarayonlari kuchayadi va asosiy qism energiya ana shu biosintez jarayonlarini ta'minlashga yo'naltiriladi.

Tashqi muhit bilan almashinuv – organizmga oziqa mahsulotlari va kislorodni kirishi va almashinuvning oxirgi mahsulotlari (CO_2 , H_2O , NH_3 , siydikchil)ni tashqi muhitga chiqarilishini o'z ichiga oladi.

Oralik almashinuv – bu organizmga kirgan kimyoviy birikmalar bilan sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalar kompleksi. Oralik almashinuv jarayonlarida hosil bo'ladigan moddalar – *metabolitlar* deb ataladi.

9.4. Oralik almashinuv va uning hujayra strukturalari bilan bog'liqligi

Oralik almashinuvi o'zaro chambarchas bog'langan, birini ikkinchisidan ajratib bo'lmaydigan ikkita jarayon – **anabolizm** va **katabolizmdan** tashkil topgan. Anabolik reaksiyalar hujayra va to'qimalarning struktura elementlarining hosil bo'lishi va yangilanib turishiga yo'naltirilgan bo'lib, oddiy molekulalardan murakkab biomolekulalarning sintezini o'z ichiga oladi. Katabolik o'zgarishlar

(reaksiyalar) – ham ovqat bilan kirayotgan, ham hujayra tarkibiga kirgan murakkab molekulalarni to oddiy komponentlarga parchalanish jarayonidir. Oralik almashinuvni bu har ikkala tomoni – anabolism va katabolizm vaqt va fazoda o‘zaro chambarchas bog‘langan.

Oraliq almashinuv yuzlab har xil fermentativ reaksiyalarni o‘z ichiga oladi, chunki bitta fermentativ reaksiyaning oxirgi mahsuloti boshqa reaksiyaning substrati bo‘lib xizmat qiladi va h.k. Oraliq almashinuvda katabolizm jarayoni uchta ketma-ket keladigan pog‘ona yoki bosqichni o‘z ichiga oladi.

Birinchi bosqichda (gidroliz bosqichi) oqsillar, nuklein kislotalar, lipidlar, uglevodlar (polisaxaridlar) fermentativ gidroliz yo‘li bilan ularning “qurilish bloklari” bo‘lib xizmat qiladigan nisbatan kichik molekulali tarkibiy qismlarga: oqsillar – aminokislotalarga, nuklein kislotalar – nukleotidlarga, lipidlar – yog‘ kislotalari, glitserin va boshqa komponentlarga, uglevodlar – monosaxaridlarga parchalanadi. Bu asosan oshqozon-ichak yo‘lida sodir bo‘ladi, agar organizmning o‘zini yuqori molekulali komponentlari bo‘lsa, hujayra doirasida ham bo‘lishi mumkin.

Ikkinchi bosqichda (anaerob oksidlanish bosqichi) – birinchi bosqichning oxirgi mahsulotlari, asosan anaerob oksidlanish yo‘li bilan soni uncha ko‘p bo‘lmagan ancha oddiyroq molekulalarga aylanadi. Jumladan, yog‘ kislotalari, glitserin va monosaxaridlar atsetil-KoAga, aminokislotalar – atsetil-KoA, σ -ketoglutar kislotasi, yantar kislotasi, fumar kislotasi, shavelsirka kislotalarigacha parchalanadi, ya’ni katabolizmning uchinchi stadiyasini substratlarini hosil qiladi.

Uchinchi bosqichda (aerob oksidlanish stadiyasida) – ikkinchi stadiyaning oxirgi mahsulotlarining hammasi uchun umumiy bo‘lgan – aerob yo‘l bilan karbonat angidrid (CO_2) va suvgacha oksidlanadi. Shu narsani nazarda tutish kerakki, agar juft C-atomli yog‘ kislotalar β -oksidlanish yo‘li bilan bevosita atsetil-KoA ga aylansa, katabolizmning ikkinchi bosqichida glikoliz yoki pentozafosfat sikli yo‘li bilan parchalanayotgan monosaxaridlar, glitserin, ba’zi bir aminokislotalar, tok C-atomini tutgan yog‘ kislotalar Krebs siklining

ko'rsatilgan substratlarini bevosita hosil qilmaydi. Monosaxaridlar, ba'zi aminokislotalar va glitserin oldin pirouzum kislotasigacha parchalanadi, so'ng oksidlanishli dekarbosillanish yo'li bilan atsetil-KoA ga aylanadi. Boshqa aminokislotalar va tok C-atomli yog' kislotalar propionil-KoA hosil qilib, keyin suksinil-KoA aylanadi.

Hujayrada bir vaqtning o'zida katabolizm jarayoni bilan sodir bo'ladigan anabolizm jarayoni ham uchta bosqichdan tashkil topgan. **Anabolizmning birinchi bosqichini** xuddi katabolizmning birinchi bosqichinikidek oshqozon-ichak yo'lida oziqa moddalari (oqsillar, uglevodlar, yog'lar va h.k.)ning "qurilish bloklarigacha" fermentativ parchalanish jarayonlari tashkil qiladi. To'qima nafas olishi bilan uzviy bog'langan Krebs sikli katabolizmning uchinchi bosqichi bo'lib, **anabolizm jarayonining ikkinchi bosqichi** boshlang'ich materiallari (substratlar) – α -ketokislotalar (aminokislotalarning sintezi uchun), atsetil-KoA va karbonat angidridi (yog' kislotalari va monosaxaridlar sintezi uchun)ni yetkazib beradi. Nihoyat, **anabolizmning uchinchi bosqichida** – birinchi va ikkinchi bosqichlarda hosil bo'lgan "qurilish bloklaridan" – a'zo va to'qimalar uchun spetsifik bo'lgan oqsillar, nuklein kislotalar, uglevodlar, lipidlar va boshqa hujayra struktura moddalari sintezlanadi.

Shunday qilib, oralik almashinuvning har ikki tomoni – anabolizm va katabolizm vaqt va fazoda o'zaro chambarchas bog'langan. Moddalar almashinuvining optimal yo'nalishi kimyoviy jarayonlarning qat'iy tartibliligi bilan aniqlanadi va, bir tomondan, fermentlar boshqarayotgan kimyoviy reaksiyalar tezliklarining o'zaro nisbati, boshqa tomondan, – hujayra (organizm) barcha elementlarini struktura tuzilish darajalariga bog'liq bo'ladi. Jumladan, hujayraning turli organoidlarida ularning strukturasi va funksiyasiga mos ravishda har xil fermentlar yoki ferment sistemalari joylashgan.

Hujayraning **yadrosida** (aniqrog'i, yadrochasida) nuklein kislotalar (DNK, RNK)ning sintezini katalizlaydigan fermentlar – DNK-polimeraza, RNK-polimeraza va boshqalar joylashgan.

Mitoxondriyalarda – biologik oksidlanish jarayonlarining fermentlari – Krebssi sikli, oksidlanishli fosforlanish jarayoni,

yogʻ kislotalarining β -oksidlanish jarayoni, siydikchilning sintezi, piruvatdegidrogenaza kompleksi fermentlari mujassamlashgan.

Lizosomalarda – pH-optimumi 5 atrofida boʻlgan gidrolitik fermentlar joylashgan.

Sarkoplazmatik toʻrda (retikulumda) – lipidlar biosintezi va gidroksillanish reaksiyalarida qatnashadigan fermentlar joylashgan.

Sitoplazmada – glikoliz, pentozafosfat sikli, yogʻ kislotalari va mononukleotidlarning sintezi, aminokislotalarning faollantirish, glyukoneogenez jarayoni va boshqalarning fermentlari lokalizatsiyalashgan.

Ribosomalarda – oqsillarning biosintez jarayonining fermentlari mujassamlashgan boʻlib, mRNK da translyatsiya jarayoni amalga oshadi.

Plazmatik membranalarda – transport ATF-azalari (Na^+ , K^+ – ATFazasi, Ca^{2+} – ATFazasi, Mg^{2+} – ATFazasi, H^+ – ATFazasi), adenilatsiklazalar va boshqalar joylashgan.

Hujayra organoidlarining strukturasida multiferment sistemalari shunday qatʼiy tartibda joylashganki, har bir ferment reaksiyaning ushbu ketma-ketlikdagi keyingi fermentning bevosita yaqinida joylashgan. Shu tufayli reaksiyalarning oraliq mahsulotlarini diffuziyasi uchun kerak boʻlgan vaqt qisqaradi va reaksiyaning barcha ketma-ketligi vaqt va fazoda qatʼiy ravishda muvofiqlashgan (koordinatsiyalashgan) boʻladi. Bundan tashqari, fermentlarning hujayra strukturalarida ana shunday qatʼiy tartibda joylashishi bir vaqtning oʻzida ham anabolik, ham katabolik jarayonlarni bir-biriga xalaqit bermasdan sodir boʻlishlariga imkoniyat yaratadi.

Oraliq almashinuvning fermentativ reaksiyalarida moddalar almashinuvi bilan bir vaqtning oʻzida energiyaning ajralib chiqishi va usteʼmol qilinishi, yaʼni energiya almashinuvi sodir boʻladi.

Katabolizm jarayonida kimyoviy energiyaning ajratib chiqishi uchun uchta bosqichida har xil darajada boʻladi.

Yuqori molekulali moddalarning gidrolitik parchalanishida (qurilish bloklarigacha) juda kam miqdorda (ana shu moddalarning oksidlanish energiyasini 1% dan kamrogʻi) energiya ajralib chiqadi. Ancha koʻp miqdordagi energiya glikoliz reaksiyalarida, sut kislotasi,

glitserin, yog‘ kislotalari, aminokislotalarning oksidlanishida, ya‘ni oqsillar, nuklein kislotalar, uglevodlar (polisaxaridlar), lipidlarning “qurilish bloklarini” parchalanish bosqichida ajralib chiqadi. Natijada ana shu reaksiyalarda Krebssi siklining substratlari hosil bo‘ladi, ulardan uchasi: atsetil-KoA, α -ketoglutar kislotasi va shavelsirka kislotasi asosiy energetik ahamiyatga ega. Bu moddalar shundan keyin nafas olish zanjiri bilan uzviy bo‘lgan Krebssi siklida oksidlanishga duchor bo‘ladi. Natijada, bu bosqichda moddalarning parchalanish barcha energiyaning $\frac{2}{3}$ qismi ajralib chiqadi.

Ajralib chiqqan energiya qisman issiqlikka aylanadi, uning taxminan 40% makroergik moddalar, asosan, adenozintrifosfat (ATF) va qisman boshqa nukleozidtrifosfatlar (GTF, STF, UTF)ning fosfat bog‘lari energiyasi shaklida jamg‘ariladi.

Shunday qilib, katabolizm jarayoni oksidlanish reaksiyalarida ajralib chiqqan va makroerg bog‘larda (ayniqsa ATFning makroerg fosfat bog‘larida) jamg‘arilgan energiya hujayrada anabolizm jarayonlarining turli sintetik reaksiyalarida va har xil fiziologik funksiyalarni bajarishda ishlatilishi mumkin.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamaları

Metabolizm (yoki moddalar almashinuvi) – tirik organizmlarda doimo bir vaqtning o‘zida sodir bo‘lib turadigan juda ko‘p turli-tuman kimyoviy reaksiyalar majmuasi.

Assimilyatsiya – tashqi muhit moddalarini o‘zlashtirish va ularni organizm moddalariga aylantirish jarayonlari.

Dissimilyatsiya – murakkab organik birikmalarni (oqsillar, nuklein kislotalar, lipidlar, uglevodlarni) oddiy moddalargacha parchalanishi va ularni tashqi muhitga chiqarish jarayoni.

Plastik almashinuv – organizm uchun spetsifik bo‘lgan moddalar: struktura moddalari, fermentlar, gormonlar, har xil sekretlar (shiralar), energiya manbalarining zaxiralarini jamg‘arishga olib keladigan reaksiyalar kompleksi.

Funksional almashinuv – bu hujayra, to‘qima va a‘zolarni funksional faoliyatini ta‘minlaydigan kimyoviy reaksiyalar kompleksi.

Tashqi muhit bilan almashinuv – organizmga oziqa mahsulotlari va kislorodni kirishi va almashinuvning oxirgi mahsulotlari (CO_2 , H_2O , NH_3 , siydikchil)ni tashqi muhitga chiqarilishi.

Oraliq almashinuv – bu organizmga kirgan kimyoviy birikmalar bilan sodir bo‘ladigan kimyoviy reaksiyalar kompleksi.

Anabolizm – hujayra va to‘qimalarning struktura elementlari-ning hosil bo‘lishi va yangilanib turishiga yo‘naltirilgan reaksiyalar bo‘lib, oddiy molekulalardan murakkab biomolekulalarning sintezini o‘z ichiga oladi.

Katabolizm – ham hujayra tarkibiga kirgan, ham ovqat bilan organizmga kirgan murakkab molekulalarni to oddiy komponentlarga parchalanish jarayonlari.

Metabolitlar – oralik almashinuv jarayonlarida hosil bo‘ladigan moddalar.

Savollar va topshiriqlar

1. *Tirik organizmlarda moddalar almashinuvi yoki metabolizm deb nimaga aytiladi?*

2. *Metabolizm atamasining o‘zi nima ma‘noni bildiradi va organizmda qanday funksiyalarni bajaradi?*

3. *Qanday biokimyoviy jarayonlar assimilyatsiya va dissimilyatsiya nomlari bilan yuritiladi?*

4. *Nima uchun assimilyatsiya va dissimilyatsiyalarni o‘zlariga mustaqil deb emas, balki bir jarayonning ikki tomoni deb qaraladi?*

5. *Assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining o‘zaro nisbatlari tashqi muhitning qanday omillariga bog‘liq bo‘ladi?*

6. *Odamning yoshiga qarab assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining o‘zaro nisbati qanday o‘zgaradi?*

7. *Plastik va funksional almashinuvlarga tavsif bering.*

8. *Nima uchun sportchi yuqori intensivlikdagi jismoniy mashqlarni bajarayotgan vaqtda, ayniqsa, uning ishlayotgan muskullarida barcha biosintez jarayonlari keskin sekinlashadi?*

9. *Oraliq almashinuv deb nimaga aytiladi va unda hosil bo‘lgan moddalar qanday nom bilan yuritiladi?*

10. Anabolizm va katabolizm deb qanday biokimyoviy jarayonlar (yoki reaksiyalar)ning majmuasi (kompleksi)ga aytiladi?

11. Katabolizm jarayoni nechta bosqichdan iborat? Ularning har biriga qisqacha biokimyoviy tavsif bering.

12. Anabolizm qanday bosqichlarni o'z ichiga oladi va ular o'z navbatida qanday biokimyoviy jarayonlardan tuzilgan?

13. Nima uchun mitoxondriyalarni hujayraning "kuch stansiyasi" deb atashadi?

14. pH-optimumi 5 atrofida bo'lgan gidrolitik fermentlar hujayraning qaysi bir organoidida joylashgan?

15. Sitoplazmada qaysi bir kimyoviy jarayonlarning fermentlari joylashgan?

16. Hujayrada ribosomalar qanday biologik funksiyalarni bajaradi?

17. Oraliq almashinuv bilan energiya almashinuvi o'rtasida qanday o'zaro bog'liqlik bor? Agar bog'liqlik bo'lsa, uni isbotlab bering.

10. BIOLOGIK OKSIDLANISH

10.1. Umumiy xarakteristika

Barcha anabolik reaksiyalar doimo energiya sarflash yo'li bilan sodir bo'ladi. Bu energiya uglevod va boshqa oziqa moddalarning *biologik oksidlanish* jarayonlarida hosil bo'ladi.

Biologik oksidlanish – barcha tirik organizmlarda sodir bo'ladigan oksidlanish reaksiyalarining majmuasidir. Bu jarayonning asosiy biologik funksiyasi organizmni ishlatishga qulay bo'lgan energiya shakli (avvalo ATF) bilan ta'minlashdan iborat.

Hozirgi zamon biologik oksidlanish nazariyasi A.N. Bax va O.Varburglarning kislorodni faollashuvi va V.I. Palladin va G.Vilandlarning vodorodni faollashuvi deb atalgan klassik nazariyalariga asoslangan.

Oksidlanayotgan moddalar haqida gapirilganda, ularning elektronlarni (e^-) yoki bir vaqtning o'zida elektronlar va protonlarni (ya'ni vodorod atomlarini) yo'qotishi nazarda tutiladi. Moddaning qarama-qarshi o'zgarishi (ya'ni elektron va protonlarni qabul qilib olishi) uning qaytarilishi deb belgilanadi.

Reaksiyada qatnashayotgan birikmalardan qaysi bir modda oksidlovchi, qaysi biri – qaytaruvchiligini aniqlashda oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoks-potensial)ning qiymati bilan belgilanadigan qaytaruvchining o'z elektronlarini oksidlovchiga berish qobiliyatini bilish kerak.

Shartli ravishda $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ reaksiyasining redoks-potentsiali qabul qilingan bo'lib, 1 atm (760 mm sim. ust.) gazsimon vodorod bosimida, H^+ ionlarining 1,0 M konsentratsiyasida (pH = 0 bo'lganda) va 25°C bo'lganda shartli ravishda uni 0 (nol) deb qabul qilingan. Fiziologik sharoitda pH ko'rsatkichi, ya'ni pH 7,0 bo'lganda $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ sistemaning redoks-potensial $E_0' = 0,42$ B ni tashkil

qiladi. Ba'zi biologik oksidlanish-qaytarilish sistemalarining redoks-potensiallari E_0' 4-jadvalda keltirilgan.

**Nafas olish zanjiri ba'zi sistemalarining
redoks-potensiallari (E_0')**

Qaytarilgan shakli	Oksidlangan shakli	E_0', B
H_2	$2H^+$	-0,42
$NADH_2$	NAD^+	-0,32
$FADH_2$ – oqsil	FAD – oqsil	-0,05
$KoQ - H_2$	KoQ	+0,04
Sitoxrom v (Fe^{2+})	Sitoxrom v (Fe^{3+})	+0,07
$C_1 (Fe^{2+})$	$C_1 (Fe^{3+})$	+0,23
$C (Fe^{2+})$	$C (Fe^{3+})$	+0,25
$a (Fe^{2+})$	$a (Fe^{3+})$	+0,29
$a_3 (Fe^{2+})$	$a_3 (Fe^{3+})$	+0,55
H_2O	$\frac{1}{2} O_2$	+0,82

Redoks-potensiallari ko'proq manfiy bo'lgan sistemalar $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ sistemadagi vodorodga nisbatan elektron berish qobiliyati ko'proq bo'ladi, redoks-potensiallari ko'proq musbat bo'lgan sistemalarda bu qobiliyat ancha kam ifodalangan bo'ladi.

Biologik oksidlanish-qaytarilish sistemalarining redoks-potensiallarini qiymati $H_2 \rightarrow 2H^+$ sistemasidan $H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2$ sistemasiga elektronlarni tashilish yo'nalishini belgilaydi. Organizmda oxirgi mahsulotlarning hosil bo'lishiga olib keladigan ko'pchilik biologik oksidlanishlar spetsifik fermentlar – degidrogenazalar ishtirokida substratlarni degidriqlash yo'li bilan amalga oshadi. Substratdan ajralgan vodorod birorta akseptorga birikadi, bu uning qaytarilishiga olib keladi. Agar akseptor vazifasini kislorod emas, qandaydir boshqa modda bajarayotgan bo'lsa, *anaerob oksidlanish* haqida gapiriladi. Bordi-yu, vodorodning akseptori bo'lib kislorod xizmat qilsa, ya'ni suvning hosil bo'lishiga olib kelsa, bunday biologik oksidlanishni *aerob oksidlanish* yoki *to'qimalarning nafas olishi* deb ataladi.

Keyinchalik biologik oksidlanishni o'rganishda (hujayrada joylashishi, moddalar almashinuvining boshqa jarayonlari bilan aloqasi, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining mexanizmlari, energiyaning akkumulyatsiyasi va o'zgarishi va boshqalar) O.Varburg, G.Viland, G.Kalkar, D.Keylin, G.Krebs, P.Mitchell, D.Grin, A.Lenindjer, B.Chans, E.Rekker, V.A. Engelgardt, V.A. Belitser, S.Ye. Severin, V.P. Skulachev va boshqalar o'zlarining katta hissalarini qo'shishdi. Odam va hayvon organizmlarida biologik oksidlanish reaksiyalarida vodorod elektronlari va protonlarining akseptorlari bo'lib ko'pincha NAD, NADF, FMN, FAD, KoQ va sitoxromlar xizmat qiladi.

Aerob oksidlanish reaksiyalarida vodorodni kislorodga uzatilishi o'zlarining potentsiallariga muvofiq qat'iy izchillikda (ketma-ketlikda) joylashgan qator oksidlanish-qaytarilish sistemalari orqali amalga oshiriladi. Spetsifik elektron tashuvchilari ishtirokida vodorodni kislorodga uzatish bilan bog'langan reaksiyalarning ana shunday ketma-ketligi *nafas olish zanjiri* deb ataladi. U mitoxondriyaning ichki membranasida joylashgan.

10.2. Hozirgi zamon biologik oksidlanish nazariyasi haqida tushuncha

Hozirgi zamon biologik oksidlanish nazariyasiga asosan to'qima nafas olish jarayonida substratdan kislorodga elektron va protonlarni tashish qator oksidlanish-qaytarilish ferment sistemalari yordamida amalga oshiriladi. Ana shu oksidlanish-qaytarilish fermentlari sistemasiga kiradi:

1) piridinga bog'liq dehidrogenazalar, ular uchun NAD va NADF kofermentlik vazifasini bajaradi;

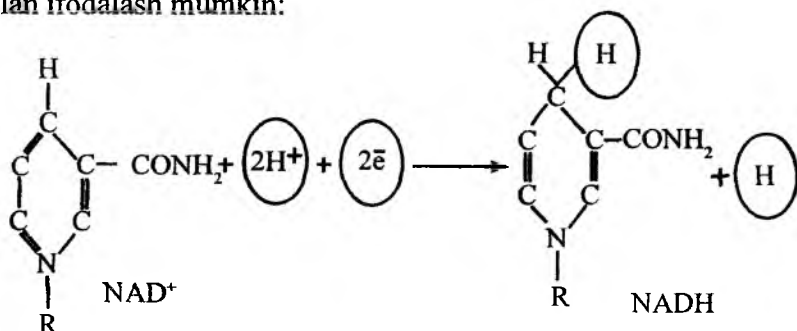
2) flavinga bog'liq dehidrogenazalar (flavin fermentlari), ularda kofermentlik rolini FMN va FAD o'ynaydi;

3) benzoxinon birikmalari, KoQ nomi bilan yuritiladigan ubixinonlar;

4) sitoxromlar, prostetik guruhi sifatida temirporfirin halqali sistemani tutadi.

Piridinga bo'g'liq degidrogenazalar. Piridinga bog'liq degidrogenezalarga 150 dan ortiq katta guruh fermentlar kiradi. Ular turli organik birikmalar (birlamchi va ikkilamchi spirtlar, aldegidlar, aminokislotalar, yog' kislotalari, sut kislotasi va boshqalar)dan vodorod atomlarini ajratib olish qobiliyatiga ega bo'lib, ana shu moddalarni oksidlaydi va o'zlarining kofermentlari NAD^+ yoki NADF^+ $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$ va $\text{NADF} \cdot \text{H}_2$ gacha qaytariladi. NAD va NADF kofermentlari dinukleotidlar bo'lib, molekularida mononukleotidlar o'zaro fosfor kislotasi qolgiqlari orqali bog'langan. NADF molekulasida yana bitta fosfor kislotasi qoldig'i AMF ning ribozasini 2^l-karbon atomiga birikkan (6.3-qismga qarang).

NAD^+ va NADF^+ larning vodorodni oraliq tashuvchisi rolini o'ynash qobiliyati ularning strukturasida nikotin kislotasining amidi bo'lishi bilan bog'langan. Bu kofermentlarni elektron-proton shaklida gidrirlanish – degidrirlanish (proton va elektronlarni birlashtirib olish va ajratib chiqarish) reaksiyalarini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

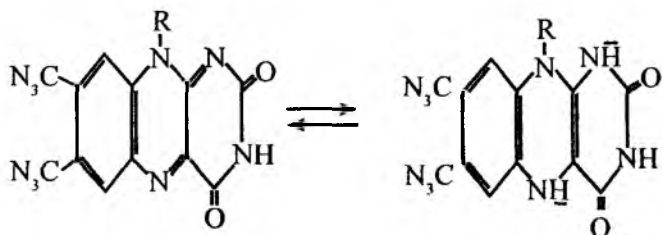


Substratdan NAD^+ ga ikkita qaytarilish ekvivalentlarini uzatganda ulardan bittasi qaytarilgan kofermentga vodorod sifatida, boshqasi esa – elektron sifatida birikadi. Erkin H^+ ioni muhitda qoladi. Odatda, NAD va NADF larning qaytarilgan shaklini NADH_2 va NADFH_2 simvollarini bilan belgilanadi.

Hujayralarda kofermenti NAD bo'lgan degidrogenazalar asosan elektron va protonlarni organik substratlardan kislorodga tashish bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarda qatnashadi. Kofermentlarni NADF bo'lgan degidrogenazalar o'z navbatida ko'proq biosintez

reaksiyalarida (masalan, yuqori yog‘ kislotalari, sterinlar va boshqalarni sintez jarayonlarida) muhim rol o‘ynaydi. Shu tufayli NAD va NADF kofermentlari hujayra ichida joylashishlari bo‘yicha farq qilishadi: NAD asosan mitoxondriyalarda joylashgan, NADFning ko‘p qismi esa – hujayraning sitoplazmasida joylashgan. Ba‘zi-bir degidrogenazalar hujayraning ham sitoplazmasida, ham mitoxondriyalarda bo‘ladi.

Flavinga bog‘liq degidrogenazalar. Vodorod atomlarining keyingi akseptorlari – o‘zlarining kofermentlari sifatida vitamin B₂ (riboflavin)ning ikkita hosilasidan: FMN (flavinmononukleotid) yoki FAD (flavinadenindinukleotid) birini tutgan flavin fermentlar hisoblanadi (6.3-qism). Flavın fermentlarining asosiy funksiyasi qaytarilgan piridinga bog‘liq degidrogenazalardan vodorod atomlarini oksidlanish-qaytarilish zanjirining boshqa qismlariga – KoQ ga tashishdan iborat. Shu bilan birga FAD yoki FMNning faol qismi bo‘lib riboflavin izoalloksazin halqasining qaytarila olishi (vodorodni biriktirib olish) qobiliyati xizmat qiladi. Vodorod atomlari (yoki elektronlari) izoalloksazin guruhining qo‘sh bog‘lari bo‘yicha birikadi va izoalloksazinda elektronlarning qayta taqsimlanishi sodir bo‘ladi va vodorod atomlari qaytarilgan shakldan osonlik bilan ajralib chiqadi.



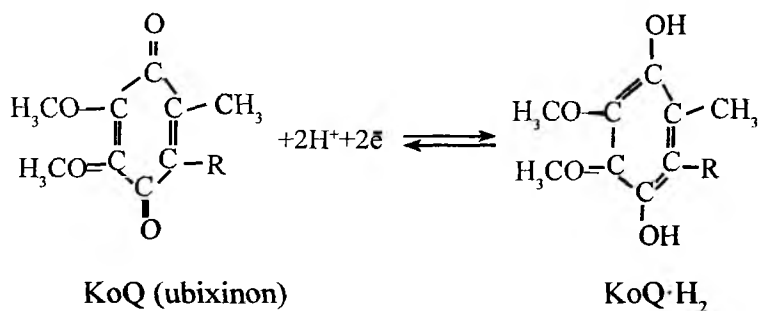
Oksidlangan FAD yoki FMN Qaytarilgan FAD yoki FMN

FMN va FAD turli apofermentlar bilan bog‘lanib, substratlariga nisbatan har xil spetsifikligi bilan farq qiladigan 10 ga yaqin flavoprotei.nlarni hosil qiladi. Flavinga bog‘liq degidrogenazalar o‘rtasida eng muhim rolni Krebs siklining – suksinatdegidrogenaza, digidrolipoildegidrogenaza va α -ketoglutarat-degidrogenaza fer-

mentlar sistemalari, yog‘ kislotalarining β -oksidlanish jarayoni birinchi bosqichini katalizlaydigan FAD degidrogenazalar o‘ynaydi.

Ba’zi hollarda (masalan, yantar kislotasi yoki yog‘ kislotalarining oksidlarini oksidlanishida) flavin fermentlari birlamchi degidrogenazalar vazifasini bajarishi mumkin, ya’ni NAD va NADFGa bog‘liq degidrogenazalar ishtirokisiz o‘zlari bevosita oksidlanayotgan substratlardan vodorod elektronlari va protonlarini qabul qilishi mumkin. Jumladan, koferment FAD bo‘lgan suksinatdegidrogenaza ana shunday fermentlarga misol bo‘la oladi.

Koenzim Q (KoQ) yoki ubixinonlar. Nafas olish zanjirining uchinchi tip elektron va proton tashuvchilarini koenzim Q yoki ubixinon nomi bilan yuritiladigan benzoxinon birikmalari tashkil qiladi. KoQ – uzun yon zanjirli benzoxinonning hosilasi bo‘lib, sut emizuvchilarning ko‘pchilik to‘qimalarida yon zanjiri (R) 10 ta izoprenoid birliklaridan tuzilgan (6.3-qism).



Koenzim Q ning oksidlangan shakli (KoQ) turli flavin fermentlarining qaytarilgan shakllari (FMNH_2 va FADH_2)dan vodorod protonlari va elektronlarini qabul qilib olib qaytariladi, ya’ni KoQH_2 ga aylanadi. Qaytarilgan KoQH_2 o‘zining elektronlarini sitoxromlar (sitoxrom b.)ga beradi, protonlar mitoxon-driyaning matriksiga – suv muhitiga chiqib molekulyar boradi.

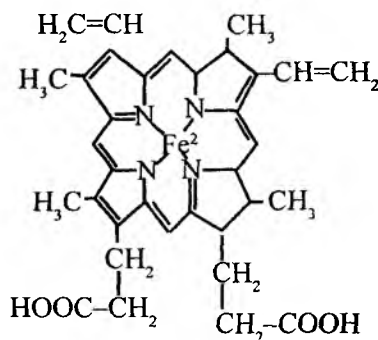
Sitoxromlar. Nafas olish zanjirida KoQH_2 dan kislorodga vodorod elektronlarini tashilishi *sitoxromlar* deb nomlanadigan tarkibida gemni tutgan oqsillar – gemoproteinlar ishtirokida amalga oshiriladi.

To'qima nafas olish jarayonida b , c_1 , c , a , a_3 sitoxromlari muhim rol o'ynaydi.

Ularning hammasi gemoglobinning gemiga yaqin prostetik gemin guruhini tutadi. Jumladan, sitoxrom b ning gemin guruhi quyidagi strukturaga ega.

Sitoxromlar bir-birlaridan faqat prostetik guruhlari bilangina emas, balki oqsil komponentlari bilan ham farq qiladi. Har xil sitoxromlarning redoks-potensiallari (E_0') ham turlicha bo'ladi (4-jadval). Masalan, sitoxrom b ning redoks-potensial $+0,07$ B, sitoxrom c $+0,23$ B, sitoxrom a $+0,29$ B, sitoxrom a_3 $+0,55$ B ni tashkil qiladi. $H_2O - H_2O_2$ sistemasini potentsiali $+0,82$ B ga teng. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, ya'ni sitoxromlar nafas olish zanjirida KoQ bilan molekulyar kislorod o'rtasida ma'lum tartibda joylashadi:

Sitoxrom b sitoxrom c_1 sitoxrom c sitoxrom aa_3 .



Sitoxrom b ning prostetik guruhi

Sitoxrom b , c_1 va c elektronlarni oraliq tashuvchilari funksiyasini, sitoxrom aa_3 (sitoxromoksidaza) esa bevosita kislorod bilan o'zaro ta'sir qiluvchi terminal nafas olish fermenti vazifasini bajaradi.

Sitoxrom sistemasi KoQ, ya'ni ubixinonlardan faqat vodorod elektronlarini qabul qiladi, protonlar esa tashqi muhitga (membranalararo bo'shliqqa) chiqadi.

Shunday qilib, hozirgi zamon tushunchasi bo'yicha boilogik oksidlanish, ya'ni proton va elektronlarni oksidlanayotgan substratdan kislorodga tashilishi oksidlanish-qaytarilish fermentlarining turli sistemalari yordamida amalga oshiriladi.

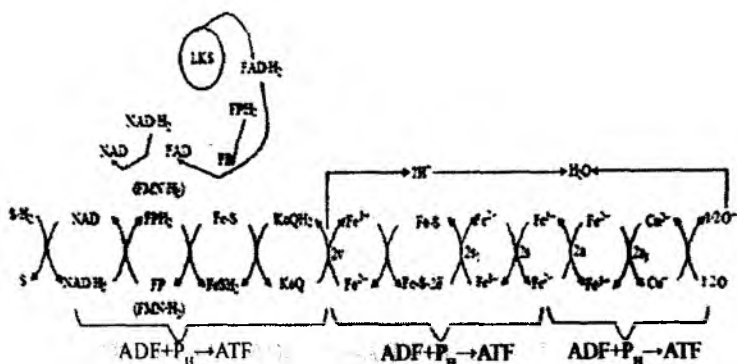
Krebs sikli substratlariga yoki oqsil, yog' va uglevodlarning gidrolizining ayrim oksidlanish reaksiyalari substratlariga tegishli degidro-genezalarning qaytarilgan $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ va $\text{FAD}\cdot\text{H}_2$ proton va elektronlarini kislorodga tashilish mitoxondriyaning ichki membranasida joylashgan nafas olish zanjiri yordamida amalga oshiriladi.

Mitoxondriyaning nafas olish zanjiri quyidagi komponentlarni o'z ichiga oladi:

- 1) nikotinamid kofermentlari: NAD, NADF;
- 2) flavin kofermentlar: FMN, FAD;
- 3) koenzim Q yoki ubixinonlar;
- 4) gem bo'lmagan temir tutgan temir-oltingugurtli (Fe-S) oqsillar;
- 5) sitoxromlar: b , c_1 , c , a , a_3 .

Lekin shuni eslatib o'tish kerakki, nafas olish zanjirining birinchi komponenti – nikotinamid kofermenti NAD mitoxondriyaning ichki membranasida emas, balki matriksida joylashgan.

Ushbu komponentlarning redoks-potensiallari ularni nafas olish zanjirida qanday ketma-ketlikda joylashishini belgilaydi. Komponentlar 4 oqsil-lipid kompleksini hosil qiladi: I kompleks – tarkibida FMN, FeS tutgan – **$\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ -KoQ-reduktaza** vodorod proton va elektronlari – (H^+ va e^-)ni KoQ ga uzatadi; II kompleks – tarkibida FAD, FeS tutgan – **suksinat-KoQ-reduktaza (suksinatdegidrogenaza)** H^+ va e^- larni KoQ ga uzatadi; III kompleks – tarkibida FeS, gem B_{562} , gem $_{566}$, gem c larni tutgan – **$\text{KoQ}\cdot\text{H}_2$ – sitoxrom-c-reduktaza**, vodorod elektronini sitoxrom c ga uzatadi; IV kompleks – tarkibida gem a , gem a_3 , Cu^{2+} larni tutgan – **sitoxrom a – sitoxromoksidaza** vodorod elektroni (e^-) ni kislorodga uzatadi. Shunday qilib, mitoxondriyaning nafas olish zanjirida proton va elektronlarni kislorodga tashish jarayonlarini quyidagi sxema shaklida tasvirlash mumkin:



Odatda nafas olish zanjirining NAD va KoQ oralg'ida ikkitadan juft elektron ($2e^-$) va protonlar ($2H^+$), sitoxrom b va kislorod oralg'ida esa gaqat yolg'iz bitta elektron (e^-) tashiladi (demak, nafas olish zanjirining sitoxrom qatnashayotgan bosqichlarida ikkitadan sitoxrom qatnashishi kerak).

To'qima nafas olishining barcha fermentlari – nafas olish zanjirining komponentlari asosan mitoxondriya bilan, aniqrog'i uning ichki membranasi bilan bog'langan. Nikotinamidadenindinukleotid kofermentlari va Krebssi siklining ba'zi bir fermentlari mitoxondriyaning matriksida joylashgan, metallflavoproteinlar, ubixinonlar, va sitoxromlar esa ichki membrananing lipid strukturalari bilan bog'langan.

10.3. Oksidlanishli fosforlanish va uning mexanizmi

Mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan nafas olish fermentlarining oksidlanayotgan substratlardan kislorodga elektronlarni tashish bilan bir qatorda yana juda ham muhim funksiyasi – ajralib chiqayotgan energiyaning bir qismini (50% atrofida) mekroergik birikmalarning (birinchi navbatda ATFning) fosfat bog'larida to'plashdir.

To'qima nafas olishi va fosforlanishning o'zaro bog'lanish jarayoni *oksidlanishli fosforlanish* nomini olgan. ADFning

fosforlanish va to'qima nafas olishi o'rtasida bog'lanish borligi to'g'risidagi g'oyani 1930-yillarning boshlarida birinchi marta akademik V.A. Engelgart aytgan edi. Keyinroq, 1940-yilda V.A. Belitser va Ye.T. Sibakova ATFni ADF va H_3PO_4 dan elektronlarni substratdan kislorodga nafas olish fermentlari zanjiri orqali tashilishda sodir bo'lishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, P/O nisbati, ya'ni organik shakl (ATF)ga aylanayotgan anorganik fosfatning molekulalarini soni, har bir yutilayotgan kislorod atomining soniga hisoblaganda 3 ga yaqin.

Aniqlanishicha, bir juft elektron ekvivalentlarini $NAD \cdot H_2$ dan molekulyar kislorodgacha tashilganda erkin energiya sistemasini kamayishi 218,2 kJ (52,12 kkal)ni tashkil qiladi. O'z navbatida ATFni ADF va H_3PO_4 dan hosil bo'lish standart erkin energiyasi 30,4 kJ yoki 7,3 kkal atrofida bo'ladi. Shunday ekan, bir juft elektronni $NAD \cdot H_2$ dan kislorodga tashilishdagi erkin energiyaning kamayishi nafas olish zanjirining ayrim qismlarida bir necha molekula ATFni ADF va fosfatdan sintaezlashini ta'minlash qobiliyatiga ega.

Shunday qilib, mitoxondriya ichki membranasida joylashgan nafas olish zanjirida uchta fosforlanish (3 molekula ATFni hosil bo'lish) punktlari joylashgan (yuqorida keltirilgan sxemaga qarang). Nafas olish zanjiri fermentlarining ingibitorlari (retinon, aktinomitsin D, amital, sianid)ni qo'llash bilan o'tkazilgan tajribalarning natijalari ana shu uchta fosforlanish punktlarini borligi va ularning nafas olish zanjiridagi joylarini aniqlab berdi. ADFni H_3PO_4 bilan fosforlanish birinchi punkti NAD va flavin kofermentlari oralig'ida, ikkinchi punkti – sitoxrom b va c₁ oralig'ida, uchinchi punkt – sitoxrom a₃ va kislorod oralig'ida joylashgan. Agar FAD vodorod atomlarini bevosita substratdan olsa, u holda nafas olish zanjirida 2 molekula ATF sintezlanadi. Substratdan ajralib chiqayotgan vodorod atomlarining bevosita akseptori NAD bo'lsa – 3 molekula ATF sitezlanadi.

Oksidlanishli fosforlanish mexanizmini tushuntirish uchun uchta gipoteza bor, ya'ni kimyoviy bog'lanish gipotezasi, xemiosmotik bog'lanish gipotezasi va oksidlanish hamda fosforlanishning bog'lanishni mexanoximik yoki konformatsion gipotezasi.

Kimyoviy bog'lanish gipotezasining asosida shunday tushuncha

yotadi. Unga binoan nafas olish zanjiri bo'yicha elektronlarni tashilish jarayonida ajralib chiqayotgan energiyani ADFga uzatilishi (ATFni hosil bo'lishi bilan) makroerg bog'larini tutgan umumiy oraliq mahsulotlari bilan bog'langan ketma-ket keladigan reaksiyalar seriyalarida amalga oshiriladi.

Elektron tashuvchilarning mumkin bo'lgan kimyoviy tabiati to'g'risida turli fikrlar bor. Bu rolni NAD, ubixinon, bitaminlar K va E, karnozin peptidi, ATF molekulasining adenil qismi, oqsil polipeptid zanjirining karboksil va imidazol radikallari va boshqalar bajarishi mumkin deb tushunishadi.

Lekin hozirgacha ana shu faraz qilingan elektron tashuvchilarning real bo'lishi amalda isbotlanmagan.

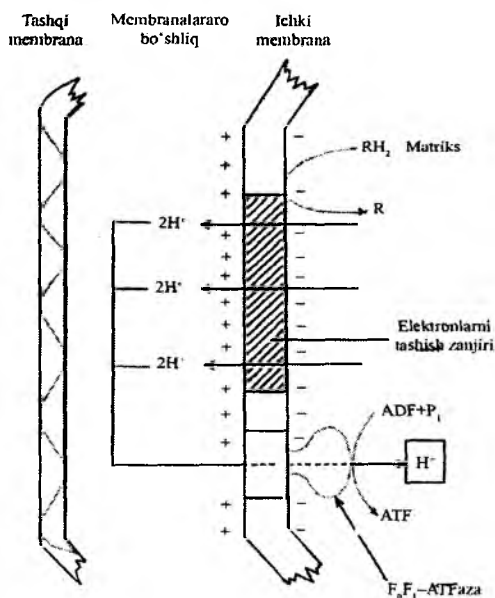
Mexanokimyoviy gipotezaga binoan taxmin qilishlaricha, nafas olish zanjirida ajralib chiqayotgan energiya bevosita ichki membranani (uning oqsillarini) yangi energiyaga boy konformatsion holatga o'tishi uchun ishlatiladi, bu holat, o'z navbatida ATFning hosil bo'lishiga olib keladigan oksidlanishli fosforlanishning harakatlantiruvchi kuchi bo'lib qoladi.

Hozirgi vaqtda 1961–1966-yillarda P.Mitchell taklif qilgan va V.P. Skulachevning ishlarida (1978-y.) eksperimental isbotlangan va rivojlantirilgan **energiyaning xemosmotik gipotezasi** eng jiddiy dalillar bilan tasdiqlangan. Bu gipotezaning asosiy mohiyati – nafas olish va fosforlanish mitoxondrial membranadagi vodorod ionlarining elektrokimyoviy potentsiali orqali o'zaro bog'langan degan taxmindan iborat.

Membrananing yuzasida tegishli tartib bilan joylashgan nafas olish zanjirining komponentlari elektronni biriktirib olaturib, matriksdan H^+ ionlarini (protonlarini) ham birga bog'lab olishi mumkin va tegishli akseptorlarga elektron uzatib, membrana o'ralgan suv muhitiga (membranalararo bo'shlig'iga H^+ ionlarini ajratib chiqarish qobiliyatiga ega (mitoxondriyaning ichki membranasi) H^+ ionlari uchun o'tkazuvchanligi yo'q). $NAD-H_2$ dan kislorodga nafas olish zanjiri bo'ylab tashilayotgan har bir juft elektronga matriksdan olayotgan va tashqi muhitga (membranalararo bo'shliqqa) uzatilayotgan uch juft vodorod (H^+) ionlari to'g'ri keladi (20-rasm).

Shu vaqtda mitoxondriyaning ichki membranasini tashqi yuzasi musbat zaryadlanadi, ichki yuzasi esa – manfiy zaryadlanadi. Boshqa soʻzlar bilan ifodalaganda, ichki membrana bilan ajratilgan suv fazalari oʻrtasida H^+ ionlari konsentratsiyasining gradiyenti hosil boʻladi, tashqi yuzasida pH koʻproq kislotalik xususiyatga ega boʻladi.

Xemiosmotik gipotezasiga binoan elektronlarni tashish energiyasi hisobiga tashqariga (membranalararo boʻshliqqa) chiqarilgan H^+ ionlari qaytadan ichkariga, yaʼni mitoxondriya matriksiga F_1 -ATF-sintetaza bilan birikkan maxsus membrana oqsilining (F_0) kanallari yoki “teshikchalari” orqali oʻtishga intiladi. H^+ ionlarini ularning konsentratsiyasini yuqoriroq zonasidan pastroq zonasiga oʻtishi erkin energiya ajralib chiqishi bilan birga sodir boʻladi va ana shu energiya hisobiga ΔM H^+ hosil boʻladi va ATF sintezlanadi (20-rasmga qarang).

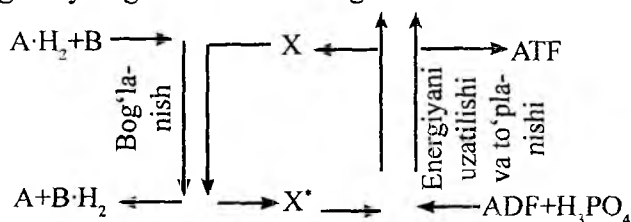


20-rasm. Xemiosmotik gipotezaga asosan ATFning hosil boʻlish mexanizmi

Shunday qilib, faraz qilish mumkin, ya'ni to'qima nafas olish mitoxondrial membranani zaryadlaydi, oksidlanishli fosforlanish esa – membrana potentsiali energiyasini ATFning sintezi uchun foydalanib, uni zaryadsizlantiradi. Shunday qilib, bir juft vodorod elektronlarini $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ dan kislorodga tashilganda 3 molekula ATF, $\text{FAD}\cdot\text{H}_2$ dan esa 2 molekula ATF hosil bo'ladi. Oksidlanishli fosforlanishdan tashqari substratli fosforlanishni ham farq qiladi.

Qachon ATF resintezi energiyaning kimyoviy bog'lanish yo'li bilan oziqa moddalarining oksidlanishi orqali sodir bo'layotgan bo'lsa, bunday holda **substratli fosforlanish** deb ataladigan jarayon yuz beradi.

Bu jarayonda ikkita o'zaro ta'sir qilayotgan molekulalarning elektron orbitalaro strukturasini o'zgartirish uchun oksidlanish energiyasi ishlatiladi va bu ularning orasida makroerg* deb ataladigan energiyaga boy bog'ni hosil bo'lishiga olib keladi.



21-rasm. Substratli fosforlanish jarayonining sxematik ko'rinishi

21-rasmdan ko'rinib turibdiki, tegishli B vodorod akseptori ishtirokida A substratni oksidlanishi energiya ajralib chiqishiga olib keladi va bu energiya noma'lum X makroerg birikmani faollashga (to'liqlashtirishga) ishlatiladi. Oksidlanish natijasida faollashgan X^* makroerg birikma tez o'zidan energiya ajratib, boshlang'ich turg'un holatiga qaytadi.

Ajralib chiqqan energiya hisobiga bir molekula ADF anorganik fosfat bilan fosforlanib ATFga aylanadi ($\text{ADF} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{ATF}$).

Substratli fosforlanishga misol sifatida Krebs siklidagi suksinil-KoAni yantar kislotasiga aylanishida GTFni hosil bo'lishi va undan ATFni sintezlanishini, glikoliz jarayonida 1,3-fosfoglitserin va fosfoenolpirouzum kislotalarini defosforlanish hisobiga hamda muskullarda kreatinfosfatni defosforlanish reaksiyalarida ADF va H_3PO_4 dan ATFni sintezlanishini keltirish mumkin.

Hayvon organizmida ATFning ADF va anorganik fosfatdan biosintezi organizmdagi metabolik jarayonlarda organik moddalarning oksidlanish energiyasi hisobiga anorganik fosfat faollashganda amalga oshadi.

Tirik organizmda anorganik fosfatni faollashi uchun energiyaning boshqa manbayi bo'lib hujayra fotosintetik apparati tutib oladigan quyosh yorug'lik nurining energiyasi xizmat qilishi mumkin. Bunday fosforlanish *fotosintetik fosforlanish* deb ataladi va u yashil o'simliklarga xos.

Va, nihoyat, ana shunday maqsadlar uchun energiya anorganik birikmalarning oksidlanish reaksiyalari hisobiga hosil bo'lishi mumkin. Anorganik moddalarning oksidlanishi bilan bog'langan fosforlanish *xemosintetik fosforlanish* deb ataladi va u mikroorganizmlarning ba'zi bir turlariga xos (temir baktariualar, oltingugurt bakteriyalari, azotni nitrofikatsiya qiluvchi bakteriyalar va h.k.).

Asosiy tushunchalar va mavzuning asoslari

Biologik oksidlanish – bu barcha tirik organizmlarda sodir bo'lib turadigan oksidlanish reaksiyalarining majmuasi.

Anaerob oksidlanish – oksidlanayotgan moddadan ajralib chiqqan vodorodning akseptori vazifasini kislorod emas, qandaydir boshqa modda bajarayotgandagi oksidlanish.

* Gidrolizlanganda ajralib chiqqan erkin energiyasi 21 kJ/mol dan kam bo'lmagan kimyoviy bog'larni *makroerg bog'lar* deb ataladi. Makroerg bog'larni fosfor kislotasi qoldiqlari o'zaro birikib (pirofosfat) yoki boshqa ba'zi bir organik moddalar bilan birikib hosil qiladi (nukleozidtrifosfatlar, kreatinfosfat, α -glitserofosfat va h.k.).

Aerob oksidlanish yoki to'qimalarning nafas olishi – ajralgan vodorodning akseptori bo'lib, kislorod xizmat qiladigan, ya'ni suvning hosil bo'lishiga olib keladigan biologik oksidlanish.

Nafas olish zanjiri – spetsifik elektron tashuvchilari ishtirokida vodorodni kislorodga uzatish bilan bog'langan reaksiyalarning potentsiallariga muvofiq qat'iy izchillikda (ketma-ketlikda) joylashishi.

Oksidlanishli fosforlanish – nafas olish zanjirida oksidlanish va fosforlanishni xemosmotik bog'lanish y'oli bilan ATFning sintezi.

Substratli fosforlanish – ATFning resintezi energiyaning kimyoviy bog'lanish yo'li bilan oziqa moddalarining oksidlanishi orqali sodir bo'ladigan jarayon.

Xemosintetik fosforlanish – anorganik moddalarning oksidlanishi bilan bog'langan fosforlanish.

Fotosintetik fosforlanish – hujayra fotosintetik apparati tutib oladigan quyosh yorug'lik nuri energiyasi bilan bog'langan fosforlanish.

Savollar va topshiriqlar

1. *Biologik oksidlanish tushunchasi nimani bildiradi va organizmda qanday funksiyani balaradi?*

2. *Qanday kimyoviy bog'lar makroerg bog'lar deb ataladi va ular ko'proq qaysi birikmalarning o'rtasida hosil bo'ladi?*

3. *Makroerg fosfat bog'larining kimyoviy energiyasi organizmda qanday maqsadlar uchun ishlatiladi?*

4. *Hozirgi zamon biologik oksidlanish nazariyasi qaysi olimlarning klassik nazariyalariga asoslangan?*

5. *Agar akseptor vazifasini kislorod emas, balki boshqa modda bajarayotgan bo'lsa, qanday tip oksidlanish to'g'risida fikr yuritish mumkin?*

6. *Aerob oksidlanish yoki to'qimalarning nafas olishi qanday biologik oksidlanishga aytiladi?*

7. Vodorodni kislorodga uzatish bilan bog'langan qator oksidlanish-qaytarilish sistemalarining o'zlarini potentsiallariga muvofiq qat'iy izchillikda (ketma-ketlikda) joylashishi qanday nom bilan yuritiladi?

8. Hozirgi zamon oksidlanish nazariyasiga asosan nafas olish zanjiri necha tip va qaysi elektron tashuvchilar (atseptorlar)dan tashkil topgan?

9. Nafas olish zanjirini sxema shaklida ifodalab, unda elektron va protonlarni substratdan kislorodga tashilishini tushuntirib bering.

10. Nafas olish zanjirining qaysi qism (uchastka)larida ATF hosil bo'lishini sxematik ifodalang.

11. ADFning fosforlanishi va to'qima nafas olishi o'rtasida bog'lanish borligi to'g'risidagi g'oyani birinchi marta qaysi olim va nechanchi yilda aytgan?

12. Oksidlanishli fosforlanish deganda qanday jarayonni tushunasiz?

13. ATFning resintezi energiyaning kimyoviy bog'lanish yo'li bilan oziqa moddalarining oksidlanishi sodir bo'lsa, bu jarayon qanday nomlanadi?

14. Xemiosmotik gipotezani qaysi olim nechanchi yillarda ishlab chiqqan va uni eksperimental tasdiqlashda va rivojlantirishda qaysi olimning xizmati katta?

15. Energiyani xemiosmotik bog'lanishi gipotezasining asosiy mohiyati nimadan iborat?

16. Nafas olish zanjiri bo'ylab $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ dan molekulyar kislorodga bir juft vodorod atomlari tashilganda necha molekula ATF sintezlanadi? Agar vodorodning birlamchi akseptori FAD bo'lsa-chi?

17. Anorganik modda (oltingugurt, temir, azot)larning oksidlanishda ajralgan energiyaga bog'liq fosforlanish nima deb ataladi?

11. UGLEVODLARNING ALMASHINUVI

11.1. Uglevodlarning almashinuviga umumiy xarakteristika

Moddalar almashinuvi jarayonlaridagi uglevodlar almashinuvi organizmning hayot faoliyati uchun muhim rol o'ynaydi, ya'ni hayvon organizmida turli funksiyalarni bajaradi: organizmning energiya manbayi va rezerv energiya fondi bo'lib xizmat qiladi, hujayraning plastik materiali hisoblanadi va bulardan tashqari ba'zi bir maxsus funksiyalarni bajaradi.

Odam va hayvon organizmlari uglevodlarni anorganik moddalardan sintezlash qobiliyatiga ega emas, shu sababli ularni har xil oziqa mahsulotlari, asosan o'simlik mahsulotlari tarkibida oladi. O'simliklar esa uglevodlarni karbonat angidrid gazi va suvdan quyosh nuri energiyasi hisobiga sintezlash qobiliyatiga ega.

Odam va hayvonlarning ovqatlanishida uglevodlar muhim o'rinni egallaydi va odam oziqa ratsionining umumiy energiyasining 60–70% ini tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, quruq moddaga hisoblaganda barcha iste'mol qilinayotgan oziqa moddalarning $\frac{2}{3}$ qismi uglevodlarga to'g'ri keladi.

60–70 kg vazndagi odam bir kecha-kunduzda o'rtacha 450–500 g uglevodlarni oziqa bilan iste'mol qiladi (sportchilarda bu ko'rsatkich 800 grammgacha yetishi mumkin). Shulardan ~35% oddiy qandlar – mono- va disaxaridlar (glyukoza, fruktoza, saxaroza, laktoza) hissasiga, ~65% polisaxaridlar (kraxmal, glikogen) hisobiga to'g'ri keladi. Ularning to'la CO_2 va H_2O gacha oksidlanish natijasida 1800–2000 kkal energiya ajralib chiqadi ($1\text{ g} = 4,1\text{ kkal}$ yoki $17,2\text{ kJ}$), bu odam iste'mol qilayotgan energiyaning $\frac{2}{3}$ qismini tashkil qiladi. Uglevodlarning oksidlanishida ajralib chiqayotgan ana shu energiya ATFning makroerg fosfat bog'larida jamg'arilib, organizmning hayot faoliyatini ta'minlaydigan energiyaning turli xillariga aylanadi.

Uglevodlar va ularning metabolitlari energiya manbaligidan tashqari glikoproteinlar, glikolipidlar, nuklein kislotalari, ba'zi-bir kofermentlar, aminokislotalar, yog' kislotalari va boshqalarning biosintezida qurilish (plastik) materiali bo'lib ham xizmat qiladi. Shunday qilib, uglevodlarning katabolizmi barcha boshqa organik birikmalarning hosil bo'lish jarayonlarini karbon atomlari va energiya bilan ta'minlaydi.

Odam va hayvon organizmlari ovqat bilan asosan o'simlik uglevodlari – kraxmal, kletchatka, saxaroza va boshqa oligosaxaridlarni iste'mol qiladi. Lekin, kletchatka hazm bo'lmagani sababli ko'pchilik hayvon organizmlari uchun uglevodlarning asosiy manbayi bo'lib kraxmal xizmat qiladi.

Hayvon mahsulotlari bilan organizmga bir oz miqdorda glikogen va maltoza kiradi. Organizmga kirgan uglevodlar kimyoviy o'zgarishlarga uchraydi.

Fiziologik nuqtayi nazardan glyukoza muhim uglevod hisoblanadi. To'qimalarda glyukozaning oksidlanishi turli-tuman funksiyalarni amalga oshirish uchun organizmga kerak bo'lgan energiya manbayi hisoblanadi.

Uglevodlarning almashinuvi deyilganda – organizmga oziqa moddalari bilan uglevodlarning kirishi, oshqozon-ichak yo'lida murakkab uglevodlarni hazm bo'lishi (fermentative parchalanishi), ichakda monosaxaridlarning so'rilishi, so'rilgan monosaxaridlarni to'qimalarga tashilishi, to'qimalarda monosaxaridlarning parchalanishi, organizmda uglevodlardan boshqa moddalarning hosil bo'lishi, to'qimalarda uglevodlarning sintezi va organizmdan uglevodlarning parchalanishidan hosil bo'lgan oxirgi mahsulotlarni chiqarib tashlanishini tushunish qabul qilingan.

Ichak devorlari orqali qonga oldindan parchalanmasdan faqat oddiy, suvda yaxshi eriydigan qandlar – monosaxaridlar so'riladi. Shuning uchun ham organizm uchun uglevodlar almashinuvining birinchi bosqichi – oshqozon-ichak yo'lida ularning hazm bo'lishi, ya'ni polisaxaridlar va oligosaxaridlarni tegishli fermentlar ta'sirida gidrolitik parchalanishi muhim rol o'ynaydi.

11.2. Ovqat hazm qilish tizimida uglevodlarning gidrolitik parchalanishi

Ovqat gazm qilish jarayonida odam ovqatining miqdor jihatdan asosiy uglevodi – kraxmalning gidrolitik parchalanishi maxsus fermentlar **glikozidazalar** (gidrolaza fermentlarining kenja sinfi) ta'sirida sodir bo'ladi. Glikozidazalarga so'lak, oshqozon osti bezi va ichak shiralarining α -amilazalari, so'lak va ichak shirasining maltazasi, ichak shirasining dekstrinaza, saxaraza va laktazalari kiradi. Glikozidazalar kuchsiz ishqoriy muhitda faol, kislotalik muhitda esa faolligini yo'qotadi. Faqat so'lakning α -amilazasi istisno sifatida o'zining yuqori faolligini kuchsiz kislotalik muhitda namoyon qiladi, muhitni kislotaligining oshishi bilan uning faolligi pasayadi.

Tabiatda bir necha amilazalar: α -, β - va γ -amilazalar topilgan. γ -amilaza kraxmal va oligosaxarid molekulalarining qaytarmaydagan oxiridan (ya'ni erkin aldegid guruhi yoki glyukozid gidroksilini tutmaydigan) 1,4- α -bog'larini parchalab, birin-ketin glyukoza qoldiqlarini ajratib boradi. β -amilaza molekulaning qaytarmaydagan oxiridan 1,4- β -bog'larini parchalab, birin-ketin maltoza qoldiqlarini uzib boradi. Lekin bu ferment odam va hayvon organizmlarida yo'q. Nihoyat, α -amilaza kraxmal molekulasidagi 1,4- α -bog'larini hech qanday ma'lum tartibda joylashishiga qaramasdan gidroliz reaksiyasini tezlashtiradi. Kraxmalning α -amilaza bilan parchalanishining asosiy oxirgi mahsuloti maltoza hisoblanadi, chunki disaxaridlarning molekulasidagi 1,4- α -bog'i α -amilaza ta'sirida gidrolizlanmaydi. α -amilaza barcha hayvon va o'simlik organizmlarida uchraydi.

Kraxmalning hazm bo'lishi og'iz bo'shlig'ida boshlanadi. So'lakning α -amilazasi amiloza va amilopektin molekulalaridagi 1,4- α -bog'larini parchalab, ulardan dekstrinlar (molekulyar massasi kraxmaldan kichik bo'lgan polisaxaridlar) va maltozani hosil qiladi. So'lakda maltozani glyukozagacha parchalaydigan ferment – maltaza ham bir oz miqdorda bo'ladi. U disaxarid maltozani ikki

molekula glyukozagacha parchalaydi. So'ng ovqat aralashmasi oshqozonga tushadi, u yerda oshqozon shirasining kuchli-kislotali reaksiyasi so'lak fermentlarining faolligini keskin pasaytiradi yoki faolligini batamom yo'qotadi. Shu sababli uglevodlarning bundan keyingi gidrolizi ichakda sodir bo'ladi, ya'ni kraxmal, glikogen, dekstrinlarning intensiv hazm bo'lishi o'n ikki barmoqli ichakda oshqozon osti bezi shirasining α -amilaza va maltaza fermentlari ta'sirida qaytadan tiklanadi, chunki oshqozon shirasining xlorid kislotasi o'n ikki barmoqli ichakda oshqozon osti bezi shirasining bikarbonat buffer tizimi bilan neytrallanadi va hatto biroz kuchsiz ishqoriy muhitga aylantiriladi. Uglevodlarning hazm bo'lishida tarkibida α -amilaza, dekstrinaza, saxaraza, laktaza fermentlarini tutgan ingichka ichak shirasi ham qatnashadi. Agar α -amilaza kraxmalni 1,4- α -bog'lari bo'yicha parchalasa, dekstrinaza esa kraxmalning 1-6- α -bog'lari bo'yicha gidrolizini katalizlaydi. Bu ferment shunday qilib, kraxmal molekulasining poliglyukozid zanjirini tarmoqlanish (shoxlanish) nuqtalaridan parchalaydi. U hayvon to'qimalari uchun xarakterli ferment.

Amilazalar absolyut spetsifiklikka ega bo'lmasligi bilan xarakterlanadi. Ularning ishtirokida turli birikmalar: amilozalar, amilopektinlar, kraxmal, glikogen, oligosaxaridlar va boshqa α -D-glyukopiranoza qoldiqlaridan tuzilgan va molekulalarida 1-4- α va 1-6- α bog'larini tutgan moddalarning gidrolizi amalga oshiriladi. Chamasi, barcha amilazalar metalloproteinlar bo'lib, tarkibida Zn va Ca metallarini tutadi va multimerlar hisoblanadi. Faraz qilishlaricha, metall ionlari protomerlardan ferment – multimerlarning hosil bo'lishini osonlashtiradi.

Disaxaridlarni parchalaydigan fermentlar (maltaza – maltozani ikki molekula glyukozaga, saxaraza – saxarozani glyukoza va fruktozaga, laktaza – laktazani dlyukoza va galaktozaga) ham glikozidazalar guruhiga kiradi.

Glikozadazalar gidrolazalik faolligidan tashqari glikozid-transferazalik ta'siriga ham ega va u yoki bu substratlarga glikozid qoldiqlarini ko'chirish jarayonini ham tezlashtiradi.

Yuqorida keltirilgan fermentlar ta'siri natijasida uglevodlar (kraxmal, oligosaxaridlar) monosaxaridlarga aylanadi. Bu monosaxaridlar, ya'ni glyukoza (60% dan ko'prog'ini tashkil qiladi), fruktoza va galaktoza aralashmasi ichak devorlariga so'riladi. Shu bilan birga har xil monosaxaridlarning so'rilish tezligi bir xil emas. Hammasidan tezroq D-galaktoza, keyin D-glyukoza, D-fruktoza, D-mannoza va h.k. so'riladi. Pentozalar geksozalarga niabatan sekinroq so'riladi. Ichak devorida fruktoza va galaktoza qisman maxsus izomeraza fermentlari ta'sirida glyukozaga aylanadi. Monosaxaridlarning so'rilish mexanizmi yetarli darajada aniqlangan emas. Lekin monosaxaridlarning qonga tez so'rilishi faol fiziologik jarayon bo'lib, energiya sarflanishi yo'li bilan sodir bo'ladi. Ular ATF yordamida fosforlanib, ichak devorlariga so'riladi va ichak devoridan qonga o'tish vaqtida monosaxaridlarning fosforli efirlari fosfotaza fermenti ta'sirida defosforlanib, qon oqimiga erkin monosaxaridlar tushadi.

Shunday qilib, ichakda so'rilgan monosaxaridlar (asosan, glyukoza) ichak vorsinkalarining kapillyarlari orqali qon tomirlari tizimiga tushib, qon oqimi bilan portal vena orqali birinchi navbatda jigarga boradi.

So'rilish davrida glyukozaning konsentratsiyasi qatqorin va portal venalarida keskin oshib ketadi, lekin shu vaqtning o'zida uning konsentratsiyasi qon aylanishining umumiy doirasi qonida deyarli o'zgarmaydi. Chunki jigar ichakdan so'rilgan glyukoza va boshqa monosaxaridlarning ko'pchilik qismini ushlab qoladi. Jigarning hujayralariga tushgan glyukoza tez fosforlanish reaksiyasiga uchraydi, glyukozaning hosil bo'lgan fosforli efirlari sharoitga qarab glikogenning sintezi uchun yoki energiya manbayi sifatida ishlatiladi. Sintezlangan glikogen jigar hujayralarida zaxiraga qo'yiladi. Glyukozaning jigarda o'zgarmagan qismi hamda jigarda fosforiliz jarayonida glikogenning parchalanishidan hosil bo'lgan glyukoza katta qon aylanish doirasiga tushib, qon oqimi orqali butun tanaga tarqaladi. Qondan har bir to'qima glyukozani uning oksidlanishi hisobiga o'zining energiyaga bo'lgan ehtiyojini qoplash uchun oladi.

Normal sharoitda glyukozaning qondagi konsentratsiyasi doimiy, ya'ni 3,5–5,5 *mmol* yoki 80–120 *mg%* ni tashkil qiladi va bu daraja turli gormonlar – adrenalın, glyukagon, insulin bilan boshqarilib turiladi. Adrenalin jigar va muskullarda, glyukagon faqat jigarda adenilatsiklaza tizimi orqali glikogeni fosforiliz jarayonini tezlashtirish hisobiga qondagi glyukozaning miqdorini oshirib turadi. Lekin muskullarda glyukoza-6-fosfataza bo'lmaganligi sababli hosil bo'lgan glyukoza-6-fosfat oksidlanishga duchor bo'ladi. Insulin gormoni esa hujayralarning plazmatik membranalarini glyukoza uchun o'tkazuvchanligini oshirish, qondan hujayralarga glyukozani tashilish va u yerda glyukozaning oksidlanish hamda glyukozadan glikogeni sintezlanish jarayonlarini kuchaytirish yo'li bilan qonda glyukozaning konsentratsiyasini pasaytirib turadi.

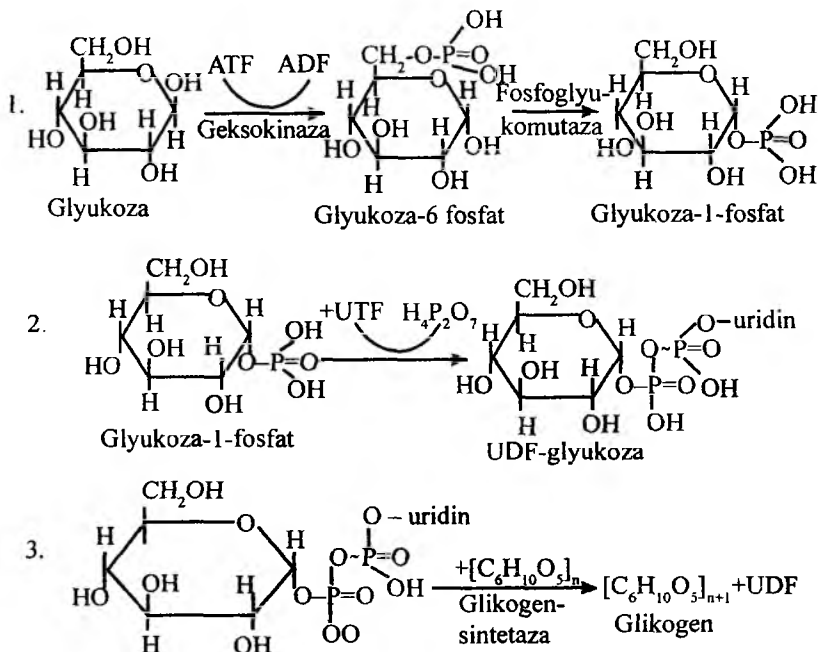
11.3. Glyukozadan glikogenning sintezi (glikogenez)

Qonga so'rilgan monosaxaridlar, jumladan glyukoza, vena qon tomirlari orqali birinchi navbatda jigarga tushadi. Uning bir qismi jigar hujayralarida ushlanib qoladi va glikogen ko'rinishida zaxiraga qo'yiladi, boshqa qismi katta qon aylanish doirasiga tushib, turli to'qima va a'zolarining hujayralariga yetkazib beriladi. U hujayralarda (ayniqsa jigar va muskullarning hujayralarida) glyukoza ATF hisobiga fosforlanishga duchor bo'ladi. Bu reaksiyani *geksokinaza* fermenti katalizlaydi.

Hosil bo'lgan glyukoza-6-fosfat so'ngra ikki maqsadda ishlatiladi: glikogeni sintezi uchun (glikogenez) va energiya manba sifatida oksidlanishga duchor bo'ladi.

Glikogenez jarayonida glyukoza-6-fosfat maxsus ferment fosfoglyukomutaza yordamida glyukoza-1-fosfatga aylanadi. Oxirgisi tegishli ferment – glyukoza-1-fosfat uridiltransfeza ishtirokida UTF (uridin trifosfat) bilan o'zaro ta'sir qilib, natijada UDF-glyukoza va pirofosfatni hosil qiladi. So'ngra UDF-glyukoza glikogensintetaza fermenti ta'sirida va hujayradagi ozgina miqdordagi glikogen ishtirokida UDF-glyukozadan glyukoza qoldig'i glikogen

molekulasiga o'tkaziladi va natijada glikogenning zanjiri bitta glyukoza qoldig'iga uzayadi. Glikogen sintezi – glikogenez jarayonini sxematik ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:



Hosil bo'lgan UDF so'ngra ATF hisobiga UTF gacha fosforlanadi va shunday qilib glyukoza-1-fosfatning faollashishi, ya'ni UDF-glyukozaga aylanishi yana qaytadan boshlanadi.

Asosan jigar va muskullar va kamroq miqdorda boshqa to'qimalarda glikogenni zaxiraga o'tkazish imkoniyati bo'lganligi tufayli katta va mo'tadil quvvatli jismoniy mashqlardan so'ng organizmda uglevod (glikogen)ning rezervlarini ma'lum miqdorda yig'ish uchun sharoitlar yaratiladi.

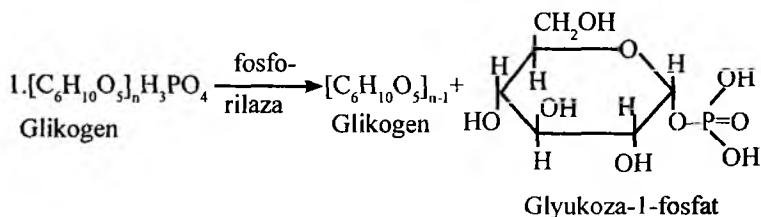
Organizmda MNS qo'zg'alishi natijasida energiya sarfini ortishi bilan glikogenning parchalanishi va glyukoza hosil bo'lishi (glyukogenez) kuchayadi.

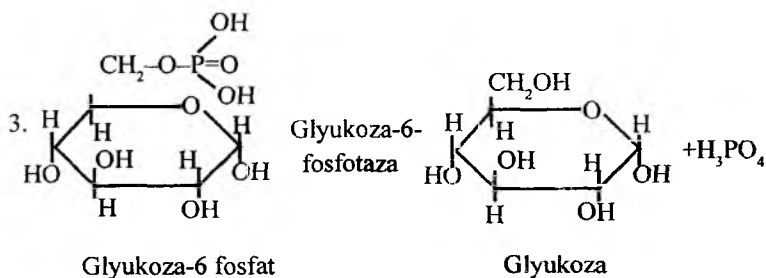
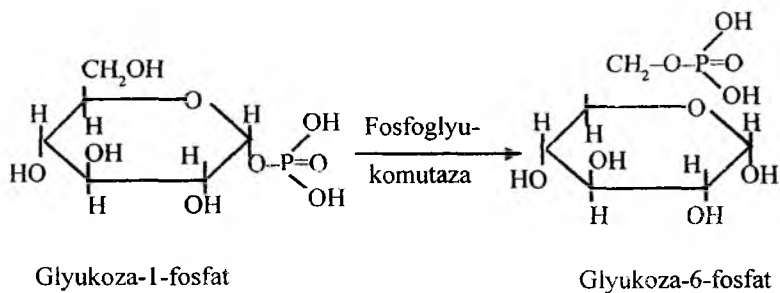
11.4. Glikogenning parchalanishi (glyukogenez)

Muskuil ishi vaqtida, O_2 yetishmaganda, kuchli hayajonlanganda, och qolganda, organizmni kuchli sovutilganda va hokazolarda to'qimalar qonning glyukozasini kuchli iste'mol qiladi. Lekin uning qondagi konsentratsiyasi doimiy yoki jigar glikogenining parchalanishini kuchayishi hisobiga juda kam o'zgaradi. Yuqori funksional faollik vaqtida boshqa to'qimalarda ham glikogenning parchalanishi kuchayadi, ammo ular glyukozani qonga bermaydi, lekin o'zlarining hujayralarining ehtiyojiga ishlatishadi.

Hujayralarda glikogeni ikkita tipdagi parchalanish reaksiyalari bo'ladi: gidroliz va fosforiliz, lekin ikkinchisi, ya'ni fosforiliz odam va hayvon organizmlarida glikogenning parchalanishini asosiy yo'li hisoblanadi.

Glikogenning fosforolitik parchalanish, ya'ni fosforiliz jarayoni *fosforilaza* fermenti ishtirokida sodir bo'ladi. Fosforilaza fosfor kislotasi (H_3PO_4) ishtirokida glikogen molekulasidan oxirgi glyukoza qoldiqlarini glyukozaning fosforli efiri – glyukoza-1-fosfat shaklida ajratib oladi. Glyukoza-1-fosfat fosfoglyukomutaza fermenti ta'sirida glyukoza-6-fosfatga aylanadi. Faqat jigarda glyukoza-6-fosfat glyukoza-6-fosfataza fermenti ta'sirida defosforlanib, erkin glyukoza va fosfor kislotasiga parchalanadi. Muskuil va boshqa to'qimalar va a'zolarda glyukoza-6-fosfataza fermenti bo'maganligi sababli glyukoza-6-fosfat asosiy energiya manbai yoki glikogeni sintezi va glyukozani pentozafosfat siklida oksidlanishi uchun substrat bo'lib xizmat qiladi. Shunday qilib, glikogenning fosforolitik parchalanish jarayoni (glyukogenez) sxematik ravishda quyidagicha ifodalanadi:

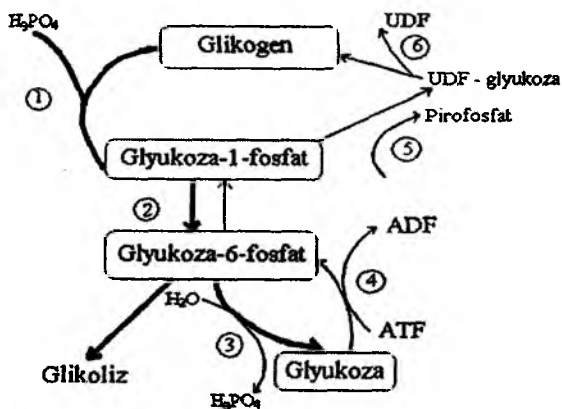




Hujayrada glikogenning fosforolitik parchalanish jarayonining tezligi turli gormonlar bilan boshqarilib turiladi. Jigarda fosforiliz jarayoni adrenalın va glyukagon gormonlari bilan boshqariladi, lekin oxirgi gormon – glyukagon muskul to‘qimasidagi ana shu jarayonga ta’sir qilmaydi.

Fosforiliz tiroksin gormoni ta’sirida ham kuchayadi. Muskullardagi fosforilaza fermentining faolligi AMF , Ca^{2+} va Na^+ ionlari hamda atsetilxolinning ishtirokida oshadi. Yuqorida keltirilgan glikogenning parchalanish (fosforiliz) va sintezlanish glikogenez yo‘llari orqaga oson qaytar reaksiyalar bo‘lib, hujayrada glikogen va fosfor kislotasining konsentratsiyasi kamayganda fosforiliz jarayoni sekin-lashadi, glyukozaning miqdori oshganda glikogenning sintezi kuchayadi.

Glikogenning parchalanish va sintezlanish yo‘llari haqidagi tasavvur sxema ravishda 22-rasmda keltirilgan.



22-rasm. Glikogenning parchalanishi va sintezi.

Yo'g'on chiziqli bilan glikogenning parchalanish, ingichka chiziqli bilan – sintezlanish yo'llari ko'rsatilgan. Fermentlar sonlar bilan ko'rsatilgan: 1 – fosforilaza; 2 – fosfoglyukomutaza; 3 – glyukoza-6-fosfotaza; 4 – geksokinaza; 5 – glyukoza-1-fosfot-uridiltransferaza; 6 – glikogensintetaza.

Qonda glyukoza konsentratsiyasining doimiyligining saqlanishini bir vaqtda sodir bo'layotgan ikkita jarayonning – glyukozani jigardan qonga o'tishi va uni qondan to'qimalar, birinchi navbatda energetik material sifatida iste'mol qilishining natijasi deb qarash mumkin.

To'qimalarda (shu jumladan, jigarda ham) glyukoza ikkita asosiy parchalanish yo'li mavjud: *anaerob* (kislorodsiz sharoitda) va *aerob* (bevosita kislorod ishtirokida).

11.5. Uglevodlarning (glyukoza) anaerob parchalanishi (glykoliz)

Hujayrada glyukozani to 2 molekula sut kislotasi yoki 2 molekula pirouzum kislotasigacha anaerob (kislorodsiz sharoitda) fermentativ parchalanishi **glykoliz** nomi bilan yuritiladi (grekcha *glycys* – shirin, *lysis* – eritish, parchalanish degan ma'nosini bildiradi).

Glikoliz yoki glikogenning fosforolizidan (glikogenoliz) yoki erkin glyukoza ning fosforlanishidan (geksokinaza reaksiyasi) boshlanishi mumkin. Skelet muskullarida har ikkala yoʻl ham bir xil darajada ishlatiladi, miokard va bosh miyada esa geksokinaza yoʻli (qon glyukozasining fosforlanishi) ustunlik qiladi.

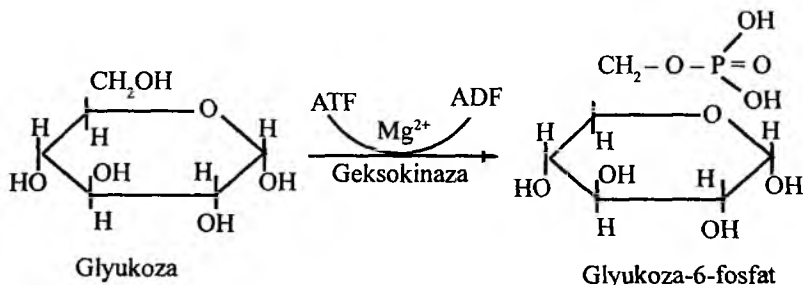
Bu chuqur fiziologik maʼnoga ega. Masala shundaki, fosforiliz, yuqorida aytilganidek, oson orqaga qaytadigan jarayon. Glikogen va fosfor kislotasi konsentratsiyalari pasayishi bilan glikogenning parchalanish tezligi keskin kamayadi va tez muvozanat boshlanadi (sintez va parchalanish jarayonlari baravarlashadi). Geksokinaza reaksiyasining muvozanati faqat glyukoza va ATF miqdorlari juda keskin kamayganda va glyukoza-6-fosfatning konsentratsiyasi juda koʻp darajada oshganda boshlanishi mumkin. Shuning uchun bu moddalar (glyukoza va ATF)ning organizmda barcha mumkin boʻlgan konsentratsiyasida reaksiya glyukoza-6-fosfatni hosil boʻlish tomoniga boradi. Agarda miokard va bosh miyada fosforiliz jarayoni ustunlik qilib, glikogenni koʻp sarflagan vaqtda uglevodlardan foydalanish izdan chiqardi va bu hayotiy muhim aʼzolarining funksional faoliyati xavf ostida qolardi. Biroq, geksokinaza yoʻlining ustunlik qilishi tufayli bu organlarda ana shular sodir boʻlmaydi.

Glikogen miqdorining kamayishi sari muskullarda uglevodlarni ishlatilishining kamayishi faqat hayot uchun xavfsizgina emas, balki himoya reaksiyasi ham hisoblanadi. Muskullar va jigarda glikogenning fosforilizining susayishi ishning intensivligi va davomiyligini chegaralaydigan sabablardan biri hisoblanadi, shu bilan organizmni bosh miya va miokardda noqulay biokimyoviy oʻzgarishlarning roʻy berish imkoniyatlaridan saqlaydi.

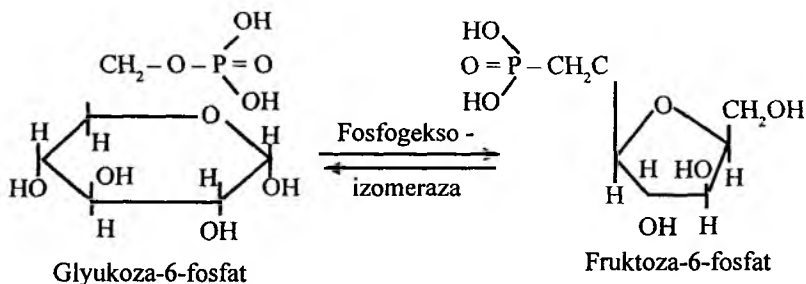
Anaerob sharoitda glikoliz – hayvon organizmida energiya bilan taʼminlaydigan yagona jarayon. Odam (sportchi) organizmi glikoliz jarayoni tufayli submaksimal quvvatli jismoniy mashqlarni bajarishga qodir. Glikoliz jarayonining oʻzi birin-ketin keladigan oʻn bitta fermentativ reaksiyalardan iborat. Har bir reaksiyaning oʻzining maxsus fermenti bor. Bu fermentlarning koʻpchiligi gomogen, kristall yoki yuqori darajada tozalangan holatda ajratib olingan va

ularning xossalari yetarli darajada o'rganilgan. Quyida glikoliz jarayoni reaksiyalarining ketma-ketligi keltiriladi.

1. Glyukozaning fosforlanishi (geksokinaza reaksiyasi). Ko'pchilik to'qimalarda *geksokinaza* fermenti bo'lib, u glyukozaning 6-karbon atomini ATF hisobiga fosforlaydi. Ferment faqat Mg^{2+} yoki Mn^{2+} ionlari ishtirokida faollikka ega. Bu orqaga deyarli qaytmaydigan reaksiya va o'zining mahsuloti glyukoza-6-fosfat bilan ingibirlanadi:

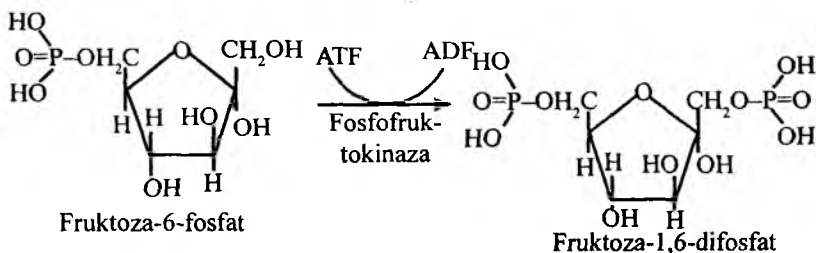


2. Glyukoza-6-fosfatni izomerlanishi. Fosfogeksizoizomeraza fermenti ta'sirida glyukoza-6-fosfat fruktoza-6-fosfatga aylanadi. Reaksiya orqaga qaytadigan reaksiya.



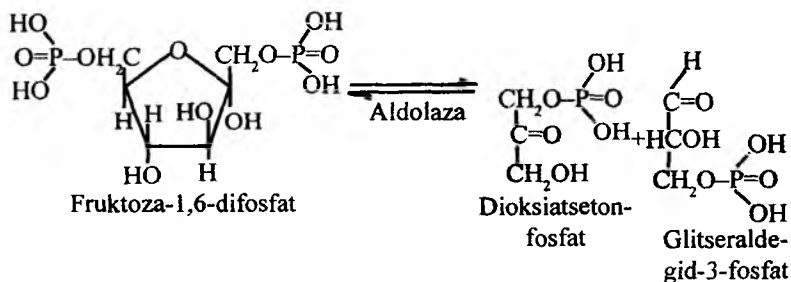
Bu reaksiya har ikkala yo'nalishda ham oson o'tadi va birorta kofaktorni bo'lishini talab qilmaydi.

3. Fruktoza-6-fosfatning fosforlanishi. Bu reaksiya fosfofruktokinaza fermenti bilan katalizlanadi, hosil bo'lgan fruktoza-6-fosfat ikkinchi molekula ATF hisobiga fosforlanib, fruktoza-1,6-fosfatga aylanadi.

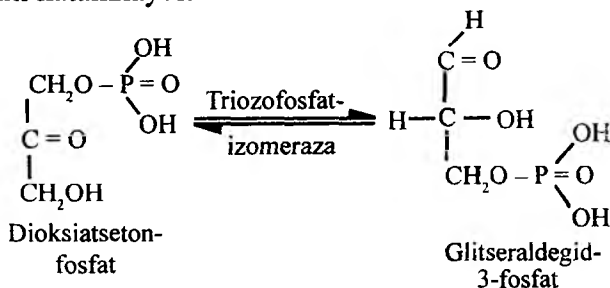


Bu reaksiya ham geksokinaza kabi deyarli orqaga qaytmaydigan reaksiya va faqat Mg^{2+} ionlari ishtirokida amalga oshadi.

4. Fruktoza-1,6-difosfatning ikkita fosfotriozaga parchalanishi. Aldolaza fermenti fruktoza-1,6-difosfatni ikkita fosfotriozaga – glitseraldehid-3-fosfat va dioksiatsetonfosfatga parchalanish reaksiyasini katalizlaydi. Ushbu reaksiya orqaga qaytadigan reaksiya.



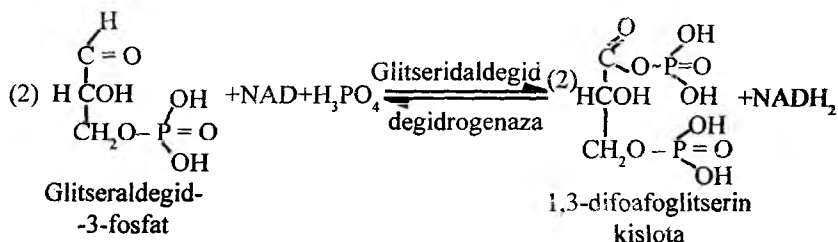
5. Triozofosfatlarning izomerlanishi. Triozofosfatizomeraza fermenti triozofosfatlarning ikkita shaklini o'zaro bir-biriga aylanish reaksiyasini katalizlaydi:



Glikoliz jarayonining keyingi reaksiyalariga faqat glitseraldehid-3-fosfat kirishadi, xolos. Natijada triozofosfatlarning aldegid formasi ishlatilganligi sababli dioksiatsetonfosfat glitseraldehid-3-fosfatga

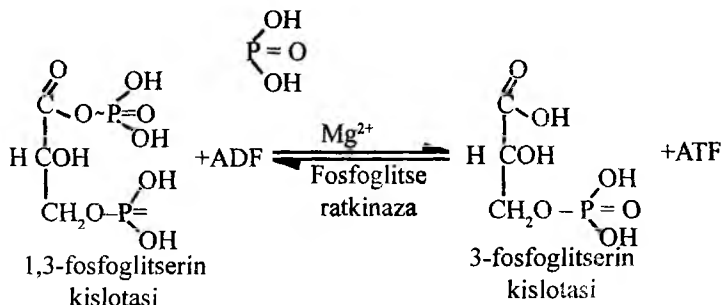
aylanaveradi. Shunday qilib, glitseraldehid-3-fosfatning hosil bo'lishi bilan glikoliz jarayonining birinchi bosqichi tugallangandek bo'ladi. Glikolizning ikkinchi bosqichi – ancha murakkabroq va muhimroq hisoblanadi. U ATFni hosil qiladigan substratli fosforlanish bilan bog'langan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini o'z ichiga oladi.

6. Glitseraldehid-3-fosfatning oksidlanishi. Ushbu reaksiyada glitseraldehid-3-fosfat glitseraldehidfosfatdehidrogenaza fermenti, NAD kofermenti va fosfor kislotasi ishtirokida o'ziga xos oksidlanishga duchor bo'lib, natijada 1,3-difosfoglitserin kislotasi va NADning qaytarilgan formasi NADH_2 hosil bo'ladi. Uni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:



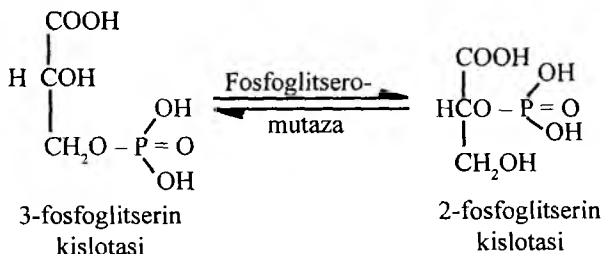
1,3-fosfoglitserin kislotasi molekulasida fosfor kislotasi qoldig'i 1-holatdagi karboksil guruhi bilan makroerg bog' orqali birikadi.

7. 1,3-fosfoglitserin kislotasining defosforlanishi. Reaksiyani ADF va Mg^{2+} ionlari ishtirokida fosfoglitseratkinaza fermenti katalizlab, 1,3-fosfoglitserin kislotasi molekulasida 1-holatdagi fosfor kislotasi qoldig'ini ADFga ko'chiradi. Natijada 3-fosfoglitserin kislotasi va ATF hosil bo'ladi:

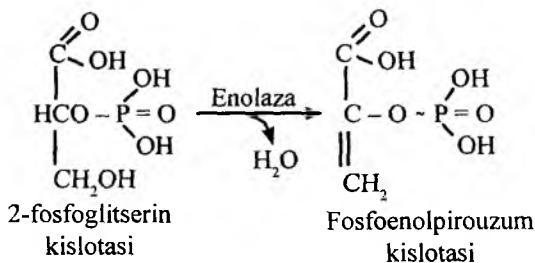


8. Fosfor kislotasi qoldig'ining 2-holatga o'tkazilishi

Fosfoglitseromutaza fermenti ta'sirida 3-fosfoglitserin kislotasining fosfor kislotasi qoldig'i 2-holatga ko'chiriladi va natijada 2-fosfoglitserin kislotalari hosil bo'ladi. Reaksiya orqaga qaytar, Mg^{2+} ionlari ishtirokida boradi:

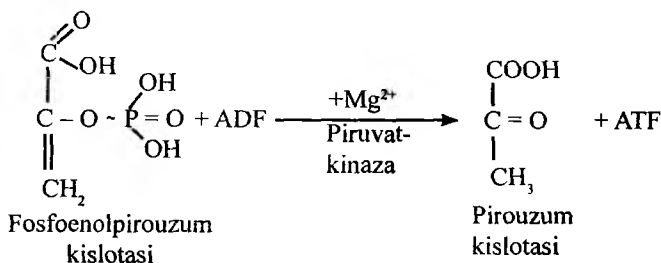


9. Enollashtirish reaksiyasi. Ushbu reaksiyada enolaza fermenti 2-fosfoglitserin kislotalari molekulasidan bir molekula suvni ajratib chiqarish bilan fosfoenolpirouzum kislotalarini hosil qilish jarayonini katalizlaydi. Suvni yo'qotishi molekula ichidagi o'zgarishlarga olib keladi va natijada 2-holatda gidroksil va fosfor kislotasi qoldig'i o'rtasida energiyaga boy – makroerg bog' hosil bo'ladi. Enolaza fermenti normal ishlashi uchun Mg^{2+} yoki Mn^{2+} ionlarining bo'lishini talab qiladi.

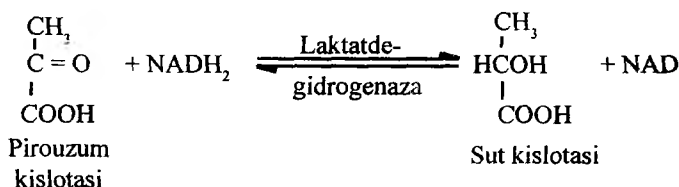


10. Fosfoenolpirouzum kislotalarining defosforlanishi.

Reaksiya makroergik bog'ni uzilishi va fosfor kislotasi qoldig'ini fosfoenolpirouzum kislotalari molekulasidan ADFga o'tkazilishi va 1 molekula ATPni sintezlanishi (substratli fosforlanish) bilan xarakterlanadi va piruvatkinaza fermenti bilan katalizlanadi. Ushbu ferment Mg^{2+} ionlari va bir valentli ishqoriy metallar ionlari ta'sirida faollashadi:



11. Sut kislotalasining hosil bo'lishi. Bu reaksiya natijasida pirouzum kislotalasi sut kislotalasigacha qaytariladi. Reaksiya laktatdegidrogenaza fermenti va oltinchi reaksiyada hosil bo'lgan NADH_2 kofermenti ishtirokida amalga oshadi:



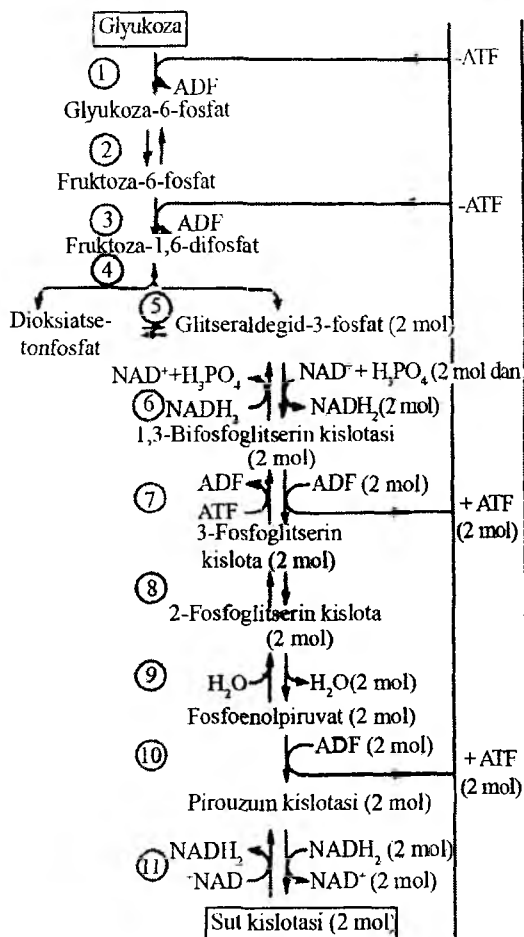
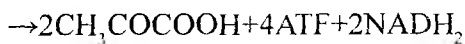
Agar organizm kislorod bilan yetarli darajada ta'minlanayotgan bo'lsa, ya'ni qaytarilgan NADH_2 o'zining vodorod atomlarini (elektron va protonlarini) nafas olish zanjiri bo'yicha kislorodga uzatib **surv** hosil qilayotgan bo'lsa, pirouzum kislotalasi sut kislotalasiga aylanmasdan, u to'g'ridan-to'g'ri sitoplazmadan mitoxondriyaga transport qilinadi va u yerda aerob oksidlanish jarayoniga jalb qilinadi. Agar organizmda kislorod yetishmasa, pirouzum kislotalasining ma'lum bir qismi sut kislotalasiga aylanadi. Glikolizning oksidlanish-qaytarilish sikli sut kislotalasining qaytarilishi bilan tugaydi.

Umuman olganda, glikoliz jarayonining reaksiyalarini ketma-ketligini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin (23-rasm).

Glikoliz jarayonining biologik ahamiyati eng avvalo energiyaga boy fosfor birikmalari (ATF)ni hosil qilishdan iborat.

Glikoliz jarayonining energetik samaradorligiga kelsak, uni quyidagi umumlashtirilgan tenglamalar orqali hisoblash mumkin. Agar parchalanish glyukozadan boshlansa, tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

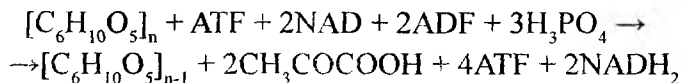




23-rasm. Glikoliz jarayoni reaksiylarining ketma-ketligi.

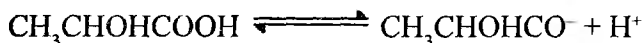
1 – geksokinaza; 2 – fosfoglyukoizomeraza; 3 – fosfo-fruktokinaza; 4 – aldolaza; 5 – triozofosfatizomeraza; 6 – glitserildegidfosfatdegidrogenaza; 7 – fosfoglitseratkinaza; 8 – fosfoglitseromutaza; 10 – piruvatkinaza; 11 – laktatdegidrogenaza.

Bordi-yu, jarayon glikogendan boshlangan bo'lsa, uni faollashtirishga 1 molekula ATF kam sarflanadi:



Ushbu tenglamalar va 23-rasmdan ko'rinib turibdiki, glikoliz jarayonining energetik samaradorligi agar jarayon glyukozaning oksidlanishidan boshlansa, 2 molekula ATFga, agar glikogenning fosforilizidan boshlansa, 3 molekula ATFga teng yoki jarayonlarda ajralib chiqayotgan umumiy energiyaning (1 molekula glyukozadan 222 kJ) 35–52% ni tashkil qiladi. Jarayonning foydali ish koeffitsiyenti o'rtacha 0,4 ga teng bo'ladi.

Glikoliz jarayonida hosil bo'lgan sut kislotasi kuchli kislota bo'lib, ko'p miqdordagi H^+ ionlarini ajratish bilan dissotsiatsiyalanadi:

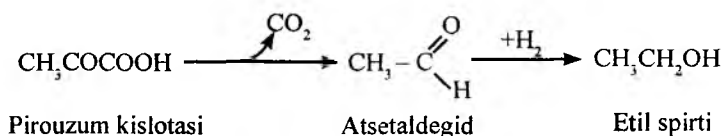


Sut kislotasining yuqori konsentratsiyasida hujayrada buffer tizimlarining kislotalik hajmi tugashi mumkin va u holda muhitning faol reaksiyasi (pH) keskin kislotali tomonga siljiydi. Muhitning kislotaliligining oshishi birinchi navbatda fosfofruktokinaza fermentining faolligini pasaytiradi va natijada glikoliz jarayonining tezligi kamayadi.

Intensiv jismoniy mashqlarni bajarayotganda ishlayotgan muskullarda ko'p miqdorda sut kislotasi hosil bo'ladi. Ularning bir qismi shu yerda bundan keyingi oksidlanishga, ya'ni aerob oksidlanish jarayoniga jalb qilinishi mumkin, boshqa qismi esa muskulni tashlab, qon orqali jigarda borib, u yerda glyukoneogenez jarayonida glyukozaning sintezi uchun ishlatilishi va qisman organizmdan siydik va ter bilan chiqarilishi mumkin.

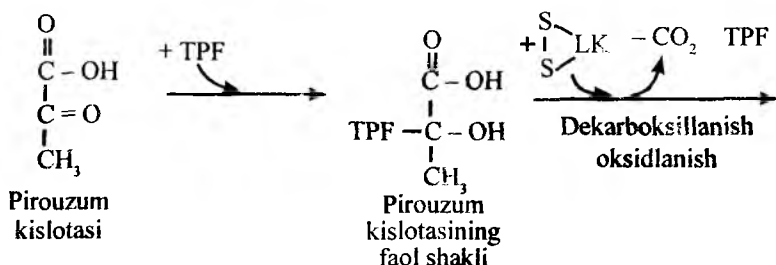
11.6. Glikogenoliz

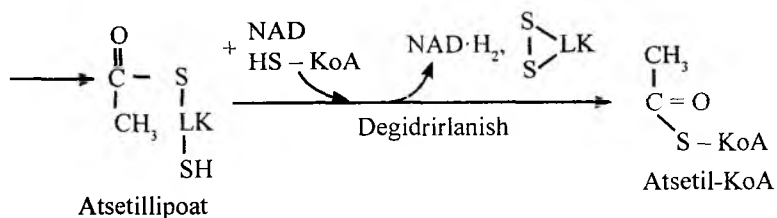
Glikogenning anaerob fermentativ parchalanish jarayoni **glikogenoliz** nomi bilan yuritiladi. Glikogen molekulasi zanjirlarining oxirgi D-glyukoza qoldiqlarini glikoliz jarayoniga jalb qilinishi ikkita



11.7. Uglevodlarning aerob oksidlanishi

Organizmni kislorod bilan ta'minlanish darajasi yetarli bo'lsa, sut kislotasi hosil bo'lmaydi va qaytarilgan $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ o'zining vodorodini nafas olish zanjiri orqali kislorodga uzatadi. Hujayraning sitoplazmasida glikoliz jarayonida hosil bo'layotgan pirouzum kislotalari mitoxondriyalarga tashilib, u yerda oksidlanishli dekarboksillanish jarayoniga jalb qilinadi. Oksidlanishli dekarboksillanish ancha murakkab jarayon bo'lib, birnecha ketma-ket keladigan reaksiyalarni o'z ichiga oladi. Bu reaksiyalar maxsus piruvatdehidrogenaza sistemasi to'rtta har xil kofermentlari: tiaminpirofosfat (TPF), lipoy kislotasining amidi, NAD va koferment A (HS-KoA) ishtirokida amalga oshadi. Ana shu kofermentlarning birin-ketin ta'sirida oldin faollashadi, so'ng dekarboksillanish va degidriranishga uchraydi. Natijada jarayonning oxirgi mahsuloti sifatida bir molekula karbonat anhidrid gazi (CO_2) va bir molekula sirka kislotasining faol shakli atsetil-koferment A ($\text{CH}_3-\text{C}\sim\text{S-KoA}$) hosil bo'ladi. Shuni yodda tutish kerak, sirka kislotasi koferment A bilan energiyaga boy – makroerg bog' ($\sim$) bilan bog'lanadi. Jarayonni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

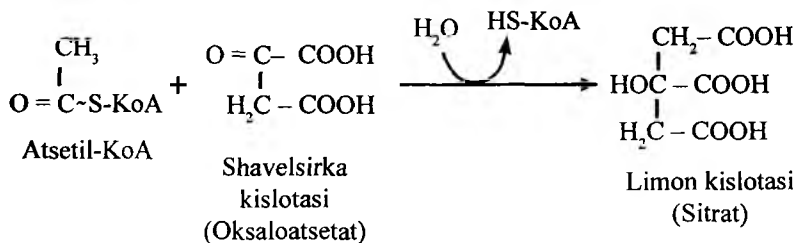




Atsetil-KoA so'ngra barcha sinf organik birikmalari uchun umumiy bo'lgan **uchkarbon kislotalar sikliga (Krebs sikliga)** jalb qilinadi. Bu sikl uchta nom bilan yuritiladi: 1) shu siklni 1937- yilda ochgan ingliz biokimyo olimi G.Krebs nomi bilan – Krebs sikli; 2) siklning oxirgi mahsuloti – tarkibida uchta karboksil guruhini tutgan kislota – uchkarbon kislotalar sikli va 3) ana shu kislota nomi bilan – Krebssi sikli.

Shunday qilib, mitoxondriyada pirouzum kislotasining oksidlanishli dekarboksillanishidan hosil bo'lgan atsetil-KoA Krebs sikliga jalb qilinadi. Ushbu sikl hujayraning mitoxondriyasida sodir bo'ladi va birin-ketin keladigan sakkizta fermentativ reaksiyalardan iborat.

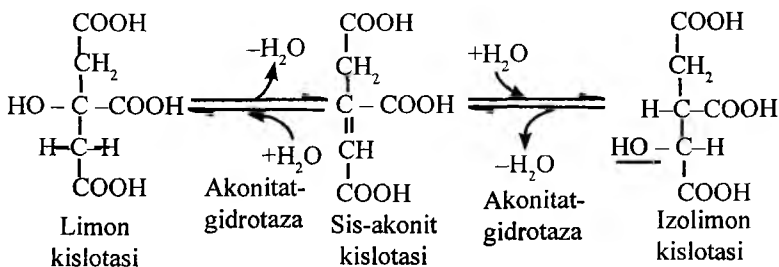
1. Krebssi (sitrat)ning sintezi. Oltikarbon atomli Krebssi to'rtkarbon atomli dikarbon shavelsirka kislotasi va atsetil-KoA dan sintezlanadi. Reaksiyani *sitratsintetaza* fermenti katalizlaydi. Reaksiya deyarli orqaga qaytmaydigan reaksiya.



2. Krebssining izomerlanishi. Hosil bo'lgan Krebssi oldin suv molekulasini yo'qotadi (degidratatsiya), so'ngra esa shu suv molekulasini boshqa karbon atomiga biriktirib oladi (gidratatsiya).

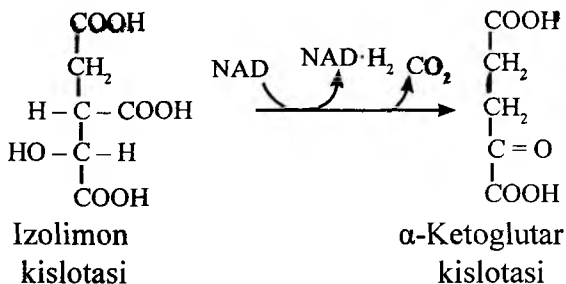
Natijada reaksiyaning oraliq mahsuloti sifatida sis-akonit kislotasi (sis-akonimat) va oxirgi mahsulot sifatida izoKrebssini (izotsitratni) hosil qiladi. Reaksiyani *akonitatgidrataza fermenti* katalizlaydi.

Natijada sitrat molekulasida H^+ va OH^- larning o'zaro o'rin almashishi sodir bo'ladi:



3. IzoKrebssining degidririlanishi va dekarboksillanishi.

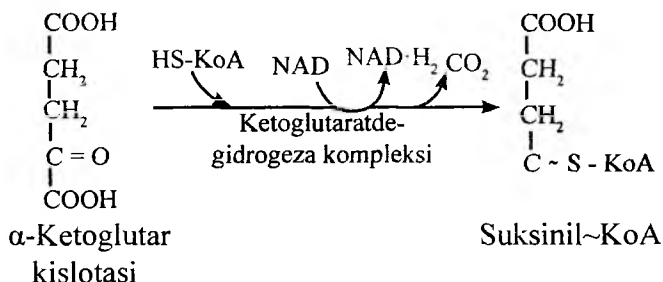
IzoKrebssi tarkibida NAD kofermentini tutgan *izotsitratdegidrogenaza fermenti* ta'sirida degidririlanadi, so'ngra izotsitratdegidrogenaza fermenti ishtirokida dekarboksillanib, α -ketoglutar kislotasiga aylanadi. Reaksiya natijasida bir molekula $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ va bir molekula CO_2 ajralib chiqadi. Reaksiya Mg^{2+} yoki Mn^{2+} ionlari ishtirokida sodir bo'ladi.



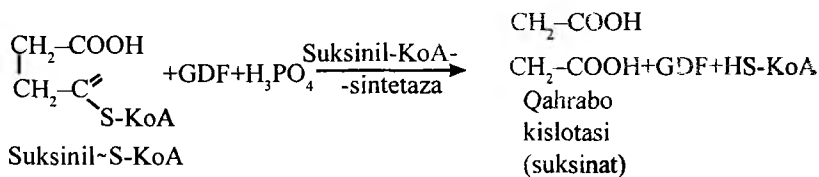
4. α -Ketoglutar kislotasining oksidlanishli dekarboksillanishi.

Bu reaksiya natijasida α -ketogluator kislotasi dekarboksillanib, yuqorigrg bog'li suksinil $\sim\text{KoA}$ birikmasiga aylanadi. Ushbu reaksiya o'zining mexanizmi bilan pirouzum kislotasining

oksidlanishli dekarboksilkanish reaksiyasiga o'zhash, ya'ni α -ketoglutaratdegidrogenaza kompleksi o'zining strukturasi bilan piruvatdegidrogenaza kompleksini eslatadi. Har ikkala kompleks ham o'zining tarkibida TPE, lipoy kislotasi amidi, NAD, FAD va HS-KoA larni tutadi:

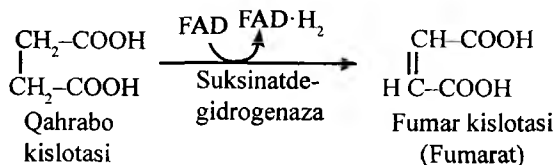


5. Qahrabo kislotasining hosil bo'lishi. Bu reaksiyada suksinil-KoA-sintetaza fermenti ta'sirida suksinil-KoA GDF va fosfor kislotasi ishtirokida deatsillanib, qahrabo kislotasiga aylanadi va suksinil~KoAning energiyaga boy tioefir bog'ini uzilishida ajralib chiqqan energiya hisobiga GTFgacha fosforlanadi. So'ng GTF hisobiga substratli fosforlanish yo'li bilan bir molekula ATF sintezlanadi:

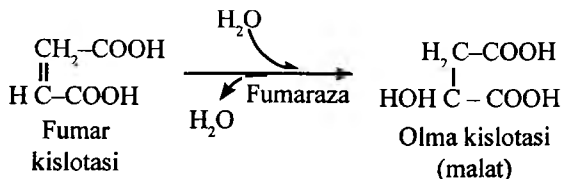


6. Qahrabo kislotasining degidririlanishi. Tarkibida koferment sifatida FAD tutgan suksinatdegidrogenaza fermenti qahrabo kislotasining degidririlanishi va fumar kislotasiga aylanish reaksiyasini katalizlaydi.

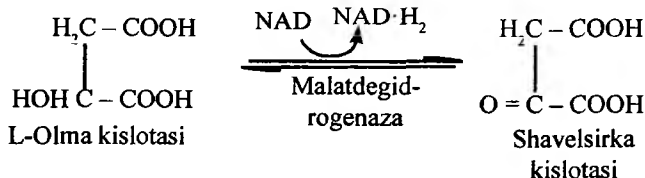
Reaksiyaning oxirgi mahsuloti sifatida bir molekuladan fumar kislotasi va qaytarilgan $\text{FAD} \cdot \text{H}_2$ hosil bo'ladi:



7. Gidratatsiya reaksiyasi. Fumaratgidrataza (fumaraza) fermenti fumar kislotasi molekulasiga bir molekula suvni biriktirib, uni olma kislotasi (malat)ga aylantiradi:

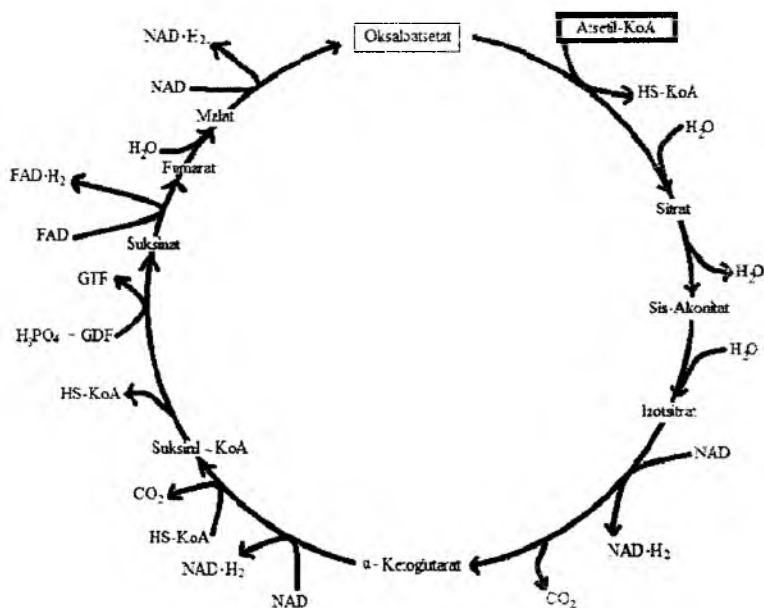


8. Olma kislotasining degidririlanishi. Nihoyat Krebs siklining oxirgi reaksiyasida olma kislotasi degidririlanib (ikkita vodorod atomini ajratib), shavelsirka kislotasi (oksaloatsetat)ga aylanadi va bir molekula $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ gacha qaytariladi. Reaksiyaning kofermenti NAD bo'lgan malatdegidrogenaza fermenti katalizlaydi:



Shunday qilib, Krebs sikli reaksiyalari ketma-ketligini sxema shaklida quyidagicha ifodalash mumkin. Yuqoridagi sxemadan (24-rasm) ko'rinib turibdiki, atsetil-KoA oksaloatsetat (shavelsirka kislotasi) bilan birikib, Krebssini hosil qiladi. Krebssi bir qator ketma-ket keladigan degidririlanish, dekarboksillanish, gidratatsiya reaksiyalari orqali yana oksaloatsetatga aylanadi. Bu siklda sirka kislotasi qoldig'i (atsetil-KoA) 2 molekula CO_2 va NAD va FAD kofermentlari ishtirokida nafas olish zanjiriga yuborilayotgan 4 juft vodorod atomlariga parchalanadi. Sujsinil-KoAning deasillanib qahrabo kislotasiga aylanishida substratli fosforlanish yo'li bilan

1 molekula GTF sintezlanadi va uning hisobiga bir molekula ADF fosforlanib ATFga aylanadi. Oksidlanish energiyasining asosiy qismi nafas olish zanjirida vodorodni kislorodga tashilishi, ya'ni oksidlanishli fosforlanish jarayonida ajralib chiqadi va ATFning makroerg fosfat bog'larida jamg'ariladi. Hosil bo'lgan 4 juft vodoroddan 3 jufti $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ orqali elektronlarni tashish tizimiga uzatiladi va biologik oksidlanish tizimida har bir juft vodorodni tashilishida 3 molekuladan, jami 9 molekula ATF hosil bo'ladi. Bir juft vodorod atomlari esa $\text{FAD}\cdot\text{H}_2$ orqali elektronlar tashish tizimiga tushib, faqat 2 molekula ATF sintezlanadi.



24-rasm. Uchkarbon kislotalar sikli (Krebs sikli)ning sxematik ko'rinishi

Yuqorida ko'rsatilganidek, siklda substratli fosforlanish yo'li bilan 1 molekula GTF, undan 1 molekula ATF hosil bo'ladi. Shunday qilib, bir molekula atsetil-KoAning Krebs sikli va oksidlanishli fosforlanish jarayonida 12 molekula ATF hosil bo'lishi mumkin.

Bir molekula glyukoza glikolitik parchalanishi natijasida 2 molekula pirouzum kislotasi hosil bo'ladi. Har bir molekula pirouzum kislotasi oksidlanishli dekarboksillanish jaryonida 1 molekuladan $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$ va atsetil-KoAni hosil qiladi. Demak, 2 molekula pirouzum kislotasi to'la oksidlanganda 2 molekula NADH_2 (6 molekula ATF) va 2 molekula atsetil-KoA (24 molekula ATF), jami 30 molekula ATF sintezlanadi. Glikoliz jarayonida 2 molekula glitseraldehid-3-fosfatni oksidlanishida hosil bo'lgan 2NADH_2 dan ham elektronlarni tashish tizimida 6 molekula ATF hosil bo'ladi. Demak, 1 molekula glyukoza aerob oksidlanishini energetik samaradorligi 36 molekula ATFni tashkil qiladi. To'qimalarda 1 molekula glyukoza to'la 6CO_2 va $6\text{H}_2\text{O}$ gacha parchalanishida 2 ATF (glikolizda) + 36 ATF (aerob jarayonida) = 38 molekula ATF hosil bo'ladi.

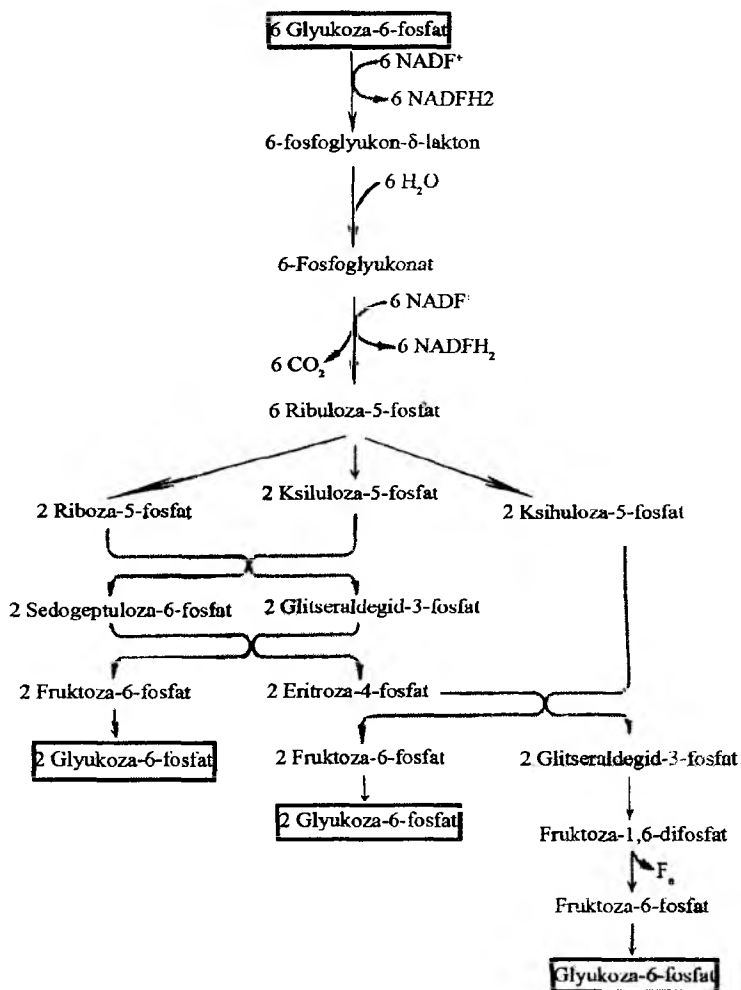
11.8. Uglevodlarning pentoza fosfat siklida oksidlanishi

Uglevodlarning pentoza fosfat siklida oksidlanish yo'li asosan jigar, yog' to'qimalari, buyrak usti bezining po'stlog'i, sut bezlari, embrional to'qimalarda ko'proq uchraydi, muskul to'qimasida esa deyarli bo'lmaydi. Uning uchun birlamchi xomashyo bo'lib **glyukoza-6-fosfat** xizmat qiladi. Bu jarayon kofermenti NADP bo'lgan dehidrogenazalar bilan katalizlanadi. Siklning reaksiyalari hujayraning sitoplazmasida sodir bo'ladi.

Odam va hayvon organizmlarida pentoza fosfat sikli ikkita funksiyani bajaradi: 1) jarayonda qaytarilgan NADPH_2 nafas olish zanjiriga jalb qilinib, ATF sintezi uchun yoki sitoplazmada yog' kislotalari, purin asoslari, xolesterin va boshqa stereoidlarning biosintezi uchun ishlatiladi; 2) nuklein kislotalarning sintezi uchun petozofosfatlar (riboza-5-fosfat)ni yetkazib beradi. Pentoza fosfat sikli sxematik ravishda 25-rasmda keltirilgan.

Pentoza fosfat sikliga jalb qilinayotgan olti molekula glyukoza-6-fosfatdan bir molekulasi to CO_2 va H_2O gacha to'la oksidlanadi, to'rttasi yana glyukoza-6-fosfatga izomerlana oladigan fruktoza-6-fosfatga aylanadi. Bulardan tashqari, yana ikki molekula

glitseraldegid-3-fosfat hosil bo'ladi, hujayradagi sharoitga qarab ular glikoliz yo'li bilan oksidlanishi yoki yana bir molekula glyukoza-6-fosfatga aylanishi mumkin.

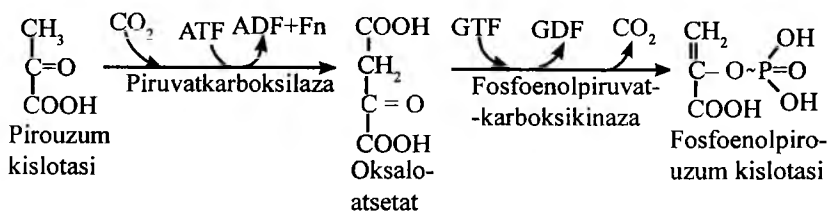


25-rasm. Uglevodlarning pentozafofat siklida oksidlanishi

11.9. Glyukoneogenez

Glyukozani uglevod bo'lmagan moddalardan sintezi **glyukoneogenez** nomi bilan yuritiladi. Jarayonning boshlang'ich moddalari (xomashyosi) bo'lib sut va pirouzum kislotalari, aminokislotalar, glitserin, atsetil-KoA, Krebs siklining metabolitlari xizmat qiladi. Barcha ana shu moddalarning uglevodlarga – glyukozaga aylanishi (glitserindan tashqari) pirouzum kislotasi va oksaloatsetat orqali sodir bo'ladi. Glyukoneogenez jarayonining ko'pchilik reaksiyalari (7 tasi) glikolizning orqaga qaytishi bo'lib, o'sha fermentlar bilan katalizlanadi. Shu bilan birga glikolizning uchta orqaga qaytmaydigan – geksokinaza, fosfofruktokinaza va piruvatkinaza reaksiyalari uchun orqaga qaytishni ta'minlaydigan aylanib o'tish fermentativ yo'llari bor.

Pirouzum kislotasini fosfoenolpirouzum kislotasiga aylanishida, avvalo pirouzum kislotasi CO_2 va ATF ishtirokida karboksillanib, oksaloatsetat kislotasini hosil qiladi. Reaksiyani piruvatkarboksilaza fermenti katalizlaydi. So'ngra oksaloatsetat-fosfoenolpiruvat-karboksinkinaza fermenti ta'sirida dekarboksillanib va fosforlanib, fosfoenolpirouzum kislotasini hosil qiladi. Reaksiyada fosfat qoldig'ining donori bo'lib GTF xizmat qiladi:



Pirouzum kislotasidan hosil bo'lgan fosfoenolpirouzum kislotalari glikolizning bir necha qaytar reaksiyalari natijasida fruktozo-1,6-fosfatga aylanadi. Keyin orqaga qaytmaydigan fosfofruktokinaza reaksiyasi keladi. Glyukoneogenez bu reaksiyani aylanib o'tadi, ya'ni fruktozo-1,6-difosfat maxsus fosfataza fermenti ta'sirida bitta fosfat qoldig'ini yo'qotib, fruktoza-6-fosfatga aylanadi va u izomerlanib, glyukozo-6-fosfatga aylanadi. Hosil bo'lgan glyukozo-6-fosfat

26-rasm. Glyukoneogenez jarayonining sxematik ko‘rinishi



Glyukoneogenez jarayonining eng yuqori tezligi organizmda intensiv muskul ishlaridan so'ng dam olish davrida, ya'ni tiklanish vaqtida kuzatiladi. Chunki, bunday yuqori intensivlikdagi jismoniy yuklamalarni bajarish vaqtida skelet muskullarining energiyaga – ATFga bo'lgan ehtiyoji nihoyatda oshadi, qon aylanish tizimi bu talabni qondirish uchun glyukoza va kislorodni yetarli darajada tez yetkazib bera olmaydi. Bu holda rezerv yonilg'i sifatida mushak glikogeni ishlatiladi. U glikogenoliz jarayonida tez sut kislotasigacha parchalanadi va muskullarning qisqarishi uchun kerak bo'lgan ATF sintezlaydi. Kislorod yetishmasligi sababli sut kislotasi keyingi oksidlanish reaksiyalariga jalb qilinmasdan qonga o'tadi va u yerda ko'p miqdorda yig'iladi. Muskul ishidan so'ng dam olish davrida (tiklanish vaqtida) jigarda qonning sut kislotasidan glyukoneogenez yo'li bilan glyukoza intensiv sintezlana boshlaydi. Hosil bo'lgan glyukoza ish vaqtida sarflangan muskul va jigardagi glikogen zaxirasini tiklashga ishlatiladi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Glikozidazalar – uglevodlar (oligo- va polisaxaridlar)ni ovqatni hazm qilish tizimida (oshqozon-ichak yo'lida) gidrolitik parchalaydigan fermentlar.

α -Amilazalar – oligo- va polisaxaridlarning molekulalarida 1–4- α bog'larini parchalanish reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar.

Dekistrinazalar – amilopektin va glikogen molekulalarida yon shoxlarini hosil qiladigan 1–6- α bog'larini parchalanishini katalizlaydigan fermentlar.

Saxaraza fermenti – disaxarid saxarozaning glyukoza va fruktozaga gidrolitik parchalanishini katalizlaydi.

Laktaza fermenti – laktozani galaktoza va glyukozaga parchalanish reaksiyasini tezlashtiradi.

Maltaza – maltozani ikki molekula glyukozagacha parchalanish reaksiyasini katalizlaydi.

Geksokinaza reaksiyasi – glyukozani ATF hisobiga fosforlanib, glyukoza-6-fosfatga aylanish reaksiyasi.

Fosforoliz – glikogen molekulasidagi oxirgi glyukoza qoldiqlarini anorganik fosfat hisobiga fosforilaza *a* ta'sirida fosforlanib, glyukoza-1-fosfatning hosil bo'lish jarayoni.

Glikoliz – hujayrada glyukozani to 2 molekula pirouzum yoki sut kislotasigacha anaerob (kislordsiz sharoitda) fermentativ parchalanishi.

Glikogenoliz – glikogenning anaerob fermentativ parchalanish jarayoni.

Glikogenez – glyukozadan glikogenning sintezlanish jarayoni.

Glyukogenez – glikogendan fosforoliz yo‘li bilan glyukoza-ni hosil bo‘lish jarayoni.

Glyukoneogenez – uglevod bo‘lmagan moddalardan glyukozaning sintezi.

Anaerob glikoliz – glyukoza (glikogen)ning 2 molekula sut kislotasigacha kislordsiz sharoitda parchalanishi.

Aerob glikoliz – glyukoza (glikogen)ning 2 molekula pirouzum kislotasigacha kislorod yetarli bo‘lgan sharoitda parchalanishi.

Uglevodlarning aerob oksidlanishi – pirouzum kislotasining bevosita kislorod ishtirokida to‘la 6CO_2 va $6\text{H}_2\text{O}$ gacha oksidlanish jarayoni.

Krebs sikli (uchkarbon kislotalar sikli) – “hujayra yonilg‘isi” rolini bajaradigan uglevodlar, yog‘ kislotalari va aminokislotalar katabolizmi jarayonida hosil bo‘ladigan atsetil-KoAning umumiy oxirgi oksidlanish yo‘li.

Pentozofosfat sikli – uglevodlar (glyukozo-6-fosfat)ning bevosita oksidlanish yo‘li.

Savollar va topshiriqlar

1. Odam organizmining bir sutkada energiyaga bo‘lgan ehtiyoji necha foizi uglevodlar hisobiga qoplanadi?

2. Bir kecha-kunduz davomida odam organizmiga oziqa moddalari tarkibida qancha miqdorda (g) uglevodlar kiradi?

3. Glikozidazalarga qaysi fermentlar kiradi va ular qaysi a‘zo va to‘qimalarda hosil bo‘ladi?

4. Uglevodlarni oshqozon-ichak yo‘lida fermentativ parchalanishidan hosil bo‘lgan monosaxaridlar (glyukoza, fruktoza, galaktoza va boshqalar) ichak devorlaridan qonga qanday yo‘l bilan tashiladi?

5. Odam qonida glyukozaning miqdori o'rtacha necha millimol (mmol)ni tashkil qiladi va u qaysi gormonlar bilan boshqarilib turiladi?
6. Glyukozadan glikogenning sintezlanishi, ya'ni glikogenez jarayonini sxema tarzida ifodalab beting.
7. Glyukogenez deganda qaysi bir jarayonni tushunasiz va u qaysi a'zoda sodir bo'ladi?
8. Uglevodlarning anaerob (kislorodsiz sharoitda) oksidlanish jarayoni – glikoliz qanday reaksiyalar bilan boshlanishi mumkin?
9. Glikoliz jarayonini sxema shaklida ifodalab, uning energetik samaradorligini hisoblab bering.
10. Agar sportchi uzoq muddatli mo'tadil quvvatli mashqlarni bajarayotgan bo'lsa, glikoliz jarayonining oxirgi mahsulotlari qanday birikmalar bo'lishi mumkin?
11. Sportchi ko'p miqdorda energiya talab qiladigan intensiv jismoniy yuklamalarni bajarganda, uning qonida qaysi bir modda ko'p miqdorda yig'iladi?
12. Glikoliz va glikogenoliz jarayonlarining bir-biriga o'xshashligi va o'zaro farqini ko'rsatib beting.
13. Uglevodlarning aerob oksidlanish jarayoni qaysi reaksiya bilan boshlanadi va u reaksiya hujayraning qaysi organoidida sodir bo'ladi?
14. Pirouzum kislotasining oksidlanishli dekarboksillanish reaksiyasini sxema shaklida ifodalang.
15. Bir molekula atsetil-KoA uchkarbon kislotalar siklida (Krebs siklida) to'la oksidlanganda necha molekula ATF hosil bo'lishini ko'rsating.
16. Bir molekula glyukoza aerob jarayonda to'la 6CO_2 va $6\text{H}_2\text{O}$ gacha oksidlanganda necha molekula ATF sintezlanadi?
17. Uglevodlarning pentozofosfat siklida oksidlanishi organizmda qanday funksiyalarni bajaradi?
18. Organizmda sodir bo'ladigan qaysi bir biokimyoviy jarayon glyukoneogenez deb ataladi va u asosan qaysi bir a'zoda sodir bo'ladi?
19. Glyukoneogenez jarayonining eng yuqori tezligi sportchi organizmida qaysi vaqtda kuzatiladi?

12. LIPIDLARNING ALMASHINUVI

Lipidlar odamning balanslashtirilgan ratsionining doimo bo'lishi shart bo'lgan tarkibiy qismi hisoblanadi. Katta yoshli odam organizmiga har kecha-kunduzda oziqa bilan o'rtacha 90 g hayvon va o'simlik yog'lari kiradi. Keksaygan yoshda hamda kam jismoniy yuklamalar vaqtida ehtiyoj yog'larga kamayadi, sovuq iqlim sharoitida, og'ir jismoniy mashqlar vaqtida esa, aksincha, ko'payadi.

Yog'lar odamlarning ovqatlanishida, eng avvalo, muhim energetik (energiyaga boy) modda hisoblanadi. Yog'lar uglevod va oqsillarga nisbatan kam joy egallaydigan, lekin yuqori kaloriyali, hujayra uchun eng qulay "yonilg'i" hisoblanadi. Chunki, 1 g uglevod yoki oqsil to'la oksidlanganda organizmda 17,2 kJ (4,1 kkal) energiya hosil bo'lsa, 1 g yog' oksidlanganda esa – 38,9 kJ (9,3 kkal) energiya ajralib chiqadi. Bundan tashqari, A, D, E, K vitaminlari yog'da eriganligi sababli, organizmning ularga bo'lgan ehtiyojini ta'minlash oziqa moddalari tarkibiga kirayotgan yog'larning miqdoriga bog'liq bo'ladi. Yog'lar bilan organizmga ma'lum miqdorda to'yinmagan (almashinmaydigan) yog' kislotalari – linol, linolen, araxidon kislotalari kiradi. Ularning organizm uchun ahamiyati katta. Jumladan, araxidon kislotasi mahalliy gormonlar – prostoglandinlarning biosintezi uchun birlamchi xomashyo bo'lib xizmat qiladi. Linol va linolen kislotalaridan esa araxidon kislotasi sintezlanadi.

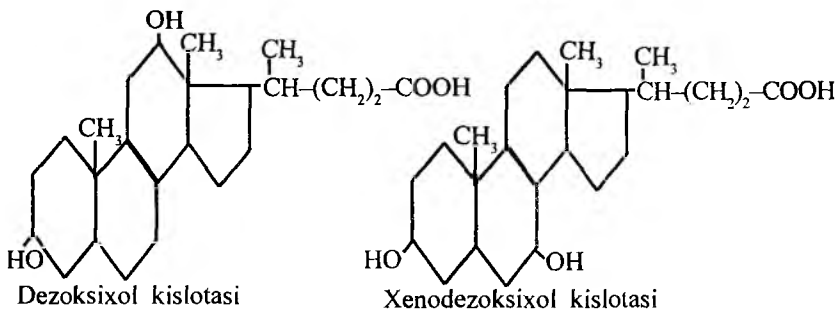
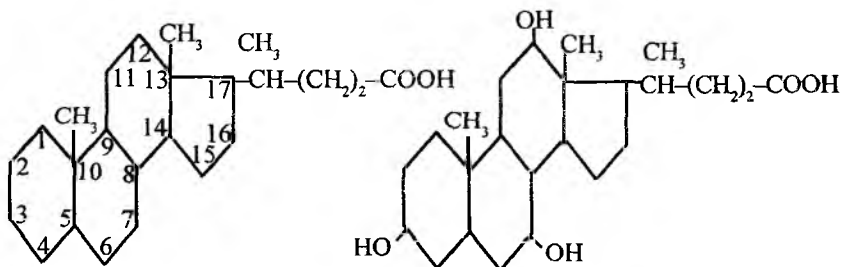
12.1. Lipidlarning oshqozon-ichak yo'lida gidrolitik parchalanishi va qonga so'rilishi

Oziqa mahsulotlari lipidlarining tarkibida neytral yog'lar (trigliseridlar) eng ko'p miqdorda bo'ladi. Fosfolipidlar, steroidlar va boshqa sinf lipidlari ancha kam miqdorda uchraydi.

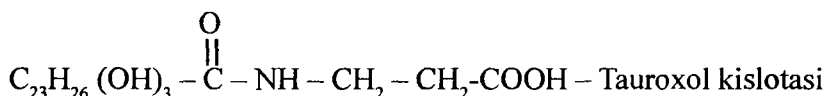
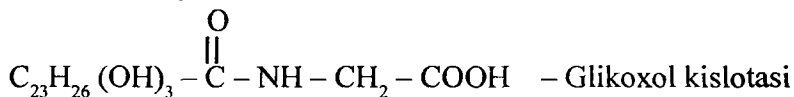
Organizmga oziqa moddalari bilan kirayotgan yog'lar osh-qozon-ichak yo'lida **lipaza** fermentlari ta'sirida gidrolitik parchalanadi. Yuqori faollikka ega bo'lgan lipazalarni oshqozon osti bezi ishlab

chiqaradi. U o'zining faolligini muhitning pH ko'rsatkichini kuchsiz ishqoriy sharoitida namoyon qiladi. Yog'larning gidrolizida ingichka ichak ishlab chiqaradigan lipazalar ham qatnashadi. Lipazalar faqat yog'larga emulgirlanganidan keyin ta'sir qiladi. Oshqozon shirasi lipazasi faqat sutning tabiiy emulgirlangan yog'larini gidrolizlaydi. Organizmga oziqa bilan kirgan yog'larning asosiy qismining gidrolizlanishi emulgirlanish uchun qulay sharoit bo'lgan ingichka ichakning yuqori qismida sodir bo'ladi.

Demak, lipidlarni (yog'larni) hazm bo'lish jarayonida ularning emulgirlanishi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Jigardan o't suyuqligi tarkibida o'n ikki barmoqli ichakka quyilayotgan o't kislotalarining tuzlari yog'larni eng kuchli emulgirlash ta'siriga ega. O't kislotalari o'zlarining kimyoviy tabiatlari bo'yicha **xolan kislotasining** hosilalari hisoblanadi. Odam jigariining o't suyuqligi tarkibida asosan *xol* (3,7,12-trioksisolan), *dezoksioxol* (3,12-dioksi-xolan) va *xenodezoksioxol* kislotasi (3, 7-dioksisolan)lari ko'p miqdorda bo'ladi:



Odamning o't suyuqligida asosan juft bo'lgan o't kislotalarining natriyli tuzlari – glikoxol, glikodezoksixol, glikoxenodezoksixol (barcha o't kislotalarining $\frac{2}{3}$ – $\frac{4}{5}$ qismi) va tauroxol, taurodezoksixol va tauroxenodezoksixol ($\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{5}$ qismi) bo'ladi. Bu birikmalar o'zaro peptid bog'i bilan bog'langan tegishli o't kislotasi va glikokol (aminokislota – glitsin) yoki taurindan tuzilgan.

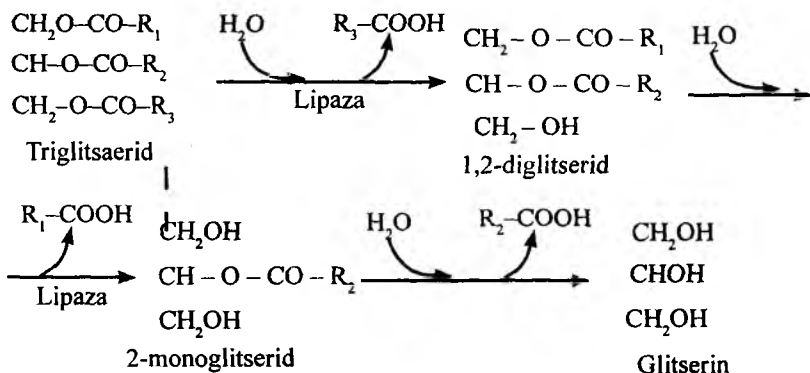


Ovqatlanishning xarakteriga qarab ikkala tur konyugatlarining o'zaro nisbati o'zgarishi mumkin: oziqada uglevodlar ko'p bo'lganda o't suyuqligida glitsinli konyugatlarining nisbiy miqdori ko'payadi, oqsillarga boy dietada esa – taurinli konyugatlar ko'payadi.

Ichakda o'tkislotalarining yog'larga ta'siri natijasida zarrachalarning diametri 0,5 mikrometrdan oshmaydigan juda yupqa emulsiya hosil bo'ladi. Shunday juda mayda zarrachalarga emulgirlangan yog'lar yetarli darajadagi miqdorda parchalanmasdan ichak devori orqali limfatik tizimga o'tishi mumkin. Lekin emulgirlangan yog'ning ko'p qismi pankreatik lipaza bilan glitserin va yuqori yog' kislotalarigacha gidrolitik parchalangandan so'ng so'riladi.

Gidroliz yog'lar (triglitsidlar) almashinuvining birinchi fazasi hisoblanadi. Triglitseridlarning gidrolizi pog'ona shaklida sodir bo'ladi. Oldin lipaza fermenti ta'sirida tashqi 1,3-murakkab efir bog'lari, so'ng ichki 2-murakkab efir bog'i parchalanadi.

Shunday qilib, ichakda oziqa tarkibidagi yog'larning gidrolitik parchalanishining oxirgi asosiy mahsulotlari – yuqori yog' kislotalari, monoglitseridlar va glitserin hisoblanadi. So'rilgan yog' kislotalari, glitserin va monoglitseridlardan ichakning epitelial hujayralarida shu organizmga spetsifik bo'lgan triglitseridlar va qisman fosfolipidlar sintezlanadi.



Ichak epiteliya hujayralarida resintezlangan yoki ichak bo'shlig'idan oldindan gidrolizlanmasdan so'rilgan yog'larning ko'p qismi juda yuqori darajada dispergirlanganligi tufayli limfatik tizimlar orqali qonga tushadi.

Yog'larning gidrolizlanishi natijasida hosil bo'lgan monoglitsaeridlar ichak devorlariga so'riladi va yoki triglitsaeridlarning resinteziga jalb qilinadi yoki ichak lipazasi ta'sirida parchalanadi. Yog'larning gidrolizlanishidan hosil bo'lgan glitsaerol va qisqa (karbon atomlari 10 dan kam bo'lgan) zanjirli yog' kislotalari qonga so'riladi va qon oqimi ularni jigarga olib boradi.

Uzun karbon zanjirli (karbon atomlari 10 dan ko'p bo'lgan) yog' kislotalari esa o't kislotalari va fosfolipidlardan tashkil topgan gidrofil qobiq bilan o'ralgan mitsellalar shaklida so'riladi.

Mitsellalar ichak tukchalari (vorsinkalari)ning epiteliya hujayralarida yog' va o't kislotalarigacha gidrolitik parchalanadi. Hosil bo'lgan erkina o't kislotalari yoki bevosita ichakning bo'sh joyiga (presvetiga) o'tadi yoki qon-jigar-o't pufakchasi – ancha murakkab yo'lni o'tib, ichakning bo'shlig'iga tushadi. Jigar o't kislotalarini nisbatan unchalik ko'p bo'lmagan miqdorda ishlab chiqarsa ham organizmda ularning doimo aylanib turishi (sirkulyatsiya bo'lib turishi) ko'p miqdordagi yog'larning so'rilishini ta'minlaydi. Odamning organizmida o't kislotalarining umumiy miqdori 2,8–3,5 g ni tashkil qiladi va ular bir kecha-kunduzda 5–6 marta aylanadi.

Epiteliya hujayralarda resintezlangan triglitsaeridlar (yog'lar) va

fosfolipidlar oqsillar bilan o‘rab olingan juda mayda yog‘ tomchilari shaklida limfatik tugunlar va ulardan ko‘krak limfa tomirlari orqali qonga o‘tadi. Qonda triglitseridlar (80%), oqsillar (2%), fosfolipidlar (7%) va xolesterin (8%) **xilomikronlar** deb ataladigan mayda turg‘un kompleks zarrachalarni hosil qiladi. Ularning razmeri (diametrik) 0,1–5 mikrondan oshmaydi. Neytral yog‘larning boshqa qismi yanada mayda kichik zichlikdagi lipoproteidlarni (KZL) va juda kichik zichlikdagi lipoproteidlarni (JKZL) hosil qiladi. Ular xilomikronlardan va o‘zaro faqat o‘lchamlari bilangina emas, balki komponentlarining foizli nisbatlari bilan ham farq qiladi. Barcha bu mayda zarrachalar odam organizmida lipidlarning transport formasi bo‘lib xizmat qiladi.

Lipoidlarning jumladan fosfolipidlar va sterinlarning hazm bo‘lishi hamda so‘rilishi ham ingichka ichakda sodir bo‘ladi. Fosfolipidlar maxsus fosfolipaza fermentlari (A_1 , A_2 , C va D) ta‘sirida glitserin, yog‘ kislotalari, fosfor kislotasi va azot asoslarigacha gidrolitik parchalanadi. A_1 va A_2 fosfolipazalari fosfolipid molekulasiidagi 1 va 2 holatdagi murakkab efir bog‘larini parchalaydi. Agar har ikkala ferment bir vaqtning o‘zida ta‘sir qilsa, organizm uchun zahar bo‘lgan lizofosfolipidlar to‘planmaydi. Fosfolipaza C glitserin va fosfor kislotasi o‘rtasidagi bog‘ning uzilishini katalizlaydi, fosfolipaza D esa fosfor kislotasi va azot asosi o‘rtasidagi efir bog‘ini parchalaydi. Steridlar **xolesteraza** fermenti ta‘sirida gidrolitik parchalanib, xolesterin va tegishli yog‘ kislotalarini hosil qiladi.

Lipidlarning metabolizmi quyidagi asosiy jarayonlarni o‘z ichiga oladi: yog‘larni yog‘ kislotalari va glitseringacha yo‘g depolarida gidrolitik parchalanishi (**lipoliz**) va yog‘ depolaridan safarbar qilinishi, ularning oksidlanishi, keton tanachalari, neytral yog‘lar, fosfolipidlar, yog‘ kislotalarining biosintezi va boshqalar.

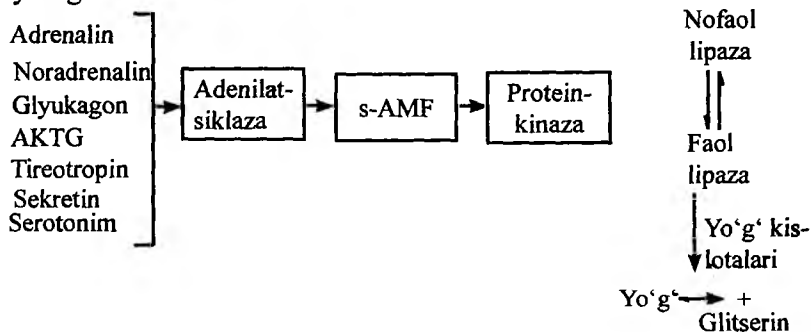
12.2. Lipoliz

Yuqori darajada energiya sarfini talab qiladigan jismoniy mashqlarni bajarish vaqtida va organizmning boshqa holatlarida yog‘ depolarida jamg‘arilgan zaxira yog‘lari lipolizga (fermentativ parchalanishga) uchrab, yog‘ kislotalari va glitserinni hosil qiladi.

Ana shu parchalanishning oxirgi mahsulotlari (glitserin, yog' kislotalari) yog' depolaridan qonga o'tib, qon oqimi bilan turli to'qima va a'zolariga boradi va u yerda asosiy energiya manbayi sifatida ishlatiladi.

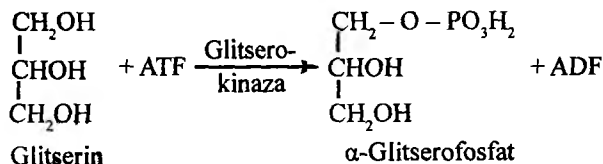
Yog' to'qimalarida bir necha lipaza fermentlari bo'ladi, ulardan tri-, di- va monoglitseridlipazalar eng muhim ahamiyatga ega. Oxirgi ikkita ferment – di- va monoglitseridlipazalarning faolligi birinchi ferment – triglitseridlipazaning faolligidan 10–100 marta yuqori.

Triglitseridlipazalar gormonlarning ta'sirini sezuvchan fermentlar hisoblanadi. Ularning faolligi turli gormonlar bilan adenilatsiklaza tizimi orqali boshqarib turiladi. Jarayonni sxema ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:

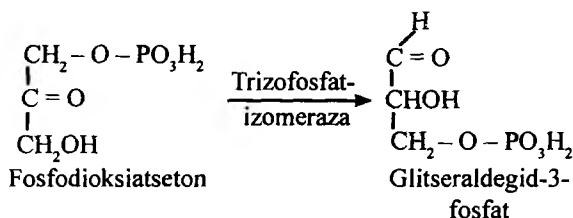
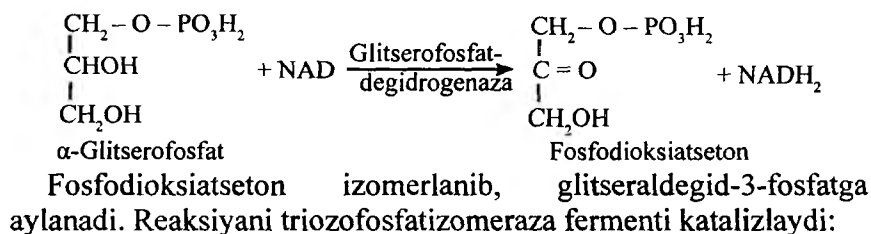


12.3. Glitserinning oksidlanishi

Hujayrada glitserinning almashinuvi uglevodlarning anaerob oksidlanish jarayoni – glikoliz bilan o'zaro bog'langan. Avvalo glitserin ATF hisobiga fosforlanib, α -glitserofosfatga aylanadi. Bu reaksiyani glitserokinaza fermenti katalizlaydi:



So'ngra hosil bo'lgan α -glitserofosfat glitserofosfatgidrogenaza fermenti ta'sirida glikolizning oraliq mahsuloti fosfodioksiatsetongacha oksidlanadi.



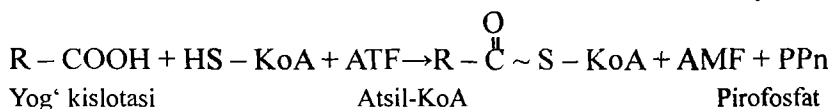
Hosil bo'lgan glitseraldehid-3-fosfat so'ngra uglevodlarning glikoliz va aerob oksidlanish yo'li bilan 3CO_2 va $3\text{H}_2\text{O}$ gacha to'la parchalanadi. Jarayonning energetik samaradorligiga glitserinni bir molekula pirouzum kislotasigacha oksidlanishida bir molekula ATF ($2-1=1$) sintezlanadi va 2 molekula NAD NADH₂ gacha qaytariladi. Pirouzum kislotasi uchkarbon kislotalar siklida to'la parchalanganda 15 molekula ATF hosil bo'ladi. Jami, 1 molekula glitserin 3CO_2 va $3\text{H}_2\text{O}$ gacha to'la parchalanganda $1+6+15=22$ molekula ATF sintezlanadi.

12.4. Yog' kislotalarining β -oksidlanishi

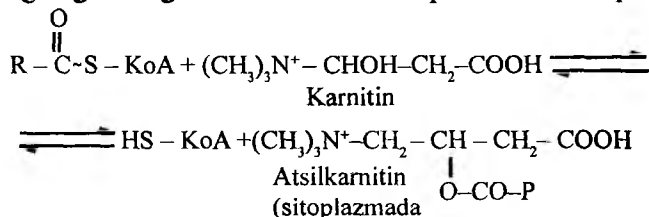
1904-yilda nemis fiziolog olimi F.Knop yog' kislotalarining β -oksidlanish gipotezasini taklif qildi. Bu gipotezaga binoan organizm to'qimalarida yog' kislotasi molekulasining oksidlanishi o'zining β -karbon atomida (ya'ni karboksil guruhidan hisoblaganda ikkinchi karbon atomida) sodir bo'ladi. Natijada yog' kislotasining karboksil guruhi tomonidan ikki karbon atomli fragmentlar – atseil-KoA shaklida birin-ketin uzila boradi.

Avvalo hujayraning sitoplazmasida (mitoxondriyalarning tashqi membranalari atrofida) yog' kislotalari koferment A (HS-KoA)

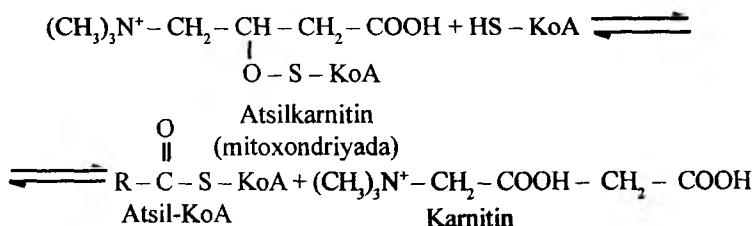
bilan ATFning energiyasi hisobiga reaksiyaga kirishib, o'zining "faol shakli" – atsil-S-KoA ni hosil qiladi. Reaksiya Mg^{2+} ionlari ishtirokida boradi va uni atsil-KoA-sintetaza fermenti katalizaydi:



Atsil-KoA (yog' kislotalari)ning oksidlanishi mitoxondriyalarda sodir bo'ladi. Sitoplazmadan mitoxondriyalarning matriksiga atsil guruhlarini tashuvchisi bo'lib karnitin xizmat qiladi. Maxsus sitoplazmatik ferment – karnitin-atsiltransferaza ishtirokida atsil-KoA karnitin bilan birikib, mitoxondriyalarning ichiga kirish qobiliyatiga ega bo'lgan atsilkarnitin kompleksini hosil qiladi:



Atsilkarnitin mitoxondriya membranasidan ichkariga o'tgandan so'ng teskari reaksiya sodir bo'ladi, ya'ni HS-KoA va mitoxondrial karnitin-atsiltransferaza fermenti ishtirokida atsilkarnitin atsil-KoA va karnitinga parchalanadi:



Hosil bo'lgan erkin karnitin sitoplazmaga qaytib chiqadi, atsil-KoA esa mitoxondriyada β -oksidlanish jarayoniga jalb qilinadi.

Yog' kislotalarining mitoxondriyada β -oksidlanish jarayoni ikkita bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda yog' kislotasi molekulasining

karboksil guruhi tomonidan ikki karbonli fragmentlar – atsetil-KoA shaklida birin-ketin uziladi. Har bir molekula atsetil-KoA fermentativ reaksiyalar sikli natijasida ajralib chiqadi. Masalan, 16 karbon atomini tutgan palmitin kislotasini parchalanishi yettita ana shunday takrorlanadigan sikllarni talab qiladi. Natijada 8 atsetil-KoA, 7 FADH₂ va 7 NADH₂ hosil bo‘ladi.

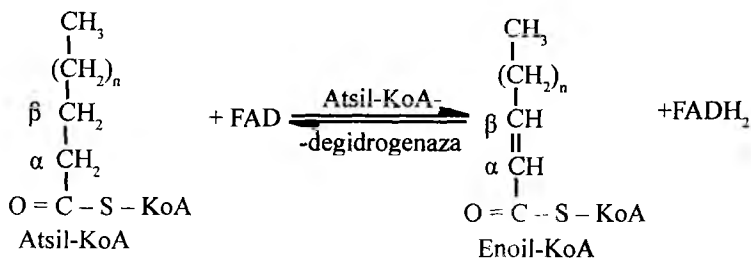
Yog‘ kislotalari oksidlanishining ikkinchi bosqichida ana shu atsetil-KoAlar uchkarbon kislotalar sikli (Krebs sikli) orqali to CO₂ va H₂O gacha oksidlanadi.

Bu jarayon ham mitoxondriyada sodir bo‘ladi.

Yog‘ kislotalar oksidlanishining har ikkala bosqichida ajralib chiqqan vodorod atomlari (elektron va protonlari) mitoxondriyalarning ichki membranalarida joylashgan nafas olish zanjiriga uzatiladi. Shu elektronlar oqimi ADFni ATFgacha oksidlanishli fosforlanish jarayoni bilan bir-biriga bog‘langan. Shunday qilib, yog‘ kislotalarining oksidlanishining har ikkala stadiyasida ajralib chiqayotgan energiya ATF shaklida jamg‘ariladi.

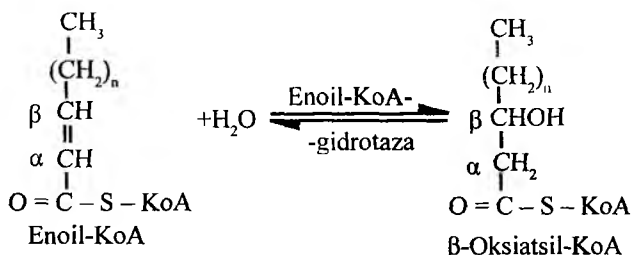
Yog‘ kislotalarining β-oksidlanish jarayonini birinchi bosqichining o‘zi to‘rtta bosqichdan tashkil topgan.

Birinchi bosqich – birinchi degidriralanish reaksiyasi. Prostetik guruh (kofermenti) FAD bo‘lgan atsil-KoA-degidrogenaza fermenti ta’sirida atsil-KoA molekulasidan ikkita vodorod atomi (α va β holatdagi) ajralib chiqib, enoil-KoAga aylanadi:

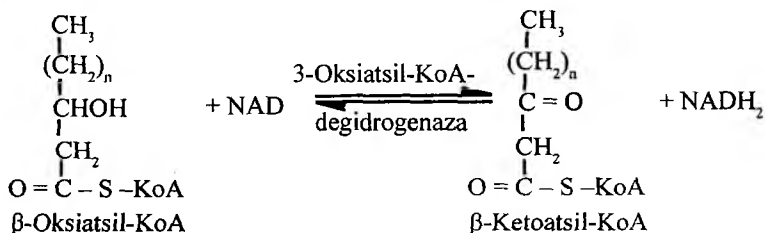


Tarkibida FAD tutgan atsil-KoA-degidrogenazalarning atsil-KoA molekulasida karbon zanjirining uzunligiga nisbatan spetsifik bir necha turlari bo‘ladi.

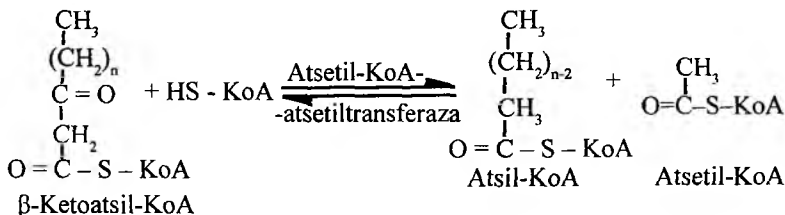
Ikkinchi bosqich – gidratatsiya reaksiyasi. To‘yinmagan (yoki enoil)-KoA bir molekula suvni biriktirib olib, β -oksiatsil-KoAga aylanadi. Reaksiyani enoil-KoA-gidrotaza katalizlaydi:



Uchinchi bosqich – ikkinchi degidririlanish reaksiyasi. Hosil bo‘lgan β -oksiatsil-KoA (yoki 3-oksiatsil-KoA) so‘ng koferment sifatida NAD tutgan 3-oksiatsil-KoA-degidrogenaza fermenti ta’sirida degidririlanib, β -ketoatsil-KoA (3-ketoatsil-KoA)ni hosil qiladi:



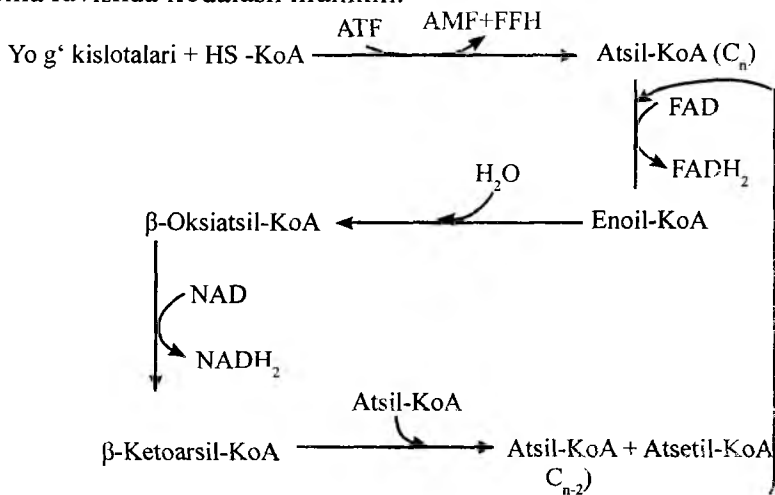
To‘rtinchi bosqich – tiolaza reaksiyasi. Atsetil-KoA-atsetiltransfera (tiolaza) fermenti va HS-KoA ishtirokida β -ketoatsil-KoA tiolitik parchalanishga duchor bo‘ladi va natijada bir molekula atsetil-KoA va ikkita karbon atomiga qisqargan atsil-KoA hosil bo‘ladi:



Shunday qilib, β -oksidlanish jarayonida atsil-KoA kofermentlari FAD va NAD bo‘lgan degidrogenazalar ishtirokida ikki marta

degidrirlanib tioletik parchalanadi. Natijada ikkita karbon atomiga kamaygan atsil-KoA va sirka kislotasining faol shakli – atsetil-KoA hosil bo‘ladi. Bu sikl atsil-KoA dan to 2 molekula atsetil-KoA hosil bo‘lguncha takrorladi. Hosil bo‘lgan atsetil-KoAlar so‘ng Krebs sikliga to‘la 2CO_2 va $2\text{H}_2\text{O}$ gacha parchalanadi.

Yog‘ kislotalarining β -oksidlanish jarayoni siklini quyidagi sxema ravishda ifodalash mumkin:



Yog‘ kislotalarining β -oksidlanish jarayonining energetik samaradorligi 1 molekula palmitin kislotasi oksidlanganda 130 molekula ATFni tashkil qiladi (5-jadval).

5-jadval

Palmitin kislotasining β -oksidlanishining energetik samaradorligi

No	Reaksiyalar	Qaytarilgan NADH, soni	Qaytarilgan FADH, soni	Sintezlangan ATF soni
1.	Yog‘ kislotalarining faollanishi (sitoplazmada)			—
2.	Atsil-KoA ni birinchi degidrir-lanishi		7	14
3.	β -oksiatsil-KoA ni degidrir-lanishi	7		21
4.	IzoKrebssining degid-rirlanishi va dekarboksillanishi	8		24

5.	α -ketoglutar kislotasining oksidlanishli dekar-boksillanishi	8		24
6.	Yantar (qahrabo) kislotasining hosil bo'lishi (substratli oksidlanish)			8
7.	Qahrabo kislotasining degidrilanishi		8	16
8.	Olma kislotasining degidrilanishi	8		24
Jami:		131 - 1 = 130 molekula ATF		

To'yinmagan yog' kislotalarining β -oksidlanish jarayoni to'yingan kislotalarnikidan ikkita qo'shimcha reaksiyalar va ikkita ferment ishtirok etishi bilan garq qiladi.

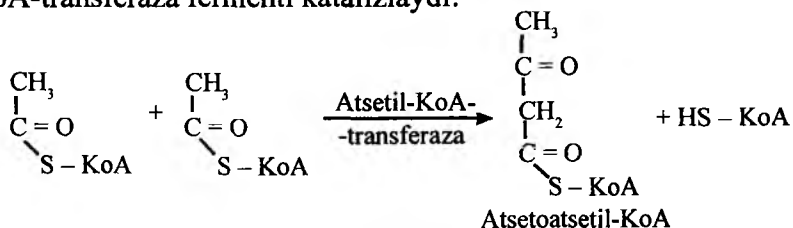
Tarkibida toq karbon atomlarini tutgan uzun zanjirli yog' kislotalari β -oksidlanganda jarayonning oxirgi reaksiyasida atsetil-KoA va propionil-KoA ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{S} - \text{KoA}$)

O

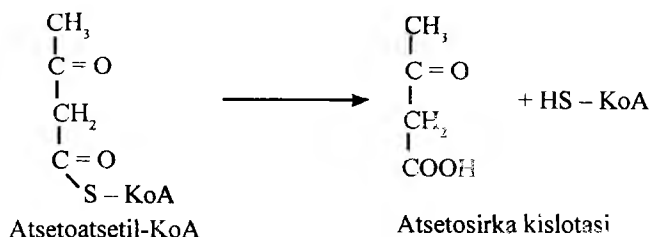
hosil bo'ladi. Propionil-KoA propionil-KoA-karboksilaza, D-metilmalonil-epimeraza hamda metilmalonil-KoA-mutaza fermentlari ishtirokida Krebs siklining oraliq metaboliti bo'lgan syksinil-KoA ga aylanadi.

12.5. Keton tanachalarining hosil bo'lishi

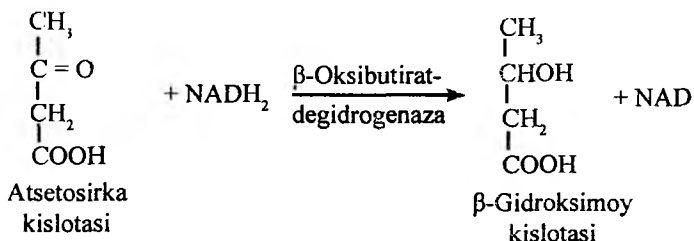
Agar atsetil-KoA ning hosil bo'lishi uni uchkarbon kislotalar siklida (Krebs siklida) oksidlanish imkoniyatidan ustunlik qilsa, ortiqcha qismi atsetoatsetil-KoA ga aylanadi. Reaksiyani atsetil-KoA-transferaza fermenti katalizlaydi:



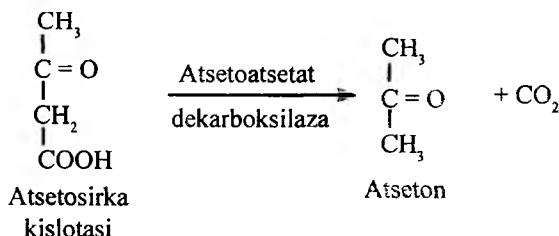
Hosil bo'lgan atsetoatsetil-KoA ikkita birin-ketin keladigan reaksiyalar natijasida deatsillanib, erkin atsetosirka kislotasini hosil qiladi:



Ortiqcha to'planayotgan vaqtda atsetosirka kislotasining bir qismi prostetik guruhi NAD bo'lgan β -oksibutiratdegidrogenaza fermenti ta'sirida qaytariladi va β -gidroksimoy kislotasiga aylanadi:



Shu bilan birga atsetosirka kislotasi turg'un modda bo'lmaganligi uchun o'z-o'zidan yoki atsetoatsetatdekarboksilaza fermenti ta'sirida karboksil guruhini yo'qotadi (dekarboksillanadi):



Atsetosirka va β -gidrosimoy kislotalari hamda atseton **keton tanachalari** nomi bilan yuritiladi. Ularning tez (ko'p) hosil bo'lishi **ketoz** deb ataladi. Qonda keton chalarining ortiqcha yig'ilishi **ketonemiya**, siydik bilan chiqarilishi esa **ketonuriya** deyiladi. Keton tanachalarining hosil bo'lish joyi jigar hisoblanadi va u yerdan qonga o'tib, boshqa a'zo va to'qimalarga tarqaladi.

Uzoq davom etadigan muskul faoliyatida ishlayotgan muskullarga qon bilan olib kelinayotgan yogʻ kislotalari singari atsetosirka va β -gidroksimoy kislotalari ham energiya manbalari sifatida muhim ahamiyatga ega.

Lekin, moddalar almashinuvining patologik vaqtlarida (och qolganda, organizmning uglevod zaxiralari sarflanib boʻlganda, qachon uglevodlarning ishlatilishi qiyinlashib qolganda va yogʻlarni jalb qilinishi va oksidlanishi kuchayganda) keton tanachalarining hosil boʻlishi, ularni periferik toʻqimalar ishlatishidan ortib keyadi va ulardan atsetonning hosil boʻlishi kuzatiladi, bu oʻz navbatida qonning atsidozi va organizmning normal ishlab turishini buzilishi bilan sodir boʻladi.

12.6. Neutral yogʻlar va fosfolipidlarning biosintezi

Ikkita har xil manbalarda hosil boʻlayotgan glitsero-3-fosfat asosida lipidlar sintezlanadi: 1) lipid (yogʻ)ning fermentative parchalanishidan hosil boʻlgan glitserin glitserolkinaza fermenti taʼsirida ATF hisobiga fosforlanib, glitsero-3-fosfatga aylanadi; 2) glikoliz jarayonida hosil boʻlayotgan dioksiatsetonfosfat glitserofosfatdegidrogenaza yordamida degidriqlanib, glitsero-3-fosfatni hosil qiladi.

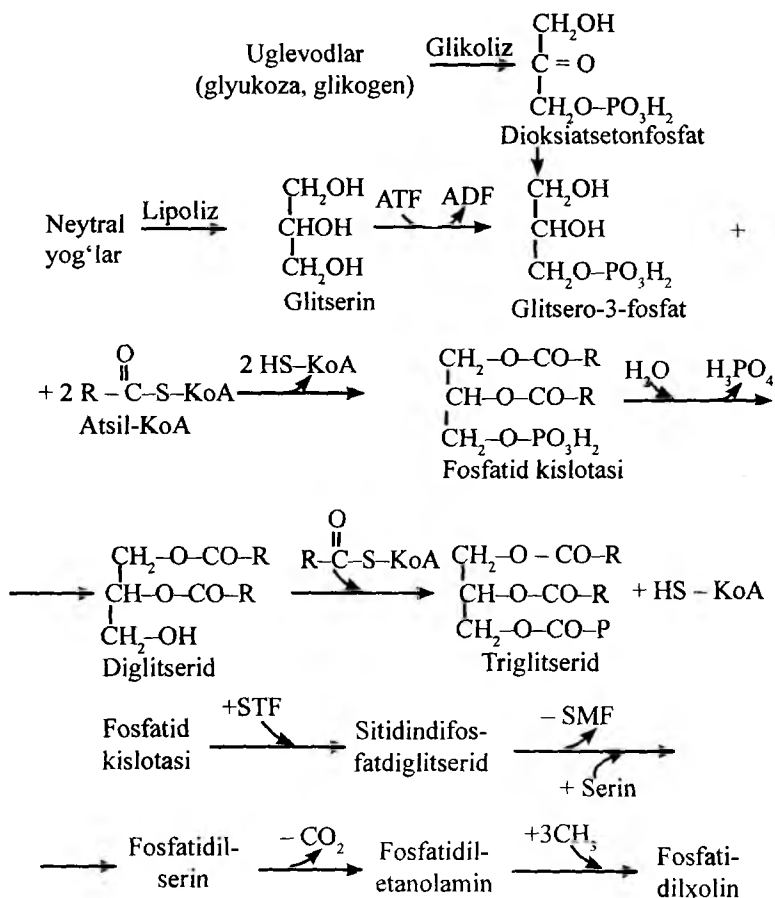
Har ikkala yoʻl bilan hosil boʻlgan glitsero-3-fosfat ikki molekula atsil-KoA (yogʻ kislotalarining “faollashgan” shakli) hisobiga atsilanadi, yaʼni ikki molekula yogʻ kislotasini 1,2-karbon atomlariga biriktirib oladi va fosfatid kislotasiga aylanadi. Reaksiyani glitserofosfatatsiltransferaza katalizlaydi. Soʻngra fosfatid kislota fosfatidatfosfataza fermenti taʼsirida defosforlanib, 1,2-digliseridni hosil qiladi va nihoyat, 1,2-diglitserid diglitserid-atsil-transferaza fermenti ishtirokida yana bir molekula yogʻ kislotasini biriktirib olib triglitserid (neutral yogʻ)ga aylanadi.

Shunday qilib, neytral yogʻlar (triglitseridlar)ning biosintez jarayonini sxema shaklida quyidagicha ifodalash mumkin:

Fosfolipidlarning biostntez jarayoni to fosfatid kislotasining hosil bo'lishigacha triglitseridlarning sintezlanish jarayoni bilan bir xil.

Fosfolipidlarning biosintezini asosiy yo'li fosfatid kislotasini sitidin nukleotidi – STF (sitidintrifosfat) bilan o'zaro ta'siridan boshlanadi.

Bu reaksiyada hosil bo'lgan sitidindifosfatdiglitserid turli fosfolipidlarning keyingi sintez jarayonida boshlang'ich birikmalari bo'lib xizmat qiladi:



Organizmida fosfatidilxokinlar bevosita oziqa bilan kirgan “tayyor” xolin hisobiga sintezlanishi mumkin.

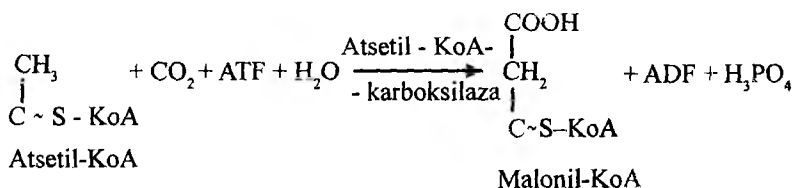
12.7. Yog‘ kislotalarining biosintezi

Keyingi yillarda aniqlanishicha, yog‘ kislotalarining biosintez yo‘llari ularning β -oksidlanish reaksiyalarini oddiy orqaga qaytishi emas, balki unda atsetil-KoA, malonil-KoA va sitoplazmatik poliferment kompleksi qatnashadigan ancha murakkab jarayon. Kompleksga oltita ferment va kichik molekulali atsil qoldiqlarini tashiydigan oqsil (ATO) kiradi.

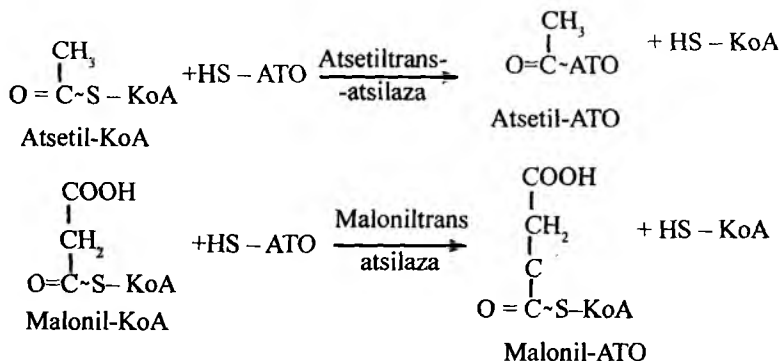
Yog‘ kislotalarining biosintezi mitoxondriyalarda amalga oshadigan yog‘ kislotalarining β -oksidlanishidan farq qilib, hujayra sitoplazmasidagi endoplazmatik to‘r (*reticulum*) membranalari yuzasida sodir bo‘ladi.

Sintezlanayotgan yog‘ kislotalari uchun karbon atomlari manbayi bo‘lib mitoxondrial atsetil-KoA dan hosil bo‘lgan sitoplazmatik atsetil-KoA xizmat qiladi.

Sitoplazmatik atsetil-KoA yog‘ kislotalari biosintezining boshlab beruvchisi (initsiatori) hamda sintezlanayotgan yog‘ kislotalarining ikki karbonli fragmentlarining bevosita birlamchi xomashyosi – malonil-KoA ning hosil bo‘lishini manbayi bo‘lib xizmat qiladi. Malonil-KoA atsetil-KoA-karboksilaza fermenti ta’sirida sitoplazmatik atsetil-KoA va karbonat angidrid CO_2 dan sitoplazmada hosil bo‘ladi.

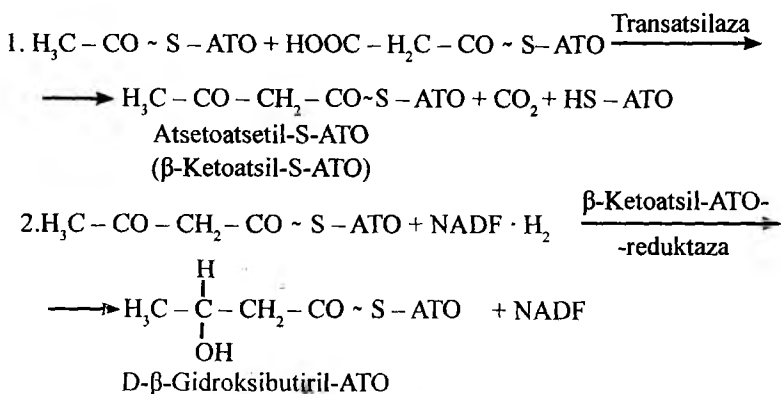


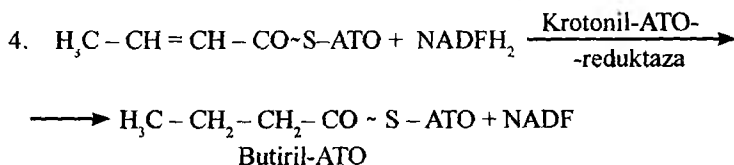
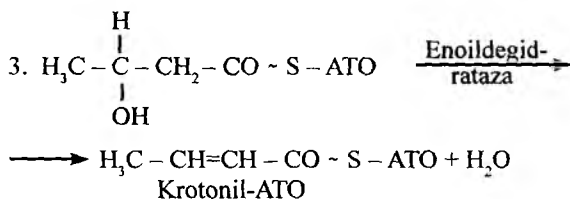
Hosil bo‘lgan atsetil-KoA va malonil-KoA so‘ng atsil tashuvchi oqsil (ATO) bilan reaksiyaga kirishadi. Atsetil-KoA va malonil-KoA larning atsil guruhlarini tegishli atsetiltransatsilaza va maloniltransatsilaza fermentlari yordamida ATOning tiol guruhlariga o‘tkaziladi:



So'ngra malonil-ATO boshida atsetil-ATO bilan birikish yo'li bilan karbon zanjiri uzayadi. Bu reaksiya natijasida bir molekula CO_2 ajralib chiqadi va atsetoatsetil-ATO (β -ketoatsil-ATO) hosil bo'ladi, keyin u NADFH_2 hisobiga to D- β -gidroksibutiril-ATO (D- β -gidrosiatsil-ATO)gacha qaytariladi va bir molekula suv ajralib, to'yinmagan atsil-ATO (krotonil-ATO)ga aylanadi va nihoyat NADFH_2 hisobiga to'yinmagan atsil-ATO butiril-ATO (atsil-ATO) ni hosil qiladi.

Bu to'rtta reaksiyalarni birin-ketin transatsilaza, β -ketoatsil-ATO-reduktaza, enoildegidrataza va krotonil-ATO-reduktaza fermentlari katalizlaydi:





To'rt karbon atomli atsil-ATO (ya'ni, butiril-ATO) hosil bo'lgandan keyin malonil-ATO dan ikki karbonli fragmentlarni butiril-ATO ga qaytadan birikish yo'li bilan jarayon takrorlanadi.

Pirovardida atsil-ATO karbonvodorod zanjirini ikki karbonli fragmentlarga birin-ketin uzaytirish yo'li bilan palmitil-ATO sintezlanadi. Bu reaksiyalarning barchasi hujayra sitoplazmasida endoplazmatik retikulum membranalari yuzasida sodir bo'ladi.

Karbon atomlarining soni 18 va undan ko'p juft sondan tashkil topgan yuqori yog' kislotalari mitoxondriyalarda pallitin kislotasining molekulasini atsetil-KoA hisobiga ikki karbonli fragmentlarga uzayish yo'li bilan sintezlanadi va bu jarayonni boshqa fermentlar katalizlaydi.

To'yinmagan yuqori yog' kislotalari, jumladan linol, linolen, araxidon va boshqalar, essensial, ya'ni oziqaning almashinmaydigan komponentlari bo'lganligi sababli odam va hayvon organizmlari ularni sintezlay olmaydi va faqat oziqa moddalari tarkibida iste'mol qiladi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

1. **O't kislotalari** – xolan kislotasining hosilalari bo'lib, ularga xol, dezoksixol va xenodezoksixol kislotalari kiradi.

2. **Lipazalar** – yog'larni gidrolitik parchalanish reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar.

3. **Fosfolipazalar** – fosfolipidlarni gidrolitik parchalaydigan fermentlar. Fosfolipazalarning A_1 , A_2 , C va D turlari mavjud.

4. **Fosfolipaza A_1** – fosfolipid molekulasidagi birinchi karbon atomidagi murakkab efir bog'ini uzadi.

5. **Fosfolipaza A_2** – ikkinchi karbon atomidagi murakkab efir bog'ini uzilish reaksiyasini katalizlaydi.

6. **Fosfolipaza C** – glitserinning uchinchi karbon atomida fosfor kislotasi qoldig'i bilan hosil bo'lgan murakkab efir bog'ini parchalaydi.

7. **Fosfolipaza D** – fosfolipid molekulasidagi fosfor kislotasi qoldig'i va azot asoslari orasidagi murakkab efir bog'ini uzilish reaksiyasini tezlashtiradi.

8. **Xolesteraza** – steridlarni xolesterin va yog' kislotalarigacha parchalaydi.

9. **Xilomikronlar** – triglitseridlar (80%), oqsillar (2%), fosfolipidlar (7%) va xolesterindan (8%) tashkil topgan o'lchami 0,1–5 mikrondan oshmaydigan mayda turg'un kompleks zarrachalar.

10. **KZL** – kichik zichlikdagi lipoproteid zarrachalari.

11. **JKZL** – juda kichik zichlikdagi lipoproteid zarrachalari.

12. **Lipoliz** – yog' depolarida yog'larning lipaza fermentlari ta'sirida parchalanishi.

13. **Keton tanachalari** – atsetosirka va β -gidroksimoy kislotalari hamda atsetonni aralashmasi.

14. **ATO** – atsil tashuvchi oqsil (yoki kislota qoldig'ini tashuvchi oqsil).

Savollar va topshiriqlar

1. *Katta yoshdagi odam organizmiga bir kecha-kunduzda oziqa tarkibida qancha miqdorda hayvon va o'simlik yog'lari kiradi?*

2. *Neytral yog'larning hazm bo'lidh jarayonida o't kislotalarining rolini tushuntirib bering.*

3. *O't suyuqligi tarkibida qaysi bir o't kislotalari ko'p miqdorda uchraydi? Ularning struktura formulalarini yozing.*

4. *Neytral yog'lar va fosfolipidlar oshqozon-ichak yo'lida qaysi fermentlar ta'sirida qanday moddalarga parchalanadi?*

5. Qonda triglitseridlar qanday yo'l bilan transport qilinadi?
6. Xilomikronning o'zi nima va u organizmda qanday funksiyani bajaradi?
7. Hujayrada glitserinning oksidlanish jarayonini sxema ravishda ifodalang va uning energetik samaradorligini hisoblab bering.
8. F.Knopning yog' kislotalarining β -oksidlanish gipotezasining asosiy mohiyatini tushuntiring
9. Bir molekula palmitin kislotalari to'la oksidlanganda necha molekula ATF sintezlanishini hisoblang.
10. Qanday moddalar aralashmasi keton tanachalari deb ataladi va ular qaysi a'zoda qanday moddalardan hosil bo'ladi?
11. Yog' kislotalarining β -oksidlanish jarayonining har bir siklida reaksiyalarning oxirgi mahsulotlari sifatida qaysi bir moddalar hosil bo'ladi?
12. Triglitseridlar (ya'ni neytral yog'lar) qanday moddalardan va hujayraning qaysi organoidida sinrezlanadi?
13. Fosfolipidlar biosintezining asosiy yo'li qaysi bir reaksiya bilan boshlanadi?
14. Sintezlanayotgan yog' kislotalar uchun qanday moddalar karbon atomlarining manbai bo'lib xizmat qiladi?

13. OQSILLAR VA NUKLEIN KISLOTALARNING ALMASHINUVI

13.1. Oqsillarning almashinuvi haqida umumiy tushuncha

Oqsillarning almashinuvi – organizmda barcha moddalar almashinuvining markaziy jarayoni hisoblanadi. U barcha boshqa sinf birikmalarining almashinuvi bilan chambarchas bog‘langan, chunki almashinuv jarayonlarining har qanday reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar – kimyoviy tabiatlari bo‘yicha oqsillardir. Oqsillar – turli biologik strukturalarning plastik (qurilish) materiallari bo‘lganligi sababli, oqsillarning almashinuvi ularning parchalanishi va yangilanib turilishida juda muhim rol o‘ynaydi. Odam organizmida oqsillarni yangilanib turishi yetarli darajada tez bo‘ladi: jigar oqsillarining yarmisi 10 sutkada, qon zardobiniki – 20–40 sutkada, muskullarniki ancha sekinroq yangilanib turadi.

Odam organizmi oziqa bilan oqsillarni doimo kirib turishini talab qiladi. Organizm ulardan barcha to‘qimalar oqsillarini sintezlash uchun asosiy plastik material sifatida foydalanadi. Lekin ular oldindan ovqat hazm qilish yo‘lida aminokislotalargacha parchalanmasdan hujayra strukturalari tarkibiga qo‘shila olmaydi. Chunki, hayvonlarga oqsil eritmalarini bevosita qonga yuborish tajribalarida, shu organizmga yot bo‘lgan oqsillar o‘zlarini parchalaydigan himoyalovchi – **antitelalarning** hosil bo‘lishiga olib keladi. Qonga begona oqsillarning ko‘p miqdorda kirishi organizmni og‘ir kasalliklarga, hatto o‘limga olib kelishi mumkin. Bu oqsillarning yuqori darajadagi *turga oid spetsifikligi* bilan bog‘langan. Har xil organizmlarning (hatto shu organizmning turli a‘zo va to‘qimalarining) oqsillari o‘zlarining aminokislotalar tarkibi, strukturasi va bajaradigan funksiyalari bilan bir-birlaridan keskin farq qiladi. Shuning uchun ham oziqa oqsillari ovqat hazm qilish tizimida spetsifiklikka ega bo‘lmagan tarkibiy qismlargacha,

ya'ni aminokislotalar va kichik molekulali peptidlarga albatta parchalangan bo'lishi kerak. So'ng ular qonga so'rilib, turli to'qimalar va a'zolarining oqsillarini yangilanib turishida qatnashadi.

Aqliy mehnat bilan shug'ullanadigan va o'rtacha og'irlikdagi jismoniy yuklamalarni bajaradigan katta yoshli odamlarning oqsilga bo'lgan bir kecha-kunduzlik ehtiyoji o'rtacha 80–100 grammni tashkil qiladi. Oziqa tarkibidagi oqsillarni (aminokislotalarni) yetishmasligi yoki umuman bo'lmasligi organizmda ularning biosintez jarayonini buzilishiga, o'sishni to'xtatib qolishiga, tana massasining kamayishiga va pirovardida organizmni o'limga olib keladigan patologik o'zgarishlarga sabab bo'ladi.

Odam va hayvon organizmlarida aminokislotalar – oziqa oqsillari va qisman to'qimalarning o'zlarining oqsillarini gidrolitik fermentativ parchalanishidan, tabiati oqsil bo'lmagan – uglevodlar va lipidlar almashinuvining oraliq metabolitlaridan hosil bo'ladi. Biroq, odam organizmida bir qism aminokislotalar, ya'ni almashinadigan aminokislotalar biri boshqasiga aylanishi yoki moddalar almashinuvining oraliq metabolitlaridan sintezlanishi mumkin.

Boshqa qismi – almashinmaydigan aminokislotalar esa organizmga faqat oziqa oqsillari tarkibida kiradi (4.4-§ga qarang). Tarkibida barcha (20 xil) aminokislotalarni organizm uchun kerakli nisbatda tutgan oqsillar **to'la qiymatli (yoki kimyoviy qiymati yuqori) oqsillar** deb ataladi. Bunday oqsillar – go'sht, baliq, tuxum, tvorog va boshqa hayvon mahsulotlari oqsillaridir. Almashinmaydigan aminokislotalarni ko'p va optimal nisbatini tutgan oqsillar **biologik qiymati yuqori** oqsillar hisoblanadi. Ular, asosan, dukkakdoshlar oilasi vakillarining urug'larida, bug'doy va makkajo'xoringing donlarida ancha ko'p miqdorda bo'ladi.

Aminokislotalar qaysi bir yo'l bilan hosil bo'lmasin (to'qima oqsillarining parchalanishi, ovqatni hazm qilish jarayonida yoki tabiati oqsil bo'lmagan moddalardan yangidan hosil bo'lishi natijasida), ularning hammasi umumiy **aminokislotalarning metabolik fondiga** tushadi va undan har bir hujayra o'zining ehtiyoji uchun ishlatadi.

13.2. Oqsillarning hazm bo'lishi

Oziqa oqsillari oshqozon-ichak yo'lida proteolitik fermentlar – **peptidgidrolazalar** ta'sirida parchalanishga uchraydi. Bu fermentlar oqsil molekulasida aminokislotalar orasidagi peptid bog'larini gidrolitik parchalanishni tezlashtiradi. Peptidgidrolazalarga oshqozon shirasidagi **pepsin**, oshqozon osti bezi shirasidagi **tripsin**, **ximotripsin**, **karboksipeptidazalar** hamda ingichka ichak shirasidagi **aminopeptidaza** va turli **dipeptidazalar** kiradi.

Oqsillarning hazm bolishi oshqozonda xlorid kislotasi (HCl) va oshqozon shirasining pepsini ta'sirida boshlanadi. Avvalo oshqozon shirasining xlorid kislotasi ta'sirida fermentning faol bo'lmagan shakli – pepsinogenni faol proteolitik ferment pepsinga aylanadi. Pepsin ko'pincha fenilalaninning karboksil guruhi va leysinning aminoguruhi hosil qilgan peptid bog'larini uzilishini tezlashtiradi. Boshqa ma'lumotlarga ko'ra pepsin aromatik aminokislotalar va dikarbon kislotalari hosil qilgan peptid bog'lari yoki ikkita gidrofob aminokislota orasidagi peptid bog'ining uzilishini katalizlaydi. Pepsin uchun vodorod ionlarining optimal konsentratsiyasi, ya'ni pH 1,5–2,5 ga teng.

Muhitning pH 6 dan yuqori bo'lganda pepsin inaktivatsiyaga uchraydi, ya'ni faolligini yo'qotadi. Pepsin – endopeptidazalar guruhiga kiradi. Uning katalitik faolligi nihoyatda yuqori: 1 g kristall holatdagi pepsin 2 soat davomida 50 kg denaturatsiyalangan tuxum oqsilini gidrolitik parchalaydi. Natijada oqsil molekulasidan yirik-yirik bo'lakchalar – nisbatan ancha yuqori molekulali polipeptidlar hosil bo'ladi.

Bu polipeptidlar oshqozondan o'n ikki barmoqli ichakka o'tib, u yerda kuchsiz ishqoriy muhitda (pH 7,8 atrofida) oshqozon osti shirasi fermentlari – tripsin, ximotripsin va karboksipeptidgidrolazalar ta'sirida bundan keyingi o'zgarishlarga uchraydi.

Tripsin arginin va lizinning karboksil guruhlari va boshqa aminokislotalarning aminoguruhlari hosil qilgan peptid bog'larining parchalanish reaksiyalarini katalizlaydi; ximotripsin aromatik aminokislotalar fenilalanin, tirozin va triptofanlarning (ba'zi ma'lumotlarga ko'ra leysin va metioninning ham) karboksil

guruhlari qatnashgan peptid bog‘larining gidrolitik parchalanishini tezlashtiradi.

Bu har ikkala ferment (tripsin, ximotripsin) ta’siri natijasida oshqozonda pepsinni oqsillarga ta’siridan hosil bo‘lgan yuqori molekulali polipeptidlar kichik molekulali peptidlarga va bir oz miqdorda erkin aminokislotalarga aylanadi. Ikkala ferment ham kuchsiz ishqoriy sharoitda (pH 7,2–7,8) yuqori faollikka ega va ular endopeptidazalar guruhiga kiradi. Tripsinning nafaol shakli enterokinaza fermenti ta’sirida faol tripsinga aylanadi. Keyin tripsinogenning tripsinga aylanishi autokataliz yo‘li bilan amalga oshiriladi (tripsinning o‘zi tripsinogeni tripsinga aylantiradi). Tripsin boshqa peptidazalar – ximotripsin, karboksi- va aminopeptidazalarni ham faollashtiradi.

Shunday qilib, uchala endopeptidaza (pepsin, tripsin, ximotripsin) larni oqsillarga gidrolitik ta’siri tufayli har xil uzunlikdagi peptidlar va biroz miqdorda erkin aminokislotalar hosil bo‘ladi. Peptidlarning bundan keyin to erkin aminokislotalargacha gidrolizi **peptidaza** – fermentlari guruhi (karbosi-peptidaza, aminopeptidaza va turli dipeptidazalar) yordamida ingichka ichakda **amalga** oshadi. Karbosi-peptidaza – oshqozon osti bezida, **amino-peptidaza** va turli dipeptidazalar – ingichka ichak bezlarida **faol** bo‘lmagan profermentlar shaklida sintezlanadi, so‘ng tripsin ta’sirida faollashadi. Ingichka ichakda kichik molekulali peptidlar (polipeptidlar)ning C-oxiridan (erkin karboksil guruhli tomonidan) aminokislotalarni bitta-bittadan uzadigan karbosi-peptidazalar (A va B) va xuddi shuning o‘zini peptidning erkin aminoguruhli tomoni – N-oxiridan amalga oshiradigan – aminopeptidazalar ta’siriga uchraydi. Natijada erkin aminokislota va dipeptidlar hosil bo‘ladi.

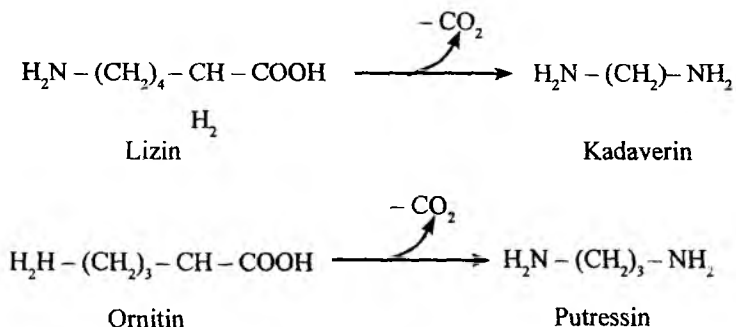
Oxirgilari turli dipeptidazalar yordamida erkin aminokislotalargacha parchalanadi.

Aminokislotalar va biroz miqdordagi **kichik molekulali peptidlar ichak** devorlari orqali faol transport yo‘li bilan membranadagi Na⁺ ionlari **gradiyenti** energiyasi hisobiga qonga tashiladi va har xil to‘qima va a‘zolarining hujayralariga tarqatiladi.

13.3. Ichakda oqsillarning chirishi

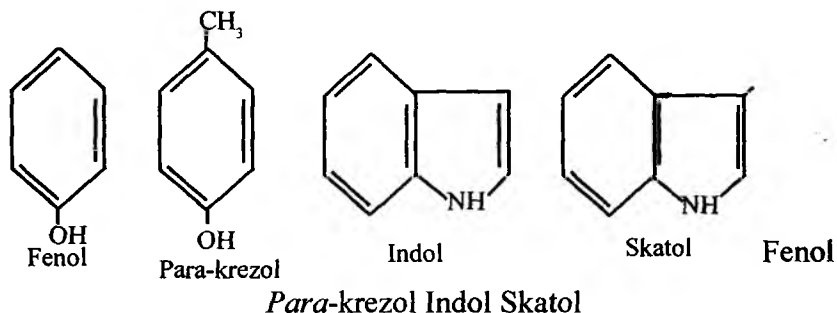
Qonga so‘rilmay qolgan aminokislotalar va biroz miqdordagi oqsillardan ichakning mikroflorasi oziqa sifatida foydalanadi. Ichakning pastki bo‘limlarida turli chirituvchi mikroorganizmlar (bakteriyalar) ishlab chiqarayotgan fermentlar ta’sirida aminokislotalar parchalanib, aminlar, yog‘ kislotalari, spirtlar, fenol, para-krezol, indol, skatol, sulfidril gazi (SH_2), metilmerkaptan va boshqalarga aylanadi. Ularning ko‘pchiligi organizm uchun kuchli zahar hisoblanadi. Mana shu jarayonba’zida *ichakda oqsillarning chirishi* deb ataladi.

Chirish jarayonining asosida ichak mikroflorasi ishlab chiqarayotgan fermentlar ta’sirida turli aminokislotalarning dekarboksillanish, dezaminirlanish oksidlanish reaksiyalari yotadi. Jumladan, lizin va ornitin aminokislotalari ichak mikroflorasi fermentlari ta’sirida dekarboksillanishga uchrab, kadaverin va putressin aminlarini hosil qiladi. Odatda, bu aminlar “*murda zahari*” nomi bilan yuritiladi:



Analogik yo‘l bilan ichakda chirishdan fenilalaninidan – feniletilamin, triptofandan – triptamin, 5-oksitriptofandan – serotonin, tirozindan – tiramin, gistidindan – gistamin va hokazolar hosil bo‘ladi. Ichakda mikroflora fermentlari ta’sirida hosil bo‘layotgan aminlar (serotonin, tiramin, gistamin va boshqalar) qonga so‘rilgandan keyin organizmga kuchli fiziologik ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning

uchun ham ichak epiteliyalarida tegishli aminoksidazalar yordamida oksidlanish yo‘li bilan zararsizlantiriladi. Oqsillar chirishining zaharli mahsulotlaridan fenol, krezol (para-krezol), indol, skatollarni ko‘rsatish mumkin. Bakteriyalar ta‘sirida tirozinning parchalanishidan fenol, krezol (para-krezol), triptofandan esa indol, skatol hosil bo‘ladi:



Bu zaharli moddalar qonga so‘rilgandan so‘ng jigarda yoki sulfat, yoki glyukuron kislotalari bilan birikib, qo‘sh kislotalarni hosil qilish yo‘li bilan zaharsizlantiriladi.

Ichak bakteriyalari ta‘sirida sistein va metionin aminokislotalarining to‘la parchalanishidan sulfgidril *gazi* (H_2S), metilmerkaptan (CH_3SH) va tarkibida oltingugurt tutgan boshqa birikmalar hosil bo‘ladi. Oshqozon-ichak yo‘lida oqsillarning hazm bo‘lish jarayonining buzilishi yo‘g‘on ichakda mikroorganizmlarning fermentlari ta‘sirida oqsillarning chirish jarayonini tezlashtiradi.

13.4. Oqsillarning biosintezi

Oqsillarning biosintezi plastik almashinuvning eng muhim jarayoni hisoblanib, organizmning barcha hujayralarida sodir bo‘lib turadi. Oqsillar sintezi DNKdan olingan irsiy axborot asosida kodlash mexanizmiga muvofiq amalga oshiriladi, natijada bu jarayonda oqsil sintezini ta‘minlaydigan nukleotidlar ketma-ketligi tartibi shaklida yozilgan axborotni DNK molekulasidan iRNK (mRNK) molekulasiga ko‘chiriladi. So‘ng mRNK molekulasidan bu axborot sintezlanayotgan oqsil strukturasi, ya‘ni polipeptid zanjiriga aminokislotalar ketma-ketligi shaklida o‘tadi.

Oqsil sintezida nuklein kislotalarning qatnashish mexanizmlarini aniqlashda F.Krik, M.Nurinberg, O.Ochao, S.Veys, A.N. Belozerskiy, A.A. Bayev, A.S. Spirin va boshqa olimlarning ilmiy-tadqiqot ishlari muhim rol o'ynadi.

Oqsillarning sintez jarayonining barchasini ikki bosqichga bo'lish mumkin. Birinchi bosqich – **transkripsiya (ko'chirish)** – oqsil strukturasi to'g'risidagi axborot DNK molekulasidan mRNK molekulasiga ko'chirish jarayonini o'z ichiga oladi. Bu jarayon hujayraning yadrosida DNKning reduplikatsiyasiga o'xshash o'tadi, ya'ni komplementarlik prinsipi asosida, faqat DNKning ikkinchi zanjiri emas, balki RNK zanjiri hosil bo'ladi. Bunda ferment – transkriptaza DNKning promoter qismiga kelib birikadi. Promoter qism – DNKning shu joyidan transkripsiya boshlanadigan bo'lagi. Jarayonning boshlanishiga **initsiatsiya**, davom etishiga – **elongatsiya** va tugallanishiga – **terminatsiya** deyiladi. mRNK hosil bo'lganidan so'ng **protsessing** (shakllanish, yetilish) jarayoni amalga oshadi. Hosil bo'lgan mRNK sitoplazmaga chiqadi va ribosomalar bilan bog'lanadi, ya'ni polisomalarni hosil qiladi. Polisomalarda oqsil sintezi amalga oshadi.

Ikkinchi bosqich – **translyatsiya** – oqsil strukturasi to'g'risidagi axborotni mRNKdan oqsil molekulasiga ko'chirish jarayonidir. Oqsil strukturasi to'g'risidagi axborot mRNKda nukleotidlar ketma-ketligi shaklida yozilgan bo'ladi. Demak, sintezlanadigan oqsilning aminokislotalar soni va ketma-ket joylashish tartibi mRNKning nukleotidlar soni va ketme-ket joylashish tartibiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun oqsil sintezining bu bosqichi **translyatsiya** deyiladi. Translyatsiya – tarjima qilish ma'nosini anglatadi, ya'ni irsiy axborot nuklein kislotalar tilidan aminokislotalar tiliga o'tishini bildiradi.

Oqsil sintezi biologik kodlash (genetik kod) yo'li bilan sodir bo'ladi. Uning mohiyati shundan iboratki, har bir aminokislotaga DNK zanjirining uchta yonma-yon joylashgan nukleotidlaridan tuzilgan qismi mos keladi. Bu uchala nukleotid **triplet** yoki **kodon** nomi bilan yuritiladi. Ma'lumki, oqsillarning tarkibiga kiradigan aminokislotalar turlarining soni 20 taga teng, DNKning tarkibidagi turli nukleotidlar (azot asoslari)ning soni esa atigi 4 taga teng. To'rt nukleotidning uchtdan mumkin bo'lish ehtimoli bo'lgan tripletlar

(kodonlar) $4^3 = 64$ aminokislotani kodlashi mumkin. Mana shu kodlash tizimi eng optimal tizim hisoblanadi, chunki, agar kodon 2 ta nukleotiddan tuzilgan bo'lsa, $4^2 = 16$ ta aminokislotani, bordi-yu, 4 ta nukleotiddan tashkil topgan bo'lsa, $4^4 = 256$ ta aminokislotani kodlashi kerak bo'lar edi.

Hozirgi vaqtda genetik simvollarning lug'ati, ya'ni 20 xil aminokislotalar uchun kodonlar ro'yxati tuzilgan (6-jadval).

6-jadval

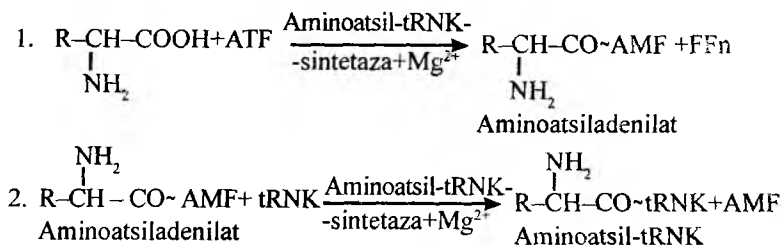
		Genetik kod					
		Kodonning ikkinchi nukeotidi					
		U	S	A	G		
Kodonning birinchi nukleotidi	U	UUU } Phe	USU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Gys	U	Kodonning uchinchi nukleotidi
		UUS } Leu	USS } Ser	UAS } Tyr	UGS } Gys	S	
		UUA } Leu	USA } Ser	UAA } terminator	UGA } terminator	A	
		UUG } Leu	USG } Ser	UAG } terminator	UGG } Trp	G	
	S	SUU } Leu	SSU } Pro	SAU } Gls	SGU } Arg	U	
		SUS } Leu	SSS } Pro	SAS } Gln	SGS } Arg	S	
		SUA } Leu	SSA } Pro	SAA } Gln	SGA } Arg	A	
		SUG } Leu	SSG } Pro	SAG } Gln	SGG } Arg	G	
	A	AUU } Ile	ASU } Tre	AAU } Asn	AGU } Ser	U	
		AUS } Ile	ASS } Tre	AAS } Lys	AGS } Arg	S	
		AUA } Ile	ASA } Tre	AAA } Lys	AGA } Arg	A	
		AUG } Met+inis	ASG } Tre	AAG } Lys	AGG } Arg	G	
	G	GUU } Val	GSU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U	
		GUS } Val	GSS } Ala	GAS } Gly	GGS } Gly	S	
		GUA } Val	GSA } Ala	GAA } Gly	GGA } Gly	A	
		GUG } +inisas	GSG } Ala	GAG } Gly	GGG } Gly	G	

Misol uchun UUU triplet fenilalaninni kodlaydi, AAA triplet – lizinni, UGS triplet sisteinni kodlaydi va h.k. Har bir kodon (triplet) ma'lum bitta aminokislotaga to'g'ri keladi, lekin bitta aminokislotaning o'zi bir nechta kodonlar bilan kodlanishi mumkin. Jumladan, ko'pchilik amonokislotalarning 2 tadan to 6 tagacha kodonlari bor.

Faqat ikkita amonokislota – triptofan va metionin bittadan kodonga ega. 6-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar shu narsani ko'rsatadiki,

mumkin bo'lgan 64 ta kodondan 61 tasi har xil amonokislotalarni kodlaydi, uchtasi – UAG, UAA va UGA amonokislotalarni kodlamaydi, lekin **terminator kodonlar** funksiyasini bajaradi, ya'ni polipeptid zanjirining tugash joyini ko'rsatadi. AUG kodoni esa (formilametonil-tRNK) – polipeptid zanjiri boshlanishini aniqlaydi.

Kod **universal**, chunki u barcha tirik organizmlar uchun xarakterli, ya'ni hamma tirik organizmlar aminokislotalarning xuddi o'sha bir xil genetik kodiga ega. Bundan tashqari, genetik kod o'zining **tripletligi** (bitta aminokislota 3 ta ketma-ket joylashgan nukleotidlar bilan kodlanadi), **tug'maliligi** (bitta aminokislota bir nechta triplet to'g'ri kelishi mumkin), **uzluksizligi** (tripletlar orasida to'siq (yoki bo'sh joy) yo'q, ya'ni bitta gen doirasida bir nuqtadan va to'xtovsiz bir tomonga qarab "o'qiladi") va **bir-birini to'smasligi** yoki yopib qo'ymasligi (bitta genning tripleti bir vaqtning o'zida qo'shni genga kirishi mumkin emas yoki tripletning oxirgi nukleotidi boshqa tripletning boshlang'ich nukleotidi bo'lib xizmat qilishi mumkin emas). Oqsillarning sintezi yoki translyatsiya jarayonini shartli ravishda ikkita bosqichga bo'lish mumkin: aminokislotalarni faollashtirish va translyatsiya jarayonining o'zi. Oqsillarning sintezi uchun zarur sharoitlardan biri aminokislotalarning bo'lishi emas, balki faollashtirilgan aminokislotalarning bo'lishidir. Sitoplazmada aminokislotalarni faollashtirish maxsus fermentlar – aminoatsil-tRNK-sintetazalar yordamida va ATF hamda maxsus tRNK ishtirokida amalga oshadi:



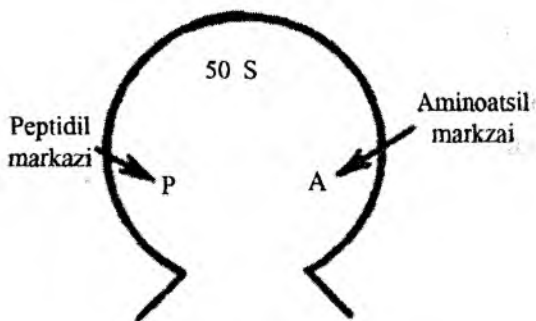
Hosil bo'lgan aminoatsil-tRNK kerakli energiya zaxirasiga ega. Shu narsani uqtirib o'tish kerakki, har bir aminokislota barcha transport RNKlar uchun bir xil bo'lgan oxirgi triplet SSAdagi AMFning 3'-gidroksili (yoki 2'-gidroksili) bilan spetsifik ravishda

birikadi (ya'ni har bir aminokislota o'zining maxsus tRNKsidagi SSA oxirining AMFi bilan birikadi).

Oqsilning matritsali sintezining ikkinchi bosqichi – ribosomalarda sodir bo'ladigan translyatsiyaning o'zini ham shartli ravishda uchta bosqichga bo'linadi: initsiatsiya, elongatsiya va terminatsiya.

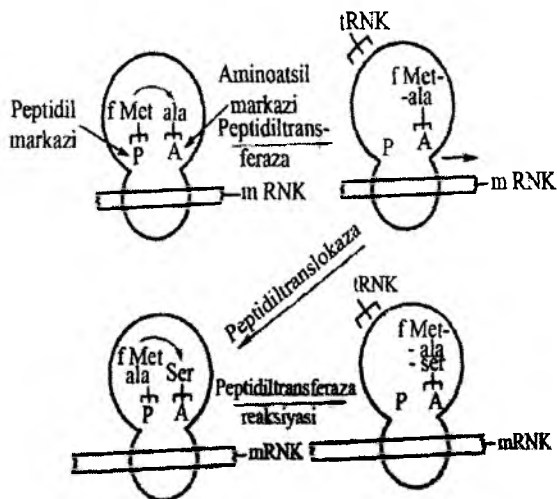
Oqsil sintezining boshlanishi **initsiatsiya** deb ataladi. Polipeptid zanjiri o'zining N-oxiridan boshlab C-oxiriga qarab tuzila boshlaydi. Polipeptid zanjirining sintezi (masalan *E.Soli* bakteriyasida) doimo N-oxirgi amunokislota sifatida metionindan boshlanib, ribosomada oqsil sintezida N-formilmetionil-tRNK (initsiatsiyalovchi (boshlovchi) aminoatsil-tRNK) shaklida qatnashadi. Eukariotlarda sintezni metionil-tRNK boshlaydi. Shunday qilib, N-formilmetionil-tRNK birinchi aminoatsil-tRNK bo'lib, N-oxiridagi aminokislota qoldig'ini ulash va shu bilan birga translyatsiya jarayonining boshlanishini aniqlaydi. Oqsil sintezi polipeptid zanjirining N-oxiridan C-oxirigacha qarab boradigan yo'nalishda amalga oshadi. Oqsil biosintezining initsiatsiyasi bakteriyalarda F_1 , F_2 va F_3 deb belgilanadigan oqsilli omillar ishtirokida amalga oshadi.

Har bir ribosomaning kichik subbirligining qarshisida, ya'ni katta 50S subbirligida ikkita markaz joylashgan bo'ladi (27-rasm): bittasi uzayotgan polipeptid zanjirini bog'laydigan – **peptidil markazi** yoki **P-markaz**, ikkinchisi har safar yangi aminoatsil-tRNKni bog'laydigan – **aminoatsil markazi** yoki **A-markaz**.



27-rasm. tRNKni bog'lanishidan ribosomaning 50S subbirligini ikkita markazi

Oqsil molekulasining sintezi A-markazdan boshlanadi (28-rasm). Faollashgan aminokislota bilan bogʻlangan tRNK ribosomaga koʻchiriladi ba A-markazda antikodoniga toʻgʻri kelgan (komplementlar) mRNKning kodoniga bogʻlanadi, N-formilmertonil-tRNK esa P-markazga oʻrnashib, mRNKning AUG yoki GUG kodoni bilan bogʻlanadi.



28-rasm. Polipeptid zanjirining elongatsiya jarayoni

Soʻng aminokislotalarni birin-ketin oʻz joylariga qoʻyish va ularni polipeptid zanjiriga bogʻlash amalga oshiriladi. Bu jarayon – translyatsiyaning **elongatsiyasi** nomi bilan yuritiladi. Aminokislotalar polisomalarga aminoatsil-tRNK shaklida kiradi. Oldin elongatsiyaning bir guruh omillari GTF va aminoatsil-tRNK bilan kompleks hosil qilib, aminoatsil-tRNKning oqsil sintezini kodoniga muvofiq ribosomaning faol A-markazi bilan bogʻlanishini taʼminlaydi. Soʻng ribosomaning peptidiltransferaza fermenti peptidil-tRNKni (oldingi N-formilmertonil-tRNKni) P-markazdan ribosomaning A-markaziga polipeptidni (oldingi N-formilmertonil-tRNKni) koʻchirib, aminoatsil-tRNKga ulaydi va tRNKni ajratib

chiqaradi. Polipeptid zanjiri 1 ta aminokislota qoldig'iga uzayadi. So'ngra elongatsiyaning o'ziga xos omili – **translokaza** fermenti ta'sirida ribosoma mRNK zanjiri bo'ylab mRNKning 5'-oxiriga qarab yana bitta tripletga siljiydi. Ana shu siljish vaqtida uzunlashgan peptidil-tRNK yana P-markazga o'tadi, A-markaz to'la bo'shaydi va yangi aminoatsil-tRNKni bog'lab olishga tayyor (28-rasm). Keltirilgan reaksiyalar ushbu oqsilning sintezini tugallangunicha davom etadi.

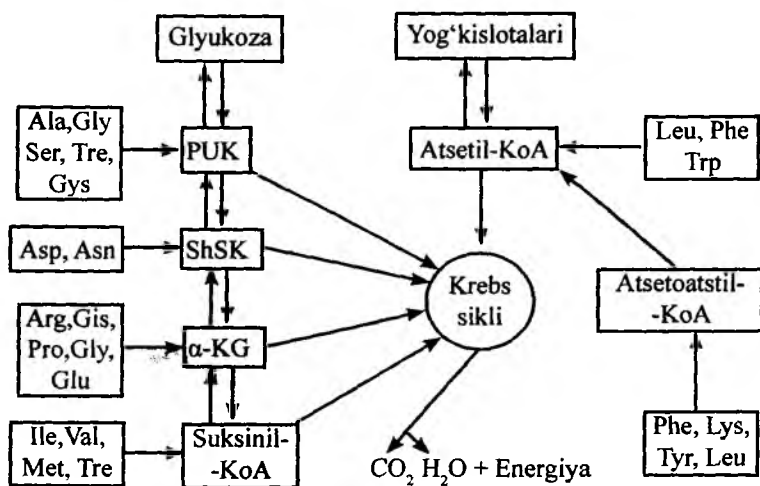
Ribosomada oqsil sintezining tugallanishi, ya'ni **terminatsiyasi** ham o'ziga xos oqsil omillari va GTF ishtirokida amalga oshiriladi. Ribosomaning A-markazi qarshisida mRNKning terminator kodonlaridan (UAA, UAG, UGA) biri paydo bo'lishi bilan unga terminatsiya omillaridan biri birikib oladi va aminoatsil-tRNK molekulalarini birikish imkoniyatini blokirovka qilib qo'yadi va oqsil sintezi tugallanadi. Ribosomal oqsillarning peptidilesteraza fermenti ta'sirida hosil bo'lgan polipeptid va RNK orasidagi murakkab efir bog'lari uziladi. Natijada ribosomada sintezlangan oqsil undan ajraladi va sitoplazmaga chiqadi. Sintezlangan polipeptid zanjiri keyinchalik modifikatsiyaga uchraydi, ehtimol, shu bilan birga N-oxiridagi metionin ajraladi va aminokislota fragmentlari birikadi.

Sitoplazmada sintezlangan polipeptid zanjirlari disulfid va vodorod ko'priklariga ega bo'ladi. Oqsilning ikkilamchi va uchlamchi strukturalarining paydo bo'lishi, ba'zi mualliflarning fikricha, qo'shimcha fermentlarni yoki alohida genetik omillarni talab qilmaydi.

13.5. Hujayrada aminokislotalarning almashinuvi

Hujayrada oqsillar biosintezi uchun ishlatilmay qolgan hamda intensiv jismoniy yuklamalar ta'sirida muskul oqsillarining parchalanishidan hosil bo'lgan aminokislotalar almashinuvning oxirgi mahsulotlarigacha parchalanishga duchor bo'ladi. Oqsillarning tarkibiga kirgan 20 xil aminokislota uchun har birining o'ziga xos 20 ta har xil parchalanish yo'llari bor, lekin ularning hammasini almashinuvlari (parchalanishi) Krebs siklida

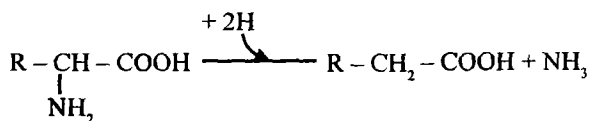
tugallanadigan nisbatan soni uncha ko'p bo'lmagan oraliq mahsulotlarning hosil bo'lishiga olib keladi: 5 ta aminokislota – leysin, lizin, tirozin, triptofan, fenilalanin – atsetil-KoAga, 5 ta aminokislota – alanin, glitsin, serin, treonin, sistein – oldin pirouzum kislotasiga, so'ng atsetil-KoAga, 5 ta aminokislota – arginin, gistidin, prolin, glutamin, glutamin kislotasi – α -ketoglutar kislotasiga, 4 ta aminokislota – izoleysin, valin, metionin, treonin – suksinil-KoAga, 2 ta aminokislota – asparagin va asparagin kislotasi – oksaloatsetat kislotasiga aylanadi. Quyida ana shu jarayonlar sxema shaklida keltirilgan:



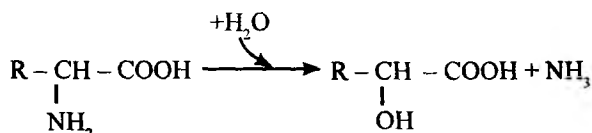
Garchi har bir aminokislotaning parchalanishi ko'p bosqichlar orqali sodir bo'lsa ham, ularda qatnashayotgan fermentativ reaksiyalarning turlari hamma aminokislotalar uchun bir xil va ular – **dezaminirlanish**, **transaminirlanish (pereaminirlanish)** va **dekarboksillanish** reaksiyalaridir.

Aminokislotalarning dezaminirlanish reaksiyalarining 4 ta turi borligi aniqlangan va ularning tegishli ferment tizimlari ajratib olingan. Barcha hollarda NH_2 guruh ammiak (NH_3) sifatida ajralib chiqadi. Dezaminirlanish reaksiyalarining ana shu 4 turi quyida sxema ravishda keltiriladi:

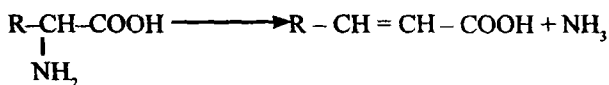
1. Qaytarilishli dezaminirlanish



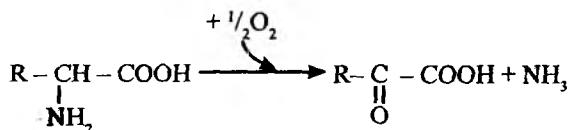
2. Hidrolitik dezaminirlanish



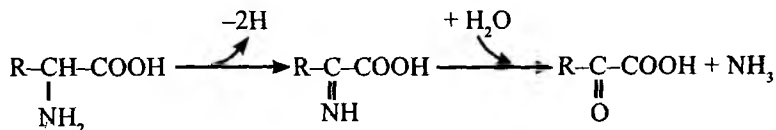
3. Molekula ichida dezaminirlanish



4. Oksidlanishli dezaminirlanish



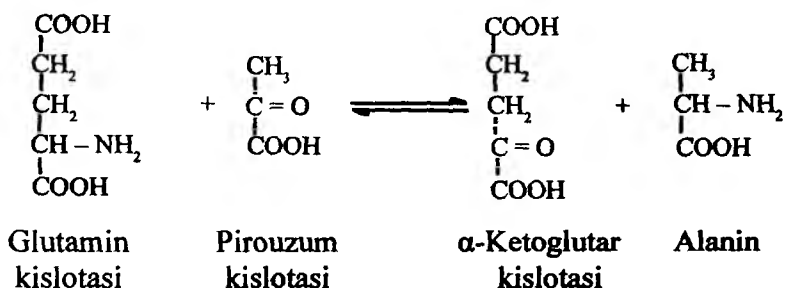
Odam organizmida **oksidlanishli dezaminirlanish** reaksiyalari ko'proq uchraydi. Ular tarkibida koferment sifatida FAD yoki NAD tutgan degidrogenazalar bilan katalizlanadi. Reaksiya ikki stadiyada amalga oshadi:



Reaksiyaning birinchi stadiyasi fermentativ bo'lib, turg'un bo'lmagan oraliq mahsulot – iminokislotaning hosil bo'lishi bilan yakunlanadi. Ikkinchi stadiyada iminokislota ferment ishtirokisiz o'z-o'zidan ammiak va α-ketokislotaga parchalanadi. Bu reaksiya ma'lum sharoitlarda qaytar reaksiyalar bo'lib, **qaytarilishli**

aminirlanish reaksiyasi deb yuritiladi va almashinadigan aminokislotalarning sintezida muhim rol o'ynaydi.

Transaminirlanish (yoki **pereaminirlanish**) reaksiyasi deyilganda reaksiya oralig'ida ammiakni hosil qilmasdan aminoguruh ($-\text{NH}_2$)ni aminokislotadan α -ketokislota molekulararo tashish reaksiyasi tushuniladi. Shu bilan birga, aminoguruh uchta ketokislota – α -ketoglutar, shavelsirka va pirouzum kislotalarining biriga o'tkaziladi:

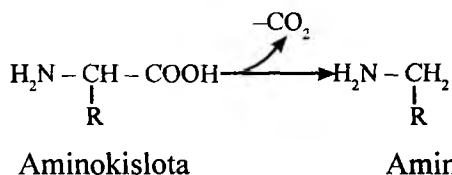


Transaminirlash reaksiyalari qaytar va barcha tirik organizmlar uchun universal hisoblanadi. Ularni aminotransferaza yoki transaminaza fermentlari katalizlaydi. Nazariy jihatdan transaminirlanish reaksiyalari har qanday amino- va ketokislota orasida sodir bo'lishi mumkin, lekin ikkita komponentdan bittasi – amino- yoki ketokislota dikarbon kislota bo'lsa, reaksiyaning tezligi ancha yuqori bo'ladi. Barcha transaminazalar (aminokislotalarning dekarboksilazalari kabi) xuddi o'sha koferment – piridoksalfosfatni tutadi.

Aminokislotalarning karboksil ($-\text{COOH}$) guruhini CO_2 shaklida ajratib chiqarish jarayoni **dekarboksillanish** nomini olgan.

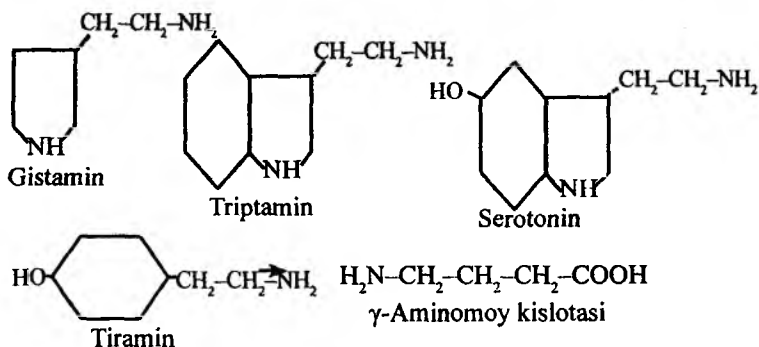
Aminokislotalarning dekarboksillanishi hayvon va o'simlik to'qimalarida hamda mikroorganizmlarda sodir bo'ladi. Dekarboksillanish, yuqorida aytilgandek, ichakda oqsillarning chirishida aminlarni hosil bo'lishining sababi bo'lib xizmat qiladi. To'qimalarda aminokislotalarning dekarboksillanishi ham CO_2 ni ajralib chiqishi va aminlarning hosil bo'lishi bilan sodir bo'ladi.

Barcha hollarda jarayon quyidagi sxema bo'yicha boradi:



Aminlar yuqori fiziologik faollikka ega bo'lganligi va hayot faoliyati mahsulotlari sifatida hosil bo'lganligi sababli **biogen aminlar** deb ataladi. Aminokislotalarning dekarboksillanish reaksiyasi har bir aminokislota uchun spetsifik bo'lgan va koferment sifatida piridoksalfosfat tutgan dekarboksilaza fermentlari ishtirokida tezlashadi.

Dekarboksillanish reaksiyalari aminokislotalar oraliq almashinuvining boshqa jarayonlaridan farq qilib, ular orqaga qaytmaydigan jarayonlar hisoblanadi. Misol sifatida gistidin, triptofan, 5-oksitriptofan, tirozin, glutamin kislotalarining dekarboksillanishidan hosil bo'lgan tegishli biogen aminlarning formulalarini keltirish mumkin:



Yuqorida aytilganidek, biogen aminlar hatto juda kichik konsentratsiyalarda yuqori fiziologik faollikka ega. Jumladan, γ -aminomoy kislotasi (GAMK) markaziy nerv tizimi faoliyatiga tormozlovchi ta'sir ko'rsatadi.

Gistamin – qon tomirlarini kengaytiradi, arterial qon bosimini

pasaytiradi, oshqozon bezlari faoliyatini kuchaytirib, oshqozon shirasining kislotaliligini oshiradi, nerv qo'zg'alishini uzatilishida qatnashadi.

Serotonin ko'p tomonlama fiziologik ta'sirga ega, jumladan, MNSdagi nerv jarayonlarining mediatori sifatida qatnashib, nerv tizimining qo'zg'olishi bilan bog'langan jarayonlarni faollashtiradi, tomirlarni toraytiradi, arterial bosimni, tana haroratini, nafas olishni, buyrak filtratsiyasi va hokazolarni boshqarishda qatnashadi. Tiramin – tomirlarni toraytirish ta'siriga ega. 3,4-dioksifenilalaninidan hosil bo'lgan dofamin – katexolamin gormonlari (adrenalin, noradrenalin) ning birlamchi xomashyosi hisoblanadi.

Shunday qilib, biogen aminlar kuchli farmakologik faol moddalar bo'lib, organizmning funksiyalariga ko'p tomonlama ta'sir ko'rsatadi. Ularning katta konsentratsiyasi moddalar almashinuvining normal borishiga xavf tug'diradi. Shuning uchun ham bir tomondan, aminokislotalarning dekarboksillanish reaksiyalari nisbatan kichik tezlikda sodir bo'ladi, ikkinchi tomondan, a'zolar, to'qimalar hamda butun organizm biogen aminlarni zararsizlantirish mexanizmiga ega. Ushbu mexanizm biogen aminlarni oksidlanishli dezaminirlanish yo'li bilan tegishli aldegidlar va ammiakkacha parchalaydi. Ushbu reaksiyalarni monoamino- va diaminoksidaza fermentlari katalizlaydi. Hosil bo'lgan aldegidlar kislotalargacha oksidlanib, bir qator oraliq mahsulotlar orqali Krebs siklining substratlariga aylanadi.

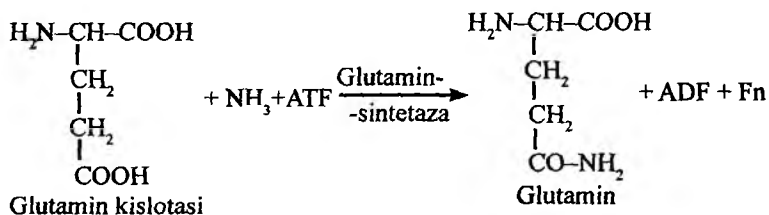
13.6. Ammiakni zararsizlantirilishi. Ornitin sikli

Organizmda aminokislotalar, aminlar, azot asoslarining dezaminirlanishi natijasida erkin ammiak (NH_3) hosil bo'ladi. Hatto nisbatan uncha katta bo'lmagan konsentratsiyada ham u odam va hayvon hujayralari uchun zaharli.

Ammiakning hosil bo'lishi ayniqsa muskul ish faoliyati vaqtida, markaziy nerv tizimi qo'zg'alganida va organizm boshqa funksional faol ko'rinishlarida kuchayib ketadi.

Shu sababli organizmda ammiakning konsentratsiyasi past darajada ushlab turiladi (normada qonda ammiakning miqdori 1–2 mg/l dan oshmaydi). Hayvon va o‘simliklarning aksariyat ko‘pchilik turlarida ammiak organizm uchun zararsiz azotli birikmalar – asparagin, glutamin va siydikchilga aylantiriladi. Ko‘pchilik hayvonlarda, shu jumladan, sut emizuvchilarda, siydikchilning hosil bo‘lishi ammiakni zararsizlantirish va chiqarib tashlashning asosiy yo‘li bo‘lib xizmat qiladi.

Hujayrada ammiakning birinchi bog‘lanishini uning hosil bo‘lgan momentida glutaminning amidini hosil qilish bilan, asosan, glutamin kislotasi amalga oshiradi deb hisoblanadi. Bu jarayon spetsifik ferment – glutamine-sintetaza bilan katalizlanadi. Reaksiya ATFning parchalanish energiyasi hisobiga sodir bo‘ladi.



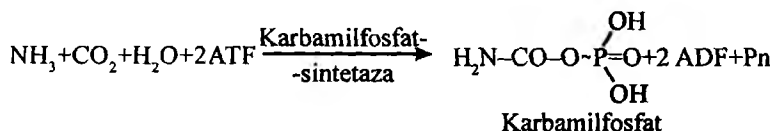
Ko‘pchilik organizmlarda glutaminsintetaza katalizlaydigan reaksiyaga o‘xshash reaksiyalar natijasida asparagin ham hosil bo‘ladi. Asparagin va glutamin kislotalarining amidirlanishi agar ular bog‘langan holatda bo‘lsa ham, masalan oqsil molekulasida tarkibida (bittadan COOH guruhi bo‘sh bo‘lganda) amalga oshishi mumkin. Demak, organizmning oqsillari (agar ularning tarkibiga glutamin va asparagin kislotalari kirsa) ham ammiakning akseptorlari bo‘lishi mumkin, bu esa moddalar almashinuv jarayonida ammiak qayerda hosil bo‘lishidan qat’i nazar uni tezlik bilan bog‘lab olishni ta’minlaydi.

Organizmda ammiakni zararsizlantirishning asosiy yo‘li siydikchilni hosil qilishdan iborat. Siydikchil hosil bo‘lishi, asosan, jigar hujayralarining mitoxondriyalarida sodir bo‘ladi. Siydikchilning yangidan hosil bo‘lishi o‘simliklarda ham sodir bo‘ladi. Hayvon va

o'simliklarda uning paydo bo'lish yo'llari bir xil va *ornitin sikli* nomini olgan.

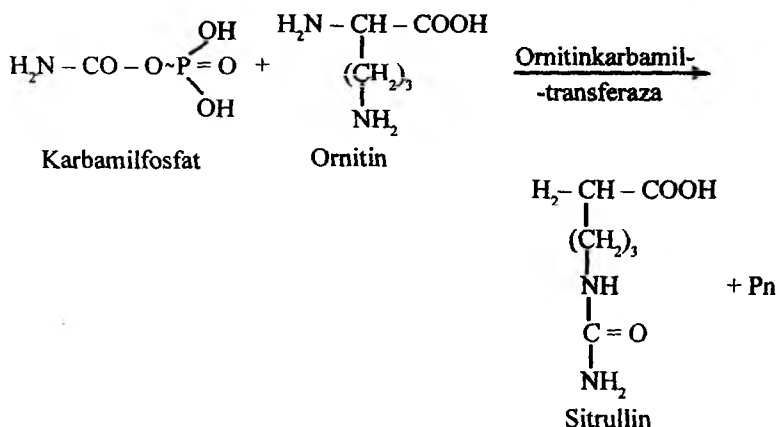
Siydikchilning biosintezini hozirgi zamon nazariyasi asosida G.Krebs, G.Koyen, S.Ratnerlarning ilmiy ishlari yotadi.

Avvalo ammiak, karbonat angidrid va suvdan ATF va karbamilfosfatsintetaza fermenti ishtirokida karmabilfosfat sintezlanadi. Karbamilfosfataza koferment sifatida biotinni tutadi:



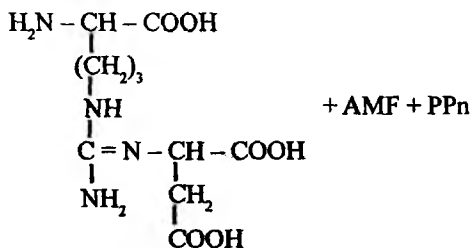
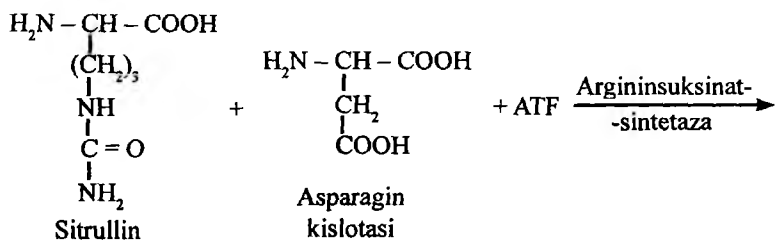
Ushbu reaksiyada bir molekula karbamilfosfatning hosil bo'lishi uchun ikki molekula ATF talab qilinadi. Karbamilfosfat – makroerg (energiyaga boy) birikma.

Ornitinkarbamiltransferaza fermenti karbamilfosfatdan karbamin guruhini har bir organizmda bo'ladigan aminokislota – ornitin molekulasiga ko'chiradi. Natijada sitrullin hosil bo'ladi:



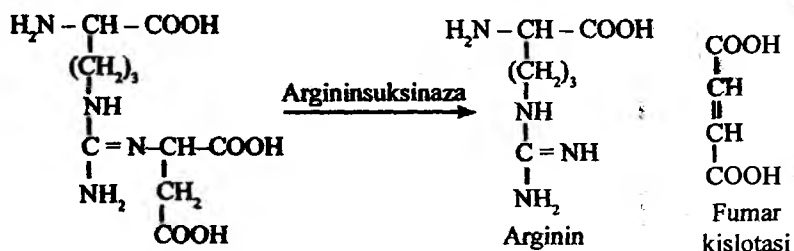
Hosil bo'lgan sitrullin asparagin kislotasi bilan ATF ishtirokida fermentativ reaksiyaga kirishib, argininqahrabo (argininyantar) kislotasini hosil qiladi.

Reaksiyani argininsuksinatsintetaza fermenti katalizlaydi:



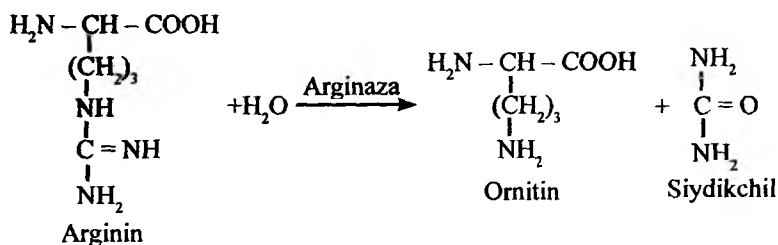
Argininqahrabo kislotalari

So'ng argininqahrabo kislotalari argininsuksinaza fermenti ta'sirida arginin va fumar kislotalariga parchalanadi:

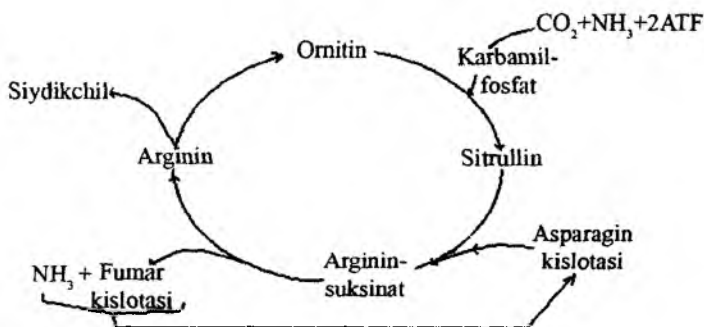


Argininqahrabo kislotalari

Argininni arginaza fermenti yordamida ornitin va siydikchilga parchalanishi siklning yakunlovchi reaksiyasi hisoblanadi:



Bo'shab chiqqan ornitin yana karbamilfosfatning yangi molekulasi bilan reaksiyaga kirishadi va yuqorida keltirilgan barcha reaksiyalar takrorlanadi. Fumar kislotasi Krebs sikliga qo'shilib, shavelsirka kislotasigacha oksidlanadi. Oxirgisi glutamin kislotasi bilan pereaminirlanish natijasida asparagin kislotasiga aylanadi. Asparagin kislotasi ornitin sikliga qo'shilib, siydikchilning hosil bo'lishi uchun aminoguruhni yetkazib beradi. Ornitin siklini sxema shaklida quyidagicha ifodalash mumkin (29-rasm):



29-rasm. Ornitin siklining sxematik ko'rinishi

Shunday qilib, ornitin siklining ishlashi natijasida toksik xususiyatga ega bo'lgan ammiakdan organizm uchun indifferent modda – siydikchil hosil bo'ladi va u oqsillar almashinuvining asosiy oxirgi mahsuloti sifatida siydik bilan chiqarib tashlanadi. Siydikchilning hissasiga siydikning barcha azotining 80–85% i to'g'ri keladi.

13.7. Neklein kislotalarning almashinuvi

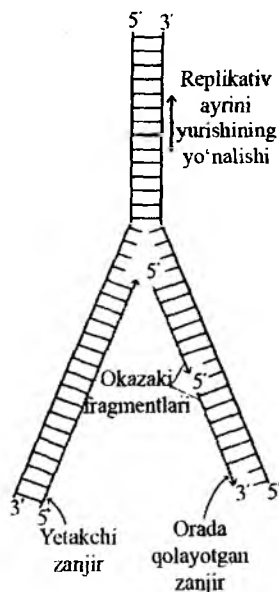
DNKning biosintezi. Genetik axborotni DNKdan DNKga ko'chirilishi, ya'ni DNKning hujayrada biosintezi **replikatsiya (reduplikatsiya)** nomi bilan yuritiladi. DNKning replikatsiyasi hujayraning bo'linishi va viruslarning ko'payishi vaqtida sodir bo'ladi.

DNKning sintezi (replikatsiyasi) qator xususiyatlari bilan xarakterlanadi. Birinchidan, u faqat dezoksiribonukleozid-5'-fosfatlarning to'rttala turlari bo'lgandagina amalga oshadi. Ikkinchidan, DNKning biosintezi kompleks fermentlar – 40 dan ortiq ferment va oqsilli omillarni o'z ichiga olgan DNK-replikazalar tizimi yoki replisomalar va, shu jumladan, DNK-polimerazalar – I, II, III, PNK-polimerazalar, DNK-ligazalar va hokazolarning katalitik ta'sirida sodir bo'ladi. Uchinchidan, DNK sintezini amalga oshishi uchun “zatravka” (“xamirturuch”) sifatida oligoribonukleotid va DNK-matritsa bo'lishi kerak.

DNK biosintezining barcha tafsilotlari hali to'la aniqlanmagan. Lekin ko'pchilik olimlarning fikricha, DNKning sintezi ikki zanjirli DNK molekulasini bir-biridan ajratuvchi omillar ta'sirida replikativ ayrisining hosil bo'lishi bilan boshlanadi (30-rasm).

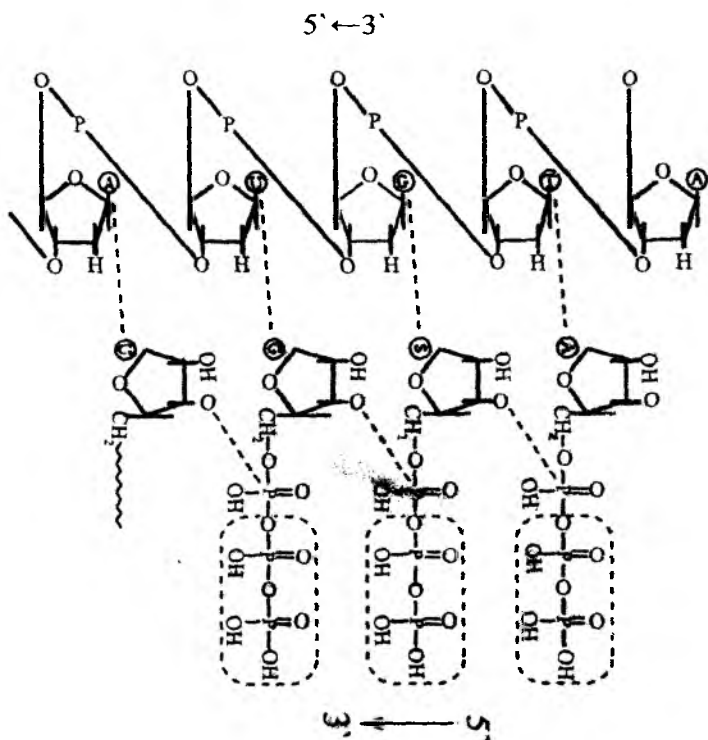
Yangidan hosil bo'ladigan DNKning initsiatsiyasi bir zanjirli ikki zanjirning **“yetakchi zanjir”** deb ataladigan zanjirini dezoksiribozasidan 3'-karbon atomining erkin HO-guruhi tomonidan **praymer** deb ataladigan boshqacha oligonukleotidning sintezini talab qiladi. Praymerning ana shu HO-guruhi tomonidan komplementarlik prinsipi asosida DNK-polimeraza III fermenti ta'sirida 5' 3' yo'nalishida yangidan hosil bo'layotgan DNKning sintezi boshlanadi (31-rasm).

Matritsali (boshlang'ich) DNKning ikkinchi, ya'ni **“orqada qolayotgan zanjir”** deb ataladigan ikkinchi zanjirida ham DNK



30-rasm. DNK moleku-
lasining replikativ ayrisi

sintezi sodir bo'ladi, faqat unda DNK "**Ogazaki fragmenti**" deb yuritiladigan fragmentlar shaklida 5' 3' yo'nalishida sintezlanadi. So'ng DNK fragmentlari DNK-ligaza fermentlari ishtirokida yagona zanjir bo'lib birikadi. Keyinchalik DNK-polimeraza I yordamida DNK fragmentiga almashinishi bilan praymer ribonukleaza H fermenti ta'sirida parchalanadi.



31-rasm. DNK sintezining sxemasi (replikatsiyasi)

Replikatsiya (biosintez) jarayonida matritsali DNKning polinukleotid zanjiri bo'ylab dezoksiribonukleozidtrifosfatlarning joylashish tartibi matritsadagi nukleotidlarning galma-galligi bilan belgilanadi va DNK-polimeraza III fermentlari amalga oshiradi. DNK-polimerazaning uzayib borayotgan polinukleotid zanjirining

3'-oxirini va reaksiyaga kirishayotgan dezoksiribonukleozid-5'-trifosfatni bog'lab oladigan spetsifik markazlari bor. Sintez jarayonida komplementarlik prinsipi qat'iy ravishda saqlanadi, ya'ni matritsaning adenini qarshisida – timin, guanini qarshisida esa – sitozin joylashadi. Matritsa va yangitdan sintezlanayotgan polinukleotid zanjirlarining komplementar azot asoslari orasida vodorod bog'lari hosil bo'ladi. Yangitdan sintezlangan zanjir faqatgina matritsali zanjirga kompletargina emas, balki qarama-qarshi polyarlikka ham ega, ya'ni antiparallel.

Shunday qilib, DNK sintezining reaksiyalari natijasida bitta ikki zanjirli DNK-matritsada ikkita ikki zanjirli DNK sintezlanadi, shu bilan birga, matritsali va yangitdan sintezlangan nuklein kislotalarda nukleotid qoldiqlari ham sifat, ham miqdor jihatdan bir-biriga to'g'ri keladi. Har bir hosil bo'lgan bispiralli DNKning molekulasi bitta eski (matritsaniki) va bitta yangi (yangidan sintezlangan) zanjirga ega.

RNKning biosintezi. DNK matritsasida RNKning sintezi **transkripsiya** (ko'chirish) nomi bilan yuritiladi. Matritsali DNKda RNKning sintezini DNK sintezidan farqi shundan iboratki, u DNK zanjirining birini ma'lum qismida amalga oshadi. RNK sintezining spetsifikligini ko'p subbirliklardan tashkil topgan DNKga bog'liq bo'lgan – RNK-polimeraza fermentlari ta'minlaydi. Bu fermentlar sintezni boshlash nuqtasini topa bilish, DNKning kerakli zanjirini tanlash va sintez jarayonini tugallanishini aniqlashga javob beradi. Turli RNK-polimerazalar RNKning barcha xillarini – information yoki matritsali (mRNK), transport (tRNK) va ribosomal (rRNK) RNKlarni sintez reaksiyalarini katalizlaydi. Transkripsiya hamma to'rttala tur ribonukleozidtrifosfatlarni – ATF, GTF, STF va UTF bo'lishini talab qiladi. DNKning transkripsiyaga uchraydigan bo'lakchasi – **transkripton** (yoki prokariotlarda – **operon**) nomini olgan. Transkripton har xil funksiyalarga ega bo'lgan bir necha zonalar– **promoter, operator, struktura genlari, terminatorlarni** o'z ichiga oladi.

RNKning biosintezi DNK molekulasining promoter nomini olgan zonasidan boshlanadi. DNKning promoter va genetik axborot yozilgan nukleotid qoldiqlarining ketma-ketligini orasida operator

zonasi joylashgan. Agar operatorni repressor – oqsil egallab olmagan bo'lsa, RNK-polimeraza reaksiyasi oldin operatorning axborotga ega bo'lmagan zonasini ko'chirishdan boshlanadi, so'ng gen (sistron) ning axborotga ega bo'lgan zonasini, ya'ni individual oqsil yoki rRNK yoki tRNKning strukturasi kodlangan zonasi ko'chiriladi. Natijada birlamchi transkriptlar (pre-mRNK, pre-rRNK, pre-tRNK) hosil bo'ladi. Bundan keyin sintezlangan pre-RNKning shakli o'zgarishi sodir bo'ladi, ya'ni uning axboroti yo'q qismi parchalanib ketadi, axborotga ega qismi (protsessing – yetilish deb ataladigan) metillanish (metil guruhini biriktirib olish), nukleotidlarni biriktirib olish va boshqa yo'llar bilan modifikatsiyaga uchraydi.

Nuklein kislotalarning parchalanishi. Bir qator fermentlar DNKning gidrolizini amalga oshiradi. Ulardan ba'zi birlari endonukleazalar bo'lib, ular DNK molekulasini oligonukleotidlarga (molekulalari bir necha nukleotid qoldiqlaridan tuzilgan bo'lakchalarga) parchalaydi. Boshqalari ekzonukleazalar sifatida ta'sir qilib, DNK molekulasini zanjirining oxirgi nukleotidlarini birin-ketin uzadi.

DNK molekulalarining gidrolitik parchalanishi reaksiyalarini dezoksiribonukleazalar yoki DNK-aza katalizlaydi. Jumladan, DNK-aza I oshqozon osti bezidan ajratib olingan bo'lib, DNK molekulasini zanjirining purin va pirimidin nukleotidlari orasida fosfor kislotasi qoldig'i va dezoksiribozaning 3'-gidrosili hosil qilgan bog'larni uzadi.

DNK-aza II – taloq va timusdan ajratib olingan bo'lib, polinukleotid zanjiridagi fosfor kislotasi qoldig'i va dezoksiribozaning 5'-gidroksil guruhi orasidagi kimyoviy bog'larni parchalaydi.

RNK molekulalarining gidrolitik parchalanishini ribonukleaza yoki RNK-aza fermentlari amalga oshiradi. Endoribonukleazalar RNK molekulasining ichki diefir bog'larining parchalanish reaksiyalarini katalizlaydi. Jumladan, ribonukleaza I fermenti RNK molekulasidagi ribozaning 5'-gidroksili va fosfor kislotasi qoldig'i orasidagi bog'larni parchalaydi. Ekzoribonukleazalar (yoki fosfodiesterazalar) RNK polinukleotid zanjirining oxirgi nukleotididan boshlab birin-ketin nukleozid-5'-fosfatlarni ajratib (uzib) boradi.

DNK va RNKlarning fermentativ parchalanishidan hosil bo'lgan nukleozid-3'- va 5'-fosfatlar maxsus fermentlar yordamida nukleozidlargacha, so'ng erkin azot asoslarigacha parchalanadi. Birinchi bosqichda mononukleotidlarning gidrolitik parchalanishini katalizlaydigan 3'- va 5'-nukleotidazalar ta'sirida mononukleotidlardan anorganik fosfatni ajralishi natijasida erkin nukleozidlar hosil bo'ladi. Ikkinchi bosqichda esa nukleoziddan riboza (dezoksiriboza)ni erkin fosfor kislotasiga ko'chirish yo'li bilan riboza-1-fosfat (dezoksiriboza-1-fosfat) va erkin azot asoslari hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan purin asoslari – adenin va guanin organizmda fermentativ yo'l bilan oxirgi mahsulot – **siydik kislotasigacha** parchalanadi va siydik bilan organizmdan tashqariga chiqarib yuboriladi. Pirimidin asoslari – uratsil, sitozin va timin maxsus fermentlar ta'sirida oxirgi mahsulotlar – CO_2 , ammiak, siydikchil, β -alanin va β -aminoizomoy kislotalarigacha parchalanadi. β -Alanin anserin va karnozinning sintezida hamda koenzim-A ning hosil bo'lishida xomashyo bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

To'la qiymatli oqsillar – tarkibida barcha aminokislotalarni organizm uchun kerakli nisbatda tutgan oqsillar.

Biologik qiymati yuqori oqsillar – almashinmaydigan aminokislotalarni optimal nisbatini tutgan oqsillar.

Peptidgidrolazalar – oqsil molekulasidagi peptid bog'lari-ning parchalanish reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar.

Gen – (boil.) – irsiy omil, irsiy materilning funksional jihatdan bo'linmas birligi.

- (kimyoviy) – bitta polipeptid zanjirining birlamchi strukturasini kodlaydigan DNK molekulasining qismi.

Genetik kod – tirik organizmlarga xos bo'lgan DNK molekulasidagi nukleotidlarning ketma-ketlik tartibi bilan belgilanuvchi irsiy axborotlar qayd qilinishining yagona tizimi bo'lib, oqsil zanjiridagi aminokislotalarning ketma-ketlik tartibini belgilaydi.

Kodon (yoki triplet) – bitta aminokislotani kodlaydigan DNK (yoki iRNK) molekulasida uchta yonma-yon joylashgan nukleotidlar.

Antikodon – uchta yonma-yon joylashgan tRNKning qismi bo‘lib, iRNK molekulasida tegishli uchta ketma-ket joylashgan (kodon) bilan komplementar bog‘lanadigan qismi.

Transkripsiya (ko‘chirish) – oqsil strukturasi to‘g‘risidagi axborot DNK molekulasidan mRNK molekulasiga nukleotidlar ketma-ketligi shaklida ko‘chirish jarayoni.

Translyatsiya – mRNK molekulasida oqsil strukturasi to‘g‘risidagi nukleotidlar ketma-ketligi shaklidagi axborotni oqsil molekulasiga aminokislotalar ketma-ketligi shakliga o‘tkazish jarayoni.

Initsiatsiya – jarayonning boshlanishi.

Elongatsiya – jarayonning davom etishi.

Terminatsiya – jarayonning tugallanishi.

Dezaminirlanish – aminokislotalardan aminoguruhni ajralib chiqish reaksiyalari.

Transaminirlanish – aminoguruhni aminokislotalardan ketokislotalarga ko‘chirish reaksiyalari.

Dekarboksillanish – aminokislotalardan karboksil (-COOH) guruhini CO₂ shaklida ajratib chiqarish reaksiyalari.

Ornitin sikli – ammiakdan siydikchilni asosiy sintezlanish jarayonj.

Replikatsiya (reduplikatsiya) – genetik axborotni DNKdan DNKga ko‘chirilishi, ya’ni hujayrada DNKning biosintezi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Sport bilan shug‘ullanmaydigan katta yoshli odamlar bir kunda oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida qancha miqdorda oqsil iste’mol qilishi mumkin?*

2. *Sportni qaysi turi bilan shug‘ullangan sportchilarda organizmning oqsilga bo‘lgan ehtiyoji oshadi? Sabablarini ko‘rsating.*

3. *Oziqalar tarkibida organizmga kirgan oqsillar qanday biologik funksiyalarni bajaradi?*

4. *Peptidgidrolazalarga qaysi fermentlar kiradi va ular qaysi a’zo yoki to‘qimalarda hosil bo‘ladi?*

5. Pepsin, tripsin va ximotripsinlar polipeptid zanjirida qaysi aminokislotalar hosil qilgan peptid bog'larini uzilish reaksiyalarini katalizlaydi?

6. Ichakda oqsillarni chirishi deyilganda qanday jarayonlarni tushunasiz va u jarayonlarda aminokislotalardan qanday moddalar hosil bo'ladi? Misollar keltiring.

7. Qonga so'rilgan aminokislotalar hujayralarda qanday maqsadlar uchun ishlatiladi?

8. Barcha aminokislotalarning parchalanishi uchun umumiy bo'lgan reaksiyalarni keltiring va ularning mohiyatini tushuntirib bering.

9. Hujayrada aminokislotalarning almashinuv jarayoni Krebs sikli bilan qanday bog'langan?

10. Organizmda ammiakning qanday zararsizlantirish yo'llari bor?

11. Ornitin siklini sxematik ifodalang.

12. Oqsillarning biosintezi hujayraning qaysi organoidida sodir bo'ladi va qanday bosqich (etap)dan tashkil topgan?

13. Transkripsiya jarayonini tushuntirib bering.

14. Qanday jarayon translyatsiya nomi bilan yuritiladi? Uning asosiy mohiyatini tushuntiring.

15. Qaysi bir kodonlarni terminatorlar deb ataladi va ular qanday vazifani bajaradi?

16. Ribosomaning kichik subbirligini qarshisida ikkita markaz bo'ladi: P – peptidil markazi va A – aminoatsil markazi. Oqsil sintezida bu markazlar qanday funksiyalarni bajaradi?

17. Hujayrada DNKning biosintezini tushuntirib bering.

18. Hujayrada RNKlarning barcha turlarini biosintezi uchun matritsa bo'lib qanday moddalar xizmat qiladi?

19. Nuklein kislotalarining to'la gidrolizidan hosil bo'lgan purin asoslaridan qanday moddalar hosil bo'ladi va siydik bilan tashqariga chiqariladi?

20. Pirimidin asoslari – uratsil, sitozin va timin to'la parchalanganda qanday moddalar hosil bo'ladi?

14. ORGANIZMDA SUV VA MINERAL MODDALARNING ALMASHINUVI

14.1. Suvning biologik ahamiyati va uning almashinuvi

Suv – har qanday organizmning muhim tarkibiy qismi. U har xil moddalarning erituvchisi hisoblanadi; oksidlanish jarayonida suv ishtirokida gidroliz va gidrirlanish reaksiyalari sodir bo‘ladi; u oksidlanish reaksiyalarining mahsuloti sifatida hosil bo‘ladi.

Shunday qilib, suv ko‘pchilik kimyoviy reaksiyalarning bevosita ishtirokchisidir. Uning reaksiyada qatnashish qobiliyati juda ham yuqori. Suvning bo‘lmasligi organizmni o‘limga olib keladi.

Yosh bolalarning organizmida suvning miqdori yetuk yoshdagilarga nisbatan biroz ko‘p, qariyalarda esa kamroq bo‘ladi. Ayniqsa ko‘proq faol ishlaydigan a‘zolarida suvning miqdori ko‘p (miyaning kulrang moddasida – 84%, buyraklarda – 81%, yurakda – 78%, jigar va mushakda – 75%). Yog‘ (25%) va suyak (20–40%) to‘qimalarida suvning miqdori ancha kam bo‘ladi. Qonning o‘zida 80%, zardobida esa 92% suv bo‘ladi.

To‘qimalardagi suvning taxminan 13–14% i bog‘langan holatda bo‘ladi; u gidratatsiya yo‘li bilan oqsillar va boshqa qator ionlar bilan bog‘langan bo‘ladi. Gidratatsion suv erituvchi bo‘lib xizmat qila olmaydi va 0°C dan past haroratda ham muzlamaydi. Suvning uncha ko‘p bo‘lmagan qismi oqsil molekulasining tolali strukturalari va hujayra ichidagi membranalar oraligida joylashgan. Hatto to‘qimani maydalaganda ham undan bu suv oqib ketmaydi. Bu suv *immobil suv* deb ataladi. Gidratatsion suvdan farq qilib, u erituvchi hisoblanadi va muzlash qobiliyatiga ega. To‘qimalarda **erkin suvning** miqdori juda kam bo‘ladi; u hujayralararo bo‘shlikda joylashgan va kapillyarlik kuchlari bilan ushlanib turiladi.

Erkin suv barcha biologik suyuqliklar – qon zardobi, limfa, orqa miya suyuqligi, ovqat hazm qilish shirasi, siydik va boshqalar

tarkibida bo'ladi. Erkin sub yordamida (va immobil suvning ishtirokida) to'qima va hujayralarga oziqa moddalarni yetkazib berish va ulardan moddalar almashinuvining oxirgi mahsulotlarini ajratib chiqarish amalga oshiriladi.

Katta yoshli odamlarning bir kecha-kunduzlik suvga bo'lgan ehtiyoji 1 kg tana vazni uchun taxminan 40 grammni tashkil qiladi (70 kg og'irlikdagi odam uchun 2,5–2,8 l). Bu miqdordagi suvni odam organizmi bir kecha-kunduz davomida siydik bilan 1,5–1,6 l, axlat bilan 0,2 l, ter bilan 0,5–0,6 l, nafas chiqarayotgan havo bilan 0,4 l tashqariga chiqaradi.

Organizmning suvga bo'lgan ehtiyoji uning ekzogen va endogen manbalari hisobiga ta'minlanadi. **Ekzogen manbalar** bo'lib quyidagilar hisoblanadi: ichimlik suvi va sharbatlar (1 l atrofida), suyuq (0,7 l) va quyiq ovqatlar (0,7 l). U ovqat hazm qilish tizimining barcha bo'limlarida, lekin asosan ichakda so'riladi. **Endohgen manba** – bu tana moddalarining oksidlanishli parchalanish jarayoni. Endogen suvning miqdori parchalanayotgan sustratlarning xarakteriga bog'liq: 100 g yog'ning oksidlanishida 107 ml suv hosil bo'ladi, 100 g oqsildan – 41 ml va 100 g uglevoddan – 55 ml suv hosil bo'ladi. Endogen suvning hosil bo'lishi muskul ishi vaqtida hamda organizm sovuganda ko'payadi.

Organizmda suvning kirishi va ajratib chiqarilishi qator funksional tizimlar bilan boshqarilib turiladi; suv qonga qancha ko'p tushsa (ingichka ichakda so'rilish natijasida), uning siydik yoki ter bilan ajralib chiqarilishi shuncha ko'payadi. Bundan tashqari, suvning bir qismi teri va jigarda vaqtincha ushlanib qoladi. Shu sababli bir vaqtning o'zida ko'p miqdordagi (1–2 l) suvni iste'mol qilganda qon suyilmaydi. Shunday bo'lsa-da, suvni haddan tashqari ko'p iste'mol qilish organizm uchun noqulay, chunki uning ortiqcha miqdorini chiqarib tashlash yurak va buyraklarni zo'r berib ishlashini talab qiladi. Yuqori darajada siydik ajralishi va terlash organizmida suv bilan birga bir qator unga kerakli tuzlar va ba'zi organik moddalarni (aminokislotalar va boshqalar) chiqarib yuboradi.

Suvni iste'mol qilishni chegaralashning ham keragi yo'q, u yurakka yuklamani ko'paytiradi (qonni qayishqoqligining oshishi natijasida) va azot almashinuvining oxirgi mahsulotlarini organizmdan chiqarib tashlashni qiyinlashtiradi. Suvning tashqi muhit bilan almashinuvidan tashqari (uni organizmga kirishi va undan ajratib chiqarilishi) organizm ichida suvni doimo qayta taqsimlanishi sodir bo'lib turadi. Jumladan, sutkasiga ovqat hazm qilish shiralari bilan oshqozon-ichak yo'liga 8 litrcha suv ajratib chiqariladi (1,5 l so'lak bilan, 2 l oshqozon shirasi bilan, deyarli shuncha oshqozon osti bezi va ichak shiralari, o't suyuqligi bilan). Ana shu suvning deyarli hammasi ichak devorlari orqali qaytadan qonga so'riladi. To'qimalarning funksional faolligida (masalan, muskullarning faol ish faoliyati vaqtida) ularning suvga to'yinishi birmuncha oshadi, dam olish davrida esa boshlang'ich darajasiga qaytadi.

Suvning almashinuvi markaziy nerv tizimi va gormonlar bilan boshqariladi. Qon va limfalarining osmotik bosimini oshishi bosh miyaning tegishli markazlarini qo'zg'atib, chanqoqlik sezgisini chaqiradi. Gipofizning orqa bo'lagi ishlab chiqaradigan **vasopressin** suv almashinuvini boshqaradigan eng muhim gormon hisoblanadi. U buyrak kanalchalarida suvni qaytadan so'rilishini kuchaytiradi va shu bilan birga diurezni kamaytiradi. Buyrak usti bezi qobig'ining gormonlari – mineralkortikoidlar natriy ionlarini ushlab qolish va kaliy va kalsiy ionlarini yo'qotishni osonlashtirish bilan suv almashinuviga ta'sir qilishlari mumkin. Eng faol mineralkortikoid bo'lib aldosteron hisoblanadi. Shunday qilib, suvni yetishmasligi ham, ortiqchaligi ham organizm uchun noqulay. Uning ortiqchaligida yurak va buyraklarga yuklama oshadi, organizmga kerakli mineral va organik moddalarni siydik bilan haddan tashqari yuvilib chiqib ketishi sodir bo'ladi; suv yetishmaganda qonning yopishqoqligi oshadi, bu yurakning ishlashini qiyinlashtiradi, azot almashinuvi mahsulotlarining chiqarib tashlashni sekinlashtirishi mumkin, ularning yuqori konsentratsiyasi hujayralarda, asosan nerv hujayralarida metabolik reaksiyalarning normal borishini buzadi.

14.2. Mineral moddalarning biologik ahamiyati va ularning almashinuvi

Mineral moddalar odam tanasi og'irligining taxminan 3% ini tashkil qiladi. Ular organizmga oziqa mahsulotlari tarkibida kiradi. Ularga bo'lgan ehtiyoj, xuddi suvga bo'lgan ehtiyojdek, odamning yoshi, jinsi, muskul faolligi, tashqi muhit sharoitlariga bog'liq bo'ladi. Jumladan, katta yoshdagi odamlarning ulardan ba'zi birlariga bo'lgan bir kecha-kunduzlik ehtiyoji o'rtacha quyidagicha bo'ladi: Na^+ – 8 g, K^+ – 2 g, Ca^{2+} – 0,8 g, Fe^{3+} – 0,2 g, P – 1,6 g, Cl^- – 4 g. Intensiv muskul faoliyati vaqtida organizmning ehtiyoji P va Ca^{2+} ga deyarli ikki marta, Mg^{2+} va Fe^{3+} ga esa 50% ga oshadi. Organizmning mineral moddalarga bo'lgan ehtiyojining katta-kichikligi faqat uning fiziologik holati bilan emas, balki ana shu moddalarning oziqa tarkibidagi miqdori bilan ham aniqlanadi. Jumladan, kaliyga boy bo'lgan o'simlik oziqalari organizmdan natriy ionlarini chiqarib tashlashni kuchaytirib, organizmning unga bo'lgan ehtiyojini oshiradi. Oziqada P:Ca nisbati 2:1 bo'lishi kerak, aks holda organizm fosforni yetarli darajada iste'mol qila olmaydi. Bu nisbatning buzilishi bolalik yoshlarida ayniqsa xavfli, chunki suyak to'qimasining shakllanishi va o'sishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Temir yoki mis elementlarining yetishmasligi qonning hosil bo'lish jarayonining buzilishiga, ftorniki esa – tish emallarining parchalanishiga olib keladi. Organizmda temir murakkab oqsillar – xromoproteidlar (gemoglobin, mioglobin, sitoxromlar)ni sintezida ishlatiladi. Uning asosiy transport va rezerv formasi tarkibida temir tutgan – proteidferritin hisoblanadi.

Mineral moddalarning hujayra va hujayralararo muhitdagi taqsimlanishi o'ziga xos xususiyatga ega. Jumladan, hujayraning ichida asosan K ionlari, uning tashqarisida esa – Na ionlari ko'p bo'ladi. Masalan, eritrotsitlarda kaliyning miqdori 470 mg%, natriyniki esa 80 mg% ni tashkil qiladi, qonning zardobida esa natriyning miqdori 320 mg%, kaliyniki bor-yo'g'i 20 mg% ni tashkil qiladi.

Hujayra membranalarining natriy va kaliy ionlari uchun o'tkazuvchanligi bir xil bo'lmaganligi qo'zg'olishni hosil bo'lish va uzatilishi uchun kerak bo'lgan membrana potensialining paydo bo'lishiga olib keladi.

Sulfat anionlari jigarda biologik zaharlarni zararsizlantirishda ishtirok etadi. Fosfat ionlari tegishli moddalarning faol shakli sifatida qatnashadigan ko'p sonli fosforli efirlari (geksozofosfatlar, glisterofosfatlar va h.k.)ning hosil bo'lishi uchun kerak. Fosfatlar yana makroerg birikmalar (nukleoziddi va trifosfatlar, kreatinfosfat, difosfoglitserin va fosfoenolpirouzum kislotalari va boshqalar) ni tarkibiga kiradi. Yod ionlari qalqonsimon bezning gormonlari – tiroksin va triiodtironinning sintezi uchun kerak. Brom ionlari nerv hujayralari membranalariga ta'sir qilib, "himoyalovchi tormozlanishni" kuchaytiradi. Kalsiy ionlarining ishtirokida MNSning qo'zg'aluvchanligi kamayadi. Qon hosil bo'lish jarayonini mis va kobalt ionlari stimulyatsiya qiladi. Kalsiy ionlari qonning ivishida qatnashadi.

Organizm suyuqliklarida osmotik muvozanatni ushlab turishda ionlarning roli juda katta. Osmotik bosimning katta-kichikligiga hujayradan tashqarida natriy va xlor ionlari, hujayra ichida esa – kaliy va xlor ionlari ko'proq ta'sir ko'rsatadi. Normada organizmning turli suyuq muhitlarida katta bo'lmagan doirada (7,5–8,1 atm) o'zgarib turadi. Buyraklar va ter bezlari ham ortiqcha suvni, ham ortiqcha mineral tuzlarni organizmdan chiqarib tashlash qobiliyati asosida bu jarayonni juda yaxshi regulyatsiya qilib turadi.

Organizmning ichki muhitni faol reaksiyasining doimiyligini (kislotalik-ishqorlik muvozanatini) ushlab turishda har xil katta ionlar rol o'ynaydi. Organizmning kislotalik-ishqorlik muvozanatini saqlashga yo'naltirilgan muhim biokimyoviy jarayonlardan biri eritmalarning (biologik suyuqliklarning) buferlik ta'siridir (1.3-qismga qarang). Bufer tizimlarining hosil bo'lishida qator mineral moddalar ishtirok etadi: turli bikarbonatlar, fosfatlar, ammoniy tuzlari hamda organik kislotalar va oqsillarning natriyli

va kaliyli tuzlari. Bikarbonat buferi ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$) qonning buferlik hajmini 53% ni, fosfat buferi ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$) – 5% ni, qon zardobining oqsil buferi – 7%, gemoglobin buferi – 35% ni tashkil qiladi. Hujayraning ichida maksimal buferlik hajmga oqsil tizimi (oqsil – kislota + oqsil tuzi) ega. Eritrotsitlarda 80% dan ko‘proq buferlik hajmini gemoglobin va oksigemoglobin tizimi ta‘minlaydi. Bikarbonat buffer tizimining ta‘sir mexanizmi suvning hosilalari va organizmning suv-dispers tizimlari bo‘lishini bayon qilishda ko‘rib chiqilgan (1.9-1-bo‘lim). Boshqa buffer tizimlarining ta‘sir mexanizmlarining asosida ham ana shu prinsip yotadi. Lekin shu narsani uqtirib o‘tish kerakki, organizmning buferlik (kislotalik yoki ishqorlik) hajmi cheksiz emas. Metabolik jarayonlarda kislotali yoki ishqoriy mahsulotlarining ko‘p miqdorda hosil bo‘lishida u kamayadi yoki buferlik rezervlari hatto tugallanishi mumkin.

Ko‘pchilik metallarning ionlari qator ferment tizimlarining aktivatorlari va fiziologik funksiyalarning regulyatorlari sifatida muhim ahamiyatga ega. Aktivatorlar fermentning faol markazi yoki ferment-substrat kompleksining hosil bo‘lishiga imkoniyat yaratib, fermentativ reaksiyalarning tezligini oshiradi. Ko‘pincha organizmda bu vazifani metallarning ionlari: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Co^{2+} , Mo^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} ionlari, anionlardan – Cl^- anioni bajaradi. Masalan, Ca^{2+} ionlari ko‘pchilik fosfolipaza A_2 fermentlari va miozin ATF-azasining aktivatori bo‘lib xizmat qiladi. Cl^- ionlari so‘lak va oshqozon osti bezi amilazalarini faollashtiradi, HCl – pepsinogeni faol pepsinga aylantiradi. Ba‘zi bir og‘ir metallarning ionlari (Hg^{2+} , Pb^{2+} , Arg^{2+} , Cu^{2+} va h.k.), aksincha, qator fermentlarning ingibitorlari bo‘lib xizmat qiladi, ya‘ni ular fermentativ reaksiyalarning tezligini pasaytiradi (6.5-bo‘limga qarang). Fiziologik funksiyalarni ionlar bilan regulyatsiya qilinishiga misol qilib, yurak muskullari qisqarishi faoliyatini Na^+ va K^+ ionlari bilan boshqarilishini, MNSning qo‘zg‘oluvchanligini Ca^{2+} ionlari ta‘sirida kamayishi yoki uning yetishmaganida keskin oshishi va boshqalarni olish mumkin.

Organizmga mikroelementlar guruhiga kiradigan ionlarni haddan ko‘p kirishi yoki ularning oziqa mahsulotlari tarkibida juda kam

bo'lishi yoki umuman bo'lmashligi organizmga salbiy ta'sir ko'rsatadi va bir qator kasalliklarning rivojlanishiga sabab bo'ladi. Jumladan, Cu^{2+} ionlarining ortiqcha bo'lishi jigarda serroz kasalligining rivojlanishiga olib keladi; stronsiy – Sr ionlari – raxitni eslatadigan suyak tizimining shikastlanishiga; selen – Se ionlari – mushak va nerv tizimining og'ir shikastlanishi bilan yuz beradigan urov kasalligining rivojlanishiga, Fe^{2+} va Cu^{2+} ionlarining yetishmasligi – qon hosil bo'lishining susayishi; yodning yetishmasligi – qalqonsimon bezi funksiyasining pasayishiga; ftorning yetishmasligi – tishlarda karyes kasalligining rivojlanishiga olib keladi va h.k.

Organizmda ionlar almashinuvining boshqarilishi juda turli-tuman. Unda nerv tizimi, buyrak usti bezi gobig'i, qalqonsimon va qalqonoldi bezlarining gormonlari, D-vitamini, atsetilxolin va boshqa ba'zi bir moddalar juda muhim rol o'ynaydi, buyrak usti bezi gobig'i ishlab chiqaradigan gormon – aldosteron buyrak kanalchalarida natriy, xlor, bikarbonat ionlarining qayta so'rilishini kuchaytiradi.

Qalqonsimon va qalqonoldi bezlarining gormonlari (kalsitonin va paratgormon) hamda D-vitamini kalsiy va fosfor almashinuviga ta'sir ko'rsatadi. Paratgormon va D-vitamini qonda kalsiy va fosfor ionlari konsentratsiyasini boshqarib turadi. Kalsitonin D-vitaminining ishtirokida suyak to'qimasida kalsiy va fosfor birikmalarini yig'ilishini kuchaytiradi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Gidratatsion suv – gidratatsiya yo'li bilan oqsillar va boshqa qator ionlar bilan bog'langan suv. Bu suv erituvchi bo'lib xizmat qilmaydi va 0°C dan past haroratda ham muzlamaydi.

Immobil suv – oqsil molekulasining tolali strukturalari va hujayra ichidagi membranalar oraligida joylashgan suv. Gidratatsion suvdan farq qilib, u erituvchi hisoblanadi va muzlash qobiliyatiga ega.

Erkin suv – hujayralararo bo'shliqlarda joylashgan va kapill-yarlik kuchlari bilan ushlanib turadigan suv. To'qimalarda uning miqdori juda kam bo'ladi. Erkin suv barcha biologik suyuqliklar qon zardobi, limfa, orqa miya suyuqligi, ovqat hazm qilish shiralari, siydik va boshqalar tarkibida bo'ladi.

Katta yoshli odamlarning bir kecha-kunduzlik suvga bo'lgan ehtiyoji – 2,5–2,8 l.

Suvning ekzogen manbalari – ichimlik suvi (~1 l), suyuq (0,7 l) va quyuq (0,7 l) ovqatlar.

Suvning endogen manbalari – tana moddalarining oksidlanishli parchalanishi (100 g yog' oksidlanishida 107 ml, 100 g oqsildan – 41 ml va 100 g uglevodan – 55 ml suv hosil bo'ladi).

Organizm ichida suvning qayta taqsimlanishi – har bir kecha-kunduzda ovqat hazm qilish shiralari bilan oshqozon-ichak yo'liga 8 litrgacha suv ajratib chiqariladi (1,5 l so'lak bilan, 2 l oshqozon shirasi bilan, deyarli shuncha oshqozon osti bezi va ichak shiralari, o't suyuqligi bilan).

Vasopressin – gipofizning orqa bo'lagini gormoni bo'lib, u buyrak kanalchalarida suvning qaytadan so'rilishini kuchaytiradi va shu bilan birga diurezni kamaytiradi.

Kalsitonin – qalqonsimon bezning gormoni D vitamini ishtirokida suyak to'qimalarida kalsiy va fosfor birikmalarining yig'ilishini stimulyatsiya qiladi.

Paratgormon – qalqonsimon oldi bezi gormoni vitamin D bilan birgalikda qonda kalsiy va fosfor ionlarining konsentratsiyasini boshqarib turadi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Tirik organizmlarda suv qanday asosiy funksiyani bajaradi?*
2. *Qanday suvni gidrotatsin suv deb ataladi?*
3. *Immobil suv – bu qanday suv va gidratatsion suvdan qaysi xususiyatlari bilan farq qiladi?*
4. *Katta yoshli o'rtacha 70 yoshli odamlarning bir kecha-kunduzlik suvga bo'lgan ehtiyoji necha litrni tashkil qiladi?*
5. *Qanday manbalar suvning ekzogen manbalari hisoblanadi va ularning har biri bilan organizmga qancha miqdorda suv kiradi (sutkasiga)?*

6. Organizmda suvning endogen manbayi bo'lib qanday biokimyoviy jarayonlar xizmat qiladi?

7. Oqsillar, yog'lar va uglevodlarning har birini 100 grammi oksidlanish yo'li bilan to'la parchalanganda necha millilitrdan suv ajralib chiqadi?

8. Nima sababli bir vaqtning o'zida ko'p miqdorda (1–2 l) suvni iste'mol qilganda qon suyilmaydi?

9. Har bir kecha-kunduzda ovqat hazm qilish shiralari bilan oshqozon-ichak yo'liga qancha miqdorda suv ajratib chiqariladi va qaysi bir shira va suyuqliklar hisobiga?

10. Organizmda suv almashinuvini qaysi gormonlar boshqarib turadi? Ana shu gormonlarning ta'sir mexanizmlarini qisqacha tushuntirib bering.

11. Anorganik moddalar (kimyoviy elementlar) tirik organizmlarda qanday muhim biologik funksiyalarni bajaradi?

12. Mineral moddalar organizmga qanday oziqa mahsulotlari tarkibida kiradi va organizmning ularga bo'lgan ehtiyojiga qanday omillar ta'sir qiladi?

13. Intensiv muskul faoliyati vaqtida organizmning P va Ca^{2+} ga hamda Mg^{2+} va Fe^{2+} larga bo'lgan ehtiyoji necha foizga oshadi?

14. Nima uchun ayniqsa yosh bolalarning oziqasida fosfor va kalsiyning o'zaro nisbati 2 : 1 bo'lishi kerak? Sabablarini ko'rsating.

15. Qaysi metallarning ionlari organizmda fermentlarning aktivatorlari, qaysi birlari ingibitorlari bo'lib xizmat qiladi?

16. Hujayrada gomeostazni doimiy ushlab turishda qaysi bir ionlar muhim rol o'ynaydi?

17. Organizmning buffer tizimlarini hosil qilishda qaysi mineral moddalar ko'proq ishtirok etadi?

18. Organizmda mineral moddalar almashinuvini boshqarishda qaysi gormonlar bevosita ishtirok etadi? Ularning ta'sir mexanizmlarini qisqacha izohlab bering.

15. MODDALAR ALMASHINUV JARAYONLARINING O‘ZARO BOG‘LIQLIGI VA BOSHQARILISHI

Odam va hayvonlar organizmida oqsillar, lipidlar va uglevodlarning har birini o‘ziga alohida mustaqil almashinuv jarayoni yo‘q. Organizmda sodir bo‘layotgan barcha almashinuv jarayonlari o‘zaro bir-birlari bilan chambarchas bog‘langan. Jumladan, suv almashinuvi va barcha kimyoviy moddalar (oqsillar, lipidlar, uglevodlar, mineral moddalar)ning almashinuvi orasida chambarchas bog‘liqlik bor. Suv – bu organizmda kimyoviy jarayonlar amalga oshadigan muhit, u ko‘pchilik kimyoviy reaksiyalarning ishtirokchisi yoki mahsuloti hisoblanadi. Bir qator mineral moddalar – metallarning ionlari (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mo^{2+} , Fe^{+} va h.k.) ko‘pchilik fermentlarning faol markazi yoki kofermenti tarkibiga kirib, substratni bog‘lab olish va uni oxirgi mahsulotga aylantirish jarayonida qatnashadi.

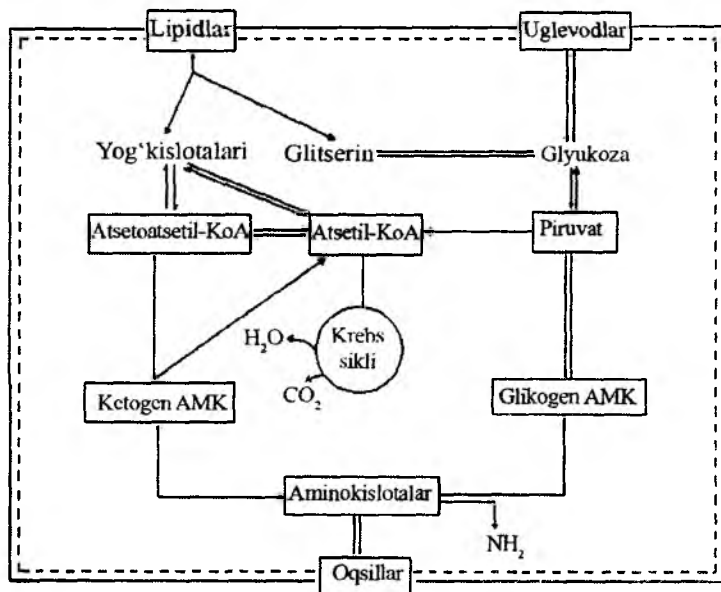
Organizmda uglevodlar, lipidlar, oqsillarning almashinuvi orasidagi o‘zaro bog‘liqlik juda aniq namoyon bo‘ladi.

15.1. Uglevodlar, lipidlar, oqsillar almashinuv jarayonlarining o‘zaro bog‘liqligi

Hozirgi vaqtda uglevodlar, yog‘lar, oqsillarning parchalanishi uch asosiy bosqichdan tashkil topganligi eksperimental asoslab berilgan. Birinchi bosqichda polisaxaridlar (kraxmal) monosaxaridlarga (odatda, geksoza – glyukozagacha), yog‘lar – glitserin va yuqori yog‘ kislotalarigacha, oqsillar – ularning tarkibiga kirgan erkin aminokislotalargacha gidrolitik parchalanadi. Ikkinchi bosqichda geksozalar (glyukoza), glitserin, yog‘ kislotalari va aminokislotalar keyingi parchalanishlarga jalb qilinadi, natijada ularda energiyaga boy fosfatli birikmalar va atsetil-KoA hosil bo‘ladi. Uchinchi bosqichda atsetil-KoA ham, ko‘p sonli organik birikmalardan hosil

bo'lgan oraliq metabolitlar (α -ketoglutar, qahrabo va shavelsirka kislotalari) ham Krebs siklida oksidlanishga jalb qilinadi.

Uglevodlar, lipidlar, aminokislotalarning uglerodli zanjirlari parchalanishining eng muhim oraliq mahsulotlaridan biri atsetil-KoA hisoblanadi. Bitta o'shaning o'zi oralik mahsulot – atsetil-KoAning hosil bo'lish paytida – uglevod, lipid va oqsil almashinuvlari bir butun bo'lib bir-biriga qo'shiladi (32-rasm).



32-rasm. Oqsillar, lipidlar va uglevodlar almashinuv jarayonlarining o'zaro bog'liqligi

So'ng atsetil-KoA, o'zining qaysi bir moddalardan hosil bo'lishiga qaramasdan nafas olish fermentlari zanjiri bilan bog'langan Krebssi siklida (Krebs siklida) oxirgi almashinuvning o'sha bir xil mahsulotlari – karbonat angidrid va suvgacha parchalanadi. Xuddi shu Krebssi siklida barcha tur organik moddalar almashinuv jarayonlarining to'la va oxirgi birlashuvi sodir bo'ladi va xuddi shu yerdan ana shu moddalarning o'zaro o'zgarish yo'llari boshlanadi.

Organik moddalarning sinflari o‘zaro bir-birlariga aylanishini uglevodlar va lipidlar almashinuvinining o‘zaro bog‘liqligi misolida ko‘rib chiqamiz. Organizmda uglevodlar va lipidlar juda oson bir-biriga aylanadi; shu bilan birga bog‘lovchi moddalar bo‘lib, atsetil-KoA va pirouzum kislotasi xizmat qiladi.

Pirouzum kislotasi – uglevodlarning dixotomik parchalanishining asosiy metaboliti, uning oksidlanishli dekarboksillanishidan atsetil-KoA hosil bo‘ladi. Atsetil-KoA yuqori yog‘ kislotalari, sterollar, karotinoidlar va boshqalarning birlamchi xomashyosi bo‘lib xizmat qiladi. Uglevodlardan fosfodioksiatsetonni qaytarilish yo‘li bilan oddiy va murakkab lipidlarning sintezi uchun kerak bo‘lgan fosfoglitseringa aylanishi ham shuncha oson amalga oshadi. Yog‘ kislotalari va sterollar sintez reaksiyalari uchun bo‘lishi shart bo‘lgan NADP·H₂ ning asosiy manbayi uglevodlarning apotomik parchalanishi hisoblanadi.

Boshqa tomondan olganda, lipidlar parchalanishining asosiy mahsulotlari – atsetil-KoA va glitserin uglevodlarning sintezi uchun birlamchi birikmalar bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Bir qator organizmlarda atsetil-KoA glioksalat sikli orqali pirouzum kislotasiga, so‘ng undan glikoliz reaksiyalarining orqaga yo‘nalishi yo‘li bilan uglevodga (glyukozaga) aylanadi. Lekin shu narsani nazarda tutish kerakki, glioksalat sikli odam organizmida ishlamaydi.

Oqsillar almashinuvinining uglevodlar va lipidlar almashinuvi bilan o‘zaro bog‘liqligi hujayrada aminokislotalarning almashinuv jarayonlarini bayon qilishda ancha to‘laroq yoritilgan (12.4-bo‘lim).

Shunday qilib, moddalar almashinuvinining har xil turlarini o‘rganish shuni ko‘rsatadiki, moddalar almashinuvi – bu ko‘p sonli va bir-birlari bilan chambarchas bog‘langan kimyoviy jarayonlarning tizilgan ansambli bo‘lib, ularda pirouzum kislotasi, α -glitserofosfat, atsetil-KoA, α -ketoglutar va shavelsirka kislotalari va Krebs siklining boshqa oraliq moddalari hal qiluvchi metabolitlar xizmatini bajaradi, almashinmaydigan aminokislotalar va ko‘p to‘yinmagan (polien) yog‘ kislotalar esa belgilaydigan omillar hisoblanadi.

Ko‘p sonli va bir-biri bilan chambarchas bog‘langan kimyoviy reaksiyalarning murakkab ansamblida yetaklovchi rol oqsillarga

tegishli. Ularning katalitik funksiyasi tufayli doimo ko'pdan-ko'p moddalarning parchalanish va sintez kimyoviy reaksiyalari amalga oshiriladi. Nuklein kislotalar yordamida makromolekulalarning biosintezida qat'iy spetsifiklik saqlanadi, ya'ni pirovardida muhim biopolimerlarning tuzilishida turga oid spetsifikligi saqlanadi. Asosan, uglevodlar va lipidlar almashinuvi tufayli barcha biokimyoviy jarayonlarning universal manbayi bo'lgan ATF zaxirasi organizmda doimo yangilanib turadi.

15.2. Hujayrada moddalar almashinuvining boshqarilishi

Organizmning har bir hujayrasida bir vaqtning o'zida juda ko'p turli-tuman kimyoviy reaksiyalar – uglevodlar, lipidlar, oqsillar va boshqa moddalarning almashinuv reaksiyalari sodir bo'lib turadi. Shu vaqtning o'zida har bir hujayrada biokimyoviy jarayonlarning qat'iy tartibda borishi, ichki muhitning (homeostazning) doimiyligini ushlab turishga ularning qat'iy yo'nalishi saqlanadi. Almashinuv reaksiyalarining bunday holati shu bilan erishilganki, evolyutsiya jarayonida tirik organizmlarda ma'lum, faqat turikka xos biokimyoviy jarayonlarning strukturasi shakllangan, bir tomondan; ikkinchi tomondan esa – moddalar almashinuvining har xil darajada boshqarilishini izchil tizimi hosil bo'lgan.

Moddalar almashinuvi jarayonlarining boshqarilishini quyidagi darajalarda ko'rib chiqish mumkin:

- 1) molekula (metabolitlar);
- 2) genetik apparat (DNK va RNK);
- 3) hujayra;
- 4) organizm;
- 5) populyatsiya.

Moddalar almashinuvini **molekula (yoki metabolitlar) darajasida boshqarilishining** mohiyati shundan iboratki, hujayrada bir vaqtning o'zida sodir bo'layotgan ko'pgina turli-tuman kimyoviy reaksiyalarning tezligi tegishli substratlar, kofermentlar, oraliq almashinuvning turli metabolitlarining konsentratsiyalari hamda muhitda fermentlarning aktivatorlari va ingibitorlari, vitaminlar, gormonlar va boshqa kofaktorlarni bo'lishi bilan aniqlanadi.

Jumladan, substratlarning konsentratsiyasi reaksiyaning tezligiga bevosita yoki fermentlarning faolligini oshirish yoʻli bilan taʼsir qiladi. Substratning konsentratsiyasini kamayishi reaksiya tezligining pasayishiga olib keladi. Agar ferment hali substrati bilan toʻyinmagan boʻlsa, uni regulyatorlik taʼsiri faqat fermentning faolligiga taʼsir qilish orqali namoyon boʻladi. Substrat konsentratsiyasi pasaygan sari, qachon ferment substrati bilan toʻyinmay qolganda, u asosan reaksiyaning tezligiga taʼsir qiladi.

Substratning yuqori konsentratsiyasi analogik yoʻl bilan, faqat qarama-qarshi yoʻnalishda kimyoviy reaksiyalarning tezligiga taʼsir koʻrsatadi. Masalan, muskullarda ATFning miqdori uncha koʻp emas va 0,25–0,40 mg% (yoki 3–5 mM/kg)ni tashkil qiladi. Agar uning konsentratsiyasi 5 mM/kg dan oshib ketsa, miozin ATF-azasining substratli ingibirlanishi roʻy beradi. Bu esa muskullarning qisqarish va boʻshashish jarayonining tezligini kamaytiradi va natijada bajarilayotgan muskul ishining tezligi va intensivligi pasayadi.

Substratning konsentratsiyasini boshqarilishi uni hujayraga kirish bosqichida amalga oshishi mumkin. Hujayra sitoplazmatik membranalari oʻtkazuvchanligini regulyatorlari vazifasini koʻpincha gormonlar bajaradi. Masalan, insulin gormoni jigar va muskul hujayralari sitoplazmatik membranalarining glyukoza uchun oʻtkazuvchanligini oshirib, uni hujayraga kirish tezligini oshiradi va glikogenning intensiv sinteziga sharoit yaratadi.

Organizm hayot faoliyatining normal sharoitlarida moddalar almashinuvining oraliq reaksiyalarida qatnashayotgan koʻpchilik fermentlartegishli substratlarning miqdoriy jihatdan yetishmasligidan oʻzlarining bor faolligini namoyon qila olmaydi. Shu narsani eʼtiborga olgan holda katta sport amaliyotida intensiv mashqlanishlar va musobaqalar oldidan yoki ulardan soʻng dam olish davrida sportchi organizmida energiya (ATF) ishlab chiqarishning aerob mexanizmlarini kuchaytirish maqsadida sportchilarga uchkarbon kislotalar siklining oraliq mahsulotlari (metabolitlari) – izolimmon, σ -ketoglutar, qahrabo, olma va oksalo-atsetat kislotalaridan maʼlum miqdorda isteʼmol qilish tavsiya qilinadi.

Agar kimyobiy jarayonning tezligi fermentlarning faolligini o'zgartirish mexanizmi yordamida boshqarilayotgan bo'lsa, u holda "regulyator fermenti" nomi bilan yuritiladigan faqat bitta ferment ta'sirga uchraydi. Odatda, bunday ferment bo'lib, jarayonning boshlang'ich reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlardan biri xizmat qiladi. Regulyator fermentning faolligi jarayonning boshqa fermentlarining faolligidan ancha kam bo'ladi. Shuning uchun ham regulyator ferment boshqarayotgan reaksiyaning tezligi butun jarayonning tezligini belgilaydi.

Ayrim metabolik sikl(tizim)larning boshqarilishini ayni sharoitda qolganlarning faolligidan past bo'lgan reaksiyalarning bir yoki bir necha muhim fermentlari amalga oshiradi. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, jami metabolik sikl (jarayon)larning tezligini eng sekin sodir bo'ladigan biokimyoviy reaksiyalar belgilaydi. Hujayrada moddalar almashinuvining boshqarilishida ana shu sekin sodir bo'ladigan biokimyoviy reaksiyalarning ahamiyati juda katta, chunki ular ko'p pog'onali jarayonlarning tezligini belgilaydi. Masalan, skelet muskullarining funksional faoliyati davrida namoyon bo'ladigan glikoliz jarayonining maksimal tezligi geksokinaza fermentining (agar boshlang'ich substrat glyukoza bo'lsa) yoki fosfofruktokinaza fermentining (agar boshlang'ich substrat bo'lib glikogen xizmat qilsa) kuchli katalitik faolligi bilan belgilanadi.

Regulyator fermentlarning faolligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan ko'pgina omillar bor. Ulardan biri – substratning konsentratsiyasi – uni yuqorida ko'rib chiqildi.

Boshqa omillardan biri – bu reaksiya (yoki jarayon)ning mahsulotining konsentratsiyasi. Uning yuqori konsentratsiyasi ko'pincha regulyator fermentni yo mahsulotni bevosita fermentga ta'sir qilish yo'li bilan, yo ichki muhitning pH ni o'zgartirish yo'li bilan ingibirlaydi. Demak, jumladan, glikolizning tezligiga shu jarayonning oxirgi mahsuloti – sut kislotasi ta'sir qiladi. Shunday ta'sirning yo'nalishi u yoki boshqa holda ham aynan o'sha: mahsulotning yig'ilishini va ichki muhitda keskin o'zgarishlarning oldini olish.

Reaksiya mahsuloti regulyator fermentga faollashtirish ta'sirini

ko'rsatishi mumkin yoki o'zining hosil bo'lishini tezlashtirib, o'zi katalizator sifatida qatnashishi mumkin. Masalan, tripsinogen – enterokinaza fermenti ta'sirida o'zining faol shakli – tripsinga aylanadi. Odatda, enterokinaza fermentining faolligi ancha past bo'lgani uchun bu reaksiya juda sekin amalga oshadi. Lekin ushbu reaksiyada hosil bo'layotgan tripsin faqat oqsillarning hazm bo'lish jarayonini fermenti sifatidagina qatnashmasdan, balki u tripsinogenni faol tripsinga tez aylanishida aktivator rolini o'ynaydi.

Boshqarishning shunday mexanizmi **autokataliz** nomini olgan. U substratni mahsulotga to'la aylantirishni tez amalga oshiradigan joyda foydalaniladi.

Moddalar almashinuviga gormonlarning boshqarish (regulyatsiya qilish) ta'sirining asosiy mexanizmlaridan biri fermentlarning faolligini o'zgarishi hisoblanadi. Jumladan, adrenalin tegishli fermentlarning faolligiga ta'sir qilish yo'li bilan jigarda glikogenning parchalanishini va yog' depolaridan lipidlarni jalb qilinishini kuchaytiradi. Fermentning faolligiga ta'sir qilish har xil yo'llar bilan amalga oshirilishi mumkin. Odatda, uchta asosiy yo'llarni ajratiladi: konkurentli tormozlanish, nokonkurent tormozlanish va allosterik boshqarish. Konkurentli tormozlanishning mohiyati shundan iboratki, strukturasiga bo'yicha qahrabo kislotasining strukturasiga juda o'xshash bo'lgan malon kislotasi suksinatdegidrogenaza fermentining faol markazi bilan bog'lanib, uni oksidlanishiga xalaqit beradi, natijada Krebs siklining tezligi sekinlashadi.

Moddalar almashinuvining oraliq yoki oxirgi mahsulotlarining konsentratsiyalari ancha yuqori bo'lganda nokonkurent tormozlanish namoyon bo'ladi, ya'ni ular ferment bilan birikib, uni substrat bilan o'zaro ta'sir qilishiga to'sqinlik qiladi. Demak, shavelsirka kislotasi ko'proq yig'ilganda (konsentratsiyasi oshganda) suksinatdegidrogenaza fermentining faolligi keskin pasayadi. Ingibirlash ta'sirini faqat shavelsirka kislotasining ortiqcha miqdorini yo'qotish bilan bartaraf qilish mumkin.

Allosterik boshqarish – fermentning birorta allosterik effektor bilan bog'lanishidan iborat bo'lib, u fermentning fazoviy konfiguratsiyasini o'zgartiradi va shu bilan birga fermentning substratni bog'lab olish

va uni oxirgi mahsulotga aylantirish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatadi. Allosterik effektor vazifasining strukturasi va bajaradigan funksiyasi juda turli-tuman birikmalar (oraliq metabolitlar, gormonlar va h.k.) bajarishi mumkin.

Genetik apparat (DNK, RNK) darajasidagi boshqarish birinchi navbatda ferment-oqsillar biosintezini nazarda tutadi.

Fermentlarning biosintezi tezligini oshishi (**induksiya**) va uni keskin pasayishi (**repressiya**) hujayraning genetik apparati (DNK va RNK) darajasida amalga oshiriladi va tegishli ma'lum genlarni faollashtirish yoki ingibirlashdan iborat. Genetik apparat darajasidagi boshqarish quyidagilarga olib kelishi mumkin:

- fermentlarning miqdorini ko'payishi yoki kamayishiga;
- hujayrada bor ferment turlarining o'zaro nisbatini o'zgarishiga;
- hujayrada izofermentlarning har xil variantlari nisbiy miqdori o'zgarishiga. Gormonlar, substratlarning yuqori konsentratsiyasi va moddalar almashinuvining turli metabolitlari genning faolligiga regulyator sifatida ta'sir qilishi mumkin. Almashinuv jarayonlari – regulyatsiyasining xuddi shunday yo'li organizmning jismoniy yuklamalarga biokimyoviy adaptatsiyasi asosida yotadi.

Hujayra darajasidagi boshqarish – yadro-sitoplazma munosabatlari, makro molekulalarning transkripsiya va translyatsiya jarayonlaridan keyingi o'zgarishlari (modifikatsiyalari), makro molekulalarning o'zaro ta'sir faoliyatlari va boshqalarni nazarda tutadi.

Butun organizm darajasidagi biologik boshqarish asosan moddalar almashinuvining nerv va endokrin (gormonal) boshqarishdan iborat. Nerv tizimi tashqi muhitning o'zgarib turadigan sharoitida organizmning hayot faoliyat jarayonlarini koordinatsiya qilib turadi.

Endokrin tizimining faoliyati nerv tizimining nazorati ostida bo'ladi. Nerv tizimi yo bevosita periferik nerv oxirlari (uchlari) orqali, yo gipotalamus hujayralari ishlab chiqarayotgan polipeptid neyrogormonlar yordamida ichki sekretsia bezlarining faoliyatini boshqaradi. Ushbu regulyatorlar gipotalamus gormonlarini ajratib chiqarilishini ta'minlaydi, ular o'z navbatida periferik endokrin

bezlar – buyrak usti bezi, qalqonsimon bez, jinsiy bezlar va boshqalarning gormonlarini ishlab chiqarishga olib keladi.

Ko'pchilik gormonlarning regulyatorlik ta'sir mexanizmlari yaxshi o'rganilgan. Ba'zi gormonlar (masalan, adrenal, insulin) fermentlarning aktivatorlari yoki ingibitorlaridek ta'sir qiladi; boshqalari oqsil sintezida repressorlar yoki induktorlar sifatida qatnashadi; yana boshqalari bevosita ribosomalarda turli oqsillar sintezining tezligiga ta'sir qiladi. Ba'zi bir gormonlar (tirosin, insulin va h.k.) hujayra membranalarining strukturasiga ta'sir qilib, ularning ma'lum moddalar uchun o'tkazuvchanligini o'zgartiradi.

Nihoyat, **populyatsiya darajasi** – bu ekotizimlarda moddalar almashinuvining boshqarish darajasidir, ya'ni ba'zi individlar ishlab va ajratib chiqarayotgan kimyoviy birikmalarni feromonlar, neyropeptidlar, gormonlar, neyrogormonlar, antibiotiklar, fitoaleksinlarni qo'llash bilan retseptor tizimlari yoki a'zo – mishen orqali boshqariladigan boshqa individlarning moddalar almashinuvi va xulq-atvoriga ta'siridir.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamaları

Autokataliz – reaksiyaning mahsuloti regulyator fermentga faollashtirish ta'sirini ko'rsatish mumkinligi yoki o'zi katalizator vazifasini bajarib, o'zini hosil bo'lishini tezlashtirishi.

Allosterik boshqarish – fermentning birorta allosterik effektor yoki modulyator bilan bog'lanishidan iborat bo'lib, u fermentning fazoviy konfi-guratsiyasini o'zgartiradi va shu bilan birga substratni bog'lab olish va uni oxirgi mahsulotga aylantirish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatishi.

Induksiya – fermentlarning biosintezi tezligini keskin kuchayishi.

Induktor – ushbu fermentning sintezini ta'minlash qobiliyatiga ega bo'lgan molekula, odatda, bu fermentning substrati.

Repressiya – reaksiya mahsulotining konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan ferment sintezining ingibirlanishi.

Populyatsiya – ma'lum hududni egallagan umumiy genofondga ega bo'lgan, o'zaro erkin chatishuvchi mavjudotlar majmuasi.

Idivid – ayrim hayvon yoki o‘simlik organizmi.

Ekotizim – birgalikda yashaydigan organizmlar va ularning o‘zaro aloqada bo‘lgan, yashash sharoitlarining hamda bir-birini taqozo etuvchi biotik, abiotik hodisa va jarayonlar tizimini hosil qiluvchi organizmlar majmuasi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Organizmda uglevodlar, lipidlar (yog‘lar) va oqsillar parchalanishining uchta asosiy bosqichiga xarakteristika bering.*

2. *Nima uchun oqsillar almashinuvini barcha moddalar almashinuvining markaziy zvenosi deb atashadi?*

3. *Uglevodlar almashinuvining qaysi bir metabolitlaridan lipidlar va aminokislotalar hosil bo‘ladi?*

4. *Glyukoneogenez jarayonida qaysi birikmalardan uglevodlar (glyukoza, glikogen) sintezlanadi?*

5. *Oqsillar, lipidlar va uglevodlar almashinuvi jarayonlarining uchkarbon kislotalar sikli bilan bog‘langanligini sxema shaklida ifodalang.*

6. *Ko‘p sonli va bir-biri bilan chambarchas bog‘langan kimyoviy reaksiyalarning murakkab ansamblida yetaklovchi rolni qaysi sinf organik moddalari o‘ynaydi va nima uchun sabablarini ko‘rsating.*

7. *Substratning konsentratsiyasini o‘zgarishi (ko‘payishi yoki kamayishi) fermentlarning faolligiga qanday ta‘sir ko‘rsatadi? Misollar keltiring.*

8. *Moddalar almashinuvi jarayonlarini boshqarilishida, jumladan, glikolizni boshqarilishida qaysi bir ferment regulyator ferment vazifasini bajaradi (agar jarayon glyukozaning fosforlanishidan boshlansa)?*

9. *Autokataliz deyilganda qanday jarayonni tushunasiz?*

10. *Moddalar almashinuvining allosterik boshqarilishining asosiy mohiyati nimadan iborat?*

11. *Fermentlarning induksiyasi yoki repressiyasi moddalar almashinuvi boshqarilishining qaysi darajasida amalga oshiriladi?*

12. *Butun organizm darajasidagi boshqarishning asosiy mohiyati nimadan iborat?*

III. SPORT BIOKIMYOSI

16. MUSKUL VA MUSKULLARNING QISQARISH BIOKIMYOSI

16.1. Muskullarning tuzilishi

Muskullarning asosiy funksiyasi – qisqarish va bo‘shashish yo‘li bilan barcha harakatlarni ta’minlash.

Odam va hayvonlarda ikki tipdagi muskullar bo‘ladi – **ko‘ndalang-targ‘ul** (skelet) va **silliqliq muskullar**. Sport biokimyosi uchun skelet muskullari muhim ahamiyatga ega.

Muskullarning struktura – funksional birligi bo‘lib, **muskul tolalari xizmat qiladi**. Muskul tolalari uch xil bo‘ladi: **oq tez qisqaradigan (FT)**, **qizil sekin qisqaradigan (ST)** va **oraliqli (FR)** muskul tolalari. **Biokimyoviy nuqtayi nazaridan** ular asosan muskul qisqarishining **energetik ta’minotini** bioenergetik mehanizimlari bilan o‘zaro farqlanadi. **Masalan**, FT tolalarida asosan anaerob oksidlanish jarayonlarining fermentlari ko‘p bo‘ladi (glikoliz va glikogenoliz jarayonlari fermentlari, sarkoplazmatik kreatinkinaza va boshqalar), ST tolalarda esa – asosan aerob oksidlanish jarayoning fermentlari (uchkatbon kislotalar sikli, oksidlanishli – fosforlanish, moy kislotalarining β -oksidlanishi) hamda bularda mitoxondriyalarning soni va hajmi ko‘p bo‘ladi va miogloblin oqsilining miqdori ham yuqori bo‘ladi. Mana shu oqsil ST tolalarga qizil rang beradi. Boshqa tomondan olganda, bu har ikkala tur – FT va ST tolalarini har xil motoneyronlar innervatsiya qilganligi sababli ular turli vaqtda ishga kirishadi va tolalarning qisqarish tezligi har xil bo‘ladi. Har xil muskullar o‘zlarining tarkibida bu tolalarni turli nisbatda tutadi. Bu omil, yani odam muskullarida FT va ST tolalarni turli nisbatda tutilishi genetik moyil omil bo‘lib, organizimning individual rivojlanish jarayonida va sport mashqlanish jarayoning ta’sirida o‘zgarmaydi.

Har bir muskul bir necha ming muskul tolalaridan tashkil topgan bo'lib ularni biriktiruvchi qatlamlar va qobiqlar birlashtirib turadi. Muskul ko'p komponentli kompleks hisoblanadi. Muskulning tuzilishi haqida elementar tushuncha bo'lishi uchun, uning tarkibiga kiradigan strukturalarni va uni barcha tashkil etish darajalarini o'rganish maqsadga muvofiq bo'ladi.

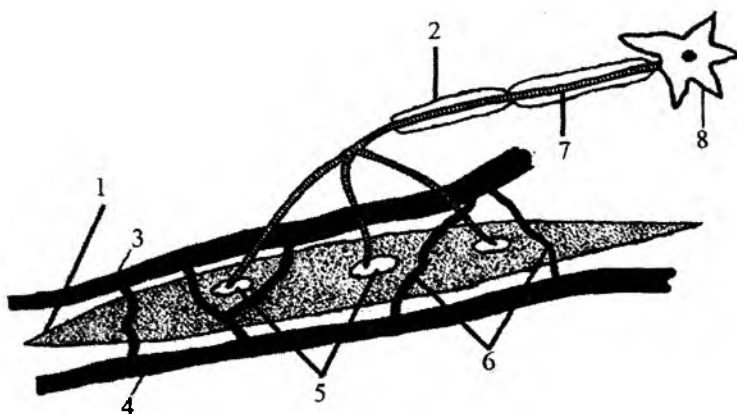
16.2. Muskul tolasiining strukturalari va funksiyalari

Har bir muskul tolasi – bu ko'p yadroli gigant hujayra bo'lib, u rivojlanish jarayonida ko'p hujayralarning qo'shilishidan hosil bo'lgan. Har bir muskul bir necha ming muskul tolalaridan tashkil topgan va uning ishi barcha muskul tolalarining ishini qo'shilishidan hosil bo'ladi.

Muskul tolasi hujayrasi arqonga o'xshash ko'rinishga ega. Bu ko'p yadroli hujayraning uzunligi **0,1 dan to 2–3 sm** (boldir muskuli 12 sm)gacha va yo'g'onligi **0,01 dan 0,2 millimetrgacha** bo'ladi (33-rasm). Hujayra sarkolemma qobug'i bilan o'ralgan. Hujayraning ichida yadrosi (mag'izi), miofibrillari bo'ladi. Miofibrillar va yadrolar orasidagi bo'shliq sarkoplazma suyuqligi bilan to'lgan bo'lib, unda mitoxondriyalar, ribosomalar, sarkoplazmatik retikulum, Goldji apparati va boshqa hujayra organoidlari joylashgan.

Muskul tolasi hujayrasining har bir strukturala komponentlari o'zining maxsus funksiyalarini bajaradi.

Sarkolemma – bu ikki qavatli oqsil – lipid membranasi bo'lib, uning qalinligi ~10 nM atrofida bo'ladi. Yarim o'tkazuvchan membrana hisoblanadi, chunki u turli moddalarning hujayraga kirishi va undan tashqariga hujayralararo bo'shliqqa chiqishini boshqarib turadi. Dielektriklik vazifasini bajaradi, yani ikkita ion havzasini bir-biridan ajratib (izolyatsiya qilib) turadi. Boshqa membranalarga o'xshab turli anorganik va organik kation hamda anionlarni tanlab o'tqazish xususiyatiga ega. U orqali yuqori molekularli moddalar o'tmaydi (oqsillar, polisaxaridlar va boshqalar), lekin glyukoza, sut va pirouzum kislotalari, keton tanachalari, aminokislotalar, qisqa peptidlar va boshqa kichik molekularli moddalar o'tadi.



33-rasm. Alohida muskul tolasi nervlarning oxiri va qon tomirlari bilan

1 – muskul tolasi – sarkolemma yuzasidagi kollagen iplarining to‘rlari bilan; 2 – mielin qobig‘i; 3 – vena; 4 – arteriya; 5 – nervlarning oxiri; 6 – qon tashuvchi kapillyarlar; 7 – akson; 8 – motoneyron.

Sarkolemma orqali moddalarni tashilishi faol xususiyatga ega, ya’ni energiya (ATFning energiyasi) sarflanishi yo‘li bilan bo‘ladi. Bu hujayralararo bo‘shliqdagiga nisbatan hujayralarning ichida ba’zi moddalarni yuqori konsentrasiyada to‘plashga imkoniyat tug‘diradi. Sarkolemmani tanlab o‘tkazuvchanligi muskul tolasida qo‘zg‘aluvchanlikning paydo bo‘lishida muhim ahamiyatga ega. Sarkolemma hujayra ichida ko‘p miqdorda to‘planadigan K^+ ionlari uchun o‘tkazuvchan. Shu bilan bir vaqtning o‘zida Na^+ ionlarini hujayradan chiqaradigan “ion nasosini” (K^+ , Na^+ ATFazasini) tutadi. Natriy ionlarining hujayralararo bo‘shliqdagi konsentratsiyasi K^+ ionlarining hujayra ichidagi konsentratsiyasidan yuqori, bundan tashqari, muskul tolasi hujayrasining ichki qismida ko‘p miqdorda organik anionlar (sut va pirouzum kislotalari, fosfatlar va boshqalar) bo‘ladi. Bularning hammasi sarkolemmaning tashqi yuzasida musbat zaryadlarni va ichki sirtida manfiy zaryadlarning hosil bo‘lishiga

olib keladi. Ularning farqi membrana potentsiallarini hosil bo'lishiga olib keladi, muskul tolalarining tinch holatida ular taxminan 90–100 mv ni tashkil etadi va qo'zg'alishning hosil bo'lishi va uzatilishini zaruriy sharoiti hisoblanadi.

Sarkolemmaning tashqi yuzasida membrana bilan bog'langan fermentlar – transport ATFazalari, adenilatsiklazalar va bir qator gormonlar, vitaminlar va boshqa biologik faol moddalarning retseptor oqsillari mujassamlashgan. Sarkolemmani yuzasida harakatlantiruvchi neyronlarning uchi tamomlanib, markaziy nerv sistemasidan (MNS) muskullarga nerv signallarini o'tkazishni ta'minlaydigan nerv-muskul apparati **sinapsni** hosil qiladi.

Sarkoplazma – bu murakkab oqsil kalloid eritmasi. Unda glikogen, yog' tomchilari va hujayra strukturalari – yadro, mitoxondriya, ribosomalar, SR, lizosomalar, Goldji apparati va boshqalar joylashgan. Ularning funksiyalari maxsus muskul oqsillarining sinteziga ta'sir qilish yo'li bilan muskul tolalaridagi moddalar almashinuvini boshqarishdan iborat.

Bulardan tashqari, sarkoplazmada uglevodlarning anaerob oksidlanish jarayonining (glikolizning) fermentlari, kreatinfosfat va ADFning perefosforlanishini boshqaradigan ferment – kreatinkinaza, oqsillar, yog' kislotalari va nukleotidlar biosintezida ishtirok etadigan fermentlar va h.k. joylashgan.

Yadro (mag'iz) – irsiyatni saqlash va nasldan naslga o'tkazishga javobgar.

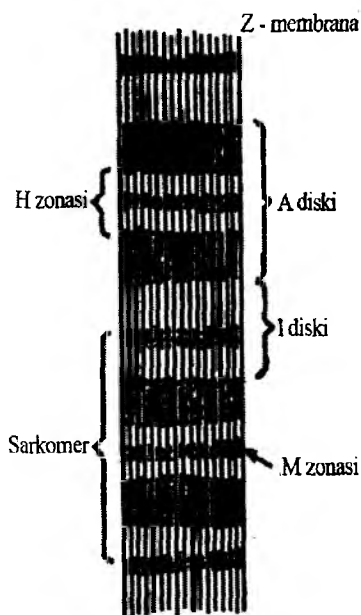
Mitoxondriya – hujayraning “**kuch stansiyasi**”, ya'ni ATFning sintezlanish joyi. Hujayrada sintezlanadigan ATFning – 90% mitoxondriyada sintezlanadi. Ularning miqdori **mashqlangan** muskullarda mashqlanmaganlarga nisbatan ko'proq bo'ladi.

Ribosomalar – oqsillarning sintez markazi.

Lizosoma – ularning pufakchalarida oqsillar, lipidlar va uglevodlarni parchalaydigan fermentlar (gidrolazalar) mujassamlashgan. Kerak bo'lgan sharoitda, ya'ni jadal muskul ishi bajarilganda lizosomalarning membranalari buziladi yoki ularning o'tkazuvchanligi oshadi va sarkoplazmaga ularda mujassamlashgan biopolimerlarni (glikogen, yog'lar, oqsillar)ni parchalaydigan

fermentlar chiqib, hujayraning energiyaga bo'lgan ehtiyojini ta'minlaydi.

Miofibrillar – muskullarni qisqartiruvchi elementi hisoblanadi. Ularning uzunligi, odatda, muskul tolasining uzunligiga teng, yo'g'onligi 1 mikrometr atrofida bo'ladi. Muskul tolasi hujayrasida miofibrillarning soni 2000 atrofida bo'ladi. Mashqlanmagan organizimlarning muskul tolalarida miofibrillar betartib joylashgan, mashqlanganlarda esa – Kongeym bog'lamlarida tartib bilan joylashgan.

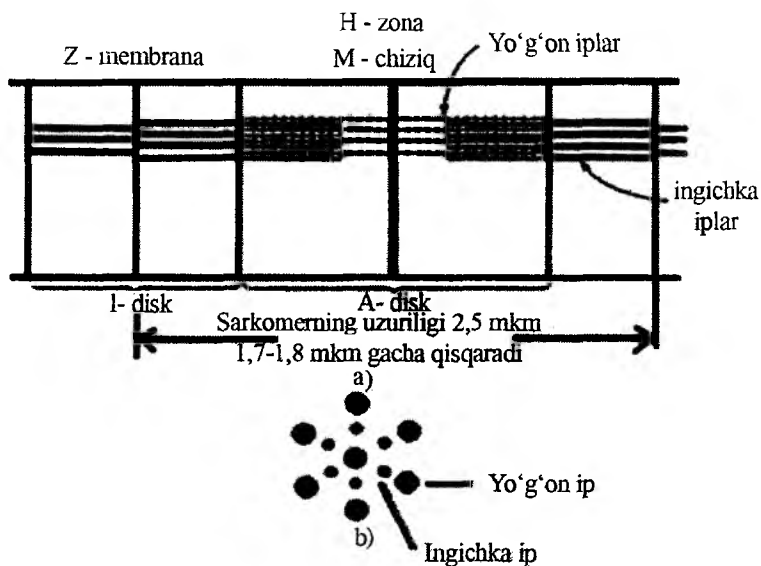


**34- rasm. Miofibrill ayrim
uchastkasining
sxematik tuzilishi**

O'zlarining tuzilishi bo'yicha miofibrillar ko'ndalang-targ'il ko'rinishida bo'lib, xuddi ikki xil disklardan tuzilgan – yorug' disklar I va qorong'u – A disklar (34-rasm). Keyingisi yorug'lik nurlarini ikki marta sindirish qobiliyatiga ega.

Elektron mikroskop ostida shu narsa tasdiqlanganki, yorug' disklar ingichka iplardan (ingichka filamentlardan), qorong'u disklar esa – yo'g'on iplardan (yo'g'on filamentlardan) tashkil topgan.

Ingichka iplardan (yorug' diskni) o'rtasidan Z-membranasi kesib o'tadi. Ikkita Z-membrana oralig'dagi masofa **sarkomer** deb ataladi (35-rasm).



35-rasm. Sarkomerning tuzilishi.

- a – sarkomerning strukturasini sxematik ko‘rinishi;
b – yo‘g‘on va ingichka iplarning joylashishi (ko‘ndalang kesimi).

Tinch holatdagi muskullarda uning uzunligi 1,8–2,5 mikrometrni tashkil qiladi. A diskning o'rtasida yorug'roq *H* zona bo'lib, uning o'rtasida qorong'uroq *M* chizig'i o'tadi. Bitta miofibrillada 1000–1200 gacha sarkomer bo'ladi. Sarkomerning yo'g'on iplarining (protofibrillarning) diametri 11–14 *nm* va uzunligi 1500 *nm* atrofida, ingichka iplarniki – diametri 4–6 *nm*, uzunligi 1000 *nm* bo'ladi.

Miozin oqsilidan tuzilgan yo'g'on iplarning "to'g'nog'ichsimon" boshchalari bor, aktin oqsilidan tuzilgan ingichka iplar – mokisimon bo'lib, muskullar qisqarganda ular o'zaro ko'ndalang ko'priklarni hosil qiladi.

Muskullar qisqargan vaqtda A diskning uzunligi o'zgarmaydi, chunki yo'gon iplarning uzunligi doimiy. Yo'gon iplarning oralig'iga kirish hisobiga I disklarning uzunligi qisqaradi. O'rtacha qisqargan sarkomerning uzunligi 1,7–1,8 *mkm* atrofida bo'ladi.

O'ta qisqargan vaqtda esa sarkomerning uzunligi 1,5 *mkm* atrofida bo'lishi mumkin. Qisqarganda miofibrillarda ikkita Z membranalari oraligidagi masofa qisqaradi.

Ikkita yapon olimlari Soichiro Tsukito va Masafumi Yano elektron mikroskopda muskullarning qisqarishi va bo'shashishi aktin iplarini miozin iplariga nisbatan siljishi natijasi ekanligini eksperimental isbotlab bergan.

16.3. Muskullarning kimyoviy tarkibi

Katta yoshdagi odamlarning muskul to'qimasining 72–80% ini suv, 20–28% ini quruq qoldiqlar va ularning 85% ini oqsillar, qolgan 15% ini esa boshqa organik va anorganik moddalar tashkil qiladi (7-jadval).

7-jadval

Sutemizuvchilarning muskullarini kimyoviy tarkibi

Moddaning nomi	Miqdori, %	Moddaning nomi	Miqdori, %
Suv	72–80	Erkin amiyokislotalar	0,1–0,7
Oqsillar	16,3–20,9	Siydikchil	0,002–0,2
Glikogen	0,3–2,0	Sut kislotasi	0,01–0,02
Fosfatidlar	0,4–1,0	Anorganik tuzlar	1,0–1,5
Xolesterin	0,03–0,23	Shu jumladan:	
Kreatin+kreatinfosfat	0,2–0,55	K	0,32
Kreatunin	0,003–0,005	Na	0,08
ATP	0,25–0,40	Ca	0,007
Karnozin	0,2–0,3	Mg	0,02
Anserin	0,09–0,15	Cl	0,02
Karnitin	0,02–0,05	P	0,2
Purin asoslari	0,07–0,23		

Muskul oqsillarining 40% – miofibrillarga, 30% – sarkoplazmaga, 14% – mitoxondriyalarga, 15% – sarkolemmaga, qolgan qismi – yadro, ribosomalar va boshqa hujayra organidlariga to‘g‘ri keladi.

Maydalangan muskullardan suv bilan ekstraksiya qilib sarkoplazmaning oqsillari (glikoliz va aminokislotalarni faollash jarayonining fermentlari – oqsillari, mioglobin zaxira albuminbar va h.k.) tuzlarning konsentrlangan eritmaları (0,6–1,0 *m* KCl yoki NaCl eritmasi) bilan – miofibrillarning oqsillari, ishqoriy eritmalar bilan esa – yadro oqsillari – nukleoproteidlar ajratib olinadi. Cho‘kmada paylarning erimaydigan oqsillari – kollagen va elastinlar qoladi. Bu oqsillar *miostrominlar* deb atalib, elastiklik xususiyatiga ega va muskullarning qisqarganidan so‘ng uni bo‘shashida ahamiyatga ega.

Muskul tolasi hujayrasida tuzilishi va funksiyasi bo‘yicha qonning gemoglobiniga o‘xshash oqsil – *mioglobin* bo‘ladi. U o‘zining funksiyasini faqat muskul tolasi hujayrasi doirasida bajaradi, ya‘ni kislorodni qonning gemoglobinidan mitoxondriyalar va undan CO₂ gazini gemoglobinga tashiydi.

Ekstraktiv moddalardan tarkibida azot tutgan birikmalar alohida ahamiyatga ega. Bularga ATF (0,25–0,40%) va kreatinfosfat (0,4–1,0%) kiradi. Muskul to‘qimasining o‘zida azot tutgan moddalariga yana ikkita qisqa peptid – karnozin va anserin kiradi. Ular oldindan toliqish natijasida pasaygan muskulning qisqarishi amplitudasini kuchaytiradi. Muskullarning muhim ahamiyatli azotsiz birikmalariga glikogen va uning almashinuv mahsulotlari (pirouzum va sut kislotalari), yog‘lar, xolesterin, keton tanachalari va mineral moddalar kiradi. Muskullarda glikogenning miqdori 0,2% dan to 3% gacha o‘zgarib turadi va sportchining mashqlanganlik darajasiga bog‘liq bo‘ladi. Mashqlangan muskullarda glikogenning miqdori mashqlanmaganga nisbatan ancha ko‘p bo‘ladi.

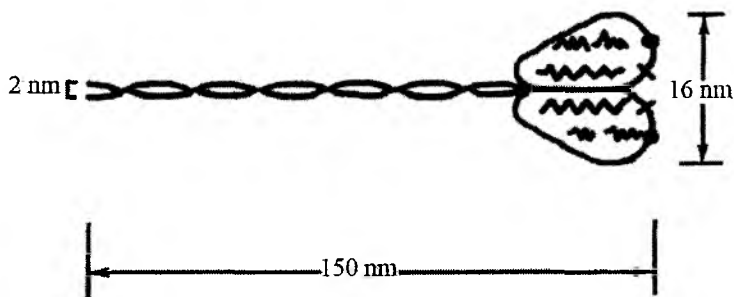
Lipidlar – muskul tolasida 1% gacha sarkoplazmaning oqsil strukturalari bilan bog‘langan sarkoplazmatik yog‘ bo‘ladi. U muskul ishi vaqtida va och qolganda ishlatilmaydi. Hujayrada fosfolipidlar va xolesterin ham bo‘ladi. Uzoq muddatli ishda chidamlilikka maxsus mashqlangan sportchilarning muskullarida zaxira yog‘lari to‘planishi mumkin.

Mineral moddalardan muskullarda asosan K, Na, Ca, Mg, Cl, H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} va boshqalar bo‘lib, ular muskulning umumiy og‘irligi 1–1,5% ini tashkil qiladi. Ular qisqarayotgan muskullarda biokimyoviy jarayonlarni boshqarishda qatnashadi.

16.4. Miofibrillar oqsillarining strukturā tuzilishi va xususiyatlari

Miofibrillyar oqsillar guruhiga quyidagilar kiradi: miozin, aktin, tropomiozin, troponinlar (C, I, T), α - va β -aktininlar. Bular muskullarning qisqartiruvchi oqsillari hisoblanadi.

Miozin – muskullarning asosiy qisqartiruvchi oqsili bo‘lib, barcha miofibrill oqsillarning 55% ini tashkil qiladi. U molekulyar massasi 470000 Da bo‘lgan fibrillyar (ipsimon) oqsil. Miozin molekulasining uzunligi 150 nm va yo‘g‘onligi 2 nm, bir uchida (spirallashmagan) “to‘g‘nog‘ichsimon boshchasi” bo‘lib (16 nm), har biri 1800 aminokislota qoldig‘ni tutgan bir xil ikkita polipeptid zanjiridan tashkil topgan (36-rasm).



36-rasm. Miozin molekulasining tuzilishi

Miozin molekulasining tarkibida monoamindikarbon kislotalari, ayniqsa glutamin kislotasi ko‘p, ya‘ni miozinning molekulasi ko‘proq manfiy zaryadga ega. Miozinning “to‘g‘nog‘ichsimon boshchasi” fermentativ – ATF-aza faolligiga ega va o‘zida ikkita markaz – substratni bog‘lab olish va katalitik faollik markazini

tutadi. Miozinning boshchasi Mg^{2+} ionlari yordamida ATF yoki ADF molekulasini bog‘lab olish qobiliyatiga ega. Miozin oqsilidan sarkomerning yo‘g‘on iplari (ptotofibrillari) tuzilgan (37-rasm).



37-rasm. Sarkomerning yo‘g‘on (miozin) ipining tuzilish sxemasi

Aktin – ikkinchi muhim qisqartiruvchi oqsil bo‘lib, miofibrill oqsillarining 25% ini tashkil qiladi. U globulyar (G) oqsil, molekulyar massasi 42000 *Da*. G-aktinning molekulasi 374 aminokislota qoldiqlaridan tashkil topgan, bitta polipertid zanjiridan tuzilgan. Ikkita G-aktinning molekulasi o‘zaro ADP orqali bog‘lanib, dimerni hosil qiladi. G-aktining dimerlaridan ikki zanjirli strukturaga ega bo‘lgan fibrillyar F-aktin hosil bo‘ladi (38-rasm).

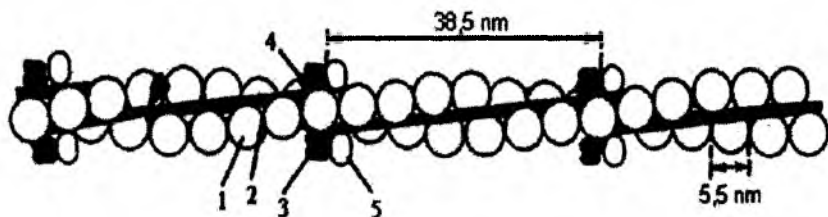


38-rasm F-aktinning qo‘sh spirali

Tropomiozin – uning miqdori muskullarda uncha ko‘p emas – miofibrill oqsillarining 4–7% ini tashkil etadi, xolos. Tropomiozinning molekulyar massasi 65000 *Da* ga teng, uning molekulasi ikkita α -spirallashgan zanjirlardan tashkil topgan va 40 *nm* uzunlikdagi o‘zak ko‘rinishiga ega.

Troponinlar – molekulyar massasi 80000 *Da* bo‘lgan globulyar (G) oqsillar. Ularning muskullardagi miqdori juda kam, ya‘ni barcha miofibrill oqsillarning taxminan 2% ini tashkil qiladi. Molekulalari sferik ko‘rinishga ega va uchta har xil subdisiyalardan tashki!

topgan – Tn-I (ingibirlovchi), Tn-C (kalsiy bog‘lovchi) va Tn-T (tropomiozin bog‘lovchi). Miofibrillarda F-aktin, tropomiozin va troponinlardan sarkomerning ingichka iplari (filamentlari) hosil bo‘ladi (39-rasm). Troponin – tropomiozin kompleksi aktomiozin kompleksiga Ca^{2+} ionlariga sezuvchanlikni ta‘minlaydi.



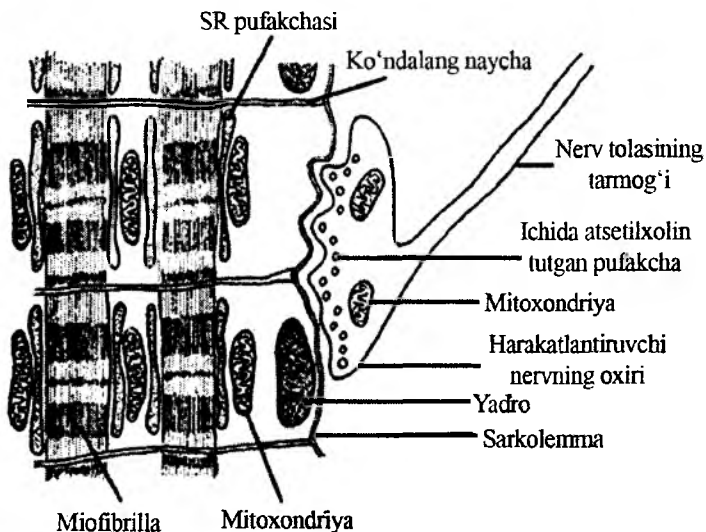
39-rasm. Sarkomerning ingichka (aktin) ipini struktura tuzilishi:
1 – aktin; 2 – tropomiozin; 3 – troponin C; 4 – troponin I; 5 – troponin – T

16.5. Muskul qisqarishining mexanizmi

Hozirgi zamon tushunchasi bo‘yicha muskullarning qisqarish jarayoni quydagicha amalga oshadi.

Markaziy nerv sistemasidan nerv-muskul apparati – **sinaps**ga (40-rasm) kelayotgan elektr impulslari muskul qisqarishini chaqiradi. Elektr impulslari sinapsga yetib kelishi bilan maxsus pufakchalarning bir qismi yorilib, undan neyromediator – atsetilxolin ajralib chiqadi va membranadagi maxsus teshikchalar orqali hujayralararo bo‘shliqqa o‘tib, postsinaptik membranadagi (sarkolemmadagi) maxsus retseptor oqsili bilan bog‘lanadi.

Retseptor oqsil – atsetilxolin kompleksi hosil bo‘lishi retseptor oqsilining komformatsiyasini o‘zgarishiga olib keladi, natijada sarkolemmani Na^+ ionlari uchun o‘tkazuvchanligi oshadi va ular muskul tolasi hujayrasi ichiga kiraboshlab, sarkolemmaning ichki yuzasidagi manfiy zaryadlar sonini kamaytiradi.



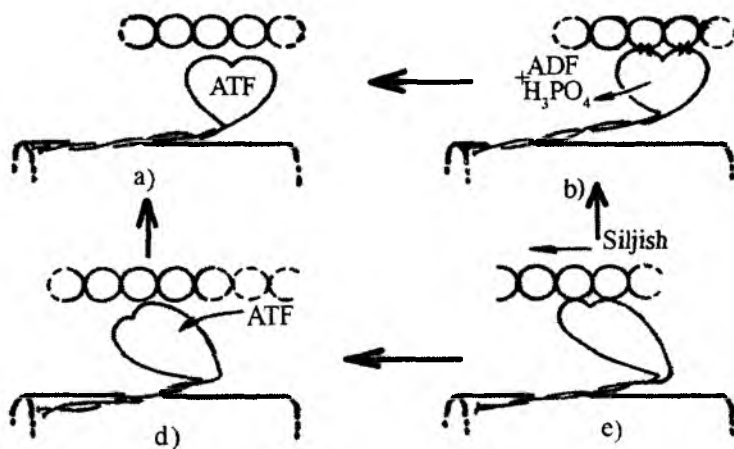
40-rasm. Nerv-muskul apparati – sinapsning tuzilish sxemasi.

Depolyarizatsiya bo'lib, ta'sir toki hosil bo'ladi va u miniyatur potentsiallar shaklida aktin va miozin iplarini o'zaro ta'sir qiladigan miofibrillarning qismini o'rab olgan sarkoplazmatik retikulumni T-sistemalari, sisternalari va pufakchalarining barcha membranalarigacha tarqaladi. Sarkoplazmatik retikulumning pufakcha va sistenalarida Ca^{2+} bog'lab oladigan oqsil bo'lib, u Ca^{2+} - ATF-azasi yoki kalsiy pompasi yoki kalsiy nasosi yoki bo'shashish omili deb yuritiladi.

Sarkoplazmatik retikulumning pufakcha va sistenalariga elektr qo'zg'lishi (ta'sir toki) yetib kelishi bilan kalsiy nasosi ishlab Ca^{2+} ionlarini bo'shatib yuboradi. Sarkoplazmada Ca^{2+} ionlarining konsentrasiyasi ko'payadi (tinch holatdagi muskullarda Ca^{2+} ionlarining konsentrtasiyasi $\sim 10^{-7} \text{ M}$ bo'ladi, 10^{-6} – 10^{-5} konsentrasiyada esa muskulning qisqaruvchanlik faolligi eng yuqori darajada bo'ladi). Bo'shalgan Ca^{2+} troponin C-ga bog'lanib konfarmatsion o'zgarishni chaqiradi, ya'ni troponin – tropomiozin

o'qining buralishi sodir bo'ladi va ingichka protofibrilldagi (ipdagi) G-aktinning faol markazi bilan yo'g'on protofibrilldagi miozinining "boshchasi" o'rtasida ko'ndalang ko'prikcha hosil bo'ladi (41-rasm). Shu bilan birga miozin ATF-azasi ishga tushib ATFni ADF va anorganik fosfatga parchalaydi va energiya ajratib chiqaradi. Shu energiya hisobiga miozinning "boshchasini" konformatsiyasi o'zgaradi, ya'ni 90° burchak bilan (41-b,rasm) aktin ipining tegishli markaziga bog'lanib olgan miozin boshchasi 45° buralib miozin ipi bo'ylab o'zi bilan aktin ipini tortadi (tahminan bitta elementar qadam – 11 nm atrofida bo'ladi) (41-e,rasm). Aktin ipi bitta "qadam" qilgandan keyin aktomiozin kompleksidan ADF va fosfor kislotasi ajralib chiqadi.

Keyin miozinning boshchasiga ATFning yangi molekulasini Mg^{2+} ionlari ishtirokida (41-d,rasm) birikadi va jarayon miozin molekulasining keyingi boshchasi bilan takrorlanadi shu bilan birga miozin boshchasi bilan aktin o'rtasida qancha ko'p ko'ndalang ko'prikchalar hosil bo'lsa, muskul qisqarishining kuchi shuncha katta bo'ladi.



41-rasm. Muskularning qisqarish va bo'shashishida yo'g'on ipdagi miozin "boshchasini" ishlash sxemasi

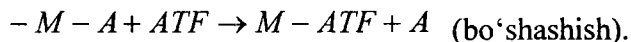
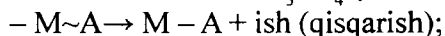
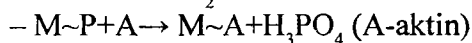
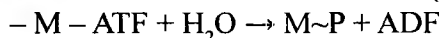
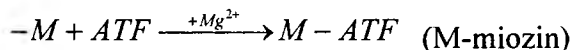
Muskulning bo'shashishi uchun harakatlantiruvchi nervdan kelayotgan impulslar to'xtashi kerak va sarkoplazmada Ca^{2+} ionlarining miqdori kamayishi lozim. Bu sarkoplazmatik retikulumning pufakchalari va sisternalaridagi Ca^{2+} - ATF-azasi Ca^{2+} ionlarini aksincha bog'lab olish yo'li bilan sodir bo'ladi. Shuni aytish kerakki, Ca^{2+} ionini sarkoplazmatik retikulumning pufakchalari va sisternalarini ichiga tashilishi bir molekula ATFni parchalanganda ajralib chiqqan energiya hisobiga bo'ladi. Shunday qilib, skelet muskullarining qisqarishiga qancha energiya sarflangan bo'lsa, ularning bo'shashiga ham shuncha energiya sarflanadi.

Muskullarning bo'shashish jarayonining o'zi quydagi ko'rinishga ega: harakatlantiruvchi impulsni uzatishi to'xtashi bilan Ca^{2+} SR sisternalari ichiga o'tib oladi. Troponin-C o'ziga bog'langan Ca^{2+} ionlarini yo'qotadi, buning natijasida troponin-trapomiozin kompleksida konformatsion o'zgarish yuz beradi va troponin-I G-aktinning faol markazini boshchasi bilan bog'lanishga yo'l qo'ymaydi. Sarkoplazmada Ca^{2+} ionlarning konsentratsiyasi boshlang'ichdan ($\sim 10^{-7} M$ dan) kamayib ketadi va muskul tolalari ko'ndalang ko'priklar hosil qilish qobiliyatini yo'qotadi. Bunday sharoitda qisqarish vaqtida deformatsiyalashgan stromaning elastik kuchlari ustunlik qiladi va muskul bo'shashadi. Shu vaqtda miozinning boshchasi oldingi konformatsiyasini egallaydi, ingichka aktin ipi esa o'zining boshlang'ich holatiga qaytib keladi. Muskul ingichka va uzunroq bo'lib qoladi, ya'ni boshlang'ich yo'g'onligi va uzunligini egallaydi. Shunday qilib, muskullarning qisqarish va kelgusi bo'shashishi jarayonida ingichka aktin iplari miofibrillarning yo'g'on miozin iplari bo'ylab sirpanadi, natijada ikkita Z-membranalar orasidagi masofa qisqaradi.

Muskul ishi vaqtida ATFning sarflanish tezligi juda katta va daqiqaga 1 g muskulga 10 *mmol* ni tashkil qiladi. Muskuldagi ATFning zaxirasi ko'p emas (0,25–0,40% atrofida), demak muskulning normal ishini ta'minlash uchun ATF qanday tezlik bilan sarflansa, shunday tezlikda uning zaxirasi tiklanib turishi kerak.

Shunday qilib, skelet muskullarining qisqarish va bo'shashish

jarayonida sodir bo'layotgan kimyoviy reaksiyalarning ketma-ketligini sxematik ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:



Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Muskul tolasi – ko'p yadroli gigant hujayra yoki hujayraviy tuzilma – simplast, uzunligi 0,1 santimetrdan 2–3 santimetr gacha (ayrim hollarda 12 *sm* gacha) va giametri – 0,01–0,2 *mm*. U skelet muskullarining struktura – funksional birligi hisoblanadi.

Miofibrillar – muskullarning qisqartiruvchi elementi. Ularning uzunligi muskul tolasi hujayralarining uzunligiga teng, diametri ~ 1 *mkm*.

Sarkomer – miofibrillardagi ikkita Z-membranalari oralig'idagi masofa. Miofibrillarning struktura funksional birligi. Odamning tinch holatdagi muskulida uning uzunligi 1,8–2,5 *mk* atrofida bo'ladi.

Miozin – miofibrillarning asosiy qisqartiruvchi oqsili bo'lib, uning hissasiga myofibril oqsillarining 55% to'g'ri keladi. 470000 *Da* molekulyar massali fibrillyar oqsil. Undan sarkomerning yo'g'on iplari hosil bo'ladi.

Aktin – ikkinchi muhim qisqartiruvchi oqsil. 42000 *Da* molekulyar massali globulyar (*g*) oqsil. G-aktinning dimeridan sarkomerning ingichka ipining asosi – fibrillyar F-aktin hosil bo'ladi.

Tropomiozin – uchinchi qisqartiruvchi oqsil; molekulyar massasi – 70000 *Da*. Uning molekulasi ikkita har xil α -spiralli polipeptid zanjirlaridan tashkil topgan. Sarkomerning ingichka ipining tarkibiga kiradi.

Troponin – 80000 *Da* molekulyar massali globulyar oqsil. Molekulasi uchta har xil subedisalardan (C, I, T) tashkil topgan. Muskullarning qisqarish mexanizmidan qatnashadi.

Miozin ATF-azasi – ATFning parchalanish reaksiyasini katalizlash qobiliyatiga ega bo'lgan miozinning to'g'nog'chsimon boshchasi miozin ATF-azasi nomi bilan yuritiladi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Musku to'qimasi qanday turlarga bo'linadi va ularning har biriga qisqa tavsif bering.*

2. *Skelet muskullarining asosiy biologik funksiyasi nimadan iborat?*

3. *Skelet muskullarining struktura-funksional birligi bo'lib nima xizmat qiladi?*

4. *Musku tolasi deyilganda nimani tushunasiz?*

5. *Musku tolasi qanday turlarga bo'linadi va ular o'zaro qaysi xususiyatlari bilan bir-birlaridan farq qiladi?*

6. *Miofibrillar qaysi bir hujayralarning tarkibiga kiradi va qanday biologik funksiyani bajaradi?*

7. *Miofibrillarning struktura-funksional birligi bo'lib ularning qaysi qismi xizmat qiladi va u qanday nom bilan yuritiladi?*

8. *Miozin va aktin oqsillaridan sarkomerning qaysi elementlari tashkil topgan?*

9. *Nima uchun skelet muskullaridagi FT va ST tolalarning nisbati sarkomerning uzunligini genetik moyil omil deb ataladi?*

10. *Miozin va aktin oqsillariga qisqacha tavsif bering.*

11. *Miozin oqsili musku tolasi hujayrasida qanday funksiyalarni bajaradi?*

12. *Muskulning qisqarish va bo'shashida sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalarning ketma-ketligini sxematik ravishda ifodalang.*

13. *Muskullar qisqarganda miofibrillardagi miozin va aktin iplari qanday harakat qiladi va natijada qaysi masofa qisqaradi?*

14. *Muskullarning qisqarishida Ca^{2+} ionlari va troponin oqsillarining ahamiyati nimadan iborat?*

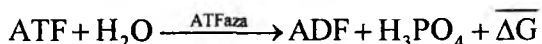
15. *Stroma oqsillari – kollagen va elastinlar muskullarning qisqarish va bo'shash jarayonida qanday vazifani bajaradi?*

16. *Muskullarning qisqarishi va bo'shashi uchun qaysi bir modda bevosita energiya manbai bo'lib xizmat qiladi?*

17. MUSKUL ISH FAOLİYATIDAGI BIOENERGETIK JARAYONLAR

17.1. Muskul ishi uchun energiya manbalari

Muskulning qisqarishi va bo'shashi uchun bevosita energiya manbai bo'lib makroerg birikma – adenozintrifosfat (ATF) yoki ATFning parchalanish reaksiyasi xizmat qiladi.

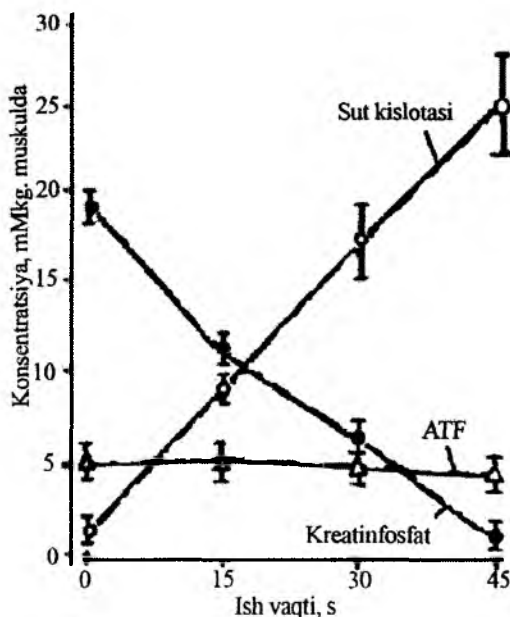


tenglamasi bo'yicha ATF fermentativ parchalanganda muskulning qisqarish jarayonida mexanik ishga aylanadigan energiya ajralib chiqadi. Oxirgi (uchinchi) makroerg fosfat bog'i uzilganda har bir *mol* ATF dan 30 dan 46 kilojulgacha energiya ajralib chiqadi. Odatda qabul qilinishicha, odam organizmida normal fiziologik sharoitda 1 *mol* ATF parchalanishidan ajralib chiqqan energiya ~40 *kJ* ni tashkil qiladi.

Muskullarda ATFning miqdori ko'p emas va 5 *mM/kg* atrofida yoki 0,25–0,40% ni tashkil qiladi. Biroq, bir tomondan, muskullar o'zida ko'p miqdorda (5 *mM/kg* dan ko'p) ATFni yig'olmaydi, chunki bunday holatda miozin ATF-azaning substratli ingibirlanishi ro'y beradi. Bu esa muskullarning qisqarish va bo'shashish jarayonining tezligini pasaytiradi, bajarilayotgan muskul ishining tezligi va intensivligini susaytiradi. Shu bilan birga muskullarda ATFning miqdori 2 *mM/kg* dan kamayishi mumkin emas. Chunki bunday holatda SR pufakchalari va sisternalaridagi "kalsiy nasosi" (Ca^{2+} -ATF-azasi) ishlamay qoladi va muskul to ATF zaxirasini butunlay tamom bo'lishigacha qisqaradi va Rigor holati rivojlanadi. Muskul toshdek qotib qolgan holatga keladi va qisqarish hamda bo'shashish qobiliyatini yo'qotadi. Shu sababli muskul uzoq vaqt davomida ishlay olishi uchun qisqarishlar oralig'ida ATFning resintezi uzluksiz sodir bo'lib turishi va uning ishlayotgan muskullardagi zaxirasi doimo to'ldirilish kerak.

17.2. ATF resintezining anaerob va aerob yo'llari

Yuqorida ko'rsatilganidek, muskuldagi ATFning zaxirasi ko'p emas va 5 mM/kg atrofida yoki 0,25–0,4% ni tashkil qiladi. Bu miqdordagi ATF faqat 3–4 yolg'iz maksimal kuchli qisqarishga yetadi. Shu bilan birga muskullarda mikrobiopsiya usulini qo'llash yo'li bilan shu narsa aniqlandiki, ishlayotgan muskullarda ATFning konsentratsiyasi ishni boshlanishida biroz kamayib, so'ngra o'zgarmasdan bir darajada doimiy saqlanadi, kreatinfosfatning konsentratsiyasi esa ish boshlanishi bilan keskin kamayadi, sut kislotasining miqdori, aksincha, ko'payib boradi (42-rasm). Bundan shunday xulosa qilinadi: muskul ish faoliyati davomida ishlayotgan muskullarda ATF qanday tezlik bilan sarflansa, taxminan shu tezlikda uning zaxirasi tiklanib (rezistezlanib) turadi.



42-rasm. Skelet muskullarining ishi vaqtida ATF, kreatinfosfat va sut kislotalarining konsentratsiyasining o'zgarishi

Haqiqatan ham odam organizmida ATFni resintezlab turadigan bioenergetik jarayonlar borligi aniqlangan. Muskul ish faoliyatida ATFning resintezi anaerob sharoitda boradigan reaksiyalar davomida hamda kislorodning ist'emoli bilan bog'liq bo'lgan hujayradagi oksidlanish jarayonlari hisobiga amalga oshishi mumkin. Odamning skelet muskullarida ATFning resintezlanishi mumkin bo'lgan uchta anaerob va bitta aerob jarayon borligi aniqlangan:

- kreatinkinaza reaksiyasi (alaktat anaerob jarayon)da ATFning resintezi – kreatunfosfat (KrF) va ADFlarni perefosforlanishi hisobiga amalga oshadi;

- glikoliz (laktatsid anaerob) jarayonda ATFning resintezi – glyukoza yoki glikogenni sut kislotasigacha fermentativ parchalanish jarayonida amalga oshadi;

- miokinaza reaksiyasi – ikki molekula ADFning perefosforlanish hisobiga ATF resintezlanadi;

- aerob jarayonda ATFning resintezi – mitoxondriyada to'qimaning nafas olishi, ya'ni o'ksidlanishli fosforlanish jarayonida amalga oshadi.

Muskul ish faoliyatida ATF resintezining anaerob va aerob jarayonlarini miqdoriy baholash uchun uchta biokimyoviy kriteriyadan foydalaniladi:

- quvvat kriteriyasi – har bir jarayondagi energiya o'zgarishining (ATF resintezining) tezligini ko'rsatadi;

- hajm kriteriyasi – energiya resurslarining umumiy zaxirasini ifodalaydi;

- samaradorlik kriteriyasi – berilgan jarayonda ajralgan umumiy energiya bilan ATFning resintezlanishiga sarflangan energiyaning o'zaro nisbatini ko'rsatadi.

ATF resintezining anearob va aerob mexanizmlari o'zlarining quvvat, hajm va samaradorlik parametrlari bilan bir-biridan ancha farq qiladi.

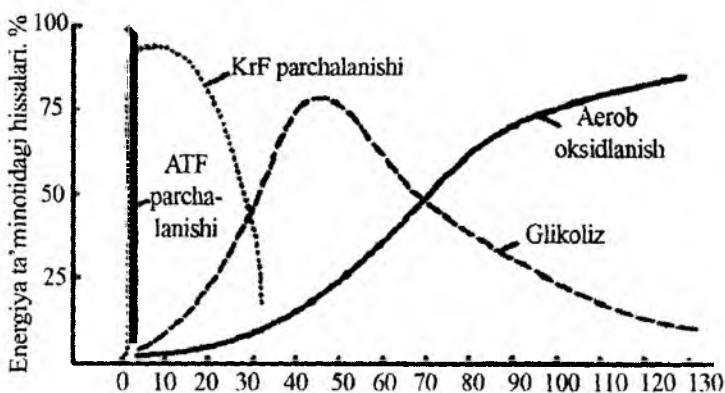
Quyida muskulda ATFning barcha resintez jarayonlarini va ularning ishga tushish tartibini ko'rib chiqamiz.

17.2.1. Kreatinkinaza reaksiyasida ATFning resintezi

Muskullarda ATFDan tashqari yana bitta makroerg birikma – kreatinfosfat (KrF) bo‘ladi, uning miqdori ATFnikidan 3–4 marta ko‘p, ya’ni 15–16 *mM/kg* ni tashkil qiladi. Har bir muskul faoliyatining boshida ATFning miqdori kamayishi bilan energiya ta’minotiga kreatinkinaza reaksiyasi kirishadi. Bu reaksiyada ATFning resintezi kreatinkinaza fermenti (KK) katalizlaydigan KrF va ADFning perefosforlanish reaksiyasi hisobiga amalga oshadi.



Ishlayotgan muskullarda kreatinkinaza reaksiyasining tezligi bajarilayotgan ishning intensivligiga va muskul kuchlanishining kattaligiga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Kreatinkinaza reaksiyasi o‘zining eng yuqori tezligini ishning 2–3 soniyalarida namoyon qiladi (43-rasm). Kreatinkinaza fermenti muhitning pH ko‘rsatkichini o‘zgarishiga juda sezgir, ya’ni o‘zining maksimal faolligini kuchsiz ishqoriy muhitda namoyon qiladi va hujayra ichi pH ning pasayishi uning fa’olligini keskin pasaytiradi. Muskulning qisqarganida ajralib chiqqan Ca^{2+} ionlari fermentning aktivatori bo‘lib xizmat qiladi.



43-rasm. Ishlayotgan muskullarda mashqlarning davomiyligiga qarab energiya bilan ta’minlovchi jarayonlar tezligining o‘zgarishi

Muskul ishi boshlanish momentidayoq birinchi bo'lib kreatinkinaza reaksiyasi ATF resintezi jarayonida ishga kirishadi va muskullarda KrFning zaxirasi ancha kamayguncha o'zining maksimal tezligi bilan ishlaydi. Ayniqsa sportning sport o'yinlari turlarida, qayerda bajariladigan mashqlarning tezligi sharoitga qarab ko'p marta yo tezlashib, yo sekinlashib, o'zgarib turadi. Kreatinkinaza reaksiyasi yo ATF resintez jarayoniga kirishib (to'g'ri reaksiya), yo bu reaksiyadan chiqib, orqaga yo'nalgan reaksiya – KrF zaxirasini tiklashga olib keladigan ATFning ishlatilish tezligini keskin o'zgarib turishi sharoitida uning muskullardagi konsentratsiyasining doimiyligini ta'minlaydigan o'ziga xos “energetik buferlik” vazifasini bajaradi.

Kreatinkinaza reaksiyasining eng katta quvvati $3,8 \text{ kJ/kg.dag}$ ni tashkil qiladi. Uning maksimal hajmi esa, ya'ni muskul kreatinfosfatining umumiy zaxirasi maksimal intensivlikdagi mashqning berilgan quvvatini pasaytirmasdan 10–15 soniya davomida bajarishga yetadi.

Ishning boshlanishi birinchi soniyalarida, hali muskullarda kreatinfosfatning konsentratsiyasi yuqori bo'lganda, kreatinkinazaning faolligi yuqori darajada ushlab turiladi. ATFning parchalanishida hosil bo'lgan ADFning deyarli barcha miqdori ATF resintezining boshqa jarayonlarini blokirovka qilib, kreatinkinaza reaksiyasiga jalb qilinadi. Muskullarda KrF zaxirasining $\frac{1}{3}$ qismi tugallanishi bilanoq kreatinkinaza reaksiyasining tezligi pasaya boshlaydi, bu esa o'z navbatida ATF resintezining boshqa yo'llari – glikoliz va aerob jarayonlarning ishga kirishini tezlashtiradi.

Kreatinkinaza reaksiyasi oson orqaga qaytadi. Mashqlarning bajarish vaqtida ATF va kreatinni hosil qiladigan to'g'ri reaksiya ustunlik qiladi, lekin ishning sekinlashishi yoki tugashi va muskulda ATFning ortiqcha miqdori paydo bo'lishi bilan KrF zaxirasini boshlang'ich ish oldi darajasigacha tiklashga olib keladigan orqaga yo'nalgan reaksiya ustunlik qila boshlaydi.

Kreatinkinaza reaksiyasi qisqa muddatli maksimal quvvatli mashqlarni energiya ta'minotida asosiy, muhim ro'lni o'ynaydi,

jumladan: qisqa masofaga yugurish, sakrash, disk uloqtirish, og'ir atletika mashqlari, gimnastika va akrobatika elementlarini bajarish, velotrek, finisholdi tezlashishi va h.k.

17.2.2. Glikoliz jarayonida ATFning resintezi

Muskuil ish faoliyatida kreatinkinaza reaksiyasining tezligi pasayib borishi bilan energiya ta'minoti jarayoniga glikoliz tobora ko'proq jalb qilinadi. Glikoliz jarayonida muskuil ichidagi glikogenning zaxirasi va qondan kirayotgan glyukoza fermentativ yo'l bilan ikki molekula pirouzum yoki ikki molekula sut kislotasigacha parchalanadi. Glikoliz yoki glikogenni fosforolizidan (glikogenoliz) yoki erkin glyukozaning fosforlanishidan (geksokinaza reaksiyasi) boshlanishi mumkin. Glikoliz (glikogenoliz) jarayonining ayrim reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlarning ko'pchiligi SR membranalari va sarkoplazmada joylashgan. Muskuil qisqarishini faollashtirish jarayonida sarkoplazmada ADF, anorganik fosfat, katexolaminlar (adrenalin va noradrenalin) va Ca^{2+} ionlarining konsentratsiyasi oshganda anaerob glikolizning muhim fermentlari faollashadi, bu o'z navbatida muskuil ishini boshlanishi bilan glikolizni ATFning resintezlanish jarayoniga tez jalb qilishga imkoniyat tug'diradi.

ATFning glikolitik yo'l bilan resintanishining maksimal quvvati kreatinkinaza reaksiyasining quvvatidan bir necha kamroq va 2,5 *kf/kg.daq* ni tashkil qiladi, lekin aerob jarayonning quvvatidan 2–3 marta ko'p. Jadal muskuil ishini boshlagandan so'ng 20–30-soniyalarida glikoliz jarayoni o'zining eng yuqori tezligiga erishadi va ishning 1-daqiqalari oxirida yangitdan resintezlanayotgan ATFning asosiy manbayi bo'lib qoladi. Ammo muskullarda nisbatan uncha ko'p bo'lmagan glikogenning zaxirasini tez tugallanishi va hosil bo'layotgan sut kislotasi hamda hujayra ichi pH ning pasayishining ta'sirida glikoliz zanjiri asosiy fermentlarining faolligini kamayishi mashqning davomiyligini oshishi bilan glikolizni tezligi pasayadi. Muskuil ishi boshlanganidan 15 *daq* o'tgandayoq glikolizning tezligini yarmisi qoladi.

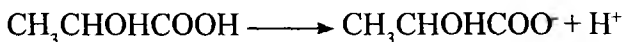
Organizmdagi uglevodlarning umumiy zaxirasi va hujayra

ichi pH ko'rsatkichlarini stabilizatsiya qilib turadigan buffer sistemalarining hajmi 30 soniyadan to 2–3 daqiqagacha intervaldagi mashqlarni berilgan intensivligini pasaytirmasdan bajarishni ta'minlaydi. Demak, ATF resintezining glikolitik yo'lining hajmi ATF resintezining alaktat anaerob yo'lining hajmidan bir tartibga (10 martadan oshiqroq) ko'p.

Glikoliz jarayoni nisbatan unchalik yuqori bo'lmagan energetik samaradorligi bilan ajralib turadi. Chunki, 1 molekula glyukoza (yoki glikogenning bitta glyukoza qoldig'i) ikki molekula pirouzum yoki sut kislotasigacha anaerob jarayonida parchalanganida umumiy 2860 *kJ/mol* energiyaning 240 *kJ/moli* ajralib chiqadi. Qolgan energiya esa keyinchalik pirouzum (sut) kislotasining aerob oksidlanish jarayonida ajraladi. Demak, glikoliz davomida ajralgan umumiy energiya (240 *kJ/mol*)ning 84 dan 125 *kJ* li ATFning makroerg fosfat bog'lariga aylanadi, ya'ni glikoliz jarayonida 2 molekula ATF (~80 *kJ*) va glikogenolizda 3 molekula ATF (~120 *kJ*) hosil bo'ladi. Shunday qilib, glikoliz jarayonining energetik samaradorligi umumiy ajralgan energiyaning taxminan 40% ini tashkil qiladi yoki foydali ish koeffitsiyenti bo'yicha 0,4 ko'rsatkichi bilan ifodalanadi.

Zo'riqqan muskul ishi sharoitida glikolitik yo'l bilan parchalanayotgan uglevodlarning asosiy miqdori sut kislotasiga aylanadi. Shu bilan birga hosil bo'layotgan sut kislotosining har bir molekulasi 1–1,5 molekula ATFni sinteziga teng. Anaerob ishda sut kislotasining to'planish darajasi bajarilayotgan mashqning intensivligi va davomiyligi bilan to'g'ri proporsional bog'langan.

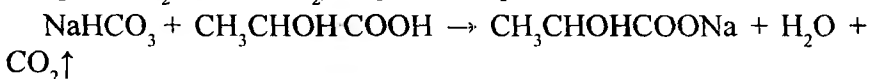
Sut kislotasi boshqa barcha organik kislotalari kabi suv muhitida dissotsiatsiyaga uchraydi:



Intensiv muskul ishi faoliyatida ko'p miqdorda sut kislotasi to'plana boshlaydi. Bu esa hujayraichi muhitida vodorod ionlarining konsentratsiyasini o'zgarishiga olib keladi. pH ko'rsatkichini uncha katta bo'lmagan (o'rtacha) kislotalik tomonga siljishi mitoxondriyadagi nafas olish siklining fertmentlarini faolligini oshiradi, lekin ko'proq o'zgarganda miozin ATF-azasi, kreatinkinaza

va muskullarning qisqarish qobiliyatini boshqaradigan glikolizning muhim fermentlarini faolligini va ATFning anaerob resintezining tezligini pasaytiradi. Muskel tolasining sarkoplazmasida sut kislotasining konsentratsiyasini keskin ko'payishi osmatik bosimning o'zgarishiga olib keladi, ya'ni suv hujayralararo bo'shliqdan hujayra ichiga kirib uni shishiradi va tarangligini oshiradi. Osmotik bosimning ancha o'zgarishi muskullarda og'riqning paydo bo'lishini sababchisi bo'ladi.

Sut kislotasi hujayra membranasi orqali konsentratsiya gradiyenti bo'yicha qon tomirlariga o'tadi va u yerda birinchi navbatda bikarbonat bufer sistemasi bilan o'zaro ta'sir qilib, "nometabolik ortiqcha CO_2 " (ExcCO_2)ni ajratib chiqaradi.



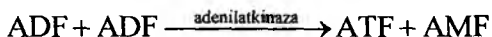
Ishlayotgan muskullarda glikolizning kuchayishini aks ettiruvchi omillar – sut kislotasining to'planishi, ExcCO_2 ning paydo bo'lishi, pH ning o'zgarishi va o'pkaning giperventilyasiyasi, odatda, bajarilayotgan mashqning quvvati maksimal kritik quvvatning ~50% ni tashkil qilganda namoyon bo'ladi. Odatda, yuklamaning bu darajasini "anaerob almashinuv bo'sag'asi" (AAB yoki PANO) deb belgilanadi.

Shunday qilib, glikoliz jarayoni submaksimal quvvatli muskul ish faoliyatini energiya bilan ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bajariladigan vaqti 30 soniyadan to 2–3 daqiqagacha bo'lgan mashqlarni (o'rta masofaga yugurish, 100 va 200 metrga suzish, trekda velosiped haydash, uzoqroq muddatli finisholdi tezlashish va boshqalar) asosiy energiya manbayi bo'lib, submaksimal quvvatli ishlarni energiya ta'minotida glikoliz jarayoni muhim rol o'ynaydi.

17.2.3. Miokinaza reaksiyasida ATFning resintezi

Sarkoplazmada hali ADFning konsentratsiyasi yetarli darajada yuqori va ATF resintezining boshqa yo'llarini imkoniyati deyarli qolmaganda, ya'ni yaqqol toliqish holati ro'y berganda miokinaza

reaksiyasi yuzaga chiqishi mumkin. Bu reaksiyaning asosiy mohiyati shundan iboratki, unda adenilatkinaza (yoki miokinaza) fermenti yordamida ikki molekula ADFning perefosforlanishi natijasida ATF va AMF hosil bo'ladi:



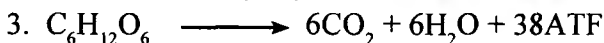
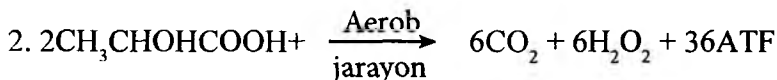
Miokinaza reaksiyasini "avariya" mexanizmi deb qarash mumkin. Bu reaksiyaning samaradorligi juda kam va organizm uchun nihoyatda foydasiz. Chunki, ikkita molekula ADFdan bitta molekula ATF hosil bo'ladi, ya'ni muskullarda ATFning umumiy zaxirasini kamayishiga olib keladi. Hosil bo'lgan AMF, asosan, dezaminirlanishga uchrab, energiya almashinuvining substrati bo'lmagan – inozin kislotasiga aylanadi. Shu bilan birga, sarkoplazmada AMFning ma'lum bir konsentratsiyasi uglevodlarning anaerob parchalanishining asosiy fermentlarini aktivatori hisoblanadi va shu sababli ATF resintezining glikolitik yo'lining tezligini oshirishga imkoniyat yaratib beradi.

Miokinaza reaksiyasi, xuddi kreatinkinaza reaksiyasidek oson orqaga qaytadigan reaksiya, shuning uchun ham undan ATFning hosil bo'lish va ishlatilish reaksiyalarining tezligini keskin farqlarini buferlashda (tekislashda) foydalanish mumkin.

17.2.4. Aerob jarayonda ATFning resintezi

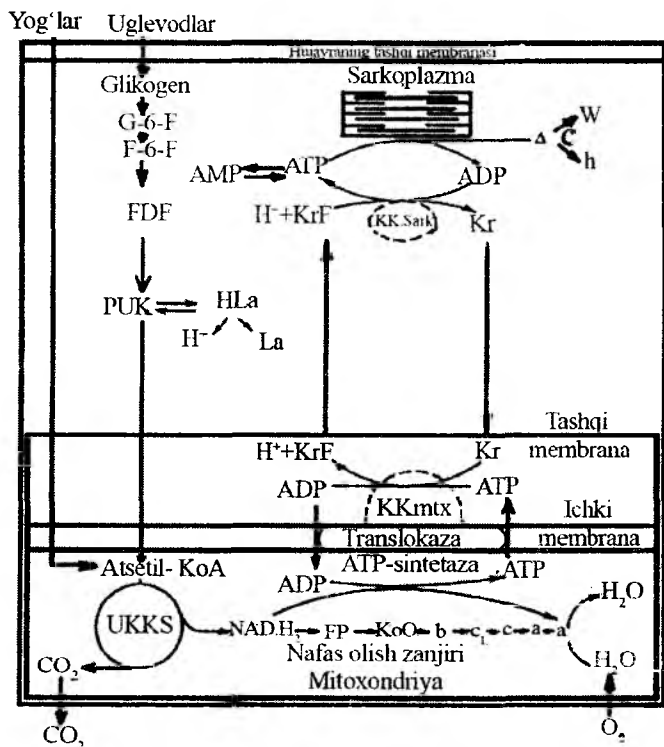
ATF resintezining aerob mexanizmi o'zining eng yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi: oddiy sharoitda organizmda resintezlanayotgan ATFning umumiy miqdorini deyarli 90% i unga to'g'ri keladi. Aerob jarayonning tezligi muskul ishi boshlangandan keyingi 60–90-soniyalarda o'zining eng yuqori darajasiga erishadi. Jarayonning maksimal quvvati kreatinkinaza reaksiyasi va glikolizning maksimal quvvatlaridan ancha kam va 1,25 kJ/kg.daq ni (250–450 kal/kg.daq) tashkil qiladi.

Ishlayotgan muskullarda uglevodlarning anaerob va aerob oksidlanishning energetik balanslari quyidagi ko'rinishga ega:



Umuman olganda aerob jarayonda ajralib chiqayotgan energiyaning miqdori glikoliz jarayonida ajralgan energiyadan 10 martadan ham ko'proq. Bir molekula glyukozaning to'la 6CO_2 va $6\text{H}_2\text{O}$ gacha parchalanganda 38 molekula ATF hosil bo'lsa, shundan 2 molekulasi anaerob glikoliz jarayonida, 36 molekulasi esa aerob jarayonda resintezlanadi. Shunday qilib, ATF resintezining aerob yo'lini energetik samaradorligi 36 molekula ATFni yoki jarayonda ajralib chiqqan umumiy energiyaning 55–60% ni tashkil qiladi (f.i.k. = 0,55–0,60).

Shu narsaga e'tibor berish kerakki, mitoxondriyaning ichki membranasi qutublangan nikleotidlarni o'tkazmasligi sababli, mitoxondriyada oksidlanishli fosforlanish jarayonida hosil bo'lgan ATF muskul tolasi hujayrasining sarko-plazmasida joylashgan ATFazalar uchun substrat bo'laolmaydi (mitoxondriyadan sarkoplazmaga o'taolmagani uchun). Shu sababli kreatinfosfat resentezining "makili" mexanizmi nomini olgan ATFni mitoxondriyaning matriksidan sarkoplazmaga faol tashish sistemasi bor (44-rasm). Avvalo mitoxondriyaning ichki membranasida joylashgan translokaza fermenti ATFni matriksdan ichki membrana orqali membranalar aro bo'shliqqa transport qiladi. Bu yerda ATF va sarkoplazmadan kirgan kreatin o'rtasida perefosforlanish sodir bo'ladi. Shu ATF va kreatinning perefosforlanish reaksiyasini mitoxondriyaning tashqi membranasida mujassamlashgan mitoxondrial kreatinkinaza katalizlaydi. Hosil bo'lgan kreatinfosfat yana (qaytadan) sarkoplazmaga o'tadi va bu yerda KrP va ADFning qaytadan perefosforlanish reaksiyasi bo'lib, natijada ATF va kreatin hosil bo'ladi. Bu reaksiyani sarkoplazmatik kreatinkinaza katalizlaydi.



44-rasm. Skelet muskullarida anaerob va jarayonlarning o'zaro bog'liqligi: kreatinkinazaning mitoxondrial va miofibrillyar izofermentlari ishtirokida energiya tashish "makili" mexanizmi

Ishlayotgan muskullarda aerob oksidlanishning substratlari sifatida glikogenning faqat muskullardagi zaxirasi emas, balki uning jigardagi zaxirasi, qondagi glyukoza, keton tanachalari, zaxiradagi yog'lar, ba'zi bir hollarda hatto muskulning struktura oqsillari ishlatilishi mumkin. Shuning uchun ham aerob jarayonning umumiy metabolik hajmi juda katta va uni aniq hisoblash ancha qiyin.

Aerob jarayonning maksimal quvvati bir me'yor ham O_2 ning foydali ishlatilish tezligiga, ham to'qimaga O_2 ni yetkazib berish

tezligiga bog'liq bo'ladi. Aerob jarayonning quvvati muskul ishini bajarayotganda ishlatilsa bo'ladigan kislorodning maksimal iste'molini (KMI) hajmi bilan belgilanadi. Sportchilarda bu miqdor 5,5–6 l/min ni tashkil qiladi. U O_2 ni iste'mol qilish tezligini ko'rsatgani uchun KMI ml O_2 kg/daq bilan ifoda qilinadi. Sport bilan shug'ullanmagan yosh odamlarda KMI 40–45 ml/kg.daq (800–1000 J/kg.daq)ga, halqaro sportchilarda esa – 80–90 ml/kg.daq (1600–1800 ml/kg.daq)ga teng.

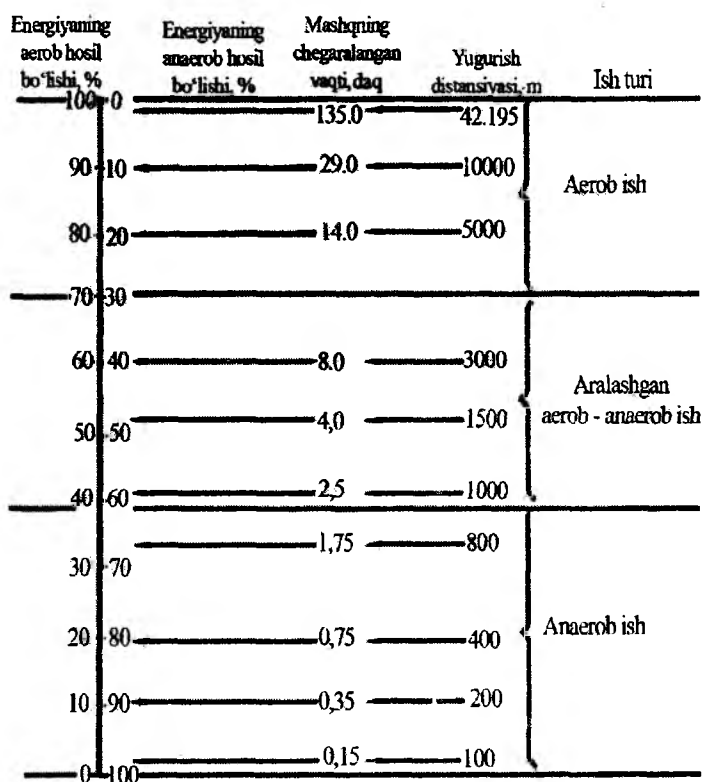
ATFning aerob jarayonda resintezlanish yo'li 3 daqiqadan to bir necha soatgacha bajariladigan barcha tip mashqlarning asosiy energiya manbasi bo'lib hizmat qiladi.

Qizil sekin qisqaradigan muskul tolalarida eng ko'p miqdorda mitoxondriyalar, nafas olish sikli fermentlarining miqdori va yuqori faolligi aniqlangan. Shuning uchun ham, mashqlarni bajarayotganda yuklama ko'taradigan muskullarning tarkibida ana shu tolalarning miqdori (foyizi) qancha ko'p bo'lsa, sportchilarda shuncha maksimal aerob quvvat katta va ularning uzoq muddatli mashqlarda erishadigan yutug' darajalari shuncha yuqori bo'ladi.

17.3. Har xil quvvatli va davomiylikdagi mashqlarda ATF resintezining anaerob va aerob jarayonlarini nisbatlari

Muskul ishi vaqtida energiya hosil bo'lish dinamikasida ma'lum qonuniyat kuzatiladi: ishni boshlanishi bilan va uning bajarilishini birinchi soniyalarida (birinchi 5–10 son) mashiqni energetikasida kreatinkinaza reaksiyasi ustunlik qiladi (45-rasm). So'ngra glikoliz jarayoni tobora ko'proq rolni o'ziga olaboshlaydi va ishning 30 soniyaidan 2,5 daqiqaigacha bo'lgan oralig'ida o'zining eng katta quvvatiga erishadi. Sut kislotasini to'planaborishi va ishlayotgan muskullarga kislorodni yetkazib berishi kuchayishi bilan glikolizning tezligi asra-sekin kamayadi va ishning 2–3 daqiqalarida energiya ta'minotini aerob jarayon o'z zimmasiga oladi. Mashqlarning davomiyligi 5–6 daqiqagacha oshishi bilan energiyaning aerob hosil bo'lish jarayonning tezligi tez oshadi va so'ngra kam o'zgaradi yoki deyarli o'zgarmaydi. Sport amaliyotida

ishning energiyaga bo'lgan ehtiyojining 60% dan ko'prog'ini alaktat va glikolitik anaerob jarayonlar ta'minlaydigan mashqlarni, odatda, **anaerob tipdagi mashqlar** deb belgilanadi. Aerob jarayonning energiya sarflanishidagi hissasi 70% dan oshgan mashqlarni **aerob tipdagi mashqlar** deb ataladi. Energiya ta'minotida anaerob va aerob jarayonlarning hissalari taxminan bir xil bo'lgan mashqlarni **aralashgan tipdagi mashqlar** deyiladi. Birinchisiga – 100–800 *m* ga yugurish, ikkinchisiga – 5000 *m* va undan uzoq masofa va uchunchisiga – 1000–3000 *m* masofalar kiradi.



45-rasm. Mashqlarning umumiy energiya balansida aerob va anaerob jarayonlarning qo'shgan hissalari

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamaları

ATF (adenozintrifosfor kislotalari) – muskullarning qisqarishi va bo'sha-shishi uchun bevosita energiya manbai bo'lib xizmat qiladigan – makroerg birikma.

Kreatinfosfat (KrF) – muskullarda zaxira holida yig'iladigan makroerg birikma.

Kreatinkinaza reaksiyasi – kreatinkinaza fermenti yordamida KrF va ADF perefosforlanib ATF va Kr hosil bo'ladigan reaksiya.

Miokinaza reaksiyasi – bu reaksiyada adenilatkinaza (yoki miokinaza) fermenti ishtirokida ikki molekula ADFdan perefosforlanish hisobiga ATF va AMF hosil bo'ladi.

Glikoliz – glyukozaning ikki molekula pirouzum yoki sut kislotasigacha anaerob (kislordsiz) sharoitda parchalanish jarayoni bo'lib, unda har bir molekula glyukoza uchun 2 molekuladan ATF sintezlanadi.

Aerob jarayoni – bu substratlarni bevosita kislorod ishtirokida oxirgi mahsulotlar CO_2 va H_2O gacha fermentativ parchalanish jarayoni. Agarda uglevodlarni aerob oksidlanish jarayonini olganda, glikoliz (**glikogenoliz**)da hosil bo'lgan pirouzum kislotasi oksidlanishli dekarboksillanishga jalb qilinadi va unda hosil bo'lgan atsetil-KoA so'ngra Krebs siklida oxirgi mahsulotlar CO_2 va H_2O gacha parchalanadi.

Oksidlanishli fosforlanish – nafas olish zanjirida energiyaning xemiosmatik o'zgarish yo'li bilan ATFning sintezlanish jarayoni.

Quvvat kriteriyasi – har bir jarayondagi energiya o'zgarishini (ATF resintezini) tezligini ifodalaydi.

Hajm kriteriyasi – energiya resurslarining umumiy zaxirasini ifodalaydi.

Samaradorlik kriteriyasi – berilgan jarayonda ajralgan umumiy energiya bilan ATFning resintaziga sarflangan energiyaning o'zaro nisbatini ko'rsatadi.

AAB (anaerob almashinuv bo'sag'asi) – birinchi marotaba anaerob glikolizni tezlashishi kuzatiladigan mashqning quvvati.

Exc CO_2 – sut kislotasini qonning bikarbonat buffer sistemasi bilan o‘zaro ta’sir qilganda ajralib chiqadigan CO_2 nometabolik ortiqchasi.

Savollar va topshiriqlar

1. Nima uchun ishlayotgan muskullarda ATFning konsentratsiyasi deyarli o‘zgarmaydi?
2. Muskullarda ATFning zaxirasi necha foiz yoki mM/kg ni tashkil qiladi?
3. Odam organizmida ATFning qanday resintezlanish mexanizmlari mavjud?
4. ATFning kreatinkinaza reaksiyasida resintezlanish mexanizmiga qisqacha xarakteristika bering.
5. Miokinaza reaksiyasi asosiy mohiyati nimadan iborat va nima uchun uni ATF resintazining “avariya” mexanizmi deb atashadi?
6. Glikoliz jarayonining qaysi reaksiyalarida ajralgan energiya hisobiga ADF fosforlanib ATF hosil bo‘ladi? Ana shu reaksiyalarning tenglamalarini yozing.
7. 30 soniyadan 2–3 daqiqagacha davom etadigan mashqlarni bajarganda sportchining qonida nima uchun sut kislotasining miqdori ko‘p marta oshib ketadi? Sabablarini ko‘rsating.
8. Quyidagi koeffitsiyentlardan foydalanib (1 molekula glyukoza ikki molekula sut kislotasigacha parchalanganda 222 kJ/mol energiya ajraladi; 1 molekula ATF sintezlanishi uchun 40 kJ energiya kerak), glikoliz jarayonining energetik samaradorligini hisoblang.
9. Aerob jarayonda ATFning resintezi uchun uglevodlar, lipidlar va oqsillar almashinuvining qaysi bir metabolitlari substrat bo‘lib xizmat qilishi mumkin?
10. ATFning aerob jarayonda resintezlanish jarayonining energetik samaradorligini hisoblab bering.
11. Krebs siklining qaysi reaksiyasida substratli fosforlanish yo‘li bilan ATF sintezlanadi? Ana shu reaksiyaning tenglamasini yozing.

12. Nafas olish zanjirining qaysi punktlarida ATF sintezlanishini sxematik ifodalab bering.

13. Aerob jarayonda ATF resintezining hajmini chegaralab bo'lmaydi, ya'ni cheksiz deyishadi? Dalillar bilan isbotlab baring.

14. Organizmda aerob oksidlanish jarayonining normal borishi uchun qanday omillar muhim rol o'ynaydi?

15. Qanday mashqlarni bajarganda ATFning aerob jarayonda resintezlanish mexanizmi asosiy energiya manbayi bo'lib xizmat qilishi mumkin?

18. MUSKUL ISH FAOLIYATIDA ORGANIZMDAGI BIOKIMYOVIY JARAYONLARNING DINAMIKASI

18.1. Muskul ishida biokimyoviy o'zgarishlarning yo'nalishi

Muskul ish faoliyatidagi biokimyoviy o'zgarishlar faqat iashlayotgan muskullardagina emas, balki organizmning boshqa a'zo va to'qimalarida ham sodir bo'ladi. Buning ustiga bu o'zgarishlar faqat mashqlarni bajargan vaqtdagina emas, balki u ish boshlanishdan oldin, ya'ni startoldi holatida sodir bo'la boshlaydi. Startoldi o'zgarishlari bosh miya qobig'ini moddalar almashinuviga ta'siriga misol bo'ladi. Fiziologik nuqtayi nazardan startoldi holatidayoq bir qator endokrin bezlarining faoliyati faollashadi (junladan, gipotiz va buyrak usti bezining mag'iz qismi) va adrenal gormonining ishlab chiqarilishi kuchayadi.

Simpatik nerv sistemasi va adrenalinning birgalikdagi ta'siri yurakning qisqarish chastotasi va aylanayotgan qonning almashinuvini tezlashtirishga olib keladi. Energiya almashinuvining oraliq mahsulotlarini (AMF , CO_2 , sut kislotasi) muskullarda hosil bo'lishi va qonga o'tishi, K^+ ionlarini chiqarib tashlanishi va atsetoxolinning ajralishini kuchayishi muskullardagi kapillyarlarning devorlariga mahalliy ta'sir qilib, ularni kengayishga olib keladi. Shu vaqtning o'zida adrenal ichki a'zolarning tomirlarini toraytiradi. Natijada muskil ishi boshlanishi bilan organizmda qon oqimi qaytadan taqsimlanib, ishlayotgan muskullarni qon bilan ta'minlanishi yaxshilanadi.

Biokimyoviy nuqtayi nazardan startoldi holatida gaz almashinuvining kuchayishi aerob oksidlanish jarayonining intensivligini ortganidan va qonda glyukozaning miqdorining ko'payishi uglevodlarning jalb etilishini kuchayganidan dalolat beradi. Ko'pincha anaerob glikolizning kuchayishidan dalolat beruvchi sut kislotasining miqdorini ko'payishi ham kuzatiladi.

Boshqa startoldi biokimyoviy o'zgarishlar (qonda keton tanachalarining konsentratsiyasini o'zgarishi va boshq.) ham kuzatilishi mumkin. Bir qator tatqiqotchilar o'zlarining ilmiy ishlarida shu narsani tasdiqladilarki, ya'ni startoldi biokimyoviy o'zgarishlar va mashqlarni bajarganda ro'y beradigan biokimyoviy o'zgarishlarning xarakteri o'rtasida o'zaro chambarchas bog'liqlik bor. Bundan tashqari, jismoniy mashqni bajarayotganda qonda qaysi bir metabolitning miqdori ko'paysa, staroldi holatida ham ana shu metabolitning miqdori ko'payadi. Shu narsani ta'kidlab o'tish kerakki, startoldi biokimyoviy o'zgarishlarning katta-kichikligi bir qator omillarga bog'liq, jumlagan:

- oldinda turgan jismoniy yuklamaning xarakteri (sport turiga bog'liqligi, ya'ni sportchi qaysi tipdagi mashqni bajaradi);
- sportchining o'zini shu yuklamaga bo'lgan munosabati;
- musobaqaning kategoriyasi (javobgarligi) (olimpiya o'yinlarimi, dunyo, qit'a, mamlakat chempionatimi, o'rtoqlik uchrashuvimi yoki oddiy mashqlanish mashg'ulotlarimi);
- sport staji va sportchining psixologik tayyorgarlik darajasiga.

Musobaqa oldidagi startoldi o'zgarishlar mashqlanish mashg'ulotlari o'zgarishidan katta bo'ladi. Yana bundan tashqari, musobaqaning javobgarligi qancha katta bo'lsa, startoldi biokimyoviy o'zgarishlar shuncha katta bo'ladi.

Umuman olganda, moddalar almashinuvining shartli reflektiv startoldi o'zgarishlari o'ziga xos "psixik razminka" rolini bajarib, organizmning funksional imkoniyatlarini jalb etishga yordam beradi. Shu bilan birga yuqori malakali sportchilar mo'tadil, lekin juda aniq startoldi o'zgarishlari bilan yaxshi sharoitda bo'ladi.

18.2. Muskul ish faoliyatida organizmning energetik resurslarini jalb qilinishi

Skelet muskullaridagi moddalar almashinuvi birinchi navbatda qisqarish va bo'shashish uchun bevosita energiya manbayi sifatida ATFni ishlab chiqarishga yo'naltirilgan. 8-jadvalda odam organizmidagi energiya zaxiralari keltirilgan.

**Odam organizmidagi energiya zaxiralari (M.T. Kalinskiy
bo'yicha, 1989)**

Energiya manbai	Energetik qiymati, kJ/g	To'qimalardagi konsentratsiya	To'qimaning massasi	Energiya zaxirasi, kJ
Skelet muskul-lari glikogeni	17	18 g/kg	28 kg	8440
Jigar glikogeni	17	70 g/kg	2 kg	2345
Qon glyukozasi	17	1 g/kg	5 l	84
Yog' to'qimala-rining triglitse-ridlari	38	900 g/kg	10 kg	339000
Muskullarning triglitseridlari	38	9 g/kg	28 kg	9496
Qondagi erkin moy kislotalari va triglitseridlar	38	1 g/l	5 l	188

8-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, skelet muskullarining yonilg'isi sifatida ularning faollik darajasiga qarab glyukoza, glikogen, erkin moy kislotalari yoki keton tanachalari ishlatilishi mumkin. Tinch holatdagi muskullarda energiya almashinuvining asosiy substratlari bo'lib, jigardan qon bilan yetkazib berilayotgan erkin moy kislotalari yoki keton tanachalari xizmat qiladi. Bu substratlar oksidlanish yo'li bilan parchalanib, atsetil-K₀Aga aylanadi. So'ngra atsetil-K₀A uchkarbon kislotalar siklida CO₂ gacha oksidlanadi.

Mo'tadil quvvatli mashqni bajarganda muskullar moy kislotalari va keton tanachalariga qo'shimcha qondagi glyukozani ham ishlatadi.

Maksimal quvvatli muskul ishini bajarayotganda muskullarning qisqarishi va bo'shashishiga sarflanayotgan ATFning miqdori

shuncha ko'payib ketadiki, qon bilan energetik substratlar va kislorodni yetkazib berish tezligi orqada qoladi, ya'ni yetarli bo'lmaydi. Bunday sharoitda muskullarning o'zida jamg'arilgan glikogen ishlatila boshlanadi va u anaerob glikoliz yo'li bilan sut kislotasigacha patchalanadi.

Uzoq muddatli mashqlarni bajarganda muskullarning glikogen zaxirasi yetmay qolishi mumkin; bunday holda muskullardagidan boshqa energiya manbalari ishlatila boshlanadi, birinchi navbatda jigarning glikogeni ishlatiladi.

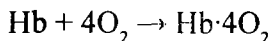
Kritik sharoitda yoki eng katta quvvatli qisqa muddatli mashqlarni bajarayotganda skelet muskullarini maksimal miqdordagi ATF bilan ta'minlaydigan yo'l ham bor. Bu yo'l ATFning kreatinkinaza reaksiyasida sintezlanishidir. Yuqorida ko'rsatilganidek, bu reaksiyada muskullardagi KrF va ADF perefosforlanib ATF hosil bo'ladi. Shunday qilib, odam organizmida uchta turli energiya manbalari – alaktat anaerob, glikolitik anaerob va aerob bor. Ularning har biri berilgan jarayondagi energiya ajralib chiqish tezligi, substratlarning miqdori va ulardan foydalanish samaradorligi bilan o'zaro bir-biridan keskin farqlanadi.

Muscul ish faoliyati vaqtida organizmda energiya manbalarining substratlari quyidagi tartibda ishlatiladi:

KrF → muskul glikogeni → jigar glikogeni → yog'lar → oqsillar.

18.3. Muscul ish faoliyatida kislorodning tashilishi va iste'moli

Kislorodni yetkazib berish va ishlatilish tezligi ishlayotgan muskullarni energiya bilan ta'minlash imkoniyatlarini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Nafas olayotgandagi kislorodning asosiy qismi (98,5% atrofida) eritrotsitlarning gemoglobini bilan bog'lanib, uni oksigemoglobinga aylantiradi. Shu narsani hisobga olish kerakki, har bir molekula gemoglobin 4 molekula kislorodni bog'lab olish qobiliyatiga ega:



gemoglobin oksigemoglobin

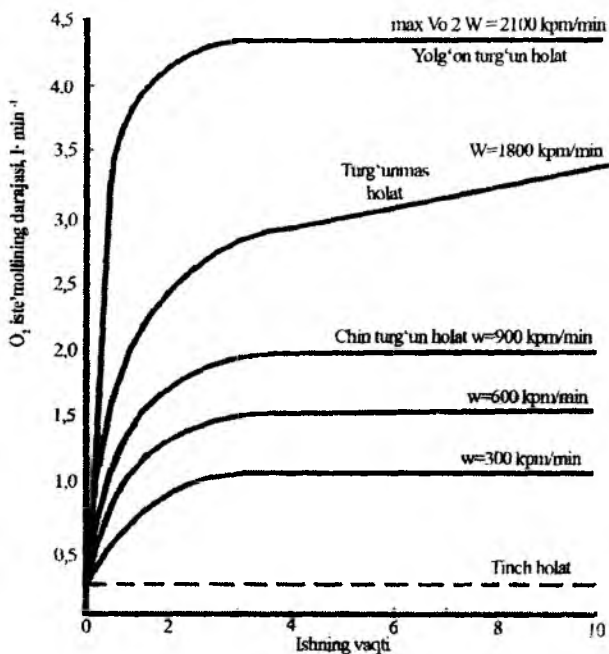
Normal sharoitda katta yoshdagi odamlarning (erkaklarning) qonini 100 millilitrida 14–16 g gemoglobin bo‘ladi. Harorat 0°C va bosim 760 mm sim.ust. bo‘lganda 100 g gemoglobin 134 ml kislorodni bog‘lab olish qobiliyatiga ega. Shundan qonning kislorod hajmini hisoblab chiqarish mumkin. Qonning kislorod hajmi, ya’ni 100 ml qonning bog‘lab olgan kislorodining umumiy miqdori (hajmi) 21–22 ml ga teng bo‘ladi (erkak kishilarda). Ayollarning qonida bu ko‘rsatkich bir oz kamroq, ya’ni ularning 100 ml qonida 13–14 g gemoglobin bo‘ladi (ayollarning 100 ml qonida 18–19 ml O₂ bo‘ladi).

Odatda, tinch holatda yurak daqiqaga 5–6 l qonni haydaydi, ya’ni o‘pkadan to‘qima va a‘zolarga 250–300 ml kislorodni tashiydi. Yuqori intensivlikdagi muskul ishi vaqtida tashilayotgan qonning hajmi daqiqaga 30–40 litrga yetadi, qon bilan tashilayotgan kislorodning hajmi esa to‘ 5–6 l ni tashkil qiladi, ya’ni 20 marta ko‘payadi. Biroq, kislorodga bo‘lgan ehtiyoj birdaniga qoniqtirilmaydi. Chunki, nafas olish qon aylanish tizimlarining faoliyatini kuchayishi va kislorodga bo‘lgan qon to‘qima va a‘zolarga yetib borishi uchun vaqt kerak bo‘ladi. Bir me’yordagi ishni bajarayotganda, agarda yurak urishining chastotasi daqiqaga 150 urishdan oshmasa, kislorodning iste’mol qilish tezligi metabolik jarayonlarni turg‘un holati o‘rnatilmaguncha oshaveradi. Metabolik jarayonlarda turg‘un holat o‘rnatilishi bilan kislorodni iste’mol qilinish tezligi o‘zining doimiy darajasiga yetadi va har bir ma’lum vaqt orasida organizmning kislorodga bo‘lgan ehtiyoji bir xil bo‘ladi. Bunday turg‘un holat “**haqiqiy**” (yoki “**chin**”) turg‘un holat deyiladi. Turg‘un holatdagi kislorodni iste’mol qilish darajasi bajarilayotgan mashqning quvvatiga bog‘liq bo‘ladi (46-rasm).

Kislorod iste’molining maksimal darajasini uzoq vaqt ushlab turila olmaydi. Uzoq davom etadigan ish vaqtida toliqishning rivojlanishi sababbi uning tezligi pasayadi.

Har bir muskul ishini bajarish uchun ma’lun miqdordagi kislorod talab qilinadi. Organizmning energiyaga **bo‘lgan ehtiyojini aerob** jarayonlar hisobiga to‘la ta’minlashga **kerak** bo‘lgan kislorodning miqdori **ishning kislorodga bo‘lgan talabi** (yoki ishning kislorod

ehtiyoji) nomini olgan. Intensiv ishni bajarganda kislorodning real iste'moli (ishning kislorod kirimi) ishning kislorodga bo'lgan talabidan doimo kichik (kam). Ishning kislorodga bo'lgan talabi bilan real iste'mol qilingan kislorodning farqi *kislorod defitsiti* deb ataladi. Kislorod defitsiti bajarilayotgan mashqlarning quvvatiga bog'liq, ya'ni mashqning quvvati qancha katta bo'lsa, kislorod defitsitining qiymati shuncha katta bo'ladi.

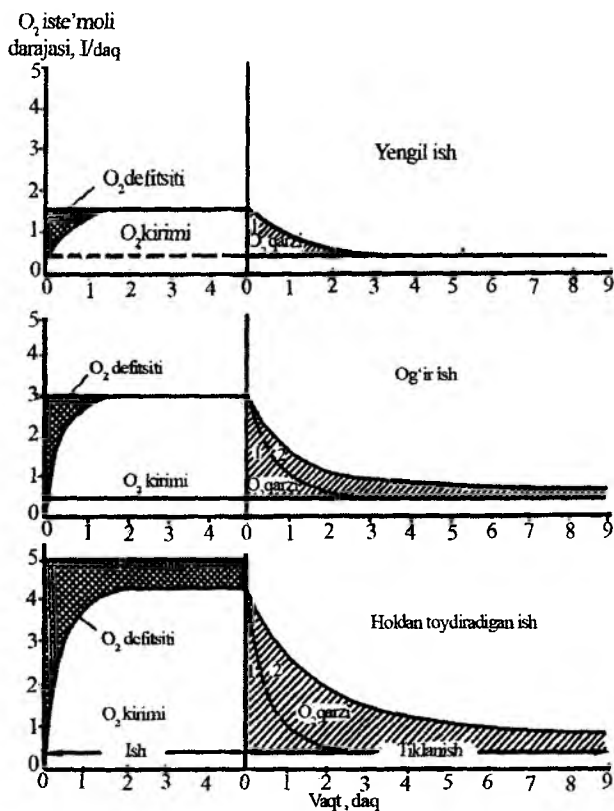


46-rasm. Bajarilayotgan ishning quvvatini kislorod iste'molining tezligiga ta'siri

18.4. Muskul ishi vaqtida kislorod qarzining hosil bo'lishi

Kislorod defitsiti sharoitida ATF resintezining anaerob reaksiyalari faollashadi, bu anaerob parchalanishning to'la oksidlanmagan mahsulotlarini organizmda yig'ilishiga olib keladi. Ana shu

mahsulotlarni yo ularni oxirgi mahsulotlarga (CO_2 va H_2O) to'la oksidlash yo'li bilan yo boshlang'ich moddalarga resintezlash yo'li bilan hamda sarflangan energetik substratlarning zaxiralarini to'ldirish yo'li bilan to'la bartaraf qilish uchun qo'shimcha miqdorda kislorod kerak bo'ladi. Ana shu tiklanishga kerak bo'lgan ortiqcha kislorod **kislorod qarzi** nomi bilan yuritiladi. Kislorod qarzi doimo kislorod defitsitidan katta bo'ladi va bajarilayotgan ishning quvvati va davomiyligi qancha ko'p bo'lsa, ushbu farq ham shuncha katta bo'ladi (47-rasm).



47-rasm. Ishning kislorod kirimi, kislorod defitsiti va kislorod qarzlarning hajmlarini bajarilayotgan ishning quvvatiga bog'liqligi

Turli xarakterdagi ishlar vaqtida har xil omillar kislorod qarzining hosil bo'lishini yetaklovchi omili bo'lib qoladi. Masalan, qisqa muddatli mashqni bir marta bajarganda kislorod qarzining hosil bo'lishida KrF va ATF ning resintezi hal qiluvchi rol o'ynaydi, yuklamani oshirish bilan glikogen resintezi, ion muvozanatining tiklanishi va boshqa jarayonlarning ahamiyati kuchayadi.

18.5. Muskul ishi vaqtida turli a'zo va to'qimalardagi biokimyoviy o'zgarishlar

Muskul ishi vaqtida yurakning qisqarish tezligi oshadi va yurak muskullarida energiya almashinuvining kuchayishini talab qiladi. Ularda aerob oksidlanish jarayoni fermentlarining faolligi juda yuqori bo'ladi. Nisbatan tinch holatda yurak muskullari uchun asosiy energiya manbasi bo'lib qon bilan tashib kelinayotgan erkin moy kislotalari, keton tanachalari va glyukoza xizmat qiladi. Zo'riqqan ish vaqtida miokard qondagi sut kislotasini shiddat bilan energiya manbasi sifatida so'rib olib oksidlash yo'li bilan parchalaydi, glikogen zaxirasi unda deyarli ishlatilmaydi.

Muskul ish faoliyati vaqtida bosh miyada ham energiya almashinuvi kuchayadi, bu qondan glyukoza va O_2 ni iste'mol qilishni ko'payishi, glikogen va fosfolipidlarning yangilanish tezligining oshishi, oqsillarning parchalanishi va ammiakning yig'ilishini kuchayishida namoyon bo'ladi. Miya xuddi yurakdek aerob jarayonlar hisobiga energiya bilan ta'minlanadi. Bosh miya uchun asosiy energiya manbasi bo'lib, qondagi glyukozaga xizmat qiladi. Bosh miyada geksokinaza reaksiyasi ustunlik qiladi.

Ish vaqtida ishlayotgan muskullarda sodir bo'layotgan biokimyoviy o'zgarishlarni kuzatib bo'lmaydi. Lekin ular qon, siydik va nafas bilan chiqayotgan havo tarkibida o'z aksini topadi. Shuning uchun ham, organizmda almashinuv jarayonlarining borishini va moddalarning taqsimlanishini asosiy qonuniyatlarini bilgan holda qon, siydik va nafas bilan chiqarilayotgan havoning analizlari bo'yicha muskullardagi energetik reaksiyalarning o'zgarishi

organizm ichki muhitining o'zgarishiga, energiya zaxiralarining jalb qilinish tezligi va boshqalarga bardosh beraolishlik haqida fikr yuritish mumkin.

18.6. Muskul ishi paytidagi biokimyoviy o'zgarishlarning ko'rsatkichlari

Energiya ta'minoti aerob mexanizmining intensivligi va hajmini eng aniq biokimyoviy ko'rsatkichi – kislorodni iste'mol qilish tezligi hisoblanadi. Glikolizning rivojlanish darajasini bilish uchun qondagi sut kislotasining miqdorini ish vaqtida va dam olishning birinchi daqiqalarida aniqlash mumkin. Muskullarning energiya ta'minotiga kreatinkinaza reaksiyasini jalb qilinish darajasi – qondagi kreatinfosfatning parchalanish mahsulotlari – kreatin va kreatinining miqdori bilan aniqlanadi. Yog'larni (lipidlarni) energiya almashinuvi jarayonlariga jalb qilinishi to'g'risida qondagi erkin yog' kislotalari va keton tanachalarining miqdori bo'yicha fikr yuritish mumkin. Qondagi siydikchilning miqdorini o'zgarishi bo'yicha oqsillar almashinuvining yo'nalishi hamda sportchi organizmining mashqlanish va musobaqalardan so'ng tiklanganlik darajasi haqida fikr yuritishga imkoniyat beradi va hokazo.

18.7. Ish paytidagi biokimyoviy o'zgarishlarning xarakteri bo'yicha mashqlarni sistemaga solish

Muskul ish faoliyatida sodir bo'ladigan metabolik jarayonlar tezligining o'zgarishini qiymati ishda qatnashayotgan muskullarning umumiy miqdoriga, ishning rejimiga (izometrik yoki izotonik), ishning intensivligi va davomiyligiga, mashqlarni takrorlash soniga va ularning orasidagi dam olish vaqtiga bog'liq bo'ladi.

Ishda qatnashayotgan muskullarning miqdoriga qarab ishni *lokal*, *regional* va *global* ishlarga bo'lishadi.

Lokal ish (miltiq otganda tepkisini bosish, shaxmat figurasini siljitib qo'yish va boshqalar) – bunda tana muskullarining $\frac{1}{4}$ qismidan

kamrog'i qat-nashib, ishlayotgan muskulda biokimyoviy o'zgarishni chaqirish mumkin, lekin butun organizmdagi o'zgarishlar juda kichik yoki umuman bo'lmashligi mumkin.

Regional ish (gimnastika va akrobatika mashqlarining turli elementlarini bajarish, bir joyda tik turib koptokni tepish va hokazo) – tana muskullarining $\frac{1}{4}$ – $\frac{3}{4}$ qismlari qatnashadi va lokal ishga nisbatan ancha ko'p biokimyoviy o'zgarishlarni chaqiradi.

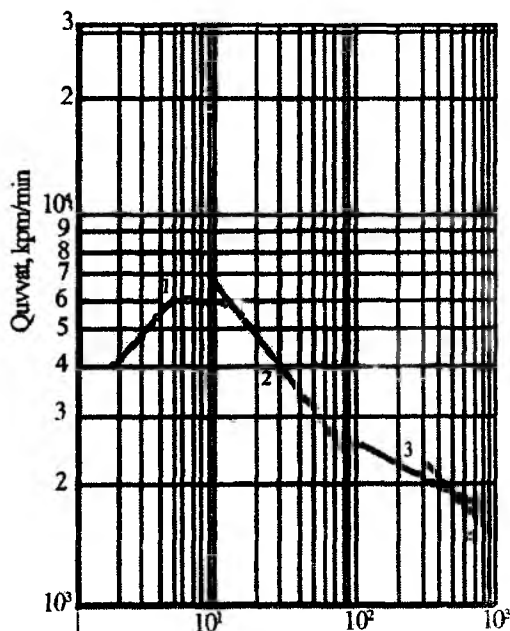
Global ish (yurish, yugurish, suzish, konkida uchish, chang'i poygasi va boshqalar) – tana muskullarining $\frac{3}{4}$ dan ko'proq qismi qatnashib, organizmning barcha to'qimalarida katta biokimyoviy o'zgarishlar chaqiradi.

Biokimyoviy jarayonlarning bajarilayotgan mashqlar quvvati va uning davomiyligiga bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin: ishning quvvati qancha katta bo'lsa, ya'ni ATFning parchalanish tezligi qancha yuqori bo'lsa, organizmning energiyaga bo'lgan ehtiyoji aerob jarayonlar hisobiga ta'minlash imkoniyati shuncha kam bo'ladi va energiyaning anaerob hosil bo'lish jarayonlari (glikoliz va kreatinkinaza reaksiyasi) shunchalik yuqori darajada bo'ladi. Kislorodning maksimal iste'moliga yetgandagi mashqlarning quvvati **kritik quvvat** (W_{kp}) deb ataladi.

Birinchi marta anaerob glikolizning kuchayishi kuzatiladigan mashqlarni quvvati **anaerob almashinuv bo'sag'asi** (AAB) deb ataladi. Sport bilan shug'ullanmagan kishilarda u kritik quvvatning 45–50% ni tashkil qiladi, sportchilarda esa – 60–75%, lekin chidamkorlik bilan bog'liq bo'lgan sport turlarida ayrim yuqori malakali sportchilarda AAV 90% va undan bir oz ortiqroqqa yetishi mumkin. Glikoliz jarayonining eng yuqori ko'rsatkichi kuzatiladigan mashqlarning quvvatini **holdan toyish quvvati** (W_{xt}) deb yuritiladi. Odam uchun maksimal mumkin bo'lgan quvvat **maksimal anaerob quvvat** (MAQ) nomini olgan. Bunday quvvatli mashqlarda ATFning kreatinkinaza reaksiyasidagi resintezi o'zining eng yuqori maksimal darajasiga erishadi.

Yuqorida ko'rsatilganidek, ishning quvvati uning bajarish vaqtiga teskari proporsional ravishda bog'langan, ya'ni mashq quvvati qancha

katta bo'lsa, toliqishga olib keladigan biokimyoviy o'zgarishlar tezroq sodir bo'ladi va mashqni bajarish vaqti shuncha qisqa bo'ladi. Agarda mana shu bog'liqlikni grafikda ifodalab (48-rasm), vertikal chizig'i bo'ylab quvvat ko'rsatkichining logarifmini va gorizontaal chizig'i bo'ylab ish vaqtining logarifmini belgilasak, hosil bo'lgan egri chiziq to'rtta bo'lakka bo'lingan sinq chiziq ko'rinishida bo'ladi va ularning har biri nisbiy quvvatning to'rtta zonasiga to'g'ri keladi: **maksimal, submaksimal, katta va mo'tadil** zonalari. Ana shu nisbiy quvvatning zonalarida ishning chegaralangan bajarish vaqti maksimal quvvat zonasida – 15–20 *soniya*, submaksimal quvvat zonasida – 20 soniyadan 2–3 daqiqagacha, katta quvvat zonasida – 30 daqiqagacha va mo'tadil quvvat zonasida – 4–5 soatgachani tashkil qiladi.



48-rasm. Ishning nisbiy quvvati bilan bajariladigan vaqti orasidagi logarifmik bog'liqlik

Maksimal quvvat zonasida – ish asosan kreatinkinaza reaksiyasi va qisman glikoliz jarayoni hisobiga energiya bilan ta'minlanadi (chunki bu zonada glikoliz o'zining maksimal tezligiga erishmaydi). Shu sababli qonda sut kislotasining konsentratsiyasi 1–1,5 g/l e dan oshmaydi, glyukoza miqdori esa deyarli normadan oshmaydi. Kislorod qarzi – maksimal yuqori va kislorod ehtiyojining 90–95% tashkil qiladi (kislorod ehtiyoji 7–14 l, kislorod qarzi – 6–12 l).

Submaksimal quvvat zonasida – ishning energiya ta'minoti asosan glikoliz jarayoni hisobiga amalga oshadi. Qondagi sut kislotasi ko'p miqdorda (to 2,5 g/l va undan ko'proq) to'planadi, glyukoza miqdori esa 2 g/l ga yetadi. Jigarning glikogeni shiddat bilan jalb qilinadi. Siydikda yetarli ko'p miqdorda (to 1,5 %/l gacha) oqsil paydo bo'ladi. Kislorod ehtiyoji to 20–40 l ga yetishi mumkin, energiyaning sarflanishini darajasini aerob jarayonda ishlab chiqarilayotgan energiyaning maksimumidan 4–5 marta yuqori. Kislorod qarzi hali ancha yuqori va kislorod ehtiyojining 50–80% tashkil qiladi. Ishning oxiriga kelib, ishning energiya ta'minotida aerob jarayonlarning hissasi ko'paya boshlaydi.

Katta quvvat zonasi – aralashgan tipdagi energiya ta'minoti bilan tavsiflanadi. Glikolizning rivojlanishi yetarli yuqori darajada bo'lsa ham, ishning energiyaga bo'lgan talabi asosan aerob jarayonlar hisobiga ta'minlanadi. Lekin, ishning davomiyligi uzayishi bilan uning energiya ta'minotiga glikolizning qo'shayotgan hissasi keskin kamaya boshlaydi. Bu quvvat zonasida ishning kislorod ehtiyoji to 50–150 litrgacha oshib ketishi mumkin, kislorod qarzi kislorod ehtiyojining 10–30% ni tashkil qiladi. Energiya sarflanishining darajasi aerob jarayonda energiya hosil bo'lishining maksimumidan 1,5–2 marta yuqori. Qonda sut kislotasining konsentratsiyasi 1,8–1,5 g/l, glyukoza – 1,5 g/l va oqsil – 0,6% gacha kamayadi.

Mo'tadil quvvat zonasi – asosiy energiya manbasi bo'lib, ATF resintezining aerob yo'li xizmat qiladi. Ishning kislorod ehtiyoji 500–1500 l ga yetishi mumkin, kislorod qarzi esa kislorod ehtiyojini 5–10% oshmaydi va ish davomida to'la yo'qotilishi mumkin. Qonda sut kislotasining konsentratsiyasi 0,8–0,6 g/l ni tashkil qiladi va ish

davomida butunlay yo'qolib ketishi mumkin. Glyukozaning qondagi miqdori ishning oxirida normaning pastki chegarasi (0,8 g/l) dan ham kamayib ketishi mumkin.

Asosiy tushunchalar va mavzuning terminlari

Adrenalin – buyrakusti bezining mag'iz qismi ishlab chiqaradigan gormon.

Gormon – bu maxsus to'qimalar ishlab chiqarib, albatta qon orqali boshqa to'qimalar – mishenlarga borib o'zining spetsifik faolligini ko'rsatadigan turli kimyobiy tabiatli moddalar.

Asetixolin – nerv impulslarini muskul to'qimasiga o'tkazuvchi neyromediator.

Qonning kislorod hajmi – 100 ml qonning biriktirib olgan kislorodning umumiy miqdori (21–22 ml O₂).

KMI – kislorodning maksimal iste'moli.

Ishning kislorod ehtiyoji – organizmning energiyaga bo'lgan ehtiyojini aerob jarayonlar hisobiga to'la ta'minlashga kerak bo'lgan kislorodning miqdori.

Ishning kislorod kirimi – ish vaqtida real iste'mol qilingan kislorodning miqdori.

Kislorod defitsiti – ishning kislorod ehtiyoji bilan real iste'mol qilingan kislorodning farqi.

Kislorod qarzi – ish vaqtida to'planib qolgan anaerob almashinuvining oraliq moddalarini to'la oksidlash yoki ularni boshlang'ich moddalargacha resintezlash hamda sarflangan energetik moddalar zaxirasini tiklash uchun kerak bo'lgan kislorodning miqdori.

Lokal ish – tananing barcha muskullarini $\frac{1}{4}$ qismidan kamrog'i qatnashadigan muskul ishi.

Regional ish – tana muskullarining $\frac{1}{4}$ – $\frac{3}{4}$ atrofidagi qismi qatnashadigan ish.

Global ish – tana muskullarining $\frac{3}{4}$ dan ko'proq qismi qatnashadigan muskul ishi.

Kritik quvvat (W_{kr}) – KMIga yetgandagi mashqlarning quvvati.

Holdan toyish quvvat (W_{ht}) – anaerob glikoliz eng yuqori darajaga erishgandagi mashqlarning quvvati.

Maksimal anaerob quvvat (MAQ) – odam uchun maksimal mumkin bo‘lgan quvvat.

Anaerob almashinuv bo‘lag‘asi (AAB yoki PANO) – birinchi marta anaerob glikolizning kuchayishi kuzatiladigan mashqlarning quvvati.

Maksimal quvvat zonasi – asosiy energiya manbayi – kreatinkinaza reaksiyasi; kislorod ehtiyoji – 7–14 l, kislorod qarzi – kislorod ehtiyojini 90–95%; qondagi sut kislotasining miqdori – 1–1,5 g/l; glyukozaniki – norma atrofida.

Submaksimal quvvat zonasi – asosiy energiya manbayi – glikoliz jarayoni; kislorod ehtiyoji – to 20–40 l; kislorod qarzi kislorod ehtiyojini – 50–80%; qonda sut kislotasining miqdori – to 2,5 g/l va undan ko‘proq bo‘lishi mumkin; glyukoza – to 2 g/l; siydikda 1,5% gacha oqsil paydo bo‘ladi.

Katta quvvat zonasi – energiya ta‘minoti aralashgan tipda, ya‘ni glikoliz rivojlanish darajasi yetarli yuqori bo‘lsada, asosiy energiya manbayi aerob jarayon hisoblanadi; kislorod ehtiyoji – 50–150 l; kislorod qarzi – kislorod ehtiyojini – 10–30%; qonda sut kislotasining konsentratsiyasi 1,8–1,5 g/l, glyukoza – 1,5 g/l kamayadi. Siydikda oqsilning miqdori 0,6% ni tashkil qiladi.

Mo‘tadil quvvat zonasi – asosiy energiya manbayi – aerob jarayon; kislorod ehtiyoji – to 500–1500 l; kislorod qarzi – kislorod ehtiyojining 5–10% va ish davomida butunlay bartaraf bo‘lishi mumkin; sut kislotasining miqdori – 0,6–0,8 g/l va ish davomida tamoman yo‘qolishi mumkin. Qonda glyukozaning miqdori, ishning oxirida normadan ham kamayadi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Sportchi organizmida startoldi holatida qanday funksional va biokimyoviy o‘zgarishlar sodir bo‘lishi mumkin?*

2. *Organizmida startoldi biokimyoviy o‘zgarishlarning qiymati qanday omillarga bog‘liq bo‘ladi?*

3. *Simpatik beryuvchi tizimi va adrenal gormoni ish boshlanish oldidan organizmga qanday ta'sir qiladi?*

4. *Sportchi organizmida sodir bo'ladigan startoldi funksional va biokimyoviy o'zgarishlar uning mashqlanganlik darajasi, sport staji, oldida turgan jismoniy yuklamaning xarakteriga bog'liqmi? Agar bog'liq bo'lsa, uni ta'riflab bering.*

5. *Organizmdagi energiya resurslari qanday ketma-ketlikda ishlatiladi?*

6. *Qaysi bir energetik substratlar organizmning tinch holatida va maksimal, submaksimal, katta va mo'tadil quvvat zonalarida mashqlarni bajaranda asosiy energiya manbai bo'lib xizmat qiladi?*

7. *Ishlayotgan muskullarni energiya bilan ta'minlash imkoniyatini belgilaydigan muhim omillardan biri – bu qanday omil?*

8. *Bir molekula gemoglobin qancha kislorodni biriktirib olish qobiliyatiga ega?*

9. *Kislorodning maksimal iste'molining qiymati qanday omillarga bog'liq bo'ladi?*

10. *Sportchilarning organizmida kislorod qarzining hosil bo'lishi asosida qanday biokimyoviy jarayonlar yotadi?*

11. *Lokal, regional va global ishlarga biokimyoviy tavsif bering.*

12. *Mashqlarning kritik va holdan toyish quvvati, maksimal quvvat (MAG) va anaerob almashinuv bo'sag'asini (AAB) qisqacha ta'riflab bering.*

13. *Bajarilayotgan ishning quvvati va uning bajarilish vaqti o'rtasida qanday bog'liqlik bor?*

14. *Biokimyoviy jarayonlarning bajarilayotgan mashqlarning quvvati va davomiyligiga bog'liqligini ta'riflab bering.*

15. *Bajarilayotgan ishning quvvati uning bajarilish vaqtiga teskari proporsional bog'liqligini grafikda ifodalab bering.*

16. *Maksimal, submaksimal, katta va mo'tadil nisbiy quvvat zonalarida ishning chegaralangan bajarilish vaqtlarini ko'rsating.*

17. *Nisbiy quvvatning maksimal, submaksimal, katta va mo'tadil zonalariga qisqacha biokimyoviy xarakteristika bering.*

19. TOLIQISH VA ISHDAN SO'NG DAM OLISH DAVRIDA ORGANIZMDA SODIR BO'LADIGAN BIOKIMYOVIY O'ZGARISHLAR

19.1. Toliqish davridagi biokimyoviy o'zgarishlar

Toliqish – uzoq davom etgan yoki zo'riqqan ish faoliyati natijasida ro'y beradigan organizmning holati bo'lib, ish qobiliyatining pasayishi bilan sodir bo'ladi.

Toliqish organizmning himoya reaksiyasi hisoblanadi. Chunki u organizmda yaqinlashib kelayotgan noqulay biokimyoviy va funksional o'zgarishlardan dalolat beradi va ularning oldini olish uchun avtomatik ravishda muskul faoliyati intensivligini pasaytiradi.

Toliqish harakatlantiruvchi impulslarning hosil bo'lishi va ularni ishlayotgan muskullarga uzatilishlarining buzilishida namoyon bo'ladi. Natijada nerv signallarining qayta ishlash tezligi sekinlashadi va markaziy nerv sistemasi (MNS)ning harakatlantiruvchi markazlarida **“himoyalovchi tormozlanish”** rivojlanadi. U nerv markazlarida almashinuv jarayonlarining buzilishi bilan ifodalanadi: ATF/ADF nisbatini va kreatinfosfatning miqdorini kamayishi bilan sodir bo'ladigan nerv markazlaridagi ATFning parchalanish va resintezlanish jarayonlarining nisbati buziladi. Umuman olganda, makroerglarning miqdori kamayadi.

“Himoyalovchi tormozlanish”ning rivojlanishi oddiy sharoitda nerv to'qimalaridagi moddalar almashinuvining normal metaboliti bo'lgan γ -aminomoy kislotasining (GAMK) miqdorini nerv hujayralarida muskul ish faoliyatida kuzatiladigan o'zgarishlariga ham bog'liq bo'ladi.

Agarda ana shu barcha o'zgarishlar bitta yoki bir guruh muskullarni innervatsiya qilayotgan unchalik ko'p bo'lmagan nerv hujayralarida sodir bo'lsa, bu **mahalliy charchash** sifatida (qo'lim “charchadi”, ko'krak qafasi yoki bel muskullari “charchadi” va

h.k.), bordi-yu bosh miya po'stlog'ining katta qismini egallab olsa, **umumiy charchash** sifatida qabul qilinadi.

Ishning turiga qarab toliqishning mexanizmlari har xil bo'lishi mumkin. Toliqishni 4 turga bo'lish mumkin: **aqliy** (shaxmat va shashka o'yinlari vaqtida, sportchi-merganlarning o'q otish davrida), **sensor**, turli analizatorlarning faoliyati bilan bog'liq bo'lgan (ko'rish, eshitish, hid bilish va boshqalar), **emotsional** tolig'ish (emotsiya sport faoliyatining ajralmas hamrohi sigatida) va **jismoniy** – muskul ishi ta'sirida ro'yobga chiqadigan.

Jismoniy toliqish bir xil emas va u: 1) muskul ishining turiga, 2) ishda qatnashayotgan muskullarning miqdoriga va ishning intensivligi va 3) davom etish vaqtiga bog'liq bo'ladi.

Bundan tashqari, toliqishning ikkita fazasi bo'ladi: **yashirin va yaqqol** toliqish.

Yashirin toliqishda ish qobiliyati pasaymaydi, charchash subyektiv sezilmaydi va faqat oksidlanish fermentlarining faolligi pasayadi, xolos. Yaqqol toliqishda esa ish qobiliyatini pasayishi kuzatiladi, toliqish obyektiv sezilarli va oksidlanish jarayonlarining borishini buzilishi bilan sodir bo'ladi.

Umuman olganda, muskul faoliyatidagi toliqishning rivojlanish sabablari hali to'la aniq emas.

Uni kompleks hodisa sifatida qabul qilish mumkin. Jumladan, qisqa muddatli intensiv muskul ishida toliqishning asosiy sabablari bo'lib GAMKning hosil bo'lishi bilan bog'langan ATF/ADF balansining buzilishi natijasida markaziy nerv sistemasida "himoyalovchi tormozlanishni" rivojlanishi va ishlayotgan muskullarda miozin ATP-azasining faolligini pasayishi xizmat qiladi. Uzoq muddatli mo'tadil quvvatli ishlarda toliqishning rivojlanishini sabablari ishning energiya ta'minotini buzilishi bilan bog'liq bo'lgan omillar (uglevodlar, lipidlar va oqsillar almashinuvining buzilishi, ularning almashinuv oraliq mahsulotlari – sut kislotasi, keton tanachalari, ammiak, siydikchil, siydik kislotasi va hokazolarni qonda yig'ilishi, ishlayotgan muskullarni o'zida bir qator fermentlarning, birinchi navbatda miozin ATFazasining faolligini pasayishi va h.k.) hisoblanadi.

Umuman olganda, toliqish – bu markaziy nerv sistemasi boshqarishida rivojlanadigan organizmning bir butun reaksiyasi. Shu bilan birga, ish qancha og‘ir bo‘lsa, ishlayotgan muskullarda sodir bo‘layotgan o‘zgarishlar shuncha katta ahamiyatga ega bo‘ladi. Yana bir bor ta’kidlash mumkinki, toliqish – organizmning himoya reaksiyasi bo‘lib, uni hayot uchun xavfli haddan tashqari darajadagi holdan toyishdan saqlaydi.

Toliqish – mo‘tadil intensivlikda uzoq davom etadigan ishlar natijasida sekin va qisqa muddatli va zo‘riqqan ishlar natijasida tez rivojlanishi mumkin.

Yuqorida qayd qilinganidek, toliqishning bu shakllarini o‘rtasida bir qator biokimyoviy o‘zgarishlar bor.

Lekin, faoliyatning barcha turlari uchun toliqishning rivojlanishini yagona sababi shu vaqtgacha ham aniqlanmagan.

Tananing ko‘pchilik muskullari ishtiroki bilan sodir bo‘ladigan va sportning ko‘pchilik turlari uchun xarakterli bo‘lgan zo‘riqqan muskul faoliyatida toliqish – energiya almashinuvi mexanizmlarining faoliyati natijasida sodir bo‘ladigan biokimyoviy o‘zgarishlar (nerv markazlari, muskullar va boshqa ishlayotgan a‘zolarida ATFning parchalanish va resintezlanish tezliklarining o‘zaro nisbatlarini buzilishi, energiya substratlarining kamayishi, almashinuvlarning oraliq va oxirgi mahsulotlarini to‘planishi, organizmning ichki muhitining doimiyiligini buzilishi) hamda bir qator fermentlarning faolligini pasayishi, struktura oqsillarining katabolizmini kuchayishi, organizmda suv va mineral moddalarning yo‘qolishi va qayta taqsimlanishi, metabolik jarayonlar va fiziologik funksiyalarning normal boshqarilishini buzilishi bilan shakllanadi. Bir qator farmatsevtik dorivor moddalar – nerv sistemasining stimulyatorlari yordamida toliqishning boshlanishini uzoqlashtirish mumkin. Ammo shu narsani qayd qilib o‘tish kerakki, deyarli ular hammasi odamning sog‘lig‘i uchun o‘ta zararli.

Shu sababdan ular dopinglar sinfiga kiritilgan va ulardan katta sportda foydalanish tegishli xalqaro shartnomalar bilan qat’iyan man qilingan.

19.2. Muskul ishidan so'ng dam olish vaqtidagi biokimyoviy o'zgarishlar

Muskullarning ish faoliyatida sodir bo'lgan organizmning muskul va boshqa a'zo va to'qimalaridagi biokimyoviy o'zgarishlar ishdan so'ng dam olish vaqtida tugatiladi. Muskul ishi vaqtida katabolizm jarayonlari ustunlik qiladi: muskullarda – kreatinfosfat, glikogen, moy kislotalari, keton tanachalari; jigarda glikogen glyukozagacha parchalanib, qon orqali ishlayotgan muskullarga, yurakka va bosh miyaga yetkazib beriladi; yog'lar kuchli parchalanadi va moy kislotalari oksidlanadi va h.k. Bir vaqtning o'zida organizmda moddalar almashinuvining oraliq mahsulotlari – sut va fosfor kislotalari, karbon kislotasi, ADF, AMF, siydikchil va boshqalar to'planadi. Dam olish davri aerob oksidlanish va oksidlanishli fosforlanishlarning yuqori intensivligi bilan xarakterlanib faol borayotgan plastik jarayonni energiya bilan ta'minlaydi. Masalan, dam olish vaqtida ATF, kreatinfosfat, glikogen, fosfolipidlar, muskul oqsillari resintezlanadi, organizmning suv-elektrolit balansi oldingi holati – normaga qaytadi, ish vaqtida parchalangan hujayra strukturalari tiklanadi va boshqalar.

Organizmdagi biokimyoviy o'zgarishlarning umumiy yo'nalishi va normaga qaytish uchun kerak bo'lgan vaqtiga qarab tiklanish jarayonlarini ikki tipga ajratiladi – *shoshilinch* va *qoldirilgan* tiklanishlar.

Shoshilinch tiklanish – ishdan so'ng dam olishning birinchi 0,5–1,5 soatlarini o'z ichiga oladi. Bu tiklanish davrida ish vaqtida to'planib qolgan anaerob parchalanishning mahsulotlari, eng avval sut kislotasi va hosil bo'lgan O_2 qarzi bartaraf qilinadi.

Qoldirilgan tiklanish – muskul faoliyatidan so'ng dam olishning ko'p soatlarini o'z ichiga oladi. Qoldirilgan tiklanishning tub ma'nosi organizmda plastik almashinuv jarayonlarining kuchayayotganligi va ish vaqtida buzilgan ion – endokrin muvozanatini tiklashdan iborat. Mana shu davrda organizmning energetik resurslarini ishgacha bo'lgan darajasiga qaytishi tugallanadi, ish vaqtida parchalangan struktura va ferment oqsillari va boshqa hujayra strukturalarining sintez jarayonlari kuchayadi.

Muskul ish faoliyatidan so'ng dam olish davrida ish vaqtida sarflangan har xil energetik substratlarning tiklanish jarayonlari har xil tezlik bilan boradi va turli vaqtlarda tugallanadi (9-jadval). Birinchi navbatda organizmning O_2 zaxirasi va ishlayotgan muskullardagi kreatinfosfatning zaxirasi tiklanadi, so'ngra muskullarning glikogen zaxirasi va faqat oxirgi navbatda yog'larning rezervlari va ish vaqtida parchalangan ferment va struktura oqsillari tiklanadi.

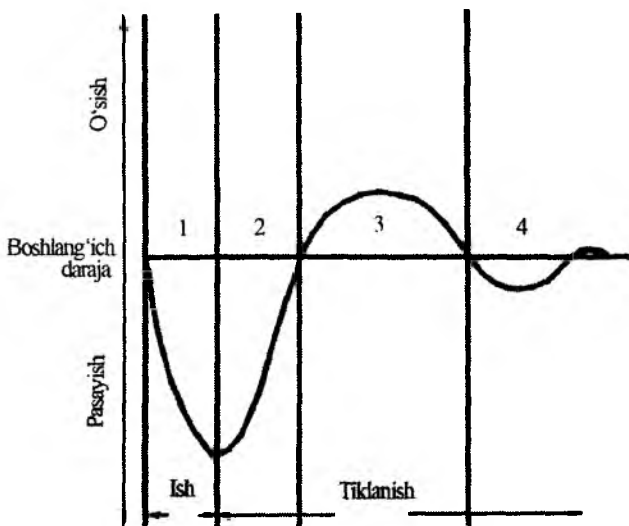
Muskul ishidan so'ng dam olish davrida biokimyoviy ingridiyentlarning ana shunday tartibda tiklanishi muhim biologik qonuniyatga ega bo'lib, sport biokimyosida *getexronizm hodisasi* nomi bilan yuritiladi. Geteroxronizm hodisasi sport mashqlanish jarayonida katta ahamiyatga ega.

Ishdan so'ng dam olish davrida tiklanish jarayonlarining borish tezligi va energetik moddalarning zaxiralarini to'lish muddatlari ularning jismoniy mashqlarni bajarish vaqtidagi sarflanish intensivligiga bog'liq bo'ladi (*Engelgard qoidasi*). Ishdan so'ng dam olishning ma'lum momentida energetik moddalarning zaxirasi o'zlarining ishgacha bo'lgan (boshlang'ich) darajasidan oshib ketadi. Bu hodisa *superkompensatsiya* yoki *o'ta tiklanish* nomi bilan yuritiladi (49-rasm).

9-jadval

Qizg'in ishdan so'ng dam olish davrida turli biokimyoviy jarayonlarning tiklanishini tugallanishi uchun kerak bo'lgan vaqtlar

No	Jarayonlar	Tiklanish vaqti
1.	Organizmدا O_2 zaxirasini tiklanishi	10–15 soniya
2.	Muskullarda alaktat anaerob rezervlarining tiklanishi	2–3 daq
3.	Alaktat O_2 qarzini to'lash	3–5 daq
4.	Sut kislotasini yo'qotish	0,5–1,5 s
5.	Laktat O_2 qarzini to'lash	0,5–1,5 s
6.	Muskullardagi glikogen zaxirasini resintezlash	12–48 s
7.	Jigardagi glikogenning zaxirasini tiklash	12–48 s
8.	Isg vaqtida parchalangan va ferment oqsillarining sintezini kuchayishi	12–72 s



49-rasm. Muskul ish faoliyatida energetik manbalarning sarflanish va tiklanish jarayonlarining sxemasi

1 – sarflash; 2 – tiklanish; 3 – superkompensatsiya (o'ta tiklanish); 4 – boshlang'ich darajaga qaytish.

Superkompensatsiya – o'tkinchi hodisa. Ish vaqtida kamaygan energetik substratlarning miqdori dam olishning ma'lum davrida boshlang'ich (ish oldi) darajasidan oshib ketadi va so'ngra u to'liqinsimon yo'l bilan ish oldi darajasiga qaytib keladi. Ish vaqtida energiya kuchli sarflansa, energiya manbalarining resintezi shuncha tez bo'ladi va superkompensatsiya fazasida ish oldi darajasidan oshishi shuncha ko'proq bo'ladi. Lekin, bu qoidani barcha hollarda qo'llash mumkin emas. Masalan, yaxshigina toliqishga olib keladigan va juda katta energiya sarfi hamda parchalanish mahsulotlarini to'planishi bilan bog'liq bo'lgan **haddan tashqari** zo'riqish bilan bajariladigan ishlarda tiklanish jarayonlarining tezligi pasayadi, superkompensatsiya fazasiga ancha kechroq erishiladi va kamroq darajada ifodalanadi.

Superkompensatsiya fazasining davom etish vaqti ishning bajarilishini qancha davom etishi va organizmda u chaqirayotgan biokimyoviy o'zgarishlar chuqurligiga bog'liq bo'ladi. Qisqa muddatli yuqori intensivlokdagi ishda superkompensatsiya fazasi tez boshlanadi va tez tugallanadi. Masalan, mana shunday ishda ishlayotgan muskullarda ish boshlanishigacha bo'lgan darajasidan ortishi, ya'ni glikogenning superkompensatsiyasi dam olishning 3–4 soatlarida boshlanadi va 12 soatdan so'ng glikogen o'zining boshlang'ich – ishgacha bo'lgan darajasiga qaytadi. Mo'tadil quvvatli uzoq davom etadigan ishlarda esa glikogenning superkompensatsiyasi 12 soatdan so'ng boshlanadi va ish tugagandan keyin 24–72 soatgacha davom etadi.

Umuman olganda, superkompensatsiya hodisasi muskul faoliyatida u yoki bu darajada sarflanadigan yoki buziladigan (parchalanadigan) va dam olish davrida resintezlanadigan barcha biomolekulalar va strukturalarga xos. Ana shu biomolekula va strukturalarga – keratinfosfat, glikogen, struktura va ferment oqsillari, fosfolipidlar, hujayra organoidlari (mitoxondriyalar, lizosomalar, plazmatik membranalar va h.k.) kiradi.

Organizmning energetik substratlari zaxirasini to'ldirib bo'lgandan so'ng oqsillar fosfolipidlar va boshqa hujayra strukturalarini sintezlanish jarayonlari ancha kuchayadi, ayniqsa bu jarayonlar ularning parchalanishi bilan sodir bo'ladigan og'ir kuch ishlatadigan ishlardan so'ng yaqqol namoyon bo'ladi. Ish vaqtida parchalangan oqsillarning tiklanishi nisbatan sekin boradi. Odatda, mashqlanish yoki musobaqalarda qatnashgandan keyin ish qobiliyatining tiklanishini faqat oqsillarning resintezi aniq belgilaydi. Shu tufayli, oqsillar almashinuvining ko'rsatkichlari bajarilgan ishning og'ir-yengilligi va tiklanish jarayonining borishi haqida muhim ahamiyatli informatsiyalarni berishi mumkin. Hozirgi vaqtda katta sport amaloyotida keng qo'llanilayotgan ana shunday ko'rsatkichlardan biri **qondagi siydikchil** hisoblanadi. Siydikchu – oqsillar, nuklein kislotalar va nukleotidlarning katabolizm jarayonlarini tarkibida azot tutgan asosiy mahsuloti hisoblanadi.

Jismoniy yuklamalar ta'sirida qondagi siydikchilning miqdorini ko'payish darajasi shu **yuklamani ko'tara olishligining ko'rsatkichi** hisoblanadi (bunday holatda qondagi siydikchilning miqdorini ish tugagandan so'ng 1,5–2 soatdan keyin o'lchash lozim). Tiklanishning so'nggi fazalarida qondagi siydikchilning miqdorini normaga nisbatan ko'p bo'lishi (masalan, mashqlanish yoki musobaqadan keyin ertasiga ertalab) tiklanish reaksiyalarining tezligining kamligidan dalolat beradi. Bu ko'rsatkichni normaga qaytishi tiklanish jarayonlari tugallanganligini normallashtirishni ko'rsatadi.

Tiklanish – mashqlanish jarayonining ajratib bo'lmaydigan (ajralmas) qismi bo'lib, uning ahamiyati mashqlanishning o'zini ahamiyatidan kam emas degan fikr hozirgi vaqtda hech kimda hech qanday shubha tug'dirmaydi. Shuning uchun ham turli tiklanish vositalaridan amaliy foydalanish – mashqlanishning samaradorligini yanada oshirish va sportchilarning yuqori darajali tayyorgarligiga erishish uchun muhim rezerv bo'ladi.

Hozirgi vaqtda sport fanlari va ilg'or amaliyot yordamida tiklanish vositalaridan foydalanish muammolari bo'yicha boy materiallar yig'ilgan: tiklanish vositalari klassifikatsiya qilingan, ulardan foydalanishning asosiy prinsiplari asoslab berilgan, sportning alohida turlarida tiklanishning ko'p vositalari va ularning komplekslari tajribadan o'tkazilgan.

Keyingi yillarda biologik faol preparatlarning ba'zi guruhlari – tiklanish jarayonlarini tezlashtirish, ish vaqtida sarflangan plastik va energetik resurslarni faol to'ldirish, katta jismoniy yuklamalar vaqtida organizmning muhim funksional sistemalarini tanlab boshqarishlar uchun maqsadga muvofiq ravishda foydalanilmoqda.

Ularga quyidagi preparatlar kiradi: aminokislotali (oqsilli) preparatlar, polivitamin komplekslari, anabolik moddalar, energiyaga boy preparatlar, o'simlik va hayvon organizmidan ajratib olingan adaptogenlar, aktoprotektlar, gemato- va gepatoprotektorlar, immunitet tizimiga ta'sir qiluvchi preparatlar va hokazolar.

Asosiy tushunchalar va mavzuning terminlari

Toliqish – uzoq davom etgan yoki intensiv ish natijasida ro‘y beradigan organizmning holati bo‘lib, ish qobiliyatining pasayishi bilan sodir bo‘ladi.

Aqliy toliqish – bu bosh miyaning faoliyati bilan bog‘liq bo‘lgan toliqish.

Sensor toliqish – har xil analizatorlarning (ko‘rish, eshitish, hid bilish va h.k.) faoliyati bilan bog‘liq toliqish.

Emotsional toliqish – emotsiya – sport faoliyatida, ayniqsa musobaqalar vaqtida muhim ahamiyatga ega.

Jismoniy toliqish – muskul faoliyati natijasida ro‘yobga chiqadigan toliqish.

“Himoyalovchi tormozlanish” – MNS harakatlantiruvchi markazlarida ATFning parchalanish va resintezlanish tezliklarini to‘g‘ri kelmay qolishi natijasida rivojlanadigan jarayon.

Shoshilinch tiklanish – bu ish vaqtida to‘planib qolgan anaerob parchalanishning mahsulotlari, eng avvalo sut kislotasi va hosil bo‘lgan O_2 qarzini bartaraf qilish jarayoni. U ishdan so‘ng dam olishning birinchi 0.5-1,5 soatlarini o‘z ichiga oladi.

Qoldirilgan tiklanish – bu organizmning energetik resurslarini boshlang‘ich (ishgacha) darajasiga qaytishini tugallanishi, ish vaqtida parchalangan struktura va ferment oqsillari va boshqa hujayra strukturalarining resintez jarayonlarini kuchayishi hamda ish davomida buzilgan ion va endokrin muvozanatini tiklash jarayonlari.

Engelgart qoidasi – tiklanish jarayonlarining borish tezligi va energetik moddalarning zaxirasini to‘lish muddatlari mashqlarni bajarayotgan vaqtdagi ularning sarflanish intensivligiga bog‘liq.

Geteroxronizm hodisasi – muskul ishdan so‘ng dam olish davrida rivojlanadigan tiklanish jarayonlari turli tezliklar bilan boradi va har xil vaqtda tugallanadi.

Superkompensatsiya (o‘ta tiklanish) hodisasi – bu dam olish davrida energetik moddalarning zaxirasini boshlang‘ich – ishgacha bo‘lgan darajasidan oshishi.

Geteroxronlik – har xil vaqtlilik.

Biokimyoviy restitutsiya jarayonlari – ishgacha bo‘ladigan biokimyoviy o‘zaro nisbatlarni tiklanishi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Organizmning qaysi bir holatini toliqish deb ataladi?*
2. *Toliqish holati organizmning charchash holatidan o‘zining qanday xususiyatlari bilan farq qiladi?*
3. *Nima uchun toliqishni organizmning himoya reaksiyasi deb atashadi?*
4. *Toliqish holatida organizmda qanday funksional va biokimyoviy o‘zgarishlar sodir bo‘ladi?*
5. *“Himoyalanuvchi tormozlanish” MNSning harakatlantiruvchi markazlarida qachon rivojlana boshlaydi va u nerv markazlarida sodir bo‘ladigan qanday biokimyoviy o‘zgarishlar bilan bog‘liq?*
6. *Toliqish qanday turlarga bo‘linadi va ularga qisqacha ta’rif bering.*
7. *MNSning faoliyatidan tashqari toliqishni ro‘yobga chiqishi va rivojlanishida ishlayotgan muskullarning o‘zida sodir bo‘layotgan qanday biokimyoviy jarayonlar muhim rol o‘ynaydi?*
8. *Qisqa muddatli intensiv muskul ishida toliqishning asosiy rivojlanish sabablarini ko‘rsating.*
9. *Katta va mo‘tadil quvvatli uzoq davom etadigan muskul ishlarida toliqishning rivojlanishiga ko‘proq olib keladigan sabablari nimalardan iborat?*
10. *Bevosita ish vaqtida va undan so‘ng dam olish vaqtida sportchilarning organizmida qanday biokimyoviy o‘zgarishlar sodir bo‘ladi?*
11. *Muskul ishi vaqtida sarflangan turli energetik va struktura moddalarining resintezlanishi qanday ketma-ketlikda bo‘lishini va ularning tiklanishining taxminiy muddatlarini ko‘rsating.*
12. *Organizmdagi biokimyoviy o‘zgarishlarning umumiy yo‘nalishi va normaga qaytishi uchun kerak bo‘lgan vaqtiga qarab*

tiklanish jarayonlarini shoshilinch va qoldirilgan tiklanishlarga bo'linadi. Ularning har biriga qisqacha xarakteristika bering.

13. Englgart qoidasini ta'riflab bering.

14. Geteroxronizm hodisasi deganda nimani tushunasiz va uning qanday biologik ahamiyati bor?

15. Superkompensatsiya hodisasi va uning kelib chiqish biokimyoviy mexanizmlarini ta'riflab bering.

16. Superkompensatsiya hodisasining sport mashqlanish jarayonlarini tashkil qilishda qanday ahamiyati bor?

17. Superkompensatsiya fazasining qiymati (katta-kichikligi) va davom etish vaqti qanday biokimyoviy omillarga bog'liq bo'ladi?

18. Maksimal va submaksimal quvvatli jismoniy mashqlar natijasida rivojlanayotgan toliqishni qanday biokimyoviy ko'rsatkichlar bilan nazorat qilinadi?

20. SPORT ISH QOBILIYATINING BIOKIMYOVIIY OMILLARI

20.1. Sport ish qobiliyatini belgilaydigan omillar

Ish qobiliyati – organizmning ayrim bir vaqt ichida ma'lum hajmdagi jismoniy yoki aqliy ishni bajarish qobiliyatidir. Ish qobiliyati – mana shunday o'zakki, sportchilarning barcha qolgan xususiyatlari unga terib qo'yilgan. Sportchining ish qobiliyatini oshirish – bu har bir va har qanday darajadagi mashqlanish mashg'ulotlarining asosiy vazifasi hisoblanadi. Agar, sport ish qobiliyatini belgilaydigan asosiy omillarni ko'rib chiqsak, ko'pgina muhim omillar orasidan quyidagilarni ajratib olish mumkin:

- tezkorlik-kuchlilik sifatlarini rivojlanishi va harakatning nerv-muskul koordinatsiyasining o'ziga xos xususiyatlari;
- organizmning bioenergetik (anaerob va aerob) imkoniyatlari;
- mashqlarni bajarish texnikasi;
- sport kurashlarini olib borish taktikasi;
- sportchilarning psixologik tayyorgarligi (motivatsiya, irodalilik sifatleri va h.k.).

Organizmning tezkorlik-kuchlik sifatleri va bioenergetik imkoniyatlarini **potensiya** (organizmning ichki imkoniyatlari) omillari guruhiga kiritiladi. Texnika, taktika va sportchining psixologik tayyorgarligi sport turlarining ayni sharoitlarida potensiya omillarining amalga oshirish darajasini aniqlaydigan **unumdorlik omillari** guruhini tashkil qiladi. Masalan, mashqlarni bajarishda yuqori texnikani egallash harakatning har bir aktida yoki mashqlarning alohida elementlarini bajarishda organizmning ichki imkoniyatlaridan yanada samaraliroq foydalanishga imkon beradi. Sport o'yinlarining (musobaqalarining) olib borishni takomillashgan taktikasi sport musobaqalarining davomida yoki ularning alohida

epizodlarida tezkorlik-kuchlilik va bioenergetik potentsiyalarini (ichki imkoniyatlarini) amalga oshirishga yaxshi imkon yaratadi.

Sportchilarning jismoniy ish qobiliyatini belgilaydigan biokimyoviy omillar ichida, birinchi navbatda, muskullarning qisqartiruvchi oqsillarining umumiy miqdori va fermentativ xususiyatlarini ko'rsatish mumkin. Masalan, qisqarayotgan muskulda rivojlanayotgan kuchlanishning katta-kichikligi miofibrillardagi aktin va miozin iplarining o'rtasida hosil bo'lgan ko'ndalang ko'prikchalarning soniga to'g'ri proporsional bo'ladi. Har bir sarkomerning doirasida aktinning umumiy miqdori qancha ko'p va miozin ipi uzunroq bo'lsa, ana shu ko'prikchalarning hosil bo'lish imkoniyati shuncha katta, binobarin, maksimal muskul kuchlanishining rivojlanishi yuqori bo'ladi.

Muskullarning qisqarishini maksimal tezligi miozin ATFazasining nisbiy faolligi, ya'ni ATFning fermentativ parchalanish tezligiga to'g'ri proporsional ravishda bog'langan bo'ladi. Miozin ATFazasining faolligi turli muskul tolalarida keskin farqlanadi: oq tez qisqaradigan tolalarda qizil sekin qisqaradigan tolalardagiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi.

Har xil muskullarda tolalarning ana shu tiplari turli kombinatsiyada (nisbatda) bo'ladi. Tez va sekin qisqaradigan tolalarning proporsiyasini o'zgarishi muskullarning funksional xususiyatlariga bevosita ta'sir qiladi.

Mana shu tip tolalar hat xil motoneyronlar bilan ta'minlangan turli harakatlantiruvchi birliklar tarkibiga kirganligi sababli ular ishga har xil vaqtda kirishadi va tolalarning qisqarish tezligi ham har xil bo'ladi.

Muskul tarkibida oq tez qisqaradigan muskul tolalarining foizi qancha ko'p bo'lsa, uning tezkorlik-kuchlilik xususiyatlari shuncha yuqori bo'ladi. Va, aksincha, muskul tarkibida qizil sekin qisqaradigan muskul tolalarining foizi qancha ko'p bo'lsa, uning uzoq vaqt davom etadigan ishlarni bajarish imkoniyati shuncha katta bo'ladi.

Odamning jismoniy ish qobiliyatini belgilaydigan eng muhim biokimyoviy omil uning organizmini bioenergetik imkoniyatlari hisoblanadi. Har qanday ish energiya sarflashni talab etadi. Bu energiya esa odamning organizmida har xil intensivlik va davomiylikdagi muskul faoliyatida o'zaro nisbatlari bir xil bo'lmagan anaerob va aerob yo'llar bilan sodir bo'ladigan biokimyoviy jarayonlarda hosil bo'ladi.

Sportchining muskul ish faoliyatining energetik tavsifi qulay bo'lishi maqsadida uning ish imkoniyatlarini aniqlaydigan omil sifatida organizmning **anaerob va aerob ish qobiliyatlari** tushunchasi qabul qilingan.

Aerob ish qobiliyati deyilganda ishlayotgan to'qimalarda kislorodni yetkazib berilishi va ishlatilishi (utilizatsiya qilinishi) kuchayishi bilan bir vaqtda boradigan hujayraning mitoxondriyalaridagi aerob jarayonlarning kuchayishi hisobiga ishni bajarish imkoniyatlari nazarda tutiladi. Aerob ish qobiliyati ayniqsa uzoq davom etadigan katta va mo'tadil quvvatli ishlarni bajarilganda namoyon bo'ladi.

Odamning anaerob ish qobiliyatini o'z navbatida **alaktat anaerob va glikolitik anaerob qobiliyatlarga** bo'lishadi.

Alaktat anaerob ish qobiliyati – bu asosan ATF-aza va kreatinkinaza reaksiyalarida energiyani o'zgartirish jarayonlari hisobiga ishni bajarish imkoniyatlari. Alaktat anaerob qobiliyat – bajarilish vaqti 15–20 soniyadan oshmaydigan qisqa muddatli, maksimal intensivlikdagi mashqlarni bajarganda namoyon bo'ladi.

Glikolitik anaerob ish qobiliyati deyilganda sut kislotasining to'planishi bilan boradigan ishda anaerob glikolizning kuchayish imkoniyati tushuniladi. U bajarilish vaqti 30 soniyadan to 2–3 daq gacha boradigan mashqlarni bajarishda namoyon bo'ladi. Bunday mashqlarni bajarganda glikoliz jarayonining tezligi o'zining eng yuqori darajasiga yetadi va qonda ko'p miqdorda sut kislotasi yig'iladi (to 2,5 g/l va ko'proq).

Yuqorida keltirilgan jismoniy ish qobiliyatining komponentlaridan har biri uchta biyokimyoviy kriteriyalar – quvvat, hajm va samaradorlik kriteriyalari bilan ifodalanadi (10-jadval).

**Sportchilarning jismoniy ish qobiliyati kriteriyalarini
biokimyoviy ko'rsatkichlari**

Kriteriya	Energetik qobiliyatlar		
	alaktat anaerob	glikolitik anaerob	aerob
Quvvat	Maksimal anaerob quvvat (MAQ) makroerglarning parchalanish tezligi ($\sim p/t$)	Sut kislotasining yig'ilish tezligi (Hla/t), ortiqcha CO_2 ajralish (Exc. CO_2)	Kislorodning maksimal iste'moli (VO_2 max), kritik quvvat (W_{kr})
Hajm	Muskullardagi K_2P umumiy miqdori, alaktat O_2 -qarzi (Alaktat O_2 - qarzi)	Qonda sut kislotasini maksimum yig'ilishi (max Hla), maksimal O_2 -qatzi, pH-maksimal siljishi (ΔpH max)	Mashq vaqtidagi O_2 -kipimi (VO_2).
Samara-dorlik	Alaktat O_2 -qarzini uzish tezligi (K_a)	Sut kislotasining mexanik ekvivalenti (W/Hla)	Ishning kislorod ekvivalenti (LME), anaerob almashinuv bo'sag'asi (AAB).

**20.2. Anaerob va aerob ish qobiliyatlarining
ko'rsatkichlaridagi farqlar**

Energiya o'zgartirishning anaerob va aerob jarayonlari quvvatlari bo'yicha bir-birlaridan keskin farq qiladi. Jumladan, alaktat anaerob jarayon (ya'ni, kreatinkinaza reaksiyasi) davom etish vaqti 6–8 soniyadan oshmaydigan masqlarda o'zining maksimal energiya

ishlab chiqarish tezligiga erishadi va yuqori malakali sportchilarda $3,6 \text{ kJ/kg.daq}$ tashkil qiladi. Anaerob glikolitik jarayonda 30 soniya atrofida davom etadigan mashqlarda energiya ishlab chiqarishning yuqori darajada kuchayishi kuzatiladi va $2,4 \text{ kJ/kg.daq}$ ga teng bo'ladi. Aerob jarayoning maksimal quvvatini bajarish vaqti 2–7 daqiqaga teng bo'lgan mashqlarda kuzatiladi va yuqori malakali sportchilarda $1,2 \text{ kJ/kg.min}$ ni tashkil etadi. Shunday qilib, agarda ana shu uchta energiya o'zgartirish bioenergetik jarayonlarining energiya ishlab chiqarish tezliklarining maksimal ko'rsatkichlarini o'zaro solishtirilganda aerob glikolitik va alaktat jarayonlarning nisbati 1:2:3 ko'rinishga ega bo'ladi.

Agarda bu jarayonlarning maksimal energetik hajimlarini solishtirganda, aerob jarayon o'zining energetik hajmi bilan alaktat anaerob va glikolitik anaerob jarayonlaridan bir necha marta ustunlik qiladi.

Aerob oksidlanish uchun substrat bo'lib faqat muskullardagi glikogen va yog'larning zaxiralari emas, balki qondagi **glyukoza**, erkin moy kislotalari, keton tanachalari, gliserin hamda **jigarning** glikogen zaxirasi va turli yog' rezervlari xizmat qiladi. **Shuning** uchun ham aerob jarayonining umumiy hajmini cheksiz desa **bo'ladi** va uni aniq chegaralab bo'lmaydi. Lekin ishni berilgan ~~tezligida~~ ushlab tura olish vaqti bo'yicha har uchala bioenergetik jarayonlarning hajmini taqqoslaganda, aerob jarayoning **hajmi** anaerob glikolizni hajmiga nisbatan 1-tartibga, alaktat anaerob jarayoninikiga esa 2 tartibga yuqori bo'ladi. Shunday qilib, aerob, glikolitik va alaktat jarayonlarning maksimal hajimlari o'zaro **100:10:1** nisbatda bo'ladi.

Mana shu energetik jarayonlarning energetik samaradorligi ko'rsatkichlarida ham yetarli darajada katta farqlar kuzatiladi.

ATF energiyasini mexanik ishga aylanish samaradorligi aerob va anaerob jarayonlarga deyarli bir xil va 50% atrofida bo'ladi, fosforlanishning samaradorligi alaktat anaerob jarayonda eng yuqori – 80% atrofida, anaerob glikolizda esa – eng kam, o'rtacha 44% atrofida va aerob jarayonda u taxminan 60% ni tashkil etadi.

20.3. Sport ish qobiliyatining spetsifikligi

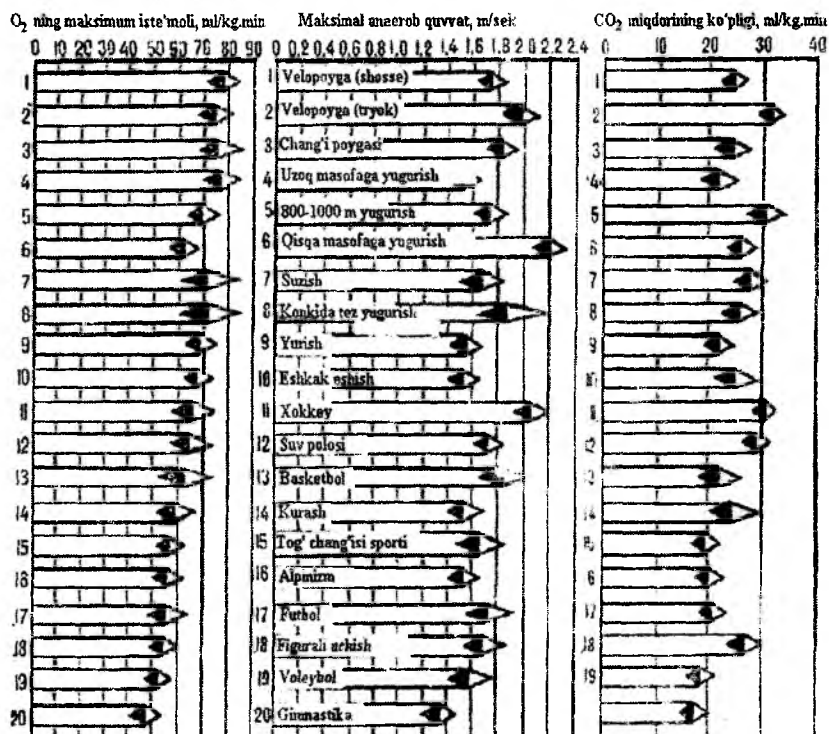
Sportning u yoki bu turida jismoniy ish qobiliyatining aniq nomoyon bo'lishi spetsifiklik xarakteriga ega. Bu spetsifiklik sport mashqlari ta'sirida shakllanadigan sportchilarning aerob va anaerob qobiliyatlarining rivojlanish darajalarini o'zaro nisbatlariga bog'liq bo'ladi.

Mashqlanish jarayonida oldinga qo'yilgan vazifalar va bajariladigan ishning xarakteriga qarab asosiy jismoniy yuklama faqat ishni bajarishda bevosita qatnashayotgan u yoki bu muskullargina emas, balki energiyani (ATFni) asosan yetkazib beruvchi bioenergetik jarayonlarga ham tushadi. Masalan, sportchilarning tezkorlik sifatini rivojlantirishga yo'naltirilgan, qisqa muddatli maksimal quvvatli mashqlar qo'llaniladigan mashqlanish jarayonida qo'llanilayotgan jismoniy yuklamalar ta'sirda muskullarda kreatinfosfatning zaxirasi ko'payadi, muhitning noqulay sharoitida miozin ATF azasi va sarkoplazmatik kreatinkinazalarning barqaror ishlashi yaxshilanadi va umuman olganda, ATFning alaktat anaerob resintezlanish imkoniyati ortadi. Uzoq muddatli mo'tadil quvvatli ishdan foydalanilganda sportchining organizmida ATFning resintezlanishini aerob mexanizmlari takomillashadi, organizmning energetik substratlarini zaxirasi ko'payadi (birinchi navbatda jigar va muskullardagi glikogenning zaxiralari).

Shunday qilib, sportning har xil turlarida jismoniy mashqlarning xarakteri va bajarish uslublariga qarab sportchilarning organizmida ATFning resintezlanishini u yoki bu bioenergetik mexanizmlari yaxshi rivojlanadi. Masalan, uzoq masofaga yuguruvchilar, chang'i poygachilari, shosseda velosiped haydovchilar, konkida uchadigan sportchilar aerob quvvatning eng yuqori ko'rsatkichlarini namoyon qilishadi. Eng katta alaktat anaerob quvvatini qisqa masofaga yuguruvchilar, xokkeychilar va trek velosiped poygachilari demonstratsiya qilishadi. O'rta masofaga yuguruvchilar, xokkeichilar, vaterpol-chilar glikolitik anaerob quvvatning

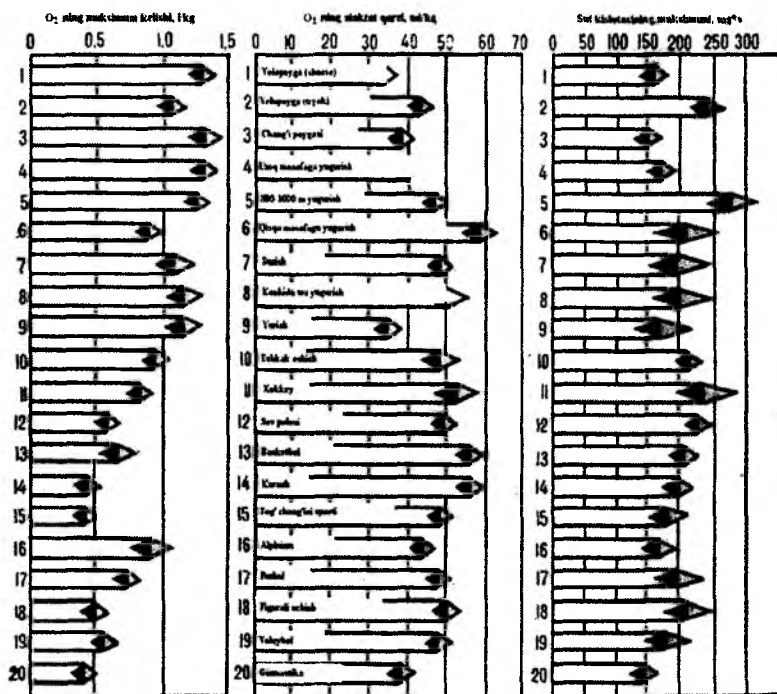
maksimal ko'rsatkichini namoyon qilishadi. Shosseda velosiped haydovchilar, o'rta va uzoq masofalarga yuguruvchilar eng katta aerob hajmga ega. Alaktat anaerob hajimning eng yuqori darajasini qisqa masofaga yuguruvchilar, basketbolchilar va kurashchilar demonstrasiya qilishadi. Glikolitik anaerob hajimning eng katta miqdorini o'rta masofaga yuguruvchilar, trek velosiped poygachilari va xokkeychilarda kuzatish mumkin.

Xulosa qilib aytganda, sportning har bir turida sportda erishiladigan yutuqlarga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadigan o'zining "yetaklovchi" metabolik omillari bo'ladi.



50-rasm. Turli ixtisos sportchilarida aerob va anaerob jarayonlarning

quvvat ko'rsatkichlari



51-rasm. Turli ixtisos sportchilarida aerob va anaerob jarayonlarining hajm ko'rsatrichlari

20.4. Sportchilarning ish qobiliyatiga mashqlanishning ta'siri

Muntazam mashqlanish jarayonida jismoniy ish qobiliyatining deyarli barcha ko'rsatkichlari ancha yaxshilanadi. Mashqlanishning ta'siri turli kvalifikatsiyali sportchilarda ATFning resintezini amalga oshiradigan bioenergetik jarayonlarning quvvati, hajmi va samaradorliklarini solishtirganda ayniqsa yaqqol ko'rinadi (11-jadval).

**Konkida uchadigan sportchilarda anaerob va aerob
jarayonlarining quvvati, hajmi va smaradorligini
ko'rsatkichlari**

Sportchilarning malakasi	VO ₂ max ml/kg.daq	t yshl. tur, soniya.	AAB % MMR	Exc.CO ₂ l/daq.	Umumiy O ₂ -qarzi mil/kg	Alakt. O ₂ - qarzi mil/ kg
Sportchilar III-II r.	51	150	46	1,60	101	25
Sportchilar I r., SUN	69	200	51	1,79	127	31
SU	72	270	56	1,92	137	34
XTSU	76	340	60	1,97	141	35

Masalan, sportchilarning mashqlanganlik darajasini (malakasini) oshishi bilan jismoniy ish qobiliyatining barcha biokimyoviy xarakteristikallari yaxshilangan. Shu bilan birga, ayrim biokimyoviy parametrlarning yaxshilanish miqdori turli darajada namoyon bo'lgan. Jumladan, mashqlanish vaqtida ancha chidamlilikni talab qiladigan endigina shug'ullana boshlagan sportchilarda KMI 40–45 ml/kg.daq. ni tashkil qiladi, shu vaqtni o'zida yuqori malakali sportchilarda 80–90 ml/kg.daq bo'ladi. Ma'lum bo'lishicha, ko'p yillar davomida mumtazam ravishda mashqlanish natijasida shortchilarda aerob quvvat ko'rsatkichlari 2 marta, aerob hajm ko'rsatkichlari esa 4 martadan ortiqroq yaxshilanadi.

20.5. Sportchilarning ish qobiliyatiga ular yoshining ta'siri

Organizmning o'sib va rivojlana borganligi sari uning jismoniy ish qobiliyatida ma'lum qonuniyatlarga asoslangan o'zgarishlar sodir bo'lib turadi. Organizm fiziologik balog'atga yetgani sari aerob va anaerob bioenergetik jarayonlarda energiya o'zgartirish imkoniyatlari tobora ortib boradi. Yoshning ulg'ayishi bilan tananing metabolizmda faol qatnashadigan massasi, ayniqsa skelet muskullari ko'payadi; ana shu muskul va boshqa to'qima va a'zolarda aerob

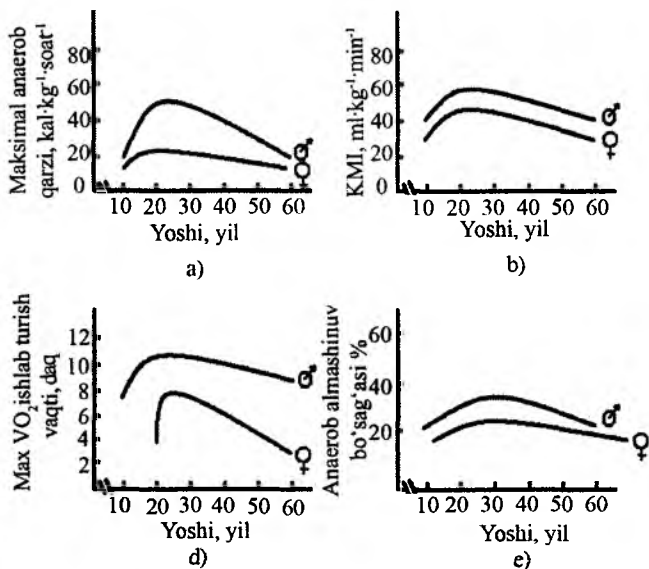
va anaerob almashinuvning muhim fermentlarining miqdori oshadi, ana shu fermentlarni barqaror ishlashi uchun sharoitlar yaxshilanadi, organizmning energetik resurslarining zaxirasi ko'payadi, modda va energiya almashinuv turli zvenolarini nerv va gormonal boshqarilish jarayonlari hamda muskul va boshqa to'qimalarga kislorod va oziqa moddalarni yetkazib berish va parchalanish mahsulotlarini chiqarib tashlashga javobgar bo'lgan vegetativ sistemalarning ishi takomillashadi. Jismoniy ish qobiliyatining hamma ana shu ko'rsatkichlari odam to'la fiziologik balog'atga yetgan paytida, ya'ni 20–25 yoshlarida, odatda o'zlarining maksimumiga erishadi. Asosan, yuqori energiya ishlab chiqarishni talab qiladigan sport turlarida ana shu yoshda eng yuqori sport ko'rsatkichlariga erishadi. 40 yoshdan keyin jismoniy ish qobiliyatining ko'rsatkichlari pasayaboshlaydi va 60 yoshga kelib balog'at yoshidagiga nisbatan taxminan ikki marta kamayadi.

Organizimning ish qobiliyatini belgilovchi bioenergetik jarayonlarning ko'rsatkichlari o'sish va rivojlanish davomida ma'lum qonunuyatlar asosida o'zgaradi. Masalan, erkaklarning 20 yoshlarida maksimal anaerob quvvat (MAQ) o'zining maksimal ko'rsatkichiga erishadi va to 30 yoshgacha taxminan shu darajada saqlanadi va keyin pasaya boshlaydi. Ayollarda bu ko'rsatkich o'zining maksimumiga 18 yoshlarda yetishadi va so'ngira nisbatan tez pasaya boshlaydi (52-a,rasm).

Erkaklarda kislorodning maksimal iste'moli (KMI) o'zining maksimal ko'rsatkichiga 25 yoshlarda erishadi va 40 yoshgacha ana shu darajada saqlanadi, ayollarda esa bu ko'rsatkichlar 20 va 30 yoshni tashkil qiladi (52-b,rasm).

Bioenergetik jarayonlarning hajm va samaradorlik ko'rsatkichlari MAQ va KMI ko'rsatkichlaridan farq qilib, ancha sekin rivojlanish templari bilan xarakterlanadi va erkak hamda ayollarda yoshga nisbatan deyarli farqlari yo'q. Masalan, bu ko'rsatkichlar eng yuqori qiymatga 25–30 yoshlarda erishadi va muntazam mashqlanish natijasida taxminan shu darajada 40–45 yoshlargaacha saqlanishi mumkin.

Keksaygan va qarigan yoshda pasayish templari ayollar organizmida faqat ancha aniqroq ko'zga tashlanadi (52-rasm, d, e).



52-rasm. MAQ (a), KM (b), aerob hajm (d) va aerob samaradorligining (e) ko'rsatkichlarini yoshga oid dinamikallari

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamallari

Ish qobiliyati – ma'lum vaqt birligida organizmning ma'lum hajmdagi jismoniy yoki aqliy ishni bajarish qobiliyati.

Potensiya omillari – bu tezkorlik-kuchlilik sifatлари va bioenergetik qobiliyatlarini o'zida mujassamlashtirgan organizmning ichki imkoniyatlari.

Unumdorlik omillari – sport turlarining aniq sharoitlarida potensiya omillarini amalga oshirish darajalarini belgilaydi. Ularga texnika, taktika va psixologik tayyorlash omillari kiradi.

Alaktat anaerob ish qobiliyati – ishni energiya o'zgartirish jarayonlarining ATFaza va kreatinkinaza reaksiyalari hisobiga bajarash imkoniyati.

Glikolitik anaerob ish qobiliyati – bu sut kislotasini yig‘lishi bilan boradigan ish vaqtidagi anaerob glikolizning kuchayish imkoniyatlari.

Aerob ish qobiliyati – bir vaqtda kislorodni yetkazib berish va ishlatilishini ta‘minlash bilan sodir bo‘ladigan hujayra mitoxondriyalaridagi aerob jarayonni kuchayish hisobiga ish bajarish imkoniyati.

Savollar va topshiriqlar

1. Odamning (sportchining) ish qobiliyati deganda uning qanday xususiyatlarini tushunasiz?

2. Qanday daraja yoki tipdagi sport mashqlanish jarayonlari sportchilarning jismoniy ish qobiliyatini rivojlantirishga yo‘naltirilgan bo‘ladi?

3. Sport ish qobiliyatini belgilaydigan omillar qaysi birlarini eng asosiy deb ajratish va ularni qanday guruhlariga bo‘lish mumkin?

4. Potensiya (organizmning ishki imkoniyatlari) omillari guruhi sportchi organizmining qanday sifat yoki imkoniyatlarini o‘z ichiga oladi?

5. Unumdorlik omillari guruhini qaysi omillar tashkil qiladi va ular organizmning ish qobiliyatiga qanday ta‘sir ko‘rsatadi?

6. Nima uchun yuqori darajada psixologik tayyorlangan sportchi o‘zining ishki imkoniyatlaridan to‘laroq foydalana oladi? Sabablarini ko‘rsating.

7. Birinchi navbatda sportchining jismoniy ish qobiliyatini qanday biokimyoviy omillar belgilaydi?

8. Sport ish qobiliyatini belgilaydigan biokimyoviy omillardan qaysi birlari eng asosiy va muhimi hisoblanadi?

9. Odam organizmining bioenergetik imkoniyatlari deb qanday biokimyoviy jarayonlarga aytiladi?

10. Odam organizmida energiya o‘zgarishining qanday bioenergetik mexanizmlari, ya‘ni qanday ATFnining sintezlanish yo‘llari bor? Ularga qisqa biokimyoviy xarakteristika bering.

11. Organizmning qanday bioenergetik jarayonlari uning aerob

ish qobiliyati deb ataladi va u qanday omillarga bog'liq bo'ladi?

12. Sportchining alaktat anaerob ish qobiliyati belgilaydigan bioenergetik jarayon va uning quvvati, hajmi hamda samaradorligini aniqlaydigan biokimyoviy ko'rsatkichlarni keltiring.

13. Sportchining glikolitik anaerob ish qobiliyatini qaysi bir biokimyoviy jarayon belgilashini va uning quvvati, hajmi va samaradorligini ifodalaydigan biokimyoviy ko'rsatkichlarni ko'rsating.

14. Sportchi organizmida aerob, glikolitik va alaktat anaerob jarayonlarning maksimal quvvat va hajmlarining o'zaro nisbatlarini ifodalab bering.

15. Ko'p yillar muntazam mashqlanish sportchining ish qobiliyatiga, ya'ni bioergetik imkoniyatlariga qanday ta'sir ko'rsatadi?

16. Bolalar va o'smirlar organizmida plastik almashinuvning intensivligi katta yoshlilarnikiga nisbatan yuqori bo'lsa ham nima uchun muskul ish faoliyatini energiya bilan ta'minlash imkoniyati ularda katta yushlilarga nisbatan ancha kam bo'ladi?

17. Qariyotgan organizmni qanday ikkita muhim xususiyatlarini bilasiz?

21. SPORTCHILARNING TEZKORLIK-KUCHLILIK SIFATLARI, CHIDAMKORLIGINING BIOKIMYOVIY ASOSLARI

21.1. Tezkorlik-kuchlilik sifatlarining biokimyoviy omillari

Muskul faoliyatida namoyon bo'ladigan sportchining jismoniy sifatleri (**kuch, tezlik, quvvat, chidamkorlik** va h.k.) odamning biokimyoviy, fiziologik, morfologik xususiyatlariga hamda uning psixik, texnik va taktik jihatdan tayyorlanganlik darajasiga bog'liq bo'ladi.

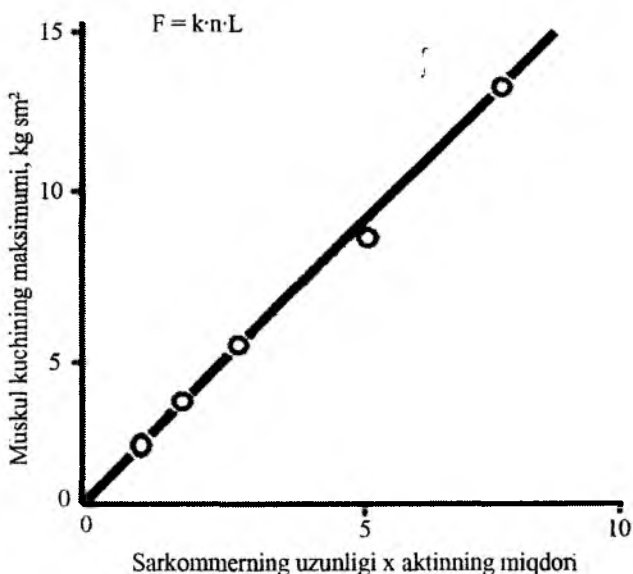
Alohida muskul tolasi rivojlantirayotgan **kuch** undagi qisqartiruvchi oqsillarning miqdoriga, ya'ni aktinning umumiy miqdori va miozinning polimerlanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Boshqacha aytganda, qisqarayotgan muskulda rivojlanayotgan kuchlanishning katta-kichikligi miofibrillarning tarkibiga kiradigan har bir sarkomer doirasidagi aktin va miozin iplari orasida hosil bo'ladigan ko'ndalang ko'priklarining soniga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Skelet muskullarining miofibrillarida ko'ndalang ko'priklarni hosil bo'lish hamda uzilish tezligi va shu bilan bog'liq bo'lgan kuchlanishni rivojlanishi va muskul qisqarish tezliklari miozinning ATFazalik faolligiga bog'liq. Miozin ATFazasi yordamida ATFning fermentativ parchalanish tezligi ~~har~~ xil tipdagi muskul tolalarida keskin farq qiladi: oq tez qisqaradigan tolalarda sekin qisqaradigan tolalarga nisbatan u ancha yuqori bo'ladi.

Yuqorida eslatilganidek, odamning skelet muskullarida FT va ST tolalari har xil nisbatda bo'ladi. FT va ST tolalarining proporsiyalarini o'zgarishi muskulning funksional xususiyatlariga bevosita ta'sir qiladi. Chunki bu muskul tolalar turli harakatlantiruvchi birliklar

tarkibiga kiradi, turli motoneyronlar bilan innervatsiya qilinadi va har xil vaqtlarda ishga kirishadi. Shu bilan birga ishlayotgan muskullarning tarkibida qancha FT tolalar ko‘p bo‘lsa, ularning tezkorlik-kuchlilik sifatleri shuncha yuqori bo‘ladi.

Yuqorida bayon qilingan ma’lumotlardan muhim bir qonuniyat kelib chiqadi, ya’ni maksimal muskul kuchlanishining katta-kichikligi (muskul kuchi) sarkomerning uzunligiga yoki yo‘g‘on miozin iplarining uzunligiga, ya’ni asosiy qisqartiruvchi oqsil – miozinning polimerlanish darajasiga to‘g‘ri proporsional (53-rasm). Boshqacha aytganda, miofibrillardagi aktin va miozin iplarini o‘zaro ta’sirida rivojlanayotgan kuch ularning orasida hosil bo‘layotgan ko‘ndalang ko‘prikchalarning soniga yoki ularning tutashgan maydoniga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Hosil bo‘lgan ko‘prikchalarning soni qancha ko‘p bo‘lsa, har bir sarkomer doirasida rivojlanayotgan kuch shuncha katta bo‘ladi.



53-rasm. Maksimal muskul kuchini muskul tolalaridagi sarkomerning uzunligiga va aktinning miqdoriga bog‘liqligi

Eng uzun sarkomerlar mollyuskalarning chig'anoqlarini yopuvchi muskullarida, eng kaltasi esa hasharotlar va jannat qushining uchish apparatlarida kuzatilgan.

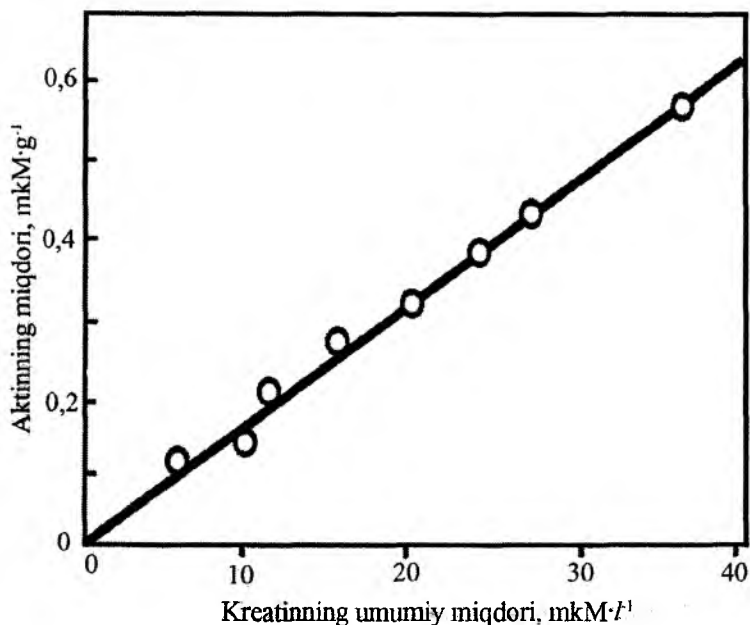
Mollyuskalarning chig'anoqlarini yopuvchi muskullari odamning maksimal muskul kuchidan 3–6 marta ortiq muskul kuchlanishini rivojlantirish qobiliyatiga ega. Hasharotlar va jannat qushining uchish muskullari rivojlantirayotgan kuchning maksimal kattaligi odamnikidan 3 marta atrofida kam. Odamning skelet muskullarida sarkomerning uzunligi o'rtacha 1,8–2,5 *mm*, miozin iplarini uzunligi 1500 *nm* ni tashkil qiladi.

Sarkomerning uzunligi yoki miofibrillarning yo'g'on iplarida miozining polimerizatsiyalanish darajasi irsiyatga moyil omil bo'lib, organizmning individual rivojlanish jarayonida va sport mashqlanishi ta'sirida o'zgarmaydi. Lekin, turli muskullarning tarkibiga kirgan har xil tipdagi muskul tolalarida sarkomerning uzunligi ma'lum variatsiyalarda bo'lishi mumkin. Shu bilan birga muskullardagi boshqa qisqartiruvchi oqsili – aktinning miqdori individual rivojlanish jarayonida va sport mashqlanishi ta'sirida ancha o'zgaradi.

Muskul miofibrillarida **aktinning** miqdori kreatinning umumiy miqdoriga to'g'ri proporsional ravishda bog'liq bo'ladi (54-rasm), ya'ni hujayrada (muskul tolasi hujayrasida) aktinning miqdori qancha ko'p bo'lsa, kreatinning miqdori ham shuncha ko'p bo'ladi. Aktinning miqdorini aniqlash juda murakkab va sermehnat ish va uni har doim aniqlash mumkin emas.

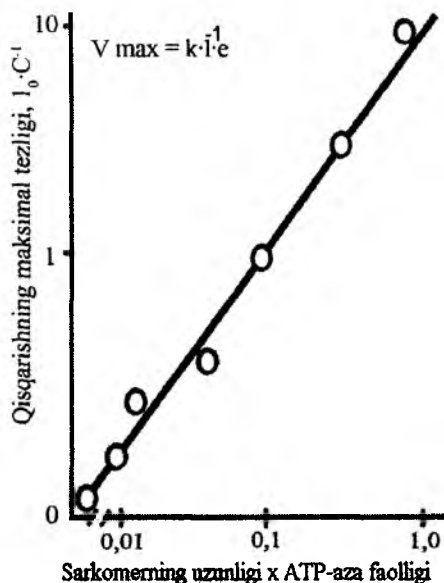
Shuning uchun ham sport amaliyotida ko'pincha muskullarda yoki qonda kreatinning umumiy konsentratsiyasini aniqlash muskul kuchini rivojlanishini nazorat qilishda va tezkorlik-kuchlilik mashqlarida sportda erishiladigan yutuqlarning darajasini oldindan aytib berishda qo'llaniladi.

Shunday qilib, xulosa qilish mumkin: kuchning biokimyoviy asoslari – muskullarning qisqartiruvchi oqsillarini umumiy miqdori va fermentativ xususiyatlari, ya'ni miozinning polimerlanish darajasi va uning ATP-aza faolligining katta-kichikligi hamda aktinning umumiy miqdori hisoblanadi.



54-rasm. Skelet muskullarida aktin oqsilining miqdori va kreatinning umumiy miqdori o'rtasidagi bir-biriga bog'liqligi

Tezkorlikning namoyon bo'lishini biokimyoviy asoslari ko'p jihatdan xuddi kuch sifatlarinikidek: qisqartirubchi oqsillarning miqdorini ko'pligi va ATFni parchalaydigan ferment sifatida miozinning yuqori darajada faolligi bilan belgilanadi. Lekin, qisqarishning maksimal tezligi sarkomerning uzunligiga yoki yo'g'on miozin iplarining uzunligiga teskari proporsional va nisbiy ATF-aza faolligiga to'g'ri proporsional (55-rasm). Qisqarishning eng yuqori tezligi hasharotlar va jannat qushining o'zini tarkibida eng qisqa sarkomer tutgan uchish muskullarida kuzatilgan, qisqarishning eng kichik tezligi – o'zining tarkibida eng uzun sarkomerni tutgan mollyuskalarning chig'anoqlarini yopuvchi muskullarida kuzatiladi.



55-rasm. Muskullarning qisqarish tezligini sarkomerning uzunligiga va miofibrillarning ATP-aza faolligiga bog‘liqligi

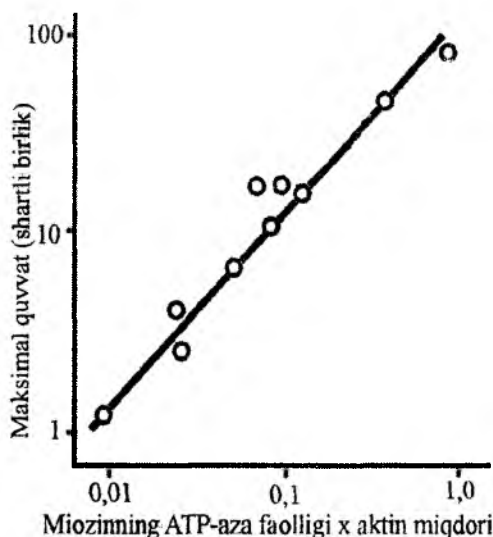
Kuchning sifati kabi qisqarishning maksimal tezligi har xil tipdagi muskul tolalarida keskin farq qiladi: FT tolalarda qisqarish tezligi ST tolalardagiga nisbatan deyarli 4 marta yuqori.

Bulardan tashqari, qisqarishning yuqori tezligini namoyon qilish uchun ATFning tez resintezlanaolish qobiliyati, asosan, kreatinkinaza reaksiyasida, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ va Na^+ ionlarining konsentratsiyasi va ularning tez bog‘lanaolish va ajralaolish imkoniyatlari katta ahamiyatga ega.

Umuman olganda, tezkorlikning (qisqarish tezligining) biokimyoviy asoslari miofibrillarning qisqartiruvchi oqsillarini faoliyati bilan, ayniqsa ATF-azalik faolligi bilan, ya’ni kimyoviy energiyani ishlatilish (mobilizatsiya) tezligi bilan bog‘langan. Kuch sifatiga nisbatan aksincha qisqarishning maksimal tezligi

sarkomerning uzunligiga yoki bitta sarkomer doirasida yo‘g‘on muiozin iplarining uzunligiga teskari proporsional bo‘ladi: qisqarish tezligi qancha katta bo‘lsa, sarkomerning uzunligi shuncha kalta (qisqa) bo‘ladi. Bundan tashqari, tezkorlik sifatlarini namoyon bo‘lishida ATFning kreatinkinaza reaksiyasida resintezi muhim ahamiyatga ega.

Odamning erkin harakatida kuch va qisqarishning tezligini o‘zaro bog‘lanmasdan alohida namoyon bo‘lishi emas, balki rivojlanayotgan kuchlanishning quvvati bilan belgilanadigan ularning birgalikda ko‘rsatgan samarasi (effekti) ahamiyatga ega. Muskul rivojlantirayotgan quvvat – ya’ni ATFaza faolligini, ya’ni ATFning parchalanishini umumiy tezligini to‘g‘ri chiziqli funksiyasi hisoblanadi (56-rasm).



56-rasm. Muskul rivojlantirayotgan maksimal quvvatni miofibrillarning ATFazalik faolligini yig‘indisiga bog‘liqligi

Maksimal quvvat korsatkichlari ham qisqarishning maksimal tezliginiki singari har xil tipdagi muskul tolalarida ancha farq qiladi

va ma'lum tur harakat faoliyatiga moslashishda sezilarli darajada o'zgaradi. Tez qisqaradigan oq tolalarda maksimal quvvatning ko'rsatkichi 155 *vatt/kg* muskul og'irligini va sekin qisqaradigan qizil tolalarda esa 40 *vatt/kg* muskul og'irligini tashkil qilinadi.

Odamning tezkorlik-kuchlilik qobiliyatlarining struktura omillari, ya'ni miofibrillarda sarkomerning uzunligi va oq tez qisqaradigan va qizil sekin qisqaradigan muskul tolalarining muskullardagi o'zaro nisbati irsiyatga (irsiyatga) moyil omil bo'lganligi uchun sportchilarning ana shu sifatlarini rivojlantirish asosiy uslublari va yo'llari shunday vosita hamda uslublarni tanlashga yo'naltirilgan bo'lishi kerakki, ular miozin ATFazasi va kreatinkinaza fermentlarining faolligini va stabil ishlashini yaxshilashi va muskullarda qisqartiruvchi oqsillarni sintezini kuchaytirishga yo'naltirilgan bo'lishi kerak. Sport amaliyotida ana shu maqsadlarda **maksimal kuch** va **eng yuksak ishlarni takrorlash** uslublari qo'llaniladi.

21.2. Chidamkorlikning biokimyoviy asoslari

Chidamkorlik – odamning (sportchining) eng muhim jismoniy sifati bo'lib, asosan uning ish qobiliyatini umumiy darajasini belgilaydi. Chidamkorlik ikkita formada namoyon bo'lishi mumkin: yo davomli ishni berilgan quvvat darajasi toliqishni birinchi belgilarigacha, ya'ni mashqni quvvatini pasaya boshlaganicha bajarish, yoki toliqishni boshlanishi natijasida ish qobiliyatini pasayishi sifatida namoyon bo'ladi. Chidamkorlik – ishni oxirigacha bajarish vaqti bilan o'lchanadi (t_{ox}, min).

Biokimyoviy nuqtayi nazardan chidamkorlik – ma'lum ishni bajarishda ishlatishga qulay bo'lgan energiya zaxiralarining umumiy miqdorini energiyaning sarflanish tezligiga bo'lgan nisbati bilan belgilanadi, ya'nichidamkorlik – berilgan intensivlikdagi ishni bor energiya resurslarini batamom tugaguncha bajarilgan vaqti bilan aniqlanadi.

$$Chidamkorlik(t_{ch,daq}) = \frac{energiya\ zaxirasi(J)}{energiya\ sarflanish\ tezligi(J / daq)}$$

Lekin, qisqa muddatli maksimal quvvatli mashqlarni bajarishda kreatinfosfat zaxirasini $\frac{1}{3}$ qismi ishlatilishi bilanoq ishni bajarish tezligi pasaya boshlaydi yoki bosh miyada ishni bajarish davrida kreatinfosfatning zaxirasi umuman ishlatilmaydi.

Boshqa tomondan chidamkorlik ish vaqtida toliqishni boshlanishini orqaga surish hamda toliqish kuchayib borayotgan sharoitda ishni samarali bajarishga imkoniyat yaratadi. Sportchi organizmining bu qobiliyati birinchi navbatda muskul faoliyatini energiya bilan ta'minlashga javobgar bo'lgan metabolik jarayonlarning rivojlanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Odam organizmida ATF resintezining uchta asosiy yo'llari borligiga ko'ra chidamkorlikning uchta biokimyoviy komponentlarini ajratiladi: alaktat anaerob, glikolitik anaerob va aerob komponentlari.

Demak, umumiy chidamkorlikni ana shu energiya manbalarining quvvat, hajm va samaradorlik parametrlarining turlicha kombinatsiyalarining natijasi deb qarash mumkin. Ana shu komponentlarning hammasi chidamkorlikning har qanday spetsifik turining namoyon bo'lishida o'z hissalarini qo'shadi, lekin shulardan biri yetakchi (muhim) rolni o'ynaydi. Ana shunday yetakchi komponentni aniqlash mashqlanish vositalari va uslublarni to'g'ri tanlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Chidamkorlikning alaktat anaerob komponentasini rivojlanish darajasi ishlayotgan muskullar va boshqa to'qima va a'zolardagi kreatinfosfatning zaxirasi va uning mashqlarni bajarish vaqtida sarflanishini tejamliligiga bog'liq bo'ladi. Kreatinfosfatning sarflanishini tejamliligi o'z navbatida mashqlarning elementlarini bajarish texnikasining samaradorligi hamda anaerob almashinuvning sut kislotasi va boshqa mahsulotlari yig'ilayotgan sharoitda sarkoplazmatik kreatinkinaza va miozin ATFazasi – fermentlarini barqaror ishlashiga bog'liq.

Chidamkorlikning bu komponenti qisqa muddatli (tezkorlik va kuchlilik) maksimal intensivlikdagi mashqlarni bajarishda asosiy energiya manbayi bo'lib xizmat qiladi.

Chidamkorlikning glikolitik anaerob komponenti uchun faqat organizmning uglevod zaxiralari (muskul va jigarning glikogen zaxiralari va qonning glyukozasi) va ularning sarflanishini tejamliligina emas, balki sut kislotasi hosil qilayotgan vodorod ionlarini neytrallashga imkoniyati bo'lgan bufer sistemalar hamda organizmning kislotalik-ishqorlik balansining o'zgarishiga ferment sistemalarining chidamliligi muhim rol o'ynaydi. Chidamkorlikning glikolitik anaerob komponenti bajariladigan vaqti 30 soniyadan 2–3 daqiqagacha bo'lgan og'ir mashqlarni bajarishda asosiy energiya manbai bo'lib xizmat qiladi.

Ish vaqtida organizmning mobilizatsiya qilinayotgan energiya rezervlarining (uglevodlar, yog'lar, oqsillar) miqdori, ishlayotgan to'qima va a'zolarida kislorod va oziqa moddalarni yetkazib berishni ta'minlaydigan nafas olish va qon aylanish sistemalarining turg'un (barqaror) ishi va ishlab turishining tezligi va aerob almashinuv fermentlarining miqdori hamda faolligi **chidamkorlikning aerob komponentini** ifodalaydi.

Chidamkorlikning bu komponenti 3 daqiqadan bir necha soatgacha davom etadigan katta va mo'tadil quvvatli mashqlarni asosan energiya bilan ta'minlaydi.

Garchi chidamkorlik odamning boshqa harakat sifatlari kabi ko'pchilik omillarga bo'g'liq bo'lsada, organizmning biokimyoviy (bioenergetik) xususiyatlari uni ro'yobga chiqarishda **hal qiluvchi** rol o'ynaydi, chunki chidamkorlik u yoki bu turdagi ish vaqtida **ATFning resintezlanish imkoniyatlari bilan belgilanadi.**

Modomiki, chidamkorlikning biokimyoviy ko'rsatkichlari xuddi tezkorlik-kuchlilik sifatlari (tezlik va kuch)ning ko'rsatkichlaridek sportchilar organizmining aerob va anaerob bioenergetik imkoniyatlariga bog'liq ekan, chidamkorlikning mashqlanishlarini, eng avvalo, organizmning ana shu bioenergetik imkoniyatlarini ko'payishiga yo'naltirilgan bo'lishi kerak. Sport amaliyotida chidamkorlikni rivojlantirishning eng samarali uslublari sifatida hammasidan ko'proq uzoq davom etadigan uzluksiz ish uslubi

(bir tekis yoki o'zgaruvchan), takroriy va interval ish uslublari qo'llaniladi.

21.3. Mashqlanish, mashqlanishni orqaga qaytishi va o'ta mashqlanish vaqtidagi biokimyoviy o'zgarishlar

Bir qator mualliflar o'zlarining ilmiy-tadqiqot ishlarida shu narsani qayd qiladilar, ya'ni mashqlangan organizmning muskullari uchun xarakterli biokimyoviy o'zgarishlar har xil vaqtda va ma'lum ketma-ketlikda rivojlanadi:

- aerob oksidlanish jarayonlarining imkoniyatlari va glikogenning zaxirasi hammasidan ko'ra tezroq ko'payadi;
- muskullarning struktura oqsillarini miqdori va anaerob glikolizning intensivligi oshadi;
- muskullarda kreatinfosfatning zaxirasi ko'payadi.

Mashqlanishni to'xtatgandan keyin, ya'ni mashqlanishni orqaga qaytish (rastrenirovka) jarayonida ana shu biokimyoviy o'zgarishlar boshlang'ich darajasiga quyidagi tartibda qaytadi:

- birinchi navbatda kreatinfosfatning miqdori;
- anaerob glikolizning intensivligi va glikogenning miqdori;
- muskullarning qisqartiruvchi oqsillari;
- aerob oksidlanish jarayonlarining intensivligi.

Shunday qilib, mashqlanish jarayonida uzoq muddatli ishga chidamkorlikning biokimyoviy asoslari hammasidan tezroq rivojlanadi va hammasidan uzoqroq saqlanadi. Tezlik va tezkorlik chidamkorlikning biokimyoviy asoslari ancha sekin rivojlanadi va mashqlanishni to'xtatish bilan qisqa vaqt davomida saqlanadi. Mashqlanish jarayonida kuchning rivojlanishi va saqlanishi oraliq (o'rta) holatni egallaydi.

O'ta mashqlanish vaqtida sodir bo'ladigan biokimyoviy o'zgarishlar mashqlanishni orqaga qaytish vaqtidagi o'zgarishlardan mutloq boshqacha. Mashqlanishning orqaga qaytish vaqtida turli biokimyoviy ko'rsatkichlarning miqdorini kamayishi va boshlang'ich darajaga qaytishi mashqlanish jarayonida ularning ko'payishiga

teskari (qarama-qarshi) tartibda amalga oshiriladi. O'ta mashqlanish vaqtida mana shu o'zaro bog'langan ketma-ketliklarning buzilishi sodir bo'ladi. Bu yerda eng avvalo aerob oksidlanish jarayonlarining buzilishi, keyinroq – glikolizning faolligini pasayishi va juda o'ta mashqlanishlikda – muskullarda glikogenning miqdorini pasayishi ro'y beradi.

Energiyani o'zgartirish aerob mexanizmlarini borishini buzilishi shunga olib keladiki, ya'ni o'ta mashqlanish sharoitida ATF resintezi to'la bo'lmagan intensivlikda boradi, azot asoslari va aminokislotalarning dezaminirlanish reaksiyalari kuchayadi, buning natijasida muskullarda ammiakning konsentratsiyasi oshadi, ish vaqtida energiya manbalari tejamsiz sarflanadi, juda ham o'ta mashqlanishlik holatida tananing massasa anchagina yo'qoladi. Xullas, o'ta mashqlanganlik patologik hodisa sifatida sportchining umumiy jismoniy ish qobiliyatini pasayishiga olib keladi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Kuch – odamning muhim jismoniy sifati bo'lib, uning ish qobiliyatini belgilaydi.

Tezlik – odamning muhim jismoniy sifati bo'lib, uning tezkorlik ish qobiliyatini belgilaydi.

Chidamkorlik – odam (sportchi)ning eng muhim jismoniy sifati bo'lib, uning ish qobiliyatini, asosan, umumiy darajasini belgilaydi.

Chidamkorlikning alaktat anaerob komponenti – bu ishni kreatinkinaza reaksiyasi hisobiga bajarish imkoniyati.

Chidamkorlikning glikolitik anaerob komponenti – ishni anaerob glikolizning kuchayishi hisobiga bajarish imkoniyati.

Chidamkorlikning aerob komponenti – ishni, asosan aerob oksidlanish jarayonlari hisobiga bajarish imkoniyati.

KrFning kritik konsentratsiyasi – muskuliardagi kreatinfosfatning jami zaxirasining $\frac{1}{3}$ qismi.

Mashqlanganlikni yo'qolishi (rastreniroka) – bu mashqlanish jarayonida sodir bo'lgan biokimyoviy jarayonlarni boshlang'ich ish oldi darajasigacha qaytish jarayoni.

O'ta mashqlanish (yoki o'ta mashqlanganlik) – bu mashqlanish vaqtida sodir bo'lgan biokimyoviy o'zgarishlarning boshlang'ich darajaga qaytishini o'zaro bog'langan ketma-ketliklarini, ayniqsa ATF resintezining aerob mexanizmlarini buzilish holati.

Savollar va topshiriqlar

1. *Miofibrillarning qisqartiruvchi oqsillarini muskul qisqarish kuchi va tezligini namoyon qilishdagi roli va ularning muhim xususiyatlarini ta'riflang.*

2. *Muskul qisqarishining maksimal kuchi va tezligini ro'yobga chiqishini asosan qaysi biokimyoviy omillar belgilaydi?*

3. *Muskul qisqarishida rivojlanayotgan kuch undagi qisqartiruvchi oqsillarning miqdoriga, ya'ni aktinning umumiy miqdori va miozinning polimerizatsiyalanish darajasiga qanday bog'liqligini tushuntirib bering.*

4. *Muskullarda oq tez qisqaradigan va qizil sekin qisqaradigan muskul tolalarining nisbati muskul qisqarishining kuchi va tezligini ro'yobga chiqarishda qanday rol o'ynaydi?*

5. *Muskul qisqarishida rivojlanayotgan kuchning qiymatini aktinning umumiy miqdori va miozinning uzunligiga bog'liqligidan qanday qonuniyat kelib chiqadi? Ana shu qonuniyatni ta'riflab bering.*

6. *Eng uzun va eng kalta sarkomerlar qaysi hayvon yoki hasharotlarning qaysi muskullarida kuzatilgan?*

7. *Molyuskalar chig'anoqlarining yopuvchi muskullari odamning maksimal muskul kuchidan necha marta ortiq muskul kuchlanishini rivojlantirish qobiliyatiga ega? Hasharotlar va jannat qushlarining uchish muskullari-chi?*

8. *Tezkorlik-kuchlilik mashqlarida muskul kuchini rivojlanib borish darajasini nazorat qilish va sportda erishiladigan yutuq darajalarini oldindan aytib berish uchun muskullardagi qaysi metabolit (modda)ning miqdori aniqlab turiladi?*

9. *Muskulning qisqarish tezligi qisqartiruvchi oqsillarning*

miqdori va miozin ATFazasining faollik darajasiga bog'liqligini tushuntirib bering.

10. Qanday tipdagi muskul tolalarda eng yuqori darajadagi qisqarish tezligi kuzatiladi?

11. Qaysi muskul tolalarda muskul kuchining maksimal quvvay 155 vatt/kg muskul massasiga va qaysi birida 40 vatt/kg muskul massasiga teng bo'ladi?

12. Sportchlarning tezkorlik-kuchlilik sifatlarini rivojlantirish mashqlarida qanday uslub va vositalardan foydalaniladi?

13. Chidamkorlik sportchining qanday xususiyati? Uni biokimyoviy nuqtayi nazardan ifodalab bering.

14. Sportchi organizmining chidamkorlik qobiliyati qanday biokimyoviy (bioenergetik) omillarga bog'liq bo'ladi?

15. Chidamkorlikning qanday komponentlari bo'ladi? Ularga qisqacha xarakteristika bering.

16. Sport amaliyotida chidamkorlikni rivojlantirishning eng samarali yo'llari sifatida qaysi uslub va vositalardan foydalaniladi?

17. Mashqlanish, mashqlanishni to'xtatgandan so'ng va o'ta mashqlanish vaqtida organizmda qanday biokimyoviy o'zgarishlar sodir bo'ladi?

22. SPORT MASHQLANISH JARAYONIDA BIYOKIMYOVIY ADAPTATSIYANING QONUNIYATLARI

22.1. Muskul faoliyatida organizmning biokimyoviy adaptatsiyasi haqida umumiy tushuncha

Hozirgi vaqtda organizmning jismoniy yuklamalarga adaptatsiyasi zamonaviy fizik-kimyoviy biologiya va tibbiyotlarning aktual muammolaridan biri hisoblanadi. “Adaptatsiya” atamasini hayot davomida rivojlanayotgan jarayonni bildirib, uning natijasida organizm muhitning ma’lum omillariga (issiq yoki sovuq sharoitga, bosimga, namlikka, shu jumladan, jismoniy yuklamalarga ham) chidamlilikka erishadi. Jismoniy mashqlarga “adaptatsiya” va odam organizmining “mashqlanganligi” bir-biri bilan chambarchas bog’langan. Jismoniy yuklamalarga adaptatsiyaning mohiyati mashqlanmagan organizmlarni mashqlangan organizmga aylantiradigan biokimyoviy va fiziologik mexanizmlarni ochishdan iborat.

Organizmning “mashqlanganligi”, ya’ni yuqori malakali sportchilarning organizmi quyidagi xususiyatlar bilan ajralib turadi:

- birinchidan, mashqlangan organizm shunday quvvatli va davomiylikdagi muskul ishini bajarishi mumkinki, uni bajarishga mashqlanmagan organizmning kuchi yetmaydi;

- ikkinchidan, mashqlangan organizm tinch holatda, mo’tadil va uncha yuksak bo’lmagan jismoniy mashqlarni bajarish vaqtida fiziologik va biokimyoviy sistemalar ancha tejamlilik bilan ishlash va ana shu sistemalarni mashqlanmagan organizm yetolmaydigan shunday yuqori darajada ishlashga erishish imkoniyatlari bilan ajralib turadi;

- uchinchidan, mashqlangan organizmda ichki va tashqi muhitlarning shkast yetkazuvchi ta’siri va noqulay omillarga chidamliligi oshadi.

Adaptatsiya jarayonlari organizmda gomeotazni saqlab turishga yo'naltirilgan. Gomeostatik reaksiyalar spetsifik yo'nalishga ega. Metabolik faollik makromolekulalar, avvalo oqsil va nuklein kislotalar bilan qat'iy bog'liklikda bo'lganligi sababli, adaptatsiya jarayonlari organizm hayot faoliyatini makro-molekulalar bilan ta'minlashga olib kelishi kerak. Adaptatsiya jarayonida metabolizm organizm bilan unga kerakli mahsulotlarni uzluksiz olib turishga "sozlanadi".

22.2. Sport mashqlanishi, jismoniy yuklama, adaptatsiya va mashqlanish samarasi

Jismoniy tarbiya nazariyasi nuqtayi nazaridan **sport mashqlanishi** tadbirlar sistemasini qo'llash bilan bog'langan murakkab pedagogik jarayon bo'lib, jismoniy rivojlantirish masalalarini samarali yechish, o'qitish va axloqiy, irodali, intellektual hamda harakatlantiruvchi sifatlarini tarbiyalashni ta'minlaydi.

Biologik nuqtai nazardan **sport mashqlanishi** – bu muskul kuchini rivojlantirishga va katta quvvatli hamda uzoq muddatli ishni bajarishga imkoniyat tug'diradigan jismoniy mashqlarga organizmning faol yo'naltirilgan moslashish jarayoni. Bunday adaptatsiya, eng avvalo, jismoniy mashqlarni bajarish vaqtida funksiyalarni regulyatsiya va koordinatsiya qilish jarayonlariga tegishli bo'lib, organizmda chuqur funksional o'zgarish bilan sodir bo'ladi.

Ana shu funksional o'zgarishlarning asosida esa biokimyoviy o'zgarishlar yotadi, chunki funktsiyaning qanday bo'limsin o'zgarishi – bu shu to'qimada yoki shu a'zoda va pirovardida butun organizmda modda almashinuvining o'zgarishi demakdir.

Mashqlanish jarayonida qo'llaniladigan **jismoniy yuklamalar** organizmda adaptatsiya o'zgarishlarini qo'zg'atadigan asosiy stimullar (qo'zg'ovchi) rolini bajaradi.

Qo'llanilayotgan jismoniy yuklamalarga javoban sodir bo'layotgan biokimyoviy o'zgarishlarning yo'nalishi va katta-

kichikligi ***mashqlanish samarasini*** aniqlaydi. Jismoniy yuklamalarni organizmga ta'sir ko'rsatish darajasi quyidagilarga bog'liq:

- bajariladigan mashqlarning intensivligi va davom etish vaqtiga;
- mashqni takrorlash soniga;
- takrorlashlar o'rtasidagi dam olish intervaliga;
- dam olish xarakteriga (faol yoki passiv);
- bajarilayotgan mashqlarning tipiga (turiga).

Jismoniy yuklamalarning yuqorida keltirilgan xarakteristikalarining har birining o'zgarishi organizmda qat'iy ma'lum bir biokimyoviy o'zgarishlarni yuzaga chiqaradi, birgalikdagi ta'siri esa – moddalar almashinuvining hammasini jiddiy o'zgarishlarga olib keladi. Masalan, kuch ishlatadigan mashqlar (og'ir atletika, gimnastika, akrobatika va boshqalar) bilan mashqlanish muskul massasining eng ko'p oshishiga olib keladi, ya'ni muskul struktura oqsillarining sentezini kuchayishi bilan sodir bo'ladi.

O'rtacha va mo'tadil quvvatli mashqlar bilan mashqlanish ATF resintezining aerob mexanizmlari hisobiga ishni ta'minlash imkoniyatlarini eng ko'p oshishi bilan birga sodir bo'ladi. Maksimal quvvatli mashqlar bilan mashqlanish – alaktat anaerob jarayonning imkoniyatini ayniqsa ko'p, glikolitik anaerob jarayonining imkoniyatini esa biroz kam darajada oshishi bilan sodir bo'ladi. Submaksimal quvvatli mashqlar bilan mashqlanish – ATF resintezining ana shu ikkita anaerob yo'llarini deyarli bir xil darajada rivojlantiradi.

Yuqorida bayon qilinganlardan aniq bo'ladiki, jismoniy yuklama ta'sirida organizmda ro'y berayotgan biokimyoviy o'zgarishlar o'ziga xos xususiyatli (spetsifik) va mashqlantirayotgan yuklamaning og'ir-yengilligi va xarakteriga bog'liq.

Jismoniy yuklamalarning ta'siriga organizmning adaptatsiyasi ham fazali xarakterga ega. Organizm va moddalar almashinuvida adaptatsion o'zgarishlarning xarakteri va amalga oshirish vaqtiga qarab adaptatsiyani ikkita bosqichga – shoshilinch va uzoq davom etadigan adaptatsiya bosqichlariga bo'linadi.

Shoshilinch adaptatsiya bosqichi – bu jismoniy mashqning bir martalik ta'siriga organizmning bevosita javobi.

Shoshilinch adaptatsiya jarayonlari bevosita ish vaqtida amalga oshadi va energetik resurslarni jalb qilinishi (mobilizatsiyasi), kislorod va oziqa moddalarni ishlayotgan muskullarga tashish, energiya almashinuvi reaksiyalarining oxirgi mahsulotlarini ajratib chiqarish va muskul ishlarini plastik ta'minoti uchun sharoit yaratib berishdan iborat.

Uzoq davom etadigan adaptatsiya bosqichi – ko'p vaqt oraliq'ini o'z ichiga oladi va organizmda uning imkoniyatlarini ancha ko'paytiradigan struktura va funksional o'zgarishlar bilan xarakterlanadi. U shoshilinch adaptatsiyani ko'p marta amalga oshirilishi asosida rivojlanadi. Demak, uzoq vaqt davom etadigan adaptatsiya – bu takrorlanayotgan mashqlarning izlarini qo'shib borishi sifatida shoshilinch adaptatsiyaning ko'p marta amalga oshirishidir. Organizmning uzoq davom etadigan adaptatsiyasi jarayonida jismoniy yuklamalar ta'sirida nuklein kislotalarining va spetsifik oqsillarning biosentezi faollashadi. Bu turli hujayra strukturalarini tez hosil bo'lishiga va ularning ishlab turish quvvatini oshirib turishi va yanada takomillashgan energiya ta'minotiga imkoniyat tug'diradi.

Jismoniy yuklamalarga moslashish jarayonlarini borishi fazali xarakterga ega bo'lganligi sababli, sport nazariyasi va amaliyotida mashqlanish samarasini uch turga bo'lishadi: **shoshilinch, qoldirilgan va kumulyativ**.

Shoshilinch mashqlanish samarasi – jismoniy yuklamalarni bevosita ta'sir ko'rsatish vaqtida va shoshilinch tiklanish, ya'ni kislorod qarzini uzish davrida (ish tugagandan keyin birinchi 30–90 daqiqalarda) sodir bo'layotgan organizmdagi biokimyoviy o'zgarishlarning chuqurligi va xarakteri bilan belgilanadi.

Qoldirilgan mashqlanish samarasi – jismoniy yuklamadan keyin tiklanishning kech fazalarida kuzatiladi. Uning mohiyati (tub ma'nosi) energetik resurslarni to'ldirishga yo'naltirilgan jarayonlar va ish vaqtida parchalanib ketgan va yangitdan sintezlanayotgan hujayra strukturalarini jadallashtirilgan takror ishlab chiqarishni tashkil qiladi.

Mashqlanishning kumulyativ samarasi – ko‘p jismoniy yuklamalarning izlarini yoki ko‘p miqdordagi shoshilinch va qoldirilgan samaralarning birin-ketin qo‘shilishi natijasida yuzaga chiqadi (namoyon bo‘ladi). Mashqlanishning kumulyativ samarasi quyidagi jarayonlarni o‘z ichiga oladi: ishlatishga qulay bo‘lgan energetik substratlarning to‘planishi; fermentlarning miqdorini ko‘paytirish; modda almashinuvining oxirigacha oksidlanmagan mahsulotlarining ortiqcha hosil bo‘lishiga organizmning chidamliligini va bufer hajmini oshishi; hujayra strukturalarining asosini tashkil qilgan moddalar (oqsillar, lipidlar) sintezining kuchayishi; agar mashqlanish yuklamalarini takrorlash oldingi ishdan so‘ng superkompensatsiya fazasida ro‘y bersa, organizmning boshqarib turadigan sistemalarini takomillashtirish.

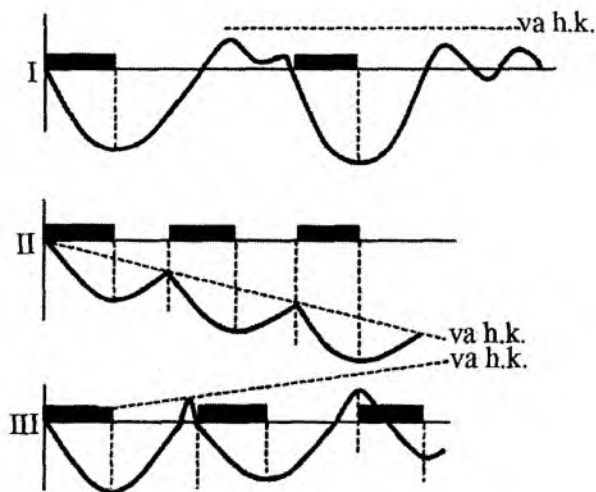
Mashqlanishning kumulyativ samarasi pirovardida ish qobiliyatining ko‘rsatkichlarini ortib borishi va sport yutuqlarini yaxshilanishi bilan ifodalanadi.

22.3. Mashqlanishning biologik prinsiplari

Hozirgi vaqtda sport mashqlanish jarayonida jismoniy yuklamalarning ta‘siriga moslanishining rivojlanishini asosiy qonuniyatlari aniqlangan. Odatda, mana shu qonuniyatlar sport mashqlanishining biologik prinsiplari sifatida ta‘riflanadi. Bir-biri bilan bog‘langan va biri boshqasidan kelib chiqadigan quyidagi to‘rtta prinsip eng katta ahamiyatga ega:

- mashqlarning bajarishni takroriyligi prinsipi;
- mashqlarning bajarishni doimiyligi prinsipi;
- ish va dam olishning o‘zaro nisbatini to‘g‘riligi prinsipi;
- jismoniy yuklamani sekin-asta ko‘paytirish prinsipi.

Sport mashqlanishining birinchi prinsipi – mashqlarni bajarishning takroriyligi – uning mohiyati shundan iboratki, dam olish davrida kuzatiladigan energetik va funksional potentsiallarni oshishi, undan keyin ularning boshlang‘ich, ish oldi darajasigacha qaytishi bilan almashinadi (57-rasm). Demak, bir martalik

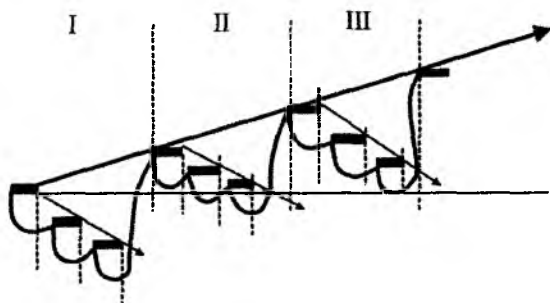


57-rasm. Sport mashqlanish jarayonida ish dam olish vaqtining o‘zaro munosabatlari. I – takroriy yuklama oldingi yuklamaning oqibatlari to‘la tiklangandan keyin boshlangan; II – takroriy yuklama organizm to‘la tiklanib bo‘lmagan fazada boshlangan; III – takroriy yuklama oldingi ishdan so‘ng superkompensatsiya fazasida boshlangan. jismoniy yuklama turg‘un mashqlanish samarasini ko‘rsata olmaydi va shuning uchun ham uni takrorlash kerak.

Sport mashqlanishning ikkinchi prinsipi – mashqlarni bajarilishining doimiyligi – shunday holatdan kelib chiqadiki, ishni takrorlashni har qanday vaqtda emas, balki superkompensatsiya fazasida, ya‘ni oldingi ishdan so‘ng organizm uchun eng qulay holatda boshlash kerak. Agar ish superkompensatsiya fazasini tugashi bilan boshlansa, mashqlanish samarasi o‘zgarmasdan ana shu boshlang‘ich darajada qoladi. Agarda takroriy ishni har safar organizmning to‘la tiklanmagan holatida (fazasida) boshlasa, u progressiv kamayishga olib keladi.

Bularning hammasini xuddi shunday to‘g‘ri tushunish kerak emas. Bitta mashg‘ulot ichida mashqlar hammasidan ko‘proq to‘la tiklanmagan fazada takrorlanadi. Masalan, interval ish uslubida

(58-rasm) har bir mikrotsiklda mashgʻulotlar toʻla tiklanmasdan oʻtkaziladi, bu yetaklovchi funksiyani ancha pasayishiga olib keladi; alohida mikrotsikllarni oʻrtasidagi dam olish yetaklovchi funksiyaning superkompensatsiyasiga (oʻta tiklanishiga) erishishni taʼminlaydi, shuning uchun ham mikrotsiklni har bir navbatdagi takrorlash mashqlanish samarasini oshiradi.



58-rasm. Bir necha mashqlanish yuklamalarining “qoʻshilgan samarasini” mumkin boʻlgan variantlaridan birining sxemasi (L.P. Matveyev boʻyicha): I, II, III – mashqlanish mikrotsikllari

Oldinroq koʻrsatilganidek, superkompensatsiya fazasining davomliligi, ishning davom etish muddati va organizmda ana shu ish vaqtida sodir boʻlgan biokimyoviy oʻzgarishlarning chuqurligiga bogʻliq boʻladi. Shu sababli har xil xarakterli va turli davomiylikdagi ishdan keyin superkompensatsiya fazasi har xil vaqtda boshlanadi va davom etish muddati bir xil boʻlmaydi. Bundan ***sport mashqlanishning uchinchi prinsipi*** – *ish va dam olishning oʻzaro nisbati toʻgʻriligi* kelib chiqadi. Yuklamaning ogʻir-yengilligi va xarakteriga bogʻliq boʻlgan har bir ish, har bir jismoniy mashq aniq bir dam olish davrini talab qiladi.

Bundantashqari, xuddi oʻsha ishdan keyin turli energetik substratlar va muskullarning struktura moddalarini superkompensatsiyasi har xil vaqtlarda boshlanadi: kreatinfosfat glikogendan oldin resintezlanadi, muskul oqsillari va fosfolipidlarning resintezi esa oxirgi navbatda sodir boʻladi.

Shu sababli, mashqlanish davomida mashqlarning xarakteri va hajmiga hamda sportchilarning oldiga qo'yilgan vazifalar (kreatinfosfat va glikogenlarning miqdorini ko'paytirish yoki oqsillar sintezini ko'paytirish hisobiga muskul massasini oshirish, aerob energiya mahsulotlarini ko'paytirish)ga nisbatan ish va dam olishning optimal nisbatini saqlash kerak.

Sport mashqlanishining to'rtinchi prinsipi – yuklamani sekin-asta oshirish – asosiy mohiyati shundan iboratki, superkompensatsiyaning hajmi va davomiyligi organizmning funksional hamda energetik potentsiallarning hajmi va sarflanish intensivligiga bog'liq.

Lekin, sportchi organizmining mashqlanganlik darajasi oshib borishi bilan ana shu potentsiallarning sarflanish hajmi va intensivligi ish vaqtida kamayadi. Har bir keyingi (kelgusi) ish yanada qulayroq sharoitda bajariladi va yanada kam (kichik) biokimyoviy o'zgarishlarni chaqiradi.

Hattoki, organizmda biokimyoviy o'zgarishlarni boshlang'ich ko'rsatkichlarini qaytarish uchun kelgusi mashqlanishlarda bajariladigan mashqning quvvati va davomiyligini sekin-asta oshirib borish kerak. Sportchining qanday bo'lmasin biron imkoniyatini rivojlantirishga yo'naltirilgan mashqlanishda, masalan, umumiy jismoniy ish qobiliyatini oshirishda, bajarilayotgan mashqlarning ana shu parametrlari har safar ancha oshirib boriladi. Mana shularning hammasi **mashqlanish yuklamalarini sekin-asta ko'paytirib borish kerakligi prinsipining** biologik asoslarini tashkil qiladi. Shu prinsipga rioya (amal) qilinmasa, mashqlanish kam samarali yoki umuman samarasiz bo'ladi.

22.4. Mashqlangan organizmning biokimyoviy xarakteristikasi

Organizmining muntazam muskul ishi adaptatsiya jarayonlarini sekin-asta rivojlanishga olib keladi, pirovardida barcha a'zo va sistemalarga ta'sir ko'rsatadi va katta quvvatli va uzoq vaqt davom etadigan jismoniy ishlarni bajarishga imkoniyat yaratadi.

Muntazam ravishda ko'p yil mashqlanish natijasida sportchining organizmida energiya resurslarining (kreatinfosfat va glikogenning) muskullardagi zaxiralari ko'payadi va anaerob glikoliz, uchkarbon kislotalar sikli, moy kislotalarining β -oksidlanish, oksidlanishli fosforlanishlarning fermentlarini faolliklari oshadi. Bularning hammasi tezroq va uzoq davom etadigan energiya ishlab chiqarish – ATFning resinteziga qulaylik tug'diradi. Shu narsani ta'kidlash kerakki, mashqlangan organizmda muskul faoliyati vaqtida ATFni gidrolizlaydigan fermentlar, uning resintezining har xil yo'llarida qatnashadigan fermentlar kabi ancha yuqori faollikka ega.

Yuqori malakali sportchining organizmi submaksimal quvvat zonasida ishni juda kichik biokimyoviy o'zgarishlar bilan bajarishi mumkin, jumladan, sut kislotasini kam miqdorda yig'ilishi bilan, ya'ni pH ko'rsatkichining kam pasayishi bilan bajarish mumkin. Sut kislotasining nisbatan past konsentratsiyasi yog'lar almashinuvining fermentlarini, shu jumladan, lipazalarni faollashtirish qobiliyatiga ega va natijada lipolizning intensivligi oshadi.

Sportchi organizmining mashqlanganlik darajasi oshishi bilan hujayra ichidagi boshqarish mexanizmlari sekin-asta takomillashadi, ulardan eng muhimi fermentning molekulalari miqdorini ko'payishiga olib keladigan, ya'ni umumiy katalitik faoliyatni kuchaytiradigan spetsifik fermentlarning sintezini kuchaytirish hisoblanadi.

Muntazam mashqlanish ta'sirida oqsillar biosintezining kuchayishi vaqtida faqat oqsillar – fermentlarning miqdorigina emas, balki sturuktura va boshqa oqsillar – miozin, aktin, mioglobin va boshqalarning umumiy miqdori ham oshadi.

Morfologik o'zgarishlarga kelganda, ular eng avvalo muskul tolalarida sodir bo'ladi. Muntazam jismoniy yuklamalar ta'sirida muskul tolalari yo'g'onlashadi, sturuktura oqsillarning (miozin, aktin) sintezini kuchayishi bilan bog'liq bo'lgan ishchi gipertrofiya ro'y beradi, miofibrillarning miqdori oshadi va ko'pincha ular Kongeym bog'lamida to'planadi. Bu muskullarning ko'ndalang kesim yuzasini, ya'ni muskul kuchini ko'paytiradi. Mitoxondriyalarning

miqdori va razmerlari ancha oshadi. Mitoxondriyalarning kristallari ancha kattalashadi va ularning orasidagi masofa qisqaradi, ichki membranada joylashgan nafas olish zanjiri, Krebs sikli, moy kislotalarining β -oksidlanish jarayonlarining ferment sistemalarini faolligi oshadi. Ana shu o'zgarishlar natijasida ATF resintezining aerob mexanizmlari takomillashadi, ya'ni aerob energiya mahsulotlarini ATFni hosil bo'lish tezligi va hajmi ko'payadi.

Shunday qilib, muntazam sport mashqlari natijasida sportchining organizmida yaqqol va ko'p tomonlama ifodalangan biokimyoviy, funksional va morfologik o'zgarishlar ro'y beradi. Lekin, hamma bu o'zgarishlar spetsifik xarakterga ega; ular mashqlanish jarayonlarida qo'llanilayotgan jismoniy yuklamalarning xarakteri bilan chambarchas bog'langan.

Ko'p yillik muntazam mashqlanish yana turli muskul tolalarining rivojlanishi va ishlab turishiga ta'sir qiladi. Asosan qisqa muddatli tezkorlik, kuchlilik mashqlarini ishlatish vaqtida tez qisqaradigan muskul tolalarining gipertrofiyasi va biokimyoviy o'zgarishlari sodir bo'ladi, natijada struktura oqsillari (miozin, aktin va boshqalar)ning sintez jarayonlari kuchayadi, miofibrillarning miqdori ko'payadi. Bularning hammasi muskul kuchi va qisqarish tezligining o'sishiga (rivojlanishiga) olib keladi, ya'ni ATF resintezi anaerob yo'llarining potensial imkoniyatlarini oshiradi. Aerob xarakterli uzoq davom etadigan mashqlarni qo'llash qizil sekin qisqaradigan muskul tolalarining biokimyoviy o'zgarishlari va gipertrofiyasini rivojlanishi uchun sharoit yaratadi. Shu vaqtda mitoxondriyalarning miqdori va o'lchamlarining kattalashishi sodir bo'ladi. Mitoxondriyalarning kristallari ancha kattalashadi va ularning orasidagi masofa qisqaradi. Ichki membranada joylashgan nafas olish zanjiri, Krebs sikli, moy kislotalarining β -oksidlanish jarayonlarining ferment sistemalarining faolligi oshadi. Shu o'zgarishlarining hammasi aerob energiya ishlab chiqarishning tezligi va hajmini oshishiga olib keladi.

Yuqorida bayon qilingan materiallar asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Mashqlangan organizm mashqlanmagan organizmga nisbatan muskul faoliyati uchun ancha katta energetik va funksional potentsiallarga ega.

2. Mashqlangan organizm mashqlanmagan organizmga nisbatan ish vaqtida energiya manbalarini tezroq va to'laroq sarflash va ishdan so'ng dam olish davrida ularning zaxirasini tezroq tiklash qobiliyatiga ega.

3. Mashqlangan organizm ATF molekulasida mujassamlashgan kimyoviy energiyani tezlik bilan safarbar qilish va uni mexanik energiyaga – muskul qisqarishiga aylantirish katta imkoniyatiga ega.

4. Mashqlangan organizm shunday yuqori quvvatli va davomiylikdagi jismoniy ishni bajarishi mumkinki, uni mashqlanmagan organizm bajara olmaydi.

5. Mashqlangan organizm tinch holatda va mo'tadil, yuksak bo'lmagan jismoniy yuklamalarni bajarish vaqtida fiziologik sistemalarini tejamli ishlashi bilan ajralib turadi.

Va ana shu sistemalarni shunday yuqori darajada ishlashga erishish qobiliyatiga egaki, bunga mashqlanmagan organizm sira ham erisha olmaydi. Masalan, standart ishni bajarish vaqtida mashqlangan sportchining qonida mashqlanmagan yoki kam mashqlangan sportchilikiga solishtirganda ancha kam miqdorda sut kislotasi to'planadi.

Shu bilan birga, maksimal intensivlik va davomiylikdagi yuksak mashqlarni bajarish vaqtida yuqori darajada mashqlangan sportchilarning organizmida shunday biokimyoviy o'zgarishlar mumkinki, masalan, kislorodni eng ko'p yutilishi (to 80–90 *ml/kg.daq.* gacha), kislorod qarzining eng yuqori ko'rsatkichi (O_2 -ehtiyojining 90–95% gacha) va sut kislotasining eng ko'p miqdori (to 2,5 *g/l* va undan oshiq), bularga mashqlanmagan organizm erishishi mumkin emas.

6. Mashqlangan organizmda ichki va tashqi muhitlarning shikastlovchi ta'siri va noqulay omillariga chidamlilik (rezistentlik) oshadi.

Asosiy tushunchalar va mavzuning atamalari

Adaptatsiya – bu hayot davomida rivojlanadigan jarayon bo‘lib, uning natijasida organizm muhitning ma’lum omillariga (issiq va sovuq sharoitlarga, bosimga, namlikka, shu jumladan, jismoniy yuklamalarga ham) chidamlilikka erishadi (moslashadi).

Jismoniy yuklama – bu bir martali yoki takroriy bajariladigan ma’lum tipdagi jismoniy mashqlarni o‘z ichiga olgan muskul faolligining har qanday shakli bo‘lib, uning bajarish vaqtida organizmda mashqlanganlikning yuksalishini ta’minlaydigan funksional o‘zgarishlar ro‘yobga chiqadi.

Mashqlanish samarasi – qo‘llanilayotgan jismoniy yuklamalarga javoban sodir bo‘layotgan biokimyoviy o‘zgarishlarning yo‘nalishi va katta-kichikligi.

Shoshilinch adaptatsiya bosqichi – bu organizmning bir martali jismoniy yuklamani ta’siriga javobi.

Uzoq davom etadigan adaptatsiya bosqichi – bu tiklanishning kechki fazalarida ro‘y beradigan jarayonlar bo‘lib, ular energetik resurslarni to‘ldirishga va ish vaqtida parchalangan va yangitdan sintezlanayotgan hujayra strukturalarining jadallashtirilgan takror ishlab chiqarishga yo‘naltirilgan.

Shoshilinch mashqlanish samarasi – jismoniy yuklamalarning bevosita ta’siri vaqtida va shoshilinch tiklanish davrida sodir bo‘layotgan organizmdagi biokimyoviy o‘zgarishlarning chuqurligi va xarakteri.

Qoldirilgan mashqlanish samarasi – bu energetik resurslarni to‘ldirish va ish vaqtida parchalangan va yangitdan sintezlanayotgan hujayra strukturalarini kuchaytirilgan sinteziga yo‘naltirilgan jarayonlar.

Kumulyativ mashqlanish samarasi – ko‘p jismoniy yuklamalarning izlarini yoki ko‘p miqdordagi shoshilinch va qoldirilgan samaralarni birin-ketin qo‘shilishi natijasi bo‘lib, u ish qobiliyatining ko‘rsatkichlarini ortishi va sport yutuqlarini yaxshilanishi bilan ifodalanadi.

Sport mashqlanishi – bu tadbirlar sistemasini qo‘llash bilan bog‘langan murakkab pedagogik jarayon bo‘lib, jismoniy rivojlantirish masalalarini samarali yechish va axloqiy, irodali, intellektual va xarakatlantiruvchi sifatlarini tarbiyalashni ta‘minlaydi.

Mashqlanishning biologik prinsiplari – bu sport mashqlanish jarayonida jismoniy yuklamalarning ta‘siriga moslanishning rivojlanishining asosiy qonuniyatlari.

Muskul (muskul tolasi)ning gipertrofiyasi – muskul (muskul tolasi) ning massasi va o‘lchamlarini ularni tashkil qiluvchi qismlari (miofibrillar, mitoxondriyalar va boshqalar)ning o‘lchamlari va sonlarini ko‘payishi hisobiga ortishi.

Savollar va topshiriqlar

1. *Adaptatsiya atamasi qanday jarayonni o‘z ishiga oladi?*
2. *Jismoniy mashqlarda “adaptatsiya” va odam organizmining “mashqlanganligi” o‘rtasida qanday bog‘liqlik bor?*
3. *“Mashqlangan” organizm o‘zining qanday xususiyatlari bilan ajralib turadi?*
4. *Jismoniy tarbiya nazariyasi nuqtayi nazaridan sport mashqlanishini qanday ifodalash mumkin?*
5. *Biologik nuqtayi nazardan sport mashqlanish jarayonini ta’riflab bering.*
6. *“Jismoniy yuklama” atamasi asosida nimalar nazarda tutiladi?*
7. *Organizmda qo‘llanilayotgan jismoniy yuklamalarga javoban sodir bo‘layotgan biokimyoviy o‘zgarishlarning yo‘nalishi va qiymatini nima aniqlaydi?*
8. *Jismoniy yuklamalarning organizmga ta’sir darajasi qanday omillarga bog‘liq bo‘ladi?*
9. *Adaptatsiyaning shoshilinch va uzoq davom etadigan bosqichlarining asosiy mohiyatlarini tushuntirib bering.*
10. *Shoshilinch mashqlanish samarasi nimalar bilan belgilanadi?*
11. *Qanday biokimyoviy jarayonlar qoldirilgan mashqlanish samarasining markaziy hodisasi hisoblanadi?*

12. *Kumulyativ mashqlanish samarasini ta'riflab bering.*
13. *Mashqlanishning qanday biologik prinsipi mavjud? Ularga qisqacha xarakteristika bering.*
14. *Nima uchun mashqlarning har bir takrorlanishini organizm uchun qulay sharoitda, ya'ni superkompensatsiya fazasida amalga oshiriladi?*
15. *Mashqlanish siklida jismoniy yuklamalarni sekin-asta ko'paytirish kerakligini biokimyoviy nuqtai nazaridan asoslab bering.*
16. *Mashqlangan organizmdagi metabolik o'zgarishlar mashqlanmagan organizmdagi o'zgarishlarga nisbatan qanday omillar bilan farqlanadi?*
17. *Mashqlangan organizmda qanday biokimyoviy va morfologik o'zgarishlar sodir bo'ladi?*
18. *Sistematik ravishda ko'p yillar mashqlanish natijasida sportchining organizmida qanday biokimyoviy ko'rsatkichlar o'zgaradi?*
19. *Mashqlangan organizmga qisqacha biokimyoviy xarakteristika bering.*

23. SPORTCHILAR OVQATLANISHINING BIOKIMYOVIIY ASOSLARI

23.1. Ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish haqida umumiy tushuncha

Ovqatlanishni asosiy zamonaviy konsepsiyalaridan biri ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish nazariyasidir. Bu nazariyaning asosida faqat organizmni energiya bilan adekvat ta'minlash zaruriyatigina emas, balki uning normal hayot faoliyatini ta'minlash uchun asosiy oziqa moddalari va oziqalarning boshqa muhim elementlari o'rtasidagi nisbatni saqlash tushunchasi yotadi. Ovqatlanishda hal qiluvchi rol shunday moddalarga tegishliki, ular odam organizmida boshqa birikmalardan sintezlana olmaydi. Ularga 40 dan oshiqroq moddalar – anorganik ionlar (elementlar), vitaminlar, almashinmaydigan aminokislotalar, to'yinmagan moy kislotalari va kofermentlarning tarkibiga kiradigan yoki o'zi kofermentlik vazifasini bajaradigan bazi bir biologik faol moddalar kiradi. Ushbu moddalar *ovqatlanishning almashinmaydigan omillari* nomi bilan yuritiladi.

Ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish ikkita asosiy vazifani ko'zlaydi:

- organizmni hayot faoliyati jarayonida doimo sarflanadigan energiya bilan ta'minlash;
- hujayra va to'qimalarning strukturalarini tuzish va doimo yangilab turish uchun kerak bo'lgan plastik (qurilish) moddalar bilan organizmni ta'minlash.

Lekin sportchilarning ovqatlanishi organizmni energiya manbasi, plastik materiallar, vitaminlar, mineral moddalar bilan ta'minlashdan tashqari, yana maxsus vazifalarni ham, ya'ni ish qobiliyatini oshirish, toliqishning boshlanishini uzoqlashtirish (orqaga surish) va

katta jismoniy yuklamalardan keyin tiklanish davrini tezlatishlarni bajaradi.

To'la qiymatli ratsion tarkibiga oziqa moddalarning beshta sinfi kirishi kerak va ularning har bir moddasi ma'lum rolni o'ynaydi va qat'iy ma'lum o'zaro nisbatda bo'ladi (12-jadval).

12-jadval

**Mo'tadil jismoniy yuklama vaqtida katta yoshli odam
organizmining oziqa moddalarga bo'lgan bir kecha-kunduzli
ehtiyoji**

Oziqa moddalar	Bir kecha-kunduzlik ehtiyoji	Oziqa moddalar	Bir kecha-kunduzlik ehtiyoji
Oqsillar	80–100 g	PP (nikotin kislotasi)	15–25 mg
Shu jumladan:			
Hayvonlarni	50–60 g	H (biotin)	0,1–0,3 mg
O'simliklarni	40–50 g	A (retinol)	1,5–2,5 mg
Aminokislotalar:		D (kaltseferollar)	7–12 mkg
Almashinmaydigan	20–31 g	E (tokoferollar)	12–15 mg
Almashinadigan	47,5–51 g	K (naftoxinonlar)	1–3 mg
Uglevodlar	400–500 g	Lipoy kislotasi	0,5 mg
Shu jumladan:		Inozit	0,5–1,0 mg
Kraxmal	400–450 g	M i n e r a l moddalar:	
Oddiy qandlar	50–100 g	Kalsiy (Ca)	0,8–1,0 g
Klatchatka (sellyuloza, pektin)	25 g	Fosfor (P)	1,0–1,5 g
Yog'lar	90 g	Natriy (Na)	4–6 g
Shu jumladan:		Kaliy (K)	2,5–5 g

Hayvonlarni	75–80 g	Xlor (CL)	5–7 g
O‘simliklarni	20–25 g	Magniy (Mg)	0,4–0,5 g
Xolesterin	0,3–0,6 g	Temir (Fe)	10–18 mg
Polito‘yinmagan moy kislotalari	2–6 g		
		Rux (Zn)	10–15 mg
Vitaminlar:			
B ₁ (tiamin)	1,3–2,6 mg	Marganets (Mn)	5–10 mg
B ₂ (riboflavin)	1,5–3,0 mg	Yod (J)	0,1–0,2 mg
B ₃ (pantoten kislotsi)	5–10 mg	Ftor (F)	2–4 mg
B ₆ (piridoksin)	1,5–3,0 mg	Mis (Cu)	2 mg
B ₁₂ (kobalamin)	1–3 mkg	Kobalt (Co)	0,1–0,2 mg
		Molibden (Mo)	0,5 mg
B ₁₅ (pangam kislotsi)	2 mg	Selen (Se)	0,5 mg
C (askorbin kislotsi)	75–100 mg	Xrom (Xr)	0,02–0,5 mg

23.2. Sportchilarning ovqatlanishini ba’zi bir xususiyatlari

Ma’lumki, sportchi organizmining energiya va oziqa moddalariga bo’lgan ehtiyoji birinchi navbatda sportning turi va bajariladigan ishning hajmiga hamda sport mahoratining darajasiga, emotsional holati va shaxsiy odatlariga bog’liq bo’ladi. Shuning uchun sportning har xil turlarini sportchilariga tavsiya qilinadigan dietalar sportchining tayyorlash bosqichlarini, yilning fasllarini va klimatik sharoitlarini hamda yoshi, jinsi, tanasining massasi, sport staji va sportchining boshqa individual sifatlarini hisobga olgan holda tuzilishi kerak. Shu vaqtda sportchining ratsioni:

- hozirgi vaqtdagi uning energiya sarfiga to’g’ri kelishi kerak;
- balanslashtirilgan bo’lishi, ya’ni barcha kerakli oziqa moddalarni (oqsillar, yog’lar, uglevodlar, vitaminlar, mineral moddalar, oziqa tolalarini) kerakli proporsiyada tutishi kerak;

- tarkibida ham hayvon ham o‘simlik mahsulotlari bo‘lishi kerak;
- turli-tuman bo‘lishi, tarkibida yetarli miqdorda yangi sabzavotlar, mevalar va ko‘katlar bo‘lishi kerak;
- organizm oson hazm qilaoladigan bo‘lishi kerak.

Sport dietalari uchun oziqalarga pazandalik ishlov berish muhim ahamiyatga ega. Bu yerda mahsulotlarning tabiiy sifatlarini maksimal saqlab qolishga, ularning xilma-xilligiga va ovqatlarni bezash hamda hatto stollarni servirovkasiga alohida e‘tibor berilishi kerak.

Ovqatlanishning oddiy tartibi (rejimi) oziqalarni 3 marta qabul qilishni nazarda tutadi, lekin yuqori malakali sportchilar uchun 4 yoki 5 martali ovqatlanish abzalroq hisoblanadi. Shu bilan birga, ko‘p martali invensiv mashqlanish va musobaqalar sharoitida biologik qiymati oshirilgan mahsulotlardan (masofada, musobaqalar vaqtida, sport o‘yinlari turlarida, mashqlanishlar oralig‘ida, tanaffusda, mashqlanishdan keyin va hokazolar) aniq bir maqsadga yo‘naltirib foydalanish hisobiga ovqatlanishning sonini ko‘paytirish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Umuman olganda, sportchilarning sport ish qobiliyatini yuqori darajada ushlab turish uchun organizmga kirayotgan oziqa moddalar faqat kerakli miqdordagina emas, balki hazm bo‘lish uchun optimal nisbatda ham bo‘lishi kerak.

Balanslashtirilgan ovqatlanishning hamma uchun qabul qilingan formulaga binoan, sport bilan shug‘ullanmagan kishilarning sutkalik ratsionida oqsillar, yog‘lar va uglevodlarning miqdori 1:1:4 nisbatda yoki oziqaning umumiy kaloriyasini 14:31:55 foizlarini tashkil qilishi lozim. Sutkalik ovqatlarning umumiy kaloriyasi qancha bo‘lmasin, asosiy oziqa moddalarining ana shu nisbati saqlanishi shart. Sportchilarning ovqati sport bilan shug‘ullanmagan odamlarnikiga nisbatan oqsil va uglevodlarga boyroq hamda yog‘lar nisbatan kamroq bo‘lishi kerak, bu oqsillar, yog‘lar va uglevodlarning miqdori 1:0,7–0,8:4 nisbati yoki sutkalik oziqaning umumiy energiyasini 15:25:60 foizlari bilan ta‘minlanadi. Endi asosiy oziqa moddalarning energetik koeffitsiyentlaridan (oqsillar va uglevodlar 4,1 kkal, yog‘lar 9,3 kkal) foydalanib, ana shu asosiy oziqa komponentlarining har

birini beradigan energiyasining miqdorini (kilokaloriyalarda) va o'zlarining miqdorini (grammlarda) hisoblab chiqish qiyin emas. Misol uchun, bir sutkalik ratsionining kaloriyaliligi 4000 *kcal* bo'lsa, sport bilan shug'ullanmaydigan kishilar uchun oqsillarning hissasiga 560 *kcal* yoki 137 g, yog'larning hissasiga 1240 *kcal* yoki 130 g va uglevodlarning hissasiga 2200 *kcal* yoki 537 g to'g'ri kelishi kerak. Sportchilar uchun ovqatning kaloriyaliligi huddi jismoniy mehnat kishilarinikidek (4000 *kcal*) bo'lganda bu nisbatlar boshqacha bo'ladi, ya'ni oqsillar – 600 *kcal* yoki 146 g, yog'lar – 1000 *kcal* yoki 108 g va uglevodlar – 2400 *kcal* yoki 585 g.

Lekin sportchilarning ratsionida asosiy oziqa moddalarning bu nisbatlari sport turiga va bajarilayotgan mashqlarning xarakteriga qarab faqat o'zgarishi mumkingina emas, balki ularning mashqlanish va musobaqalashish faoliyatlarining yo'nalishiga qarab har xil sport turlarining vakillari uchun qat'iy individual hamdir (13-jadval). Jumladan, sportchi organizmining oqsillarga bo'lgan sutkalik ehtiyojining eng katta ko'rsatkichlari o'rta va uzoq masofaga yugurish, og'ir atletika, kulturizm, marofon sport turlarida har 1 *kg* tana massasiga 2,5–2,9 g, oqsillarga bo'lgan sutkalik ehtiyojning eng kichik ko'rsatkichi – yengil atletikada – sprint, sakrash va chang'i sporti – qisqa masofa, suzish va suv polosi – 2,3–2,5 g, gimnastika va figurali uchish – 2,2–2,5 g larda kuzatiladi.

13-jadval

Sportning har xil turlari uchun asosiy oziqa moddalari va energiyaga bo'lgan sutkalik ehtiyoji (har 1 *kg* tana massasiga)

Sport turlari	Oqsillar, g	Yog'lar, g	Uglevod- lar, g	Kaloriya- lilik, <i>kcal</i>
Gimnastika, figurali uchush	2,2–2,5	1,7–1,9	8,6–9,75	59–66
Yengil atletika: sprint, sakrashlar	2,3–2,5	1,8–2,0	9,0–9,8	62–67

O'rtacha va uzoq masofaga yugurish	2,4–2,8	2,0–2,1	10,3–12,0	69–78
Marafon	2,5–2,9	2,0–2,2	11,2–13,0	73–84
Suzish va suv polosi	2,3–2,5	2,2–2,4	9,5–10,0	67–72
Og'ir atletika, kulturizm, disk, nayza, yadro otish	2,5–2,9	1,8–2,0	10,0–11,8	66–77
Kurash, boks	2,4–2,8	1,8–2,2	9,0–11,0	62–75
Sport o'yinlari turlari	2,3–2,6	1,8–2,2	9,5–10,6	63–72
Velosport	2,3–2,7	1,8–2,1	10,6–14,3	69–87
Chang'i sporti: qisqa masofa	2,3–2,5	1,9–2,2	10,2–11,0	67–74
Uzoq masofa	2,4–2,6	2,0–2,4	11,5–12,6	74–82
Konki sporti	2,5–2,7	2,0–2,3	10,0–10,9	69–74

Shu narsani ta'kidlab o'tish kerakki, asosan chidamkorlikni namoyon qiladigan sport turlari bilan ixtisoslashayotgan sportchilarga tavsiya qilinadigan ovqat ratsionida organizmning energiyaga bo'lgan ehtiyojining 14–15% ni oqsillar ta'minlaydi, tezkorlik-kuchlilik sport turlarida 17–18%, ayrim hollarda to 20% (kulturizm, shtanga). Shu bilan birga, hatto sportning shunday turlari, ya'ni: og'ir atletika, yadro, disk va nayza otish, atletik gimnastika sportchilariga ham har 1 kg tana og'irligiga 3 grammdan ko'proq miqdordagi oqsilni qabul qilish tavsiya qilinmaydi, chunki bunday miqdordagi oqsil organizmdagi metabolik jarayonlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Jumladan, jigar va buyraklarning funksiyalari buziladi. Oshqozon-ichak yo'lida hazm bo'lmay qolgan oqsillar va aminokislotalar yo'g'on ichakda bakterial bijg'ish jarayoniga duchor bo'lib, ulardan ko'pgina zaharli moddalar – toksinlar (H_2S , metilmerkaptan, kadaverin, putrestsin, feniletilamin, tiramin, triptamin, krezol, fenol, skatol, indol) hosil bo'ladi. Qonga so'rilib, barcha

a'zo va to'qimalarda moddalar va energiya almashinuv jarayonlarini normal borishini buzadi. Boshqa tomondan olganda, oqsillarni yetarli darajada iste'mol qilmaslik (har 1 kg tana og'irligiga 2 grammdan kam) ham almashinuv jarayonlarini normallashtirishga olib kelmaydi.

Balanslashtirilgan ovqatlanishning boshqa muhim doimiy komponentlaridan biri **hayvon va o'simliklarning yog'lari – triglitseridlardir**. Yog'larning biologik qiymati ularning yuqori kaloriyaliligi (9,3 kkal oqsillar va uglevodlarning 4,1 kkal siga nisbatan) va tarkibida xuddi vitaminlar, almashinmaydigan aminokislotalar va boshqa kofaktorlar kabi odam organizmida sintezlanishi juda chegaralangan almashinmaydigan komponentlar – ko'p to'yinmagan moy kislotalarini tutishi bilan belgilanadi. Ularga, asosan, o'simlik moylari tarkibida organizmga kiradigan *linol*, *linolen* va *araxidon* kislotalari kiradi.

Katta yoshdagi odamlarning yog'larga bo'lgan sutkalik ehtiyoji 90g va ko'p to'yinmagan moy kislotalarga bo'lgan ehtiyoji esa 3–6 g tashkil qiladi. Odatda, 25–30 g o'simlik moyi odam organizmini ana shu miqdordagi ko'p to'yinmagan moy kislotalari bilan bemaolol ta'minlay oladi.

Sportchilar uchun yog'larni iste'mol qilish normasi sporting turiga qarab 1,7 dan to 2,4 g/kg bo'ladi. Sutkalik ratsionda bu miqdordagi yog'lar oziqalarning umumiy kaloriyasini to 30% ni ta'minlashga imkon beradi. Lekin, ayniqsa intensiv mashqlanishlar va musobaqalar davrida sportchilarning ratsionida yog'larning miqdorini oziqalarning umumiy kaloriyasidan 25% gacha va ko'proqqa kamaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi, chunki ular yuqori jismoniy va emotsional yuklamalar vaqtida yomon hazm bo'ladi.

Sportchilar organizmining **uglevodlarga** bo'lgan ehtiyoji mashqlanish va musobaqalar vaqtidagi energiyani sarflanishi bilan bog'liq bo'ladi. Katta yoshli odamlarning bir sutkalik uglevodlarga bo'lgan ehtiyoji 450–500 g. ni tashkil qiladi. Sportchilar uchun

uglevodlarning sutkalik me'yorlari sportning turiga qarab har 1 kg tana og'irligiga 8,3 dan to 14,3 grammni tashkil qiladi va shu bilan birga 64% kraxmalga va 36% oddiy qantlarga (glyukoza, fruktoza, saxaroza) to'g'ri kelishi kerak.

Sportning turlari va tayyorgarlik davriga qarab sportchilarning sutkalik ovqat ratsionida uglevodlarning miqdori to 800–900 g gacha oshishi mumkin.

Yuqorida ko'rsatilganidek, **oziqa tolalari** ovqatlarni normal hazm qilish jarayoni uchun kerak: ular ichak mikroflorasining faoliyati natijasida hosil bo'lgan toksik (zaharli) moddalar uchun adsorbent bo'lib xizmat qiladi, o't kislotalarini bog'lab oladi, sterinlarni adsorbsiya qilib oladi, xolesterinning miqdorini kamaytiradi, ichakning to'liqlinsimon harakatini kuchaytiradi va hokazolar. Ozuqa tolalarining manbalari bo'lib xizmat qiladi: yirik tortilgan unning noni, bug'doy kepaklari, karam, sabzi, rediska, lavlagi, turp, sholg'om, na'matak, olxo'ri, malina, yer tuti, qoraqand (smorodina), ko'k piyoz, ukrop, kashnich, petrushka, salat, selderey va boshqalar.

Agar **asosiy oziqa moddalarning** o'zaro nisbati sport bilan shug'ullanmaydigan odamlarnikiga nisbatan boshqacha bo'lishi sportchilarni ovqatlanishini muhim xususiyatlaridan biri bo'lsa, **vitaminlar va mineral elementlarning** iste'mol qilishni ancha yuqori normalari sportchilarning ovqatlanishini boshqa muhim xususiyati hisoblanadi (14-jadval). Vitaminlarga oshirilgan ehtiyojni fermentlarni yuqori daraja faolligini va hujayra hamda to'qimalarda kofermentlarning miqdorini yanada yuqoriroq bo'lishini talab qiladigan sport mashqlarini bajarish vaqtidagi moddalar almashinuvining yuqori intensivligi bilan tushuntirish mumkin. Ma'lumki, ko'pchilik vitaminlar yoki o'zlari koferment hisoblanadi yoki turli kofermentlarning tarkibiga kiradi, ya'ni ular 100 dan ortiq fermentlar tarkibida moddalar almashinuvi jarayonlarida ishtirok etadi.

Sportchilarni tayyorlash jarayonida, ayniqsa jismoniy yuklamalarning hajmi va intensivligi katta bo'lganda, askorbin

kislotasi, tiamin, riboflavin, nikotinamid va tokoferollarga bo'lgan talab kuchayadi. Lekin, sportchilarning ovqatidagi vitaminlarning miqdorini energiya sarfini hisobga olgan holda ko'rib chiqish kerak. Masalan, har 1000 *kcal* energiyaga qo'shimcha miqdorda quyidagi vitaminlar talab qilinadi: C – 35 *mg*, B₁ – 0,8 *mg*, B₂ – 0,8 *mg*, PP – 7 *mg* va E – 5 *mg*.

Sportchilarning ratsional balanslashtirilgan ovqatlanishining ancha ahamiyatli kerakli komponentlaridan biri **mineral moddalar**, ya'ni bazi bir kimyoviy elementlarning ionlari hisoblanadi. Odatda, ularni organizmdagi miqdoriga qarab ikki guruhga bo'lishadi – makro va mikroelementlar (yuqoriga qarang). Ular odamning (sportchining) oziqasida suv-tuz almashinuvini boshqarish, kislota-ishqorli muvozanatni ushlab turish, asosiy metabolik jarayonlarni normal borishi uchun kerak. Jumladan, ko'pchilik metallarning ionlari (Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Mo²⁺, Fe²⁺ va boshqalar) fermentlarning faol markazini tarkibiga kirib, substratlarni bog'lab olish va ularni reaksiyasining oxirgi mahsulotlariga aylantirish jarayonlarida bevosita qatnashadi. Ulardan boshqa birlari (Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺, Pb²⁺) bir qator fermentlarning ingibitorlari sifatida qatnashadi. Ayniqsa mashqlanish vaqtida ham, musobaqada ham juda ko'p terlash kuzatiladigan sport turlarida sport bilan muntazam shug'ullanish jarayonida organizmning mineral moddalarga bo'lgan talabi kuchayadi.

14-jadval

Sportchilar organizmining vitaminlarga bo'lgan sutkalik ehtiyoji

Sport turlari	Askorbin kislotasi (C) <i>mg</i>	Tiamin (B ₁) <i>mg</i>	Riboflavin (B ₂) <i>mg</i>	Pontoten kta (B ₃) <i>mg</i>	Piridoksin (B ₆) <i>mg</i>	Fol k-tasi (B ₉) <i>mkg</i>	Kobalamin (B ₁₂) <i>mkg</i>	Nikotin k-tasi (PP) <i>mg</i>	Retinol (A) <i>mg</i>	Tokoferol (E) <i>mg</i>
Gimnastika, figurali uchush	120–175	2,5–3,5	3,0–4,0	16	5–7	400–500	3–6	21–35	2,0–3,0	15–30

Yengil atletika: sprint, sakrashlar	150–200	2,8–3,6	3,6–4,2	18	5–8	400–500	4–8	30–36	2,5–3,5	22–26
O'rtacha va uzoq masofaga yugurish	180–250	3,0–4,0	3,6–4,8	17	6–9	500–600	5–10	32–42	3,0–3,8	25–40
Marafon	200–350	3,2–5,0	3,85–5,0	19	7–10	500–600	6–10	32–45	3,2–3,8	28–45
Suzish, suv polosi	150–250	2,9–3,9	3,4–4,5	18	6–8	400–500	5–10	32–45	3,2–3,8	28–45
Og'ir atletika, kulturizm, uloqtirish	175–210	2,5–4,0	4,0–5,5	20	7–10	450–600	4–9	25–45	2,8–3,8	20–35
Kurash, boks	175–250	2,4–4,0	3,8–5,2	20	6–10	450–600	4,9	25–45	3,0–3,8	20–30
Eshkak eshish: akademik eshkak eshish	200–300	2,1–4,5	3,6–5,3	19	5–8	500–600	5–10	30–35	3,0–3,8	25–45
Baydarka, kanoe	180–220	3,0–3,9	3,9–4,4	18	5–8	400–500	4–8	30–35	3,0–3,6	25–30
Sport o'yinlari: futbol, xokkey, basketbol, voleybol	190–240	3,0–4,20	3,8–4,8	18	6–9	450–550	5–8	30–40	3,2–3,7	25–35
Velosport: trekda haydash	150–200	3,5–4,0	4,0–4,6	17	6–7	400–500	5–10	28–40	2,8–8,6	28–35
Shosseda haydash	200–350	4,0–4,8	4,6–5,2	19	7–10	500–600	5–10	32–45	3,0–3,8	30–45
Chang'i sporti: qisqa masofalar	150–210	3,4–4,0	3,8–4,6	18	7–9	450–500	5–8	30–40	3,0–3,6	20–40
Uzoq masofalar	200–350	3,8–4,9	4,3–5,6	19	6–9	500–600	6–10	34–45	3,0–3,8	30–45
Konkida yugurish	150–200	3,4–3,9	3,8–4,4	18	7–9	400–550	4–9	30–40	2,5–3,5	20–40

Sportchilarning ovqatlanishida hayvon va o'simliklardan olingan mahsulotlarning o'zaro to'g'ri nisbati muhim ahamiyatga ega. Hayvon mahsulotlaridan tayyorlangan oziqa kislotalik xarakterli moddalarga boy bo'ladi, o'simlik oziqalari esa ishqoriy xarakterli moddalarga boy. Sportchi ratsionini o'simlik mahsulotlari bilan boyitish organizmning ishqorlik rezervlarini (BE) ko'payishiga olib keladi va chidamkorligini oshiradi. Shuning uchun ham ovqatlarning sutkalik kaloriyasini 15–20% ini yangi sabzavotlar, mevalar va ko'k o'tlar hisobiga to'g'ri kelishi kerak.

23.3. Ovqatlanish omillari yordamida sportchilarning ish qobiliyatini oshirish va tiklanish jarayonlarining tezlashtirishning biokimyoviy yo'llari

Sportchining ovqatlanishi faqat hayot faoliyati uchun normal sharoit yaratibgina qolmasdan, balki sport ish qobiliyatini oshirish, tiklanish jarayonlarini tezlashtirish, katta hajm va yuqori intensivlikdagi jismoniy yuklamalarga organizmni moslashtirish kabi o'ziga xos funksiyalarni bajarishi lozim.

Agar muskul oqsillari sintezini tezlashtirish va muskullarning massasini oshirish, demak muskul kuchini ko'paytirish uchun oziqa mahsulotlaridan foydalanish imkoniyatlarini ko'rib chiqsak, u holda muskul oqsillarining boisentezi va almashinuvini kuchaytirish uchun aminakislotalar tarkibi bo'yicha yaxshi balanstirilgan oqsilli ovqat va B.A. Rogozkin va hammualliflari taklif qilgan tavsiyani bajarish kerak bo'ladi. Bu tavsiyaning asosiy mohiyati quyidagilardan iborat:

- sportchi organizmining energiyaga bo'lgan ehtiyoji energiya sarfini hisobga olgan holda oqsil tabiatli bo'lmagan manbalar (uglevodlar, yog'lar) bilan to'la qondirilishi kerak;

- oziqa o'zining tarkibida oshirilgan miqdordagi (15–30% gacha) to'la qiymatli, tez hazm bo'ladigan, asosan hayvonlarning (go'sht, baliq, sut, tuxum) va turli manbalarining oqsillarini tutishi kerak;

- oqsillarga boy ovqatlarni iste'mol qilish soni kuniga 5 martadan kam bo'lmasligi kerak;

– oziqaning oqsil komponentlarining hazm bo'lishi uchun optimal sharoit yaratish kerak. Masalan, mashqlanishning tugashi bilan go'shtni sabzavotli garnir bilan, maxsus oqsilli preparatlarni mashqlanishlar oralig'idagi tanaffuslar vaqtida maydalangan holda iste'mol qilish kerak;

– oqsillarning biosintezini kuchaytiradigan va muskul massasini oshiradigan vitaminlarni (B_1 , B_2 , B_6 , C, PP) iste'mol qilishni ko'paytirish lozim.

Muskul massasini, muskullarning qisqarish tezligi va ularning kuchini oshirish kerak bo'lgan hollarda ovqatlanishning tartibi va ratsionini saqlashga quydagi maslahatlar yordam beradi:

– tana massasini muskul yoki yog' hisobiga oshirish mumkin. Agar yog'ning massasini oshirish oson bo'lsa, muskulning massasi faqat jismoniy mashqlanishda oshadi. Kuch ishlatiladigan jismoniy yuklamalarsiz faqat oqsillarga boy ratsiondan foydalanish ko'ngildagi yutuqlarga olib kelmaydi;

– amaliyotda tarqalgan go'sht, tuxum va hokazolarni ko'p miqdorda iste'mol qilish organizm uchun zararli va sport ish qobiliyatini pasaytiradi.

– ratsionga uglevodlar kompleksini g'alla, dukkak, sabzavot va yong'oqlar sifatida kiritilganda, almashinmaydigan aminokislotalar, vitaminlar va mineral moddalarning miqdori ko'payadi va muskul massasini oshishiga, ya'ni muskul kuchining ko'payishiga zamin tug'diradigan sharoit yaratiladi.

Ushbu tavsiyalar va maslahatlarga rioya qilish hamda aniq bajarish intensiv kuch ishlatiladigan mashqlanishlar davrida kerakli metabolik fonlarni yaratish uchun oziqaning imkoniyatlaridan faol foydalanishga imkon beradi.

Oqsillarga boy to'la qiymatli oziqalardan tashqari jismoniy ish qobiliyatini oshirish, tiklash jarayonini tezlashtirish uchun alohida aminokislotalardan (glyutamin kislotasi, metonin, triptofan va h.k.) foydalanish mumkin.

Masalan, *glyutamin kislotasi* bosh miyaning hujayralarida oksidlanish jarayonlarini kuchaytiradi, organizmning gipoksiyaga

chidamliligini oshiradi, yurakning faolligini yaxshilaydi, katta jismoniy va psixik yuklamalar paytida tiklanishni tezlashtiradi. Aminokislota – *metionin* jigarning funksiyasini regulatsiya qiladi, neytral moylarning parchalanishini kuchaytiradi, katta jismoniy yuklamalar vaqtida tiklanish jarayonlarining borishini tezlashtiradi.

Sport ish qobiliyatini oshirishga va tiklanish jarayonlarini tezlashishiga yordam qiladigan oziqa omillari oʻrtasida vitaminlar alohida oʻrin egallaydi. Jumladan, pangam kislotasi – vitamin B₁₅ ishlatilayotgan kislorodning miqdorini koʻpaytiradi, organizmni gipoksiyaga chidamliligini oshiradi, muskullar, jigar va miokardda glikogennining sintezini, muskullar va miokardda kreatinfosfatning sintezini ham kuchaytiradi.

Vitamin E antigipoksik taʼsirga ega, oksidlanish jarayonlarini boshqaradi, anaerob xarakterli ish vaqtida va oʻrta balandlik, togʻ sharoitlarida jismoniy ish qobiliyatni oshiradi.

Vitamin C – askarbin kislotasi oksidlanish jarayonlarning samarali stimulyatori hisoblanadi, chidamkorlikni oshiradi, jismoniy ish qobiliyatni tiklanishini tezlashtiradi.

Komplivit – polivitamin kompleksi oʻzining tarkibida B₁, B₂, B₆, C va PP vitaminlarini yetarli darajada koʻp miqdorda tutganligi uchun muskul massasini tez orttirish, yaʼni muskul kuchini koʻpaytirish uchun qoʻllaniladi.

Shu bilan birga, shu narsani taʼkidlab oʻtish kerakki, vitaminlarni haddan tashqari ortiqcha miqdorda isteʼmol qilish, **birinchi** navbatda “Aerovit”, “Dekamevit”, “Komplivit”, “Undevid” va hokazolarni isteʼmol qilish organizm uchun juda ogʻir oqibatlarga olib kelishi mumkin.

Sport ish qobiliyatini oshirishga erishishning yana muhim yoʻllaridan biri aerob bioenergetik jarayonlarning oraliq mahsulotlari – izolimon, α -ketoglutarat, yantar, olma hamda asparagin va glyutamin kislotalarini oziqa mahsulotlari yoki biologik qiymati oshirilgan mahsulotlar tarkibida startlar oldidan, masofada, tanaffuslarda, musobaqa davrida (sport oʻyinlari turlarida) va hokazolarda isteʼmol qilishdir.

Asosiy tushunchalar va temaning atamallari

Ovqatlanish – organizmning har qanday fiziologik funksiyalarni energiya va struktura moddalari bilan ta'minlash asosida yotgan barcha biologik hodisalar (oziqa moddalarni organizmga kirish va parchalanishi)ning yig'indisi ma'nosini bildiradi.

Ovqatlanishning almashinmaydigan omillari – oziqa mahsulotlari tarkibiga kiradigan organik va anorganik moddalar bo'lib, odam va hayvon organizmida sintezlanmaydi. Bularga 40 dan ortiq moddalar kiradi: anorganik ionlar, vitaminlar, almashinmaydigan aminokislotalar, to'yinmagan moy kislotalar va ba'zi bir biologik faol moddalar (kofaktorlar).

Ovqatlanishning ratsional balanslashtirilgan nazariyasi – uning asosida faqat organizmni energiya bilan adekvat ta'minlash zaruriyatigina emas, balki uning normal hayot faoliyatini ta'minlash uchun asosiy oziqa moddalari va oziqalarning boshqa muhim elementlari o'rtasidagi nisbatlarni saqlash tushunchasi yotadi.

Ozuqa tolalari – o'simliklarning murakkab uglevodlari – selyuloza (kletchatka), gemotsellyuloza, pektin va lignin.

Katta yoshli odamlarning sutkalik ehtiyoji – uglevodlarga – 400–500 g; yog'larga – 90 g; oqsillarga – 90–100 g.

Oqsillar, yog'lar va uglevodlarning sutkalik ratsiondagi optimal nisbatlari – sport bilan shug'ullanmaydigan odamlar uchun – 1:1:4 yoki oziqalarning umumiy kaloriyasidan foyizlar hisobida – 14:31:55, sportchilar uchun esa – 1:0,7–0,8:4 va 15:25:60 bo'ladi.

Asosiy oziqa moddalarning energiya koeffitsiyentlari – oqsillar va uglevodlar 1 g = 4,1 kkal (yoki 17,2 kJ), yog'lar – 1 g = 9,3 kkal (yoki 38,9 kJ).

Savollar va topshiriqlar

1. *"Ovqatlanish" atamasi qanday ma'noni bildiradi?*
2. *Ovqatlanishning asosiy zamonaviy konsepsiyalaridan biri "ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish nazariyasi"ning tub ma'nosini tushuntirib bering.*

3. Oziqa tarkibiga kiradigan qaysi moddalar ovqatlanishning almashinmaydigan omillari nomi bilan yuritiladi?

4. Ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish asosan qanday muhim vazifalarni bajaradi?

5. Sportchi organizmida ovqatlanish boshqa qanday spetsifik funksiyalarni bajaradi?

6. Odamning sutkalik ratsioni moddalarining tarkibiga kimyoviy moddalarning qaysi guruhlar kiradi va ular qanday asosiy funksiyalarni bajaradi?

7. Oziqa tolalariga qanday organik moddalar kiradi va ular organizmda qanday funksiyalarni bajaradi?

8. Balanslashtirilgan ovqatlanishning umum qabul qilingan formulasiga binoan sport bilan shug'ullanmaydigan odamlar va sportchilarning sutkalik ratsionida oqsillar, yog'lar va uglevodlarning miqdori qismlarda va oziqalarning umumiy energiyasining foizlarida qanday nisbatlarda bo'lishi kerak?

9. Sportchi organizmining energiya va oziqa moddalariga bo'lgan ehtiyoji birinchi navbatda qanday omillarga bog'liq bo'ladi?

10. Sportchining ratsioni qanday talablarga javob berishi kerak?

11. Sport bilan shug'ullanmagan odamlar va sportchilarning sutkalik ratsionini 4000 kkal ga teng bo'lgandagi oqsillar, yog'lar va uglevodlarning miqdorlarini (grammlarda) va energiya miqdorini (kkal) oziqa moddalarining koeffitsiyentlaridan foydalanib ($1 \text{ g yog}' = 9,3 \text{ kkal}$; $1 \text{ g oqsil yoki uglevod} = 4,1 \text{ kkal}$) hisoblab chiqing.

12. Nima uchun sportchilarning ovqati sport bilan shug'ullanmaydigan odamlarning ovqatiga nisbatan oqsil, uglevodlarni ko'proq va yog'larni kamroq tutishi kerak?

13. Sportchilar va og'ir jismoniy mehnat bilan shug'ullanadigan odamlarning organizmida moddalar almashinuv jarayonlari birbirlaridan nimalar bilan farqlanadi?

14. Sportchilarning ovqatlanishini o'ziga xos qanday muhim xususiyatlari bor?

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1.Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. М., 2004.
- 2.Биохимия. Учебник. Под ред. В.В. Меншикова и Н.И. Волкова. М., 1986.
- 3.Биохимия. Учебник. Под ред. Северина Е.С. М., 2014.
- 4.Борисова О.О. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации (учебно-методическое пособие). М., 2007.
- 5.Валиханов М.Н. Биокимё. Т., 2010.
- 6.Василенко Ю.К. Биохимия. (Учебное пособие). М., 2011.
- 7.Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. М., 2000.
- 8.Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия. М., 2008.
- 9.Ленинджер А. Основы биохимии. М., 1985, т. 1-3.
- 10.Maclaren D., Morton J. Biochemistry for Sport Exercise Metabolism. Wiley, 2011.
- 11.Михайлов С.С. Спортивная биохимия. М., 2012.
- 12.Никулин Б.Н., Радионова И.И. Биохимический контроль в спорте (научно-методическое пособие). М., 2001.
- 13.Проскурина И.К. Биохимия. (Учебное пособие). М., 2001.
- 14.Tuychiboyev M.U. Sport biokimyosi. Т., 2012.
- 15.To‘ychiboyev M.U. Biokimyodan topshiriqlar, oraliq va yakuniy nazoratlar uchun savollar/ I-qism. Umumiy biokimyo (o‘quv-uslubiy qo‘llanma). Т., 2007.
- 16.To‘ychiboyev M.U. Biokimydan test topshiriqlari, oraliq va yakuniy nazoratlar uchun savollar. II-qism. Sport biokimyosi (o‘quv-uslubiy qo‘llanma). Т., 2008.
- 17.To‘ychiboyev M.U., Adilbekov T.T., Xasanova N.O.

Biokimyo: jismoniy tarbiya institutlari uchun uslubiy qo'llanma. T., 2009.

18.Тўйчибаев М.У. Зиямухамедова С.А., Адилбеков Т.Т. Биохимиядан лаборатория ва семинар машғулотларнинг технологик харитаси (ўқув-услубий қўлланма). Т., 2011.

19.Туъчибойев М.У., Зиямухамедова С.А. Biokimyo: o'quv-uslubiy qo'llanma (ma'ruza matnlari). Т., 2012.

20.Тўрақулов Я.Х. Биохимия. Т., 1996.

21.Чиркин А., Данченко Е. Биохимия. М., 2010.

22.www.zionet.uz

23.www.maik.ru

24.www.pedagog.uz

MUNDARIJA

MUQADDIMA.....	3
----------------	---

I. STATIK BIOKIMYO

1. Kirish

1.1. Biokimyo fani va uning jismoniy tarbiya va sport mutaxassislari uchun ahamiyati.....	6
1.2. Tirik organizmlarning elementar tarkibi, bioorganik molekulalarning tuzilishi va xossalari.....	7
1.3. Suvning xossalari va organizmning suv-dispers sistemalari.....	15

2. UGLEVODLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

2.1. Uglevodlarning umumiy xarakteristikasi.....	28
2.2. Uglevodlarning klassifikatsiyasi.....	30
2.3. Monosaxaridlar (oddiy qandlar).....	31
2.4. Oligosaxaridlar.....	41
2.5. Polisaxaridlar.....	43
2.5.1. Gomopolisaxaridlar.....	44
2.5.2. Geteropolisaxaridlar.....	48

3. LIPIDLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

3.1. Lipidlarga umumiy xarakteristika.....	54
3.2. Lipidlarning klassifikatsiyasi.....	54
3.3. Yog' kislotalari.....	56
3.4. Neytral yog'lar (triglitsridlar).....	58
3.5. Mumlar.....	61
3.6. Fosfatidlar.....	62
3.7. Glikolipidlar.....	66
3.8. Steroidlar.....	67

4. OQSILLAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

4.1. Oqsillarga umumiy xarakteristika.....	71
4.2. Oqsillarning biologik funksiyalari.....	72

4.3. Oqsillarning elementar tarkibi va ularning a'zo hamda to'qimalardagi miqdori.....	74
4.4. Aminokislotalar – oqsil molekularining qurilish bloklari.....	74
4.5. Oqsillarning tuzilishi va struktura tashkil topishi.....	79
4.6. Oqsillarning xossalari.....	88
4.7. Oqsillarning klassifikatsiyasi.....	90
4.7.1. Oddiy oqsillar.....	90
4.7.2. Murakkaboqsillar.....	91

5. NUKLEIN KISLOTALAR: TUZILISHI, XOSSALARI VA BIOLOGIK FUNKSIYALARI

5.1. Nuklein kislotalarning biologik funksiyalari va klassifikatsiyasi....	96
5.2. Nuklein kislotalarning struktura komponentlari.....	96
5.3. DNKning tuzilishi va strukturasida.....	100
5.4. RNKning tuzilishi va strukturasida.....	104
5.5. Nukleotidlarning moddalar va energiya almashinuvidagi roli.....	107

6. FERMENTLAR – BIOLOGIK KATALIZATORLAR

6.1. Fermentlar haqida umumiy tushuncha.....	109
6.2. Fermentativ reaksiyalarning kinetikasi.....	110
6.3. Fermentlarning kimyoviy tuzilishi va strukturasida.....	112
6.4. Fermentlarning ta'sir mexanizmi.....	119
6.5. Fermentlarning xossalari.....	122
6.6. Fermentlarning nomenklaturasi va klassifikatsiyasi.....	128

7. VITAMINLAR

7.1. Vitaminlarga umumiy xarakteristika.....	137
7.2. Vitaminlarning klassifikatsiyasi.....	138
7.3. Suvda eriydigan vitaminlar.....	138
7.4. Yog'da eriydigan vitaminlar.....	147

8. GORMONLAR – BIOKIMYOVIIY JARAYONLARNING REGULYATORLARI

8.1. Gormonlar haqida umumiy tushuncha.....	154
8.2. Gormonlarning nomenklaturasi va klassifikatsiyasi.....	156
8.3. Peptid tabiatli gormonlar.....	158

8.4. Aminokislotalarning hosilalari bo'lgan gormonlar.....	161
8.5. Stereoid gormonlar.....	163
8.6. Yog' kislotalarining hosilalari bo'lgan gormonlar.....	166

II. DINAMIK BIOKIMYO

9. MODDALAR ALMASHINUVINING UMUMIY QONUNIYATLARI

9.1. Moddalar almashinuvi haqida umumiy tushuncha.....	169
9.2. Assimilyatsiya va dissimilyatsiya jarayonlarining o'zaro nisbatiga bir qator omillarning ta'siri.....	170
9.3. Moddalar almashinuvining asosiy turlari.....	172
9.4. Oraliq almashinuv va uning hujayra strukturalari bilan bog'liqligi.....	173

10. BIOLOGIK OKSIDLANISH

10.1. Umumiy xarakteristika.....	180
10.2. Hozirgi zamon biologik oksidlanish nazariyasi haqidatushuncha.....	182
10.3. Oksidlanishli fosforlanish va uning mexanizmi.....	188

11. UGLEVODLARNING ALMASHINUVI

11.1. Uglevodlarning almashinuviga umumiy xarakteristika.....	196
11.2. Ovqat hazm qilish tizimida uglevodlarning gidrolitik parchalanishi.....	198
11.3. Glyukozadan glikogenning sintezi (glikogenez).....	201
11.4. Glikogenning parchalanishi (glyukogenez).....	203
11.5. Uglevodlarning (glyukozaning) anaerob parchalanishi (glikoliz).....	205
11.6. Glikogenoliz.....	213
11.7. Uglevodlarning aerob oksidlanishi.....	215
11.8. Uglevodlarning pentozafosfat siklida oksidlanishi.....	221
11.9. Glyukoneogenez.....	223

12. LIPIDLARNING ALMASHINUVI

12.1. Lipidlarning oshqozon-ichak yo'lida gidrolitik parchalanishi va qonga so'rilishi.....	228
---	-----

12.2. Lipoliz.....	232
12.3. Glitserinning oksidlanishi.....	233
12.4. Yog‘ kislotalarining β -oksidlanishi.....	234
12.5. Keton tanachalarining hosil bo‘lishi.....	239
12.6. Neutral yog‘lar va fosfolipidlarning biosintezi.....	241
12.7. Yog‘ kislotalarining biosintezi.....	243

13. OQSILLAR VA NUKLEIN KISLOTALARNING ALMASHINUVI

13.1. Oqsillarning almashinuvi haqida umumiy tushuncha.....	248
13.2. Oqsillarning hazm bo‘lishi.....	250
13.3. Ichakda oqsillarning chirishi.....	252
13.4. Oqsillarning biosintezi.....	253
13.5. Hujayrada aminokislotalarning almashinuvi.....	259
13.6. Ammiakni zararsizlantirilishi. Ornitin sikli.....	264
13.7. Nuklein kislotalarning almashinuvi.....	268

14. ORGANIZMDA SUV VA MINERAL MODDALARNING ALMASHINUVI

14.1. Suvning biologik ahamiyati va uning almashinuvi.....	276
14.2. Mineral moddalarning biologik ahamiyati va ularning almashinuvi.....	279

15. MODDALAR ALMASHINUV JARAYONLARINING O‘ZARO BOG‘LIQLIGI VA BOSHQARILISHI

15.1. Uglevodlar, lipidlar, oqsillar almashinuv jarayonlarining o‘zaro bog‘liqligi.....	285
15.2. Hujayrada moddalar almashinuvining boshqarilishi.....	288

III. SPORT BIOKIMYOSI

16. MUSKUL VA MUSKULLARNING QISQARISH BIOKIMYOSI

16.1. Muskullarning tuzilishi.....	295
16.2. Muskel tolasining strukturasi va funksiyalari.....	296
16.3. Muskullarning kimyoviy tarkibi.....	301
16.4. Miofibrillar oqsillarining struktura tuzilishi va xususiyatlari.....	303
16.5. Muskel qisqarishining mexanizmi.....	305

17. MUSKUL ISH FAOLIYATIDAGI BIOENERGETIK JARAYONLAR

17.1. Muskul ishi uchun energiya manbalari.....	311
17.2. ATF resintezining anaerob va aerob yo'llari.....	312
17.2.1. Kreatinkinaza reaksiyasida ATFning resintezi.....	314
17.2.2. Glikoliz jarayonida ATFning resintezi.....	316
17.2.3. Miokinaza reaksiyasida ATFning resintezi.....	318
17.2.4. Aerob jarayonda ATFning resintezi.....	319
17.3. Har xil quvvatli va davomiylikdagi mashqlarda ATF resintezining anaerob va aerob jarayonlarini nisbatlari.....	322

18. MUSKUL ISH FAOLIYATIDA ORGANIZMDAGI BIOKIMYOVIY JARAYONLARNING DINAMIKASI

18.1. Muskul ishida biokimyoviy o'zgarishlarning yo'nalishi.....	327
18.2. Muskul ish faoliyatida organizmning energetik resurslarini jalb qilinishi.....	328
18.3. Muskul ish faoliyatida kislorodning tashilishi va iste'moli.....	330
18.4. Muskul ishi vaqtida kislorod qarzining hosil bo'lishi.....	332
18.5. Muskul ishi vaqtida turli a'zo va to'qimalardagi biokimyoviy o'zgarishlar.....	334
18.6. Muskul ishi paytidagi biokimyoviy o'zgarishlarning ko'rsatkichlari.....	335
18.7. Ish paytidagi biokimyoviy o'zgarishlarning xarakteri bo'yicha mashqlarni sistemaga solish.....	335

19. TOLIQISH VA ISHDAN SO'NG DAM OLISH DAVRIDA ORGANIZMDA SODIR BO'LADIGAN BIOKIMYOVIY O'ZGARISHLAR

19.1. Toliqish davridagi biokimyoviy o'zgarishlar.....	342
19.2. Muskul ishdan so'ng dam olish vaqtidagi biokimyoviy o'zgarishlar.....	345

20. SPORT ISH QOBILIYATINING BIOKIMYOVIY OMILLARI

20.1. Sport ish qobiliyatini belgilaydigan omillar.....	353
20.2. Anaerob va aerob ish qobiliyatlarining	

ko'rsatkichlaridagi farqlar.....	356
20.3. Sport ish qobiliyatining spetsifikligi.....	358
20.4. Sportchilarning ish qobiliyatiga mashqlanishning ta'siri.....	360
20.5. Sportchilarning ish qobiliyatiga ular yoshining ta'siri.....	361

21. SPORTCHILARNING TEZKORLIK-KUCHLILIK SIFATLARI, CHIDAMKORLIGINING BIOKIMYOVIY ASOSLARI

21.1. Tezkorlik-kuchlilik sifatlarining biokimyoviy omillari.....	366
21.2. Chidamkorlikning biokimyoviy asoslari.....	372
21.3. Mashqlanish, mashqlanishni orqaga qaytishi va o'ta mashqlanish vaqtidagi biokimyoviy o'zgarishlar.....	375

22. SPORT MASHQLANISH JARAYONIDA BIYOKIMYOVIY ADAPTATSIYANING QONUNIYATLARI

22.1. Muskul faoliyatida organizmning biokimyoviy a daptatsiyasi haqida umumiy tushuncha.....	379
22.2. Sport mashqlanishi, jismoniy yuklama, adaptatsiya va mashqlanish samarasi.....	380
22.3. Mashqlanishning biologik prinsiplari.....	383
22.4. Mashqlangan organizmning biokimyoviy xarakteristikasi.....	386

23. SPORTCHILAR OVQATLANISHINING BIOKIMYOVIY ASOSLARI

23.1. Ratsional balanslashtirilgan ovqatlanish haqida umumiy tushuncha.....	393
23.2. Sportchilarning ovqatlanishini ba'zi bir xususiyatlari.....	395
23.3. Ovqatlanish omillari yordamida sportchilarning ish qobiliyati nioshirish va tiklanish jarayonlarining tezlashtirishning biokimyoviy yo'llari.....	403
Foydalanilgan adabiyotlar	408

MUROTALI USMONOVICH TO'YCHIBOYEV

BIOXIMIYA VA SPORT BIOXIMIYASI

Muharrir: X.Po'latxo'jayev
Rassom: D.O'rinova
Sahifalovchi: Z. Shukurxo'jayev
Musahhih: B.Tuyoqov

Nashriyot litsenziyasi AI № 190, 10.05.2011-y
Bosishga 15.10.2015-yilda ruxsat etildi.
Qog'oz bichimi 60×84 1/16. Nashr tabog'i 26,0. Shartli bosma
taboq 26,5. Shartnoma 31/28. Adadi 500
Buyurtma №35–28

«TAFAKKUR BO'STONI» nashriyoti.
Toshkent sh. Yunusobod tumani, 9–13.

«TAFAKKUR BO'STONI» MCHJ bosmaxonasida
chop etildi.
Toshkent sh. Chilonzor ko'chasi, 1-uy