

MODDALAR VA ENERGIYA ALMASHINUVI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI
SAMARQAND VETERINARIYA MEDITSINASI INSTITUTI**

**D. ESHIMOV, Q.T. SOVETOV, F.X. INOYATOVA,
A.K. BAYKULOV, F.X. RAXMONOV**

MODDALAR VA ENERGIYA ALMASHINUVI

*Veterinariya meditsinasi va tibbiyot oliy o‘quv yurtlarining
talabalari uchun o‘quv qo‘llanma*

Toshkent – 2022

UO'K: 577.12(075)

KBK: 28.072ya73

M 67

M 67 Moddalar va energiya almashinuvi [Matn]: o'quv qo'llanma / D. Eshimov va boshqalar. — Toshkent: «O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2022. — 140 bet.

UO'K: 577.12(075)

KBK: 28.072ya73

O'quv qo'llanma Biokimyo fanining asosiy bo'limlaridan bo'lmish moddalar almashinuvi, assimilyatsiya, dissimilyatsiya, metabolizm, metabolitik yo'llar, anabolizm va katabolizm hamda bu jarayonlarning spetsifik va umumiy yo'llari, shuningdek energiya almashinuvi haqida nazariy bilimlarni qamrab olgan o'quv adabiyoti sifatida tayyorlangan. O'quv qo'llanma zamonaviy adabiyotlar materiallari bilan boyitilgan. So'nggi yillarda chop etilgan o'quv ilmiy adabiyotlarga tayangan holda moddalar va energiya almashinuvi to'g'risidagi ma'lumotlar batafsil yoritilgan. Veterinariya meditsinasi va tibbiyot oliy o'quv yurtlarining talabalari uchun mo'ljallangan.

Учебное пособие охватывает теоретические знания о обмене веществ, ассимиляции, диссимиляции, метаболизме, метаболических путях, анаболизме и катаболизме, а также специфических и общих путях этих процессов, а также об энергетическом обмене, которые являются основными разделами биохимии. Учебная пособия обогащен материалами из современной литературы. Информация о метаболизме веществ и энергии подробно раскрыта на основе научной литературы, опубликованной за последние годы.

The textbook covers theoretical knowledge of metabolism, assimilation, dissimilation, metabolic pathways, anabolism and catabolism, as well as specific and general ways of these processes, as well as energy metabolism, which are the main branches of biochemistry prepared as educational literature. The textbook is enriched with materials from modern literature. Information on the metabolism of substances and energy is covered in detail, based on the scientific literature published in recent years.

Taqrizchilar:

A.G. Karabayev — Tibbiyot fanlari nomzodi, dotsent

M.S. Kuziyev — Biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

O.O. Qo'ldoshev — Veterinariya fanlari nomzodi, assistent

ISBN 978-9943-8194-0-5

© «O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2022.

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining «Oily ta'lim muassasalari o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash» to'g'risidagi qarori ijrosini amalga oshirish doirasida belgilangan – zarur o'quv adabiyotlarini belgilangan tartibda nashr qilish uchun tayyorlangan ushbu o'quv qo'llanma veterinariya va tibbiyot oily o'quv yurtlarida o'tiladigan fundamental fan – Biologik kimyoning amaldagi o'quv reja va namunaviy fan dasturiga mos ravishda tayyorlangan.

O'quv qo'llanma moddalar almashinuvi, metabolizm, katabolizmning umumiy yo'llari haqida eng yangi o'quv va ilmiy manbalardan foydalanilgan holda tayyorlangan.

O'quv qo'llanma o'qitishning yangi pedagogik texnologiyalari, interaktiv usullar asosida yozilganligi bilan o'qitishning yangi modul ta'lim tizimiga to'liq mos keladi.

O'quv qo'llanmada mavzuga mos nazariy qism, vaziyatli masalalar, testlar, amaliy ko'nikma savollari, talabalar bilimini mustahkamlash uchun topshiriqlar mavjud. O'quv qo'llanmani yozishda eng so'nggi o'quv va ilmiy manbalardan foydalanilgan.

Moddalar almashinuviga kirish

Sog'lom organizmda moddalar almashinuvini o'rganish, kasalliklarning sababini tushunish uchun zarur hisoblanadi. Ochlik, jismoniy zo'riqish, homiladorlik va laktatsiya davrlarida normal metabolitik jarayon — moslashish muhimdir. Ovqat mahsulotlarining organizmga yetarli miqdorda qabul qilinmasligi, fermentlar faolligi o'zgarishi, gormonlar disbalansida metabolizmning buzilishi kuzatiladi. Shuning uchun ko'rilayotgan mavzu tibbiyot amaliyotida turli kasalliklar patogenezi tushunishda katta ahamiyatga ega.

Tirik organizmning jonsiz tabiatdan asosiy farqi uning o'zini o'rab turgan tashqi muhit bilan modda va energiya almashinuvidir. Ovqatlanish va nafas olish organizmni tashqi muhit bilan bog'lovchi omil bo'libgina qolmay, balki modda va energiya almashinuvining asosiy bosqichlaridan hisoblanadi. Ovqatning asosiy komponentlari: oqsil, uglevod, lipidlar organizm uchun ham energetik manba, ham plastik material hisoblanadi. Organizmning kundalik energiyaga bo'lgan ehtiyojini 55 foizi uglevodlar hisobiga, 15 foizi oqsil va 30 foizi lipidlar parchalanishi (katabolizmi) hisobiga qoplanadi. Asosiy ozuqa moddalarning katabolizmini 3 bosqichga bo'lish mumkin.

1. Katabolizmning spetsifik yo'li:

a) ovqat hazm bo'lishi — ozuqa moddalarning oshqozon-ichak traktida so'rilishga tayyorlanishi, so'rilish — ingichka ichak shilliq pardasi orqali ozuqa moddalarning so'rilishi;

b) monomerlarning spetsifik parchalanishi.

2. Katabolizmning umumiy yo'llari:

a) pirouzum kislotalari (piruvat) ning oksidlanishli dekarboksillanishi;

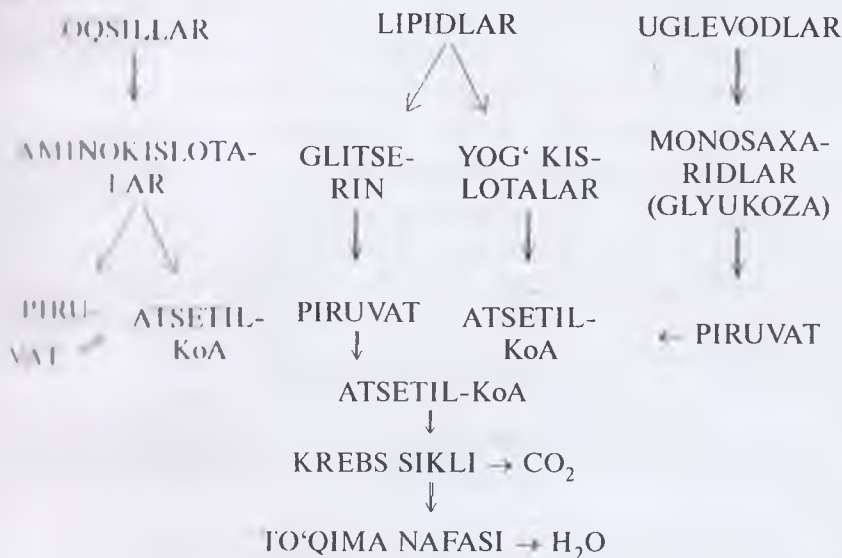
b) uchkarbon kislotalar sikli:

3. Nafas olish zanjirida proton va elektronlar tashilishida energiya hosil bo'lishi (1-rasm).

Odam ovqatida ham organik, ham mineral kimyoviy birikmalar bo'ladi. Ovqat organik moddalarning juda katta qismini

asosiy oziq moddalari — uglevodlar, lipidlar, oqsillar tashkil qiladi, bular ovqatning major komponentlari deyiladi. Ovqatning minor komponentlari ham mavjud bo‘lib, ularga: vitaminlar, mineral moddalar kiradi.

Oziq moddalarining almashinadigan va almashtirib bo‘lmaydigan turlari bor. Almashinadigan moddalar organizmda boshqa moddalardan sintez bo‘lishi mumkin. Masalan, lipidlar uglevodlardan, uglevodlar aminokislotalardan hosil bo‘lishi mumkin. Almashinab bo‘lmaydigan oziq moddalari boshqa moddalardan sintez bo‘lmaydi va shu sababli ovqat tarkibida bo‘lishi kerak. Bular — aminokislotalar (valin, leysin, izoleysin, treonin, metionin, fenilalanin, triptofan, lizin); almashtirib bo‘lmaydigan yog‘ kislotalari (araxidonat, linolat, linolenat); vitaminlar; mineral moddalar.



I-rasm. Katabolitik yo‘llar

Organizmda moddalar avval bitta metabolitga aylanadi, keyin bundan ikkinchi va hokazo metabolitlar hosil bo‘lib boradi. Bu ketma-ket jarayonlarni metabolitik yo‘llar deb ataladi.

Metabolizm bu — barcha metabolitik yo‘llarning majmuasidir. Metabolizmda moddalar o‘zgarishining ikkita asosiy tomoni — katabolizm bilan anabolizm tafovut qilinadi. Katabolizm-da organik moddalar pirovard natijada karbonat anhidrid (CO_2) va suvga parchalanadi. Katabolizm ekzergonik (energiya ajraladigan) jarayondir. Anabolizm bu — oddiy moddalarning murakkab moddalarga aylanishidir. Anabolizm reaksiyalari endergonik (energiya sarflanadi) reaksiyalar jumlasiga kiradi; bular uchun katabolizm jarayonida hosil bo‘lgan ATF energiya manbayi bo‘lib xizmat qiladi.

Metabolik yo‘llar:

1. Markaziy metabolik yo‘llar bir — necha yuz gramm oqsillar, karbon suvlar, yog‘lar parchalanishi natijasida CO_2 , H_2O va energiya hosil bo‘ladi.

2. Ikkilamchi metabolik yo‘llar — bu spetsifik moddalarni hujayrada hosil bo‘lishi. Masalan, gormonlar, toksinlar, kofermentlar va boshqalar. Ularning miqdori mglarda o‘lchanadi.

3. Siklik metabolik yo‘llar. Ular mikroorganizmlarga xos bo‘lib, hujayra yonilg‘isi sifatida oksalat ishlatiladi.

Hozirgi vaqtda 2000 dan ortiq fermentlar hujayra metabolizmida ishtirok etishi aniqlangan. Ularning bir qismi asosiy, boshqalari ikkilamchi metabolik yo‘llarda ishtirok etadi. Ammo ularning barchasi bir-biri bilan uzviy bog‘liqdir. Ularning sxematik ko‘rinishi metabolik kartani tashkil qiladi.

Modda almashinuvini o‘rganish yo‘llari

Modda almashinuvini quyidagi yo‘llar bilan aniqlash mumkin:

1. Tirik organizmda.
2. To‘qima yoki a‘zolarida.
3. Hujayralarda.
4. Hujayra organellalarida.
5. Molekulalarda.

Oraliq metabolizmni o'rganish usullarini 3 guruhga bo'lish mumkin:

1. Tirik organizmda.
2. Analitik-dezintegrativ usul.
3. Sintetik usul.

Tirik organizmdagi usul izotoplar qo'llanilishiga asoslangandir. Bu usullar yordamida essensial ozuqa mahsulotlari to'g'risida muhim ma'lumotlar olingan.

Analitik-dezintegrativ usullar hujayra organoidlari yoki moddalarni ayratib olib, ularda kechadigan jarayonlarni o'rganishga qo'shilgan. Ammo bunda murakkab biologik bog'lanishlarni uzi-lichi kuzatiladi.

Sintez usullari ma'lum bir jarayonni sun'iy ravishda yaratishga asoslangan. Bunda maxsus modellardan foydalaniladi.

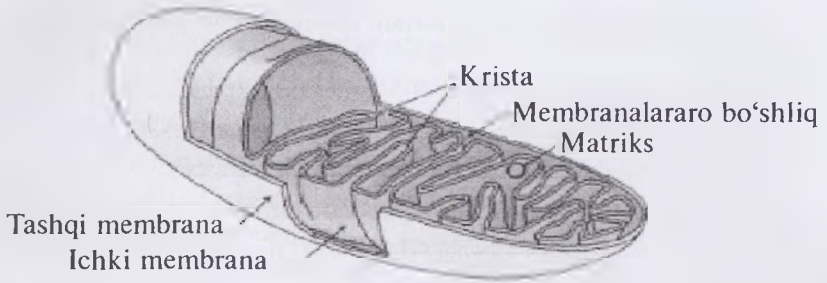
Savollar:

1. Metabolizm nima?
2. Metabolitik yo'llar nima?
3. Metabolitlarning sarflanish yo'llari qanday?
4. Anabolizm va katabolizm nima?
5. Assimilyatsiya va dissimilyatsiya nima?
6. Moddalar almashinuvi tushunchasining metabolizm tushunchasidan farqi?

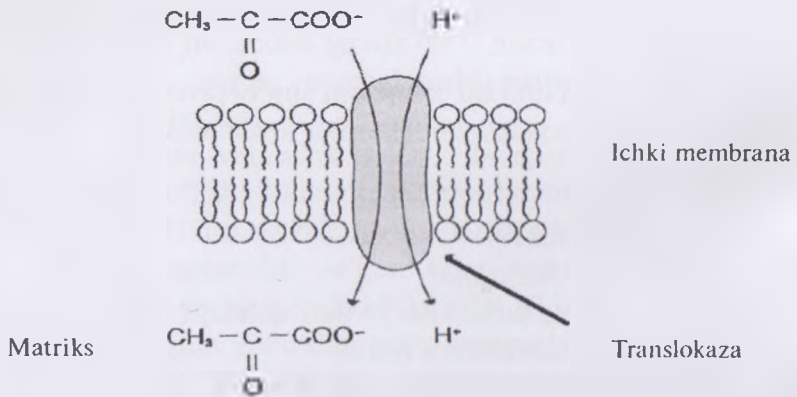
Katabolizmning umumiy yo'llari

Pirouzum kislotasi(piruvat)ning oksidlanishli dekarboksillanishi

Piruvat glyukoza, aminokislotalar, glitserin va boshqa moddalar katabolizmidan hosil bo'lib, oksidlanishi mitoxondriya matritksida sodir bo'ladi. Sitoplazmadagi piruvat mitoxondriya matritksiga ichki membrana orqali maxsus tashuvchi oqsil – piruvatkarboksilaza yordamida H^+ bilan simport mexanizmi bo'yicha o'tadi (2-3-rasmlar).

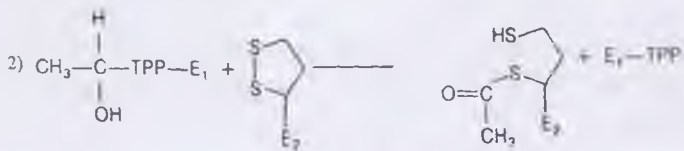
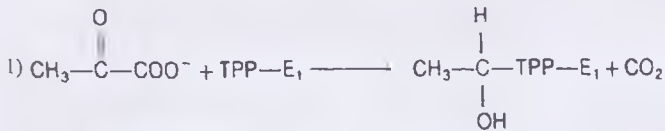


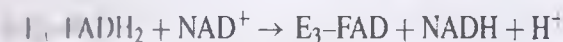
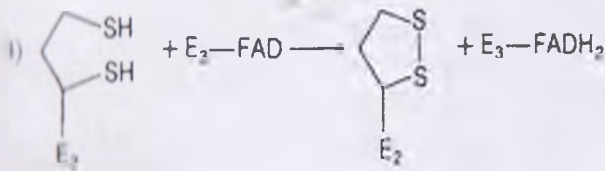
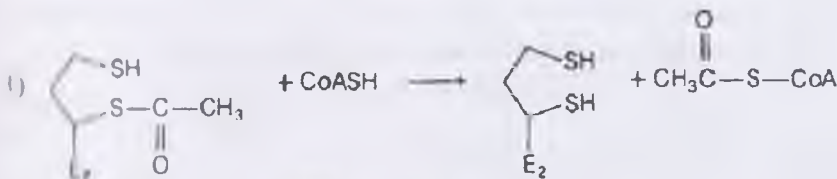
2-rasm. Mitoxondriya tuzilishi



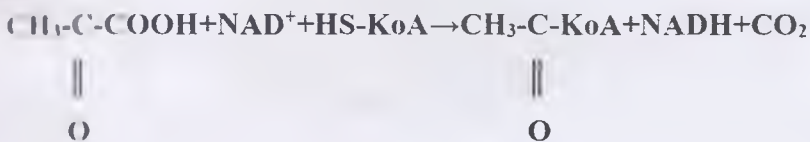
3-rasm. Piruvatning mitoxondriya membranasidan tashilishi

Piruvatning oksidlanishli dekarboksillanishini quyidagicha tasvirlanadi





Пируватнинг окsidlanishli dekarboksillanishi umumiy reaksiya:



Ushbu jarayon piruvatdehidrogenaza kompleksi (PDG) tarkibiga kiruvchi 3 ferment:

- 1) E_1 – Piruvatdehidrogenaza (Piruvatdekarboksilaza),
- 2) E_2 – Digidrolipoilatsetiltransferaza (Digidrolipoiltransferaza),

3) E_3 – Digidrolipoildehidrogenaza hamda 5 koferment:

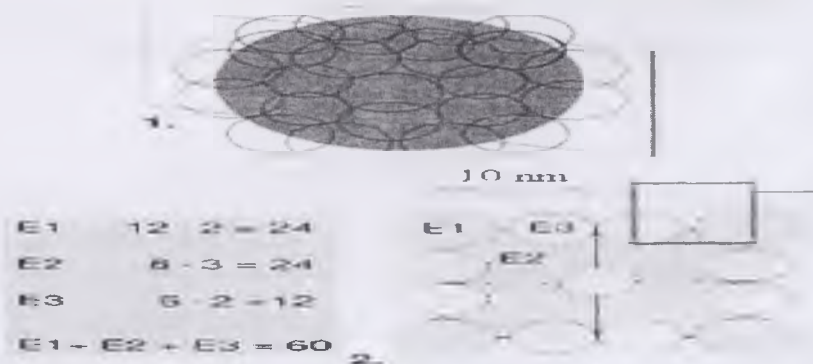
- 1) Tiamin pirofosfat (TPF),
- 2) Lipoil kislota (LK),
- 3) Koenzim A (KoA),
- 4) Flavın adenin dinukleotid (FAD),
- 5) Nikotinamid adenin dinukleotid (NAD);

Ushu bilan birga tarkibida boshqaruvchi subbirliklar: protein-kinaza va fosfoproteinofosfatazalar kiradi (1-jadval).

Piruvatdegidrogenaza kompleksi tarkibi

Ferment		Monomerlar soni	Koferment	Vitamin
Piruvatdekarboksilaza (Piruvatdegidrogenaza)	E ₁	120 (30 ta tetramer)	TPP	B ₁
Digidrolipoilatsetil-transferaza	E ₂	180 (60 ta trimer)	LK, KoA	Lipoil kislota (LK), panto-ten kislota
Digidrolipoil-degidrogenaza	E ₃	12 (6 ta dimer)	FAD, NAD ⁺	B ₂ , PP

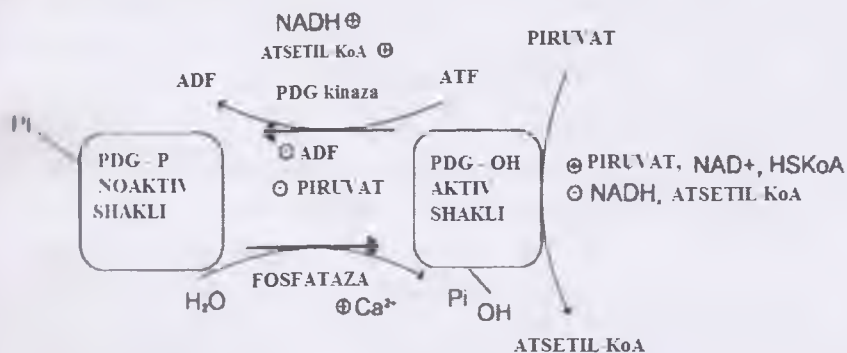
PDG kompleksi markazida digidrolipoilatsetiltransferaza yadro hosil qilib joylashgan. Unga piruvatdekarboksilaza va digidrolipoildegidrogenaza bogʻlangan holda joylashgan (4-rasm).



4-rasm. Piruvatdegidrogenaza kompleksi tarkibi PDG kompleksining boshqarilishi

PDG kompleksi fosforlanish va defosforlanish yoʻli bilan boshqariladi. PDG fosforlanganda ingibirlanadi, defosforlanganda esa faollashadi. ADF konsentratsiyasi oshganda PDG aktivlanadi, bu jarayon hujayrada Ca²⁺ oshganda kuchayadi. PDGning bunday aktivlanish mexanizmi mushak va yogʻ toʻqimalari uchun katta ahamiyatga ega. PDG reaksiyasi mahsulotlari atsetil-KoA va

NADH_2 PDG kinazani allosterik aktivatori. Aktivlangan kinaza PDGni fosforlab ingibirleydi. Shunday qilib, atsetil-KoA va NADH_2 ning ko'payishi piruvatdan atsetil-KoA ni hosil bo'lishini to'xtatadi. PDG kompleksi piruvat, Ca^{2+} , HSKoA, NAD^+ , ADP bilan allosterik faollashib, aksincha NADH_2 va ATF kinazani aktivlab, PDG kompleksini ingibirleydi, Ca^{2+} fosfatazani aktivlaydi. Bunday holat ochlikda jigar hujayralarida kuzatiladi: yog' to'qimasidan yog' kislotalar qonga o'tib, jigarda atsetil-KoA ga aylanadi, atsil-KoA ta'sirida PDG kompleksi ingibirlanishi kuchayadi va piruvat oksidlanmasdan glyukoza sintezi uchun sarflanadi (5-rasm).



5-rasm. PDG kompleksining boshqarilish mexanizmi

PDG kompleksi insulin gormoni bilan ham aktivlanadi. Insulin ta'sirida mitoxondriya matriksida Ca^{2+} oshadi. Miokard hujayralarida PDG kompleksi adrenalın gormoni bilan aktivlanadi. Biroq bu ta'sir siklik AMFga bog'liq emas. Arsenat hamda simob ionlari LKning $-\text{SH}$ guruhlari bilan komplekslar hosil qilib, PDGni ingibirleydi. Ovqat tarkibida tiamin yetishmasligida ham piruvat miqdori oshadi. Alkogolizm bilan kasallangan bemorlarda ovqatlanish me'yori buzilishi, tiamin yetishmasligiga sabab bo'ladi, ularga glyukoza yuborilganda piruvat va laktat to'planib, laktoatsidozga olib keladi va o'limga sabab bo'li-

shu mumkin. Bunday holat PDGning tugʻma yetishmovchiligida ham kuzatiladi.

Savollar:

1. Katabolizmning xos yoʻllariga qaysi jarayonlar kiradi?
2. Katabolizmning umumiy yoʻllariga qaysi jarayonlar kiradi?
3. PDG kompleksiga qaysi fermentlar kiradi?
4. PDG kompleksiga qaysi kofermentlar kiradi?
5. PDG kompleksi ishlashida qaysi vitaminlar ishtirok etadi?
6. PDG kompleksi qanday boshqariladi?
7. PDG kompleksi qayerda joylashgan?
8. Piruvatning oksidlanishli dekarboksidlanishida nechta ATF ajraladi?

Uchkarbon kislotalar sikli

Uchkarbon kislotalar sikli (sitrat sikli, limon kislota sikli, Krebs sikli) – katabolizmning soʻnggi bosqichi hisoblanadi. Bunda atsetil-KoA asetil qoldiqlari 2 molekula CO_2 ga oksidlanadi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida ajraladigan vodorod atomlari NAD- va FAD-bogʻliq degidrogenazalar taʼsirida nafas olish zanjiriga oʻtkaziladi, natijada suv hosil boʻladi va ADF oksidlanishli-fosforlanishi kuzatiladi. Atsetil-KoA dagi uglerod atomlari orasidagi bogʻlar oksidlanishga turgʻundir. Organizmda atsetil qoldiqlarini oksidlanishi bir necha bosqichlarda kechadi. Uchkarbon kislotalar sikli yopiq metabolitik yoʻl boʻlib 8 ta alohida reaksiyalardan iborat. Oksaloatsetat bu reaksiyada boshlangʻich hamda oxirgi mahsuloti boʻlib hisoblanadi.



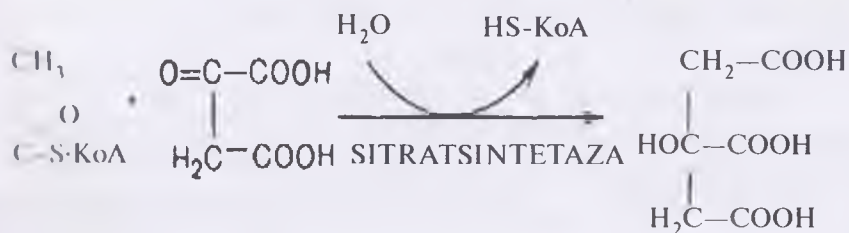
Gans Adolf Krebs

Uchkarbon kislotalar sikli uglevodlar, yogʻlar va aminokislotalar parchalanishidagi umumiy yoʻl hisoblanadi. Uglevodlar bilan yogʻlar bu siklga atsetil-KoA shaklida, aminokislotalar esa – α -ketoglutarat, suksinat va fumarat shaklida qoʻshiladi. Aktivlangan atsetatning koenzim A

shakli oksidlanishi Krebs siklida boradi. Bu sikl 1937-yilda Gans Adolf Krebs tomonidan taklif qilingan. G.Krebs (1904-yilda tugʻilgan) O. Varburgning shogirdi boʻlib u siydikchil hosil boʻlish nazariyasini va limon kislotasi siklini kashf qilganligi uchun 1954-yil fiziologiya va meditsina sohasida Nobel mukofotiga sazovor boʻldi.

Uchkarbon kislotalar sikli reaksiyalarining ketma-ketligi

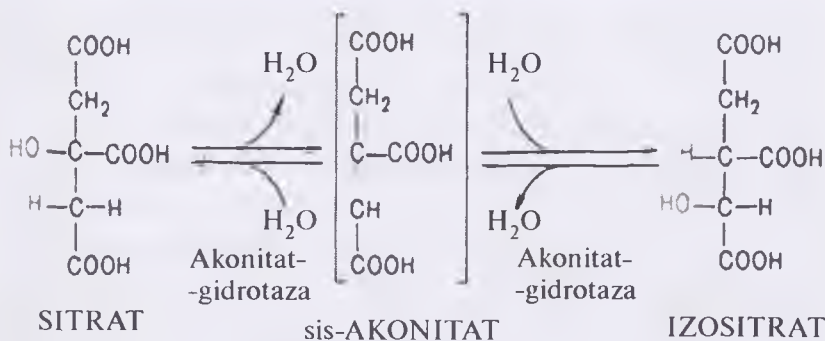
1-REAKSIYA. Sitratni hosil boʻlishi. Sitrat hosil boʻlish reaksiyasida asetil-KoA metil guruhidagi uglerod atomi oksaloasetatning karbonil guruhi bilan bogʻlanadi; shu bilan bir vaqtda tioefin bogʻi parchalanadi va koenzim-A ajraladi ($\Delta G^0 -37,6$ kJ/mol). Hujayrada reaksiyaning muvozanati oʻng tomonga siljigan, chunki uning standart erkin energiyasi manfiy koʻrsatkichga ega. Bu reaksiyani mitoxondriyalarning matriksida joylashgan sitratsintetaza katalizlaydi:



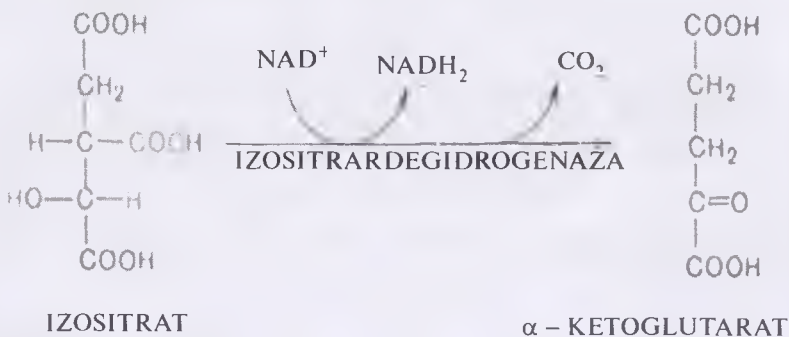
ASETIL-KoA OKSALOATSETAT

SITRAT

2-REAKSIYA. Sitratni izositratga oʻtishi. Sitrat siklining ikkinchi reaksiyasi sitratni izositratga aylanishidir. Bu reaksiyani katalizlovchi ferment, hosil boʻluvchi oraliq mahsulot sis-akonitat kislotasi nomi bilan nomlangan (akonitatgidrotaza). Ammo bu modda erkin holda ajratib olinmagan, chunki reaksiya tugamaguncha fermentdan ajralmaydi. Ferment suvni sis-akonitatning qoʻsh bogʻiga birlashtirib izolimonsis-akonitat kislotasini hosil qiladi:

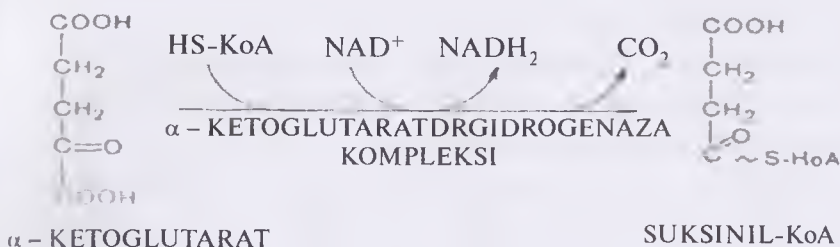


3-REAKSIYA. *Izositratni oksidlanishli dekarboksillanishi.* Bu reaksiyani izositratdehidrogenaza katalizlaydi. Izositratdehidrogenazaning 2-shakli mavjud: biri koferment sifatida NAD^+ tutadi, ikkinchisi — NAD^{F} . NAD -bog‘liq ferment mitoxondriyalarning matriksida joylashgan va Krebs siklida qatnashadi (NAD^{F} -bog‘liq ferment ham mitoxondriyalarda, ham sitozolda bor). Bu ferment ta‘sirida izositratdan α -ketoglutarat hosil bo‘ladi:

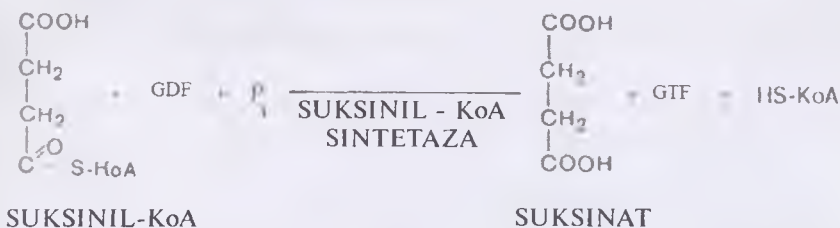


4-REAKSIYA. *α -ketoglutaratni oksidlanishli dekarboksillanishi.* Bu reaksiyada α -ketoglutarat oksidlanishli dekarboksillanib suksinil-KoA, CO_2 va $\text{NADH} + \text{H}^+$ hosil qiladi. Reaksiyani α -ketoglutaratdehidrogenaza kompleksi katalizlaydi. U tuzilishi va funksiyasi jihatidan piruvatdehidrogenaza kompleksiga o‘xshash. U ham

3 ferment: α -ketoglutaratdekarboksilaza, digidrolipoiltranssuksinilaza va digidrolipoildegidrogenaza, 5 kofermentlar: tiamindifosfat, koferment A, lipoat kislota, NAD^+ va FAD kiradi. PDG dan farqli o'laroq, α -ketoglutaratdegidrogenaza kompleksida murakkab boshqarilish mexanizmi (regulyator subbirliklar) yo'q. α -ketoglutaratni oksidlanishli dekarboksillanish reaksiya muvozanati suksinil-KoA hosil qilish tomonga siljigan va uni bir yo'nalishli deb hisoblash mumkin:



5-REAKSIYA. Suksinil-KoA suksinatga aylanishi. Suksinil-KoA – makroergik birikmadir. Uning tioefir bog'ini uzilishidan ajralgan erkin energiyasi – $\Delta G^0 -35,7 \text{ kJ/mol}$ tashkil etadi. Mitoxondriyalarda suksinil-KoAning tioefir bog'ini uzilishi guanozindifosfatni (GDF) guanozintrifosfatgacha (GTF) fosforlanishi bilan kechadi. Bu reaksiyani suksiniltiokinaza (suksinil-KoA-sintaza) fermenti katalizlaydi:

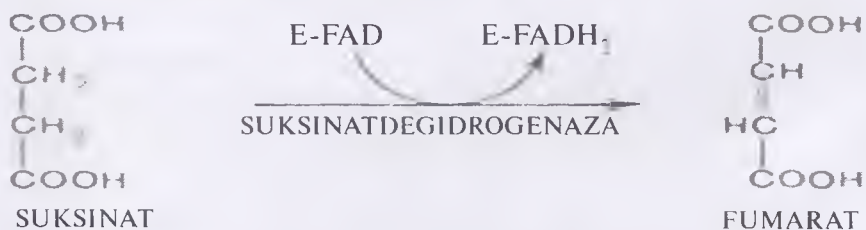


Reaksiyaning oraliq bosqichida fermentning faol markazidagi gistidin qoldiqlarini fosforlanishi kuzatiladi. So'ng fosfat kislota qoldig'i GDFga birikadi va GTF hosil qiladi. GTF oxirgi fosfat guruhi ADFga ko'chirilishi mumkin va natijada ATF hosil bo'ladi; bu qaytar reaksiyani **nukleoziddifosfatkinaza** katalizlaydi.

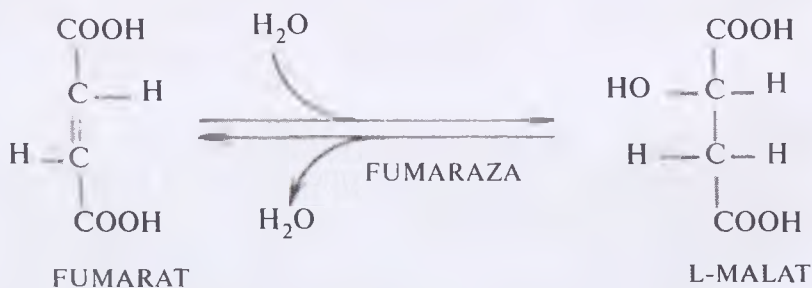


Suksinil-KoA yuqori energiyali fosfoangidrid bog‘i hisobiga fosforlanishni amalga oshirishi – substratli fosforlanishdir.

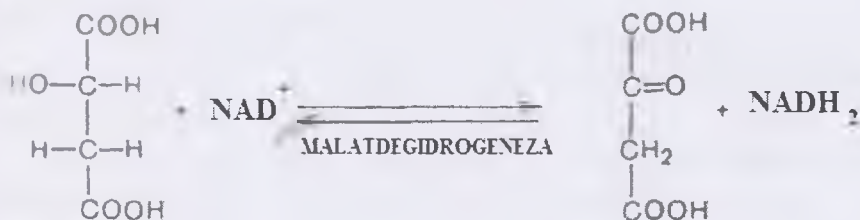
6-REAKSIYA. Suksinatni degidrogenlanishi. Suksinat suksinat-degidrogenaza (SDG) fermenti ta‘sirida fumaratga aylanadi. Bu ferment – flavoproteid, molekulasidagi FAD oqsil bilan kuchli kovalent bog‘langan. SDG ichki mitoxondrial membrananing ichki yuzasida joylashgan, 2 subbirlikdan iborat, bittasi koferment sifatida FAD tutadi. Ikkala subbirliklarda temir-oltingugurt markazlari bor; bittasida – Fe_2S_2 , ikkinchisida esa – Fe_4S_4 . Bu markazlardagi temir atomlarining valentligi o‘zgarib turadi va elektronlar tashilishida qatnashadi.



7-REAKSIYA. Fumaratdan malatni hosil bo‘lishi. Malat hosil bo‘lishini fumaratgidrataza (fumaraza) fermenti katalizlaydi. Fumaraza – oligomer oqsil, 4 bir xil polipeptid zanjirlardan iborat. U mitoxondriyaning matriksida joylashgan, stereospetsiflikka ega va faqat trans-fumaratni gidratatsiyasini katalizlaydi:



8-REAKSIYA. Malatni degidrogenlanishi. Sitrat siklining oxirgi reaksiyasida malat degidrogenlanib oksaloatsetatni hosil qiladi:

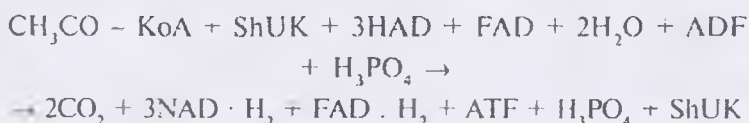


L-MALAT

OKSALOATSETAT

Reaksiyani mitoxondriyalarning matriksida joylashgan NAD ga bog'liq malatdegidrogenaza katalizlaydi. Reaksiyaning muvozanati chapga siljigan. Lekin, shunga qaramay, intakt hujayralarda reaksiya chapdan o'ngga kechadi, chunki hosil bo'lgan mahsulot — oksaloasetat sitratsintaza reaksiyasida jadal ishlatiladi. Sitozolda malatdegidrogenaza NADF ga bog'liq shakli mavjud, u sitrat siklida qatnashmaydi. Malatdegidrogenaza ikkala shakllari dimer oqsillardir. Ularning molekulyar og'irligi bir xil bo'lib, aminokislota tarkibi, elektroforetik xossasi va katalitik faolligi bilan bir-biridan farqlanadi.

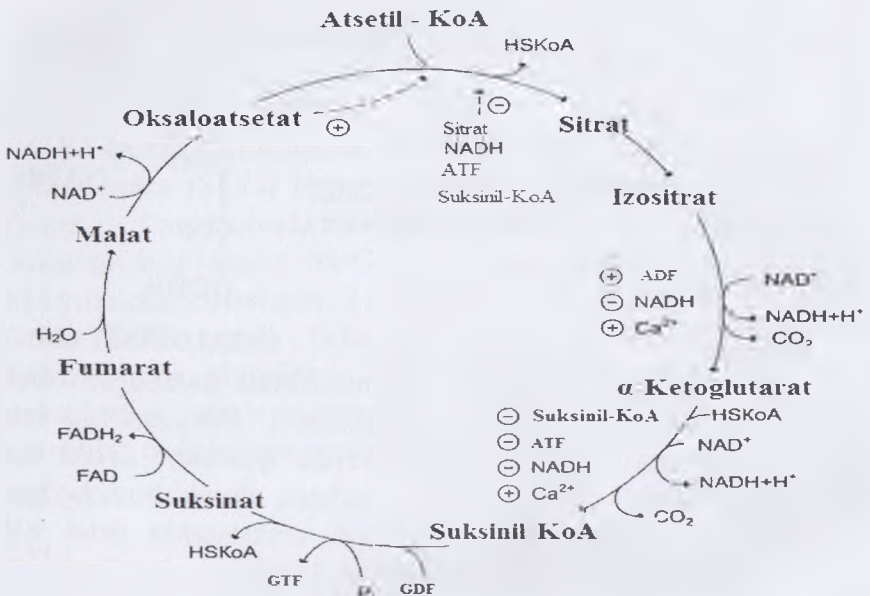
Uchkarbon kislotalar siklining umumiy reaksiyasi:



Uchkarbon kislotalar siklining boshqarilishi

Uchkarbon kislotalar sikli quyidagi fermentlar aktivliklari bilan boshqariladi:

1. Sitratsintetaza. Bu ferment katalizlovchi reaksiya substrati — oksaloatsetat konsentratsiyasi oshganda tezlashadi. Reaksiya mahsuloti sitrat ta'sirida tormozlanadi. Shu bilan birgalikda ΔH , suksinil-KoA, atsil-KoA konsentratsiyalari oshganda reaksiya tezligi pasayadi.



6-rasm. Uchkarbon kislotalar siklining boshqarilish mexanizmi

2. Izositratdehidrogenaza oligomer ferment bo'lib 8 ta sub-birlikdan iborat. Izositratning 1-chi subbirlikga birikishi ferment konformatsiyasini kooperativ o'zgartirib, substrat birikish tezli-

gini oshiradi. Izositratdehidrogenaza ADF va Ca^{2+} , Mg^{2+} bilan allosterik aktivlanadi. NADH_2 konsentratsiyasining oshishi ferment aktivligini pasaytiradi.

3. α -ketoglutaratdehidrogenaza kompleksi asosiy boshqaruvchilari NADH_2 va suksinil-KoA bo'lib, bular ta'sirida reaksiya ingibirlanadi.

Shu bilan birga, ATF konsentratsiyasi oshishi reaksiya tezligini susaytiradi, Ca^{2+} ta'sirida aksincha reaksiya tezligi oshadi.

SDG allosterik ferment fosfat, suksinat, fumarat ta'sirida faollashadi, oksaloasetat esa bu fermentning konkurent ingibitori hisoblanadi. ATF sarflanishining jadallashishi hujayrada ADF konsentratsiyasini oshishiga olib keladi, bu esa nafas zanjirida NADH oksidlanishini tezlashtiradi, ya'ni NAD ga bog'liq dehidrogenazalar faolligini oshiradi. ADF/ATF va NADH/NAD^+ nisbati umumiy katabolizm yo'llari reaksiyalari tezligining asosiy modulyatori hisoblanadi (5-rasm).

Uchkarbon kislotalar siklining biokimyoviy funksiyalari

1. Integrativ funksiyasi — Krebs sikli metabolik «kollektor» (yig'uvchi) bo'lib, uglevodlar, lipidlar va oqsillarning katabolik yo'lini birlashtiradi.

2. Energetik funksiyasi — Krebs sikli reaksiyalarining borishi natijasida 1 mol atsetil- KoAning to'liq oksidlanishida 12 mol ATF hosil bo'ladi.

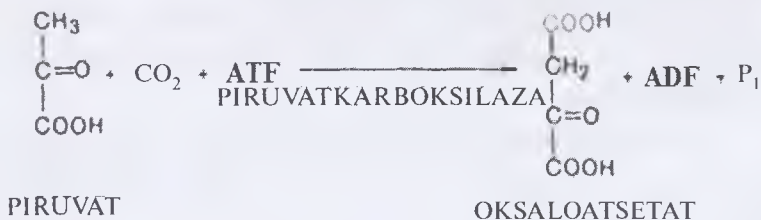
3. Vodород donorlik (vodorod generatorlik) funksiyasi — Krebs sikli nafas olish zanjiri uchun vodorodning asosiy generatori hisoblanadi. Bu siklda 4 juft vodorod atomlari hosil bo'lib, ulardan 3 jufti NAD bilan, bir jufti esa FAD bilan birikadi. Oshqozon shilliq qavati fundal bezlarining hujayralarida vodorod kationlari elektron tashish zanjiriga emas balki xlorid kislota sinteziga sarflanadi. Ushbu jarayon buyrakdagi yig'uv naychalaridagi to'q bo'yalgan hujayralariga ham xos va siydikning kislota-asosli muvozanatini saqlashda ahamiyatga ega.

4. Amfibolik funksiyasi. Limon kislota sikli metabolizmning amfibolik yo'llaridan biri hisoblanadi. Bunda nafaqat energetik substratlarni oxirgi mahsulotlargacha (CO_2 va H_2O) oksidlanish yo'li bilan parchalanishi, balki boshqa metabolik yo'llar uchun substratlarni hosil qilishini o'z ichiga oladi. Ya'ni, Krebs sikli ikki xil funksiyani bajaradi.

a) Katabolik-metabolitlarning oksidlanishi;

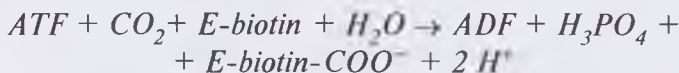
b) Anabolik – asetil-KoA va oksalasetatdan birikish reaksiyasi natijasida sitrat hosil bo'lishi (natijada yog' kislotalari va xolesterin), oksaloasetatdan (glyukoneogenez jarayonida) – glyukoza, oksaloasetatdan (transaminlanish jarayonida) – aspartat, α – ketoglutaratdan (transaminlanish jarayonida) – glutamat aminokislotalari, suksinil-KoA dan gem va boshqalar sintezlanadi.

Krebs siklning oraliq mahsulotlarini kamayishi spetsifik fermentativ reaksiyalari tomonidan to'ldirib turiladi. Bu jarayonlar dinamik muvozanatda bo'ladi va ularning konsentratsiyasi mitoxondriyalarda doimiydir. Krebs siklning oraliq mahsulotlar fondini to'ldirib turuvchi reaksiyalar anaplerotik (to'ldiruvchi) reaksiyalar deyiladi. Ularning ichida eng muhimi – piruvatdan oksaloasetat sintezlanish reaksiyasidir. Bu reaksiyani mitoxondrial ferment – piruvatkarboksilaza katalizlaydi:

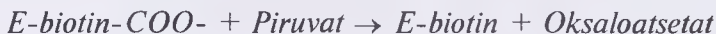


Piruvatkarboksilaza – murakkab oligomer ferment. Ferment molekulasi biotinli 4 prostetik guruhni tutadi. Biotin oqsil molekulasining lizin qoldiqlari bilan kovalent amid bog'i orqali bog'langan. Agar limon kislota sikli uchun oksaloasetat yoki boshqa oraliq mahsulotlar yetishmovchiligi kuzatilsa, piruvatni karboksillanishi tezlashadi. Bu reaksiyada energiya manbayi

bo'lib ATF xizmat qiladi. Reaksiya 2 bosqichda kechadi. Birinchi reaksiyada CO_2 biotinning azot atomiga birikadi va faollashadi, bu reaksiya ATF gidrolizi bilan kechadi.

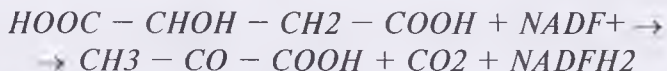


Ikkinchi bosqichda faollashgan karboksil guruh piruvatga o'tkaziladi.



Piruvatkarboksilaza boshqarilishi. Piruvatkarboksilazaning allosterik aktivatori atsetil-KoA hisoblanadi. Uning miqdorini ortishi oksaloatsetat hosil bo'lishini jadallastiradi va Krebs sikli reaksiyalari ham tezlashadi.

Sitrat siklining metabolitlari yog' kislotalari, steroidlar va boshqa birikmalar sintezi uchun vodorod donori bo'lib xizmat qiladi. Masalan, NADF ga bog'liq malat- va izositratdehidrogenazalar. Malat mitoxondriyadan sitozolga chiqadi va NADFga bog'liq dehidrogenaza (malik-ferment) ta'sirida quyidagi reaksiyani katalizlaydi:



Malat va izositrat qaytarilish jarayonlarida NADFH₂ ning bir qismini hosil qiladi, NADFH₂ ning asosiy qismi glyukoza parchalanishining pentozofosfat yo'lida hosil bo'ladi.

Uchkarbon kislotalar siklining energetik ahamiyati

Uchkarbon kislotalar 1 siklida 2CO_2 (izositratni α -ketoglutaratga va α -ketoglutaratni suksinil-KoAga aylanishida) hosil bo'ladi. Sitrat siklining 4 reaksiyasida dehidrogenlanish kuzatiladi va qaytarilgan kofermentlar: 3 molekula $\text{NADH} + \text{H}^+$ va 1 molekula FADH_2 hosil bo'ladi. Shu bilan birga 2 molekula suv sarflandi (sitrat hosil bo'lishida va fumarat gidratatsiyasida). Limon kislota siklida hosil bo'lgan qaytarilgan kofermentlar (3 molekula NADH_2 va 1 molekula FADH_2) vodorodni nafas olish zanjiriga

beradi va kislorodga o'tkazadi. Qaytarilgan kislorod suvni hosil qiladi. Har bir NADH_2 molekulasini nafas olish zanjirida oksidlanishida 3 molekula ATF, har bir FADH_2 molekulasidan 2 molekula ATF hosil bo'ladi. Shunday qilib, har bir limon kislota sikli aylanishida oksidlanish-fosforlanish yo'li bilan 11 molekula ATF sintezlanadi. 1 molekula ATF substrat fosforlanish yo'li bilan sintezlanadi. Jami, 1 molekula atsetil-KoA ning Krebs siklida oksidlanishida 12 molekula ATF hosil bo'ladi.

Savollar:

1. Krebs siklining vazifalari nimadan iborat?
2. Krebs siklining 1-reaksiyasi qanday boshqariladi?
3. Krebs siklining 3-reaksiyasi qanday boshqariladi?
4. Krebs siklining 4-reaksiyasi qanday boshqariladi?
5. Krebs siklining 5-reaksiyasi qanday boshqariladi?
6. Krebs siklining 6-reaksiyasi qanday boshqariladi?
7. Krebs siklida nechta ATF ajraladi?
8. Krebs siklining qaysi reaksiyasi mitoxondriya ichki membranasida o'tadi?

Energiya almashinuvi, biologik oksidlanish to'g'risida tushuncha

Tirik organizmlar tashqi muhit bilan doimo uzviy bog'liqlikda bo'ladi. Bu bog'liqlikni modda almashinuvi jarayonida ko'rishimiz mumkin. Oldingi mavzularda qayd etganimizdek, modda almashinuvi 3 bosqichdan iborat: ozuqa mahsulotlarni organizmga kiritilishi, metabolizm va oxirgi mahsulotlarni ekskretsiyasi. Moddalarni organizmga kiritilishi nafas olishi (kislorod) va ovqatlanish hisobiga kechadi. Oshqozon-ichak yo'llarida ozuqa mahsulotlar monomerlargacha parchalanadi, ular qon va limfaga so'rilib to'qima va a'zolarga yetib boradi va hujayralarda oraliq metabolizmga kirishadi. Oraliq metabolizm (hujayra ichi metabolizmi) 2 turdagi reaksiyalarni: katabolizm va anabolizmi o'z ichiga olinishi aytib o'tilgan edi.

Tirik organizmlar termodinamik jihatdan ochiq tizimdir. Tizim bilan tashqi muhit orasida termodinamika qonuniyatlariga asoslangan holda energiya almashinuvi kechadi. Organizmga tashqaridan kiruvchi yoki tirik materiya tarkibiga kiruvchi organik birikma ma'lum bir miqdorda ichki energiya zaxirasiga ega (E), uning bir qismi ish bajarish uchun sarflanishi mumkin. Tizimning bunday energiyasi erkin energiya deb ataladi (G).

Doimiy temperatura va bosimda tizimning erkin energiyasi (ΔG) va entropiyaning (ΔS) o'zgarishi orasida quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

bunda: ΔH – entalpiyani (tizimdagi ichki energiyasi yoki is-siqligi) o'zgarishi; T – absolyut temperatura. Biokimyoviy reaksiyalarda ΔH taxminan ΔS (reaksiya natijasida tizimning ichki energiyasini o'zgarishi)ga teng. Biologik tizimlarning erkin energiyasini aniqlash standart holatlarda olib boriladi (pH 7,0 temperatura $25^{\circ}C$, barcha eritmalar konsentratsiyasi 1 mol/l, gazlar esa 1 atm. bosimida). Standart holatda barcha funksiyalar ΔG^0 , ΔS^0 va ΔH^0 ko'rinishida bo'ladi. Standart erkin energiya o'zgarishini (ΔG^0) hisoblash uchun kimyoviy reaksiya muvozanati konstantasini (K) bilish kerak.

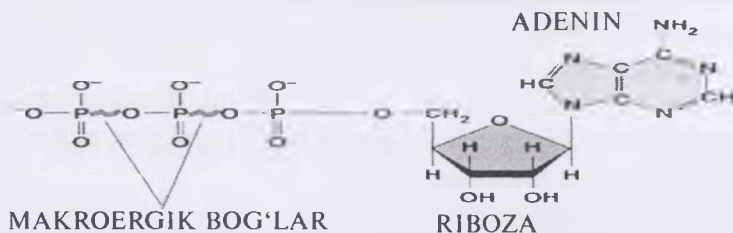
Kimyoviy reaksiyaning yo'nalishi ΔG ko'rsatkichiga bog'liq. Agar bu ko'rsatkich manfiy bo'lsa, reaksiya o'z-o'zidan kechadi va erkin energiyani kamayishi bilan boradi. Bunday reaksiyalar ekzergonik reaksiyalar deyiladi. Agar bunda ΔG absolyut ko'rsatkichi yuqori bo'lsa, reaksiya oxirigacha davom etadi va qaytmas bo'ladi. Agar ΔG musbat bo'lsa reaksiya faqat tashqaridan erkin energiya kiritilishi natijasida kechadi; bunday reaksiyalar endergonik reaksiyalar deyiladi. Agar ΔG absolyut ko'rsatkichi yuqori bo'lsa, bu tizim turg'undir va reaksiya kechmasligi mumkin. Agar ΔG nolga teng bo'lsa tizim muvozanatda bo'ladi (2-jadval).

Kimyoviy reaksiyaning yoʻnalishi ΔG koʻrsatkichiga bogʻliqligi

K	ΔG^0	Komponentlar konsentratsiyasi 1 mol boʻlganda reaksiya yoʻnalishi
>1.0	Manfiy	Chapdan oʻngga
1.0	Nolga teng	Turgʻun holat
<1.0	Musbat	Oʻngdan chapga

Biologik tizimlarda termodinamik jihatdan mukammal boʻlmagan endergonik reaksiyalar faqat tashqi energiya hisobiga, yaʼni ekzergonik reaksiyalar energiyasi hisobiga, kechishi mumkin. Bunday reaksiyalar energiyaga bogʻliq reaksiyalar hisoblanadi. Bunday reaksiyalarning koʻpchiligi bogʻlovchi omil – adenzinuchfosfat (ATF) hisobiga kechadi (7-rasm).

ATF-HUJAYRANING UNIVERSAL ENERGIYA MANBAYI



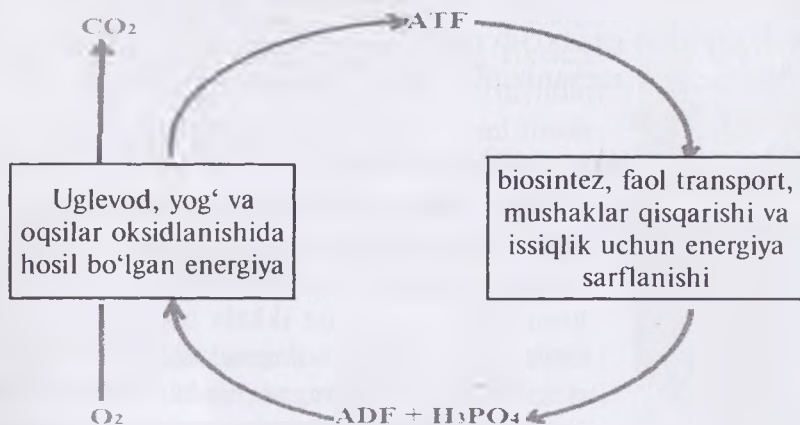
7-rasm. Adenzin trifosfat

Toʻqimalarda organik moddalarning katabolizmi kislorod ishtirokida CO₂ ajralishi bilan kechadi. Bu jarayon toʻqima nafas olishi deb ataladi. Kislorod bu jarayonda oksidlanayotgan (parchalanayotgan) moddadan (substratlardan) vodorod akseptori vazifasini bajaradi va natijada suv hosil boʻladi.

Oksidlanuvchi turli xil organik moddalar (S – substratlar) katabolizmning mahsulotlari boʻlib, ularning parchalanishi ekzoergik jarayon hisoblanadi. Oksidlanish natijasida ajralayotgan energiya issiqlik sifatida tarqalishi mumkin, yoki qisman ADF

fosforillanib ATF hosil bo'lishiga sarflanishi mumkin. Organizm oksidlanayotgan moddalardan ajralayotgan energiyasining taxminan 40% ATF makroergik bog'lar energiyasiga aylantirishi mumkin. Biosferadagi ko'pchilik organizmlar asosiy energiya manbai sifatida shu yo'ldan foydalanadi.

Bu yo'l bilan tashqaridan tushgan ozuqa mahsulotlaridagi kimyoviy energiyani hujayralar metabolik faol energiyaga aylantiradi. Degidrogenlanish reaksiyalari va hosil bo'lgan energiya hisobiga ATF sintezi energetik jihatdan uzviy bog'langan reaksiyalar hisoblanadi. Bu ATFning oksidlanishli fosforillanishi deb nomlanadi.



8-rasm. Energiya almashinuvi

Yuqorida keltirilgan tenglamalardagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari umumiy shaklni ifodalaydi, chunki bu jarayon substratlarni to'g'ridan to'g'ri degidrogenlanishi hisobiga kechadi va bunda kislorod vodorod akseptori vazifasini o'taydi. Ammo kislorod hujayralarda proton va elektronlarni tashilishida qatnashadi.

Biologik oksidlanish yoki to'qima nafas olishi deb to'qimalarda organik moddalarni kislorod ishtirokida parachalanishi va karbonat angidridini ajralishiga aytiladi. Bunday oksidlanish

jarayonida energiya ajralib chiqadi va o'z tabiatiga ko'ra ekzergonik jarayon hisoblanadi.

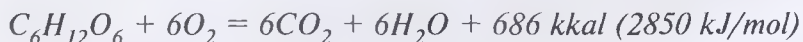
Biologik oksidlanish nazariyalari



Antuan Loran Lavuazyé

A.L. Lavuazyé (1727-y.) «Oksidlanish-yonish» nazariyasida: nafas olish jarayonida O_2 , C va H_2 bilan birikib, CO_2 va H_2O hosil bo'ladi, bunda energiya ajraladi. Bu energiya miqdori organizmda va undan tashqarida bir xil. Ammo yonish jarayonidan farqli o'laroq, biologik oksidlanish past haroratda, alangasiz va suv ishtirokida boradi. Shuni aytish

joizki, O_2 inert gaz bo'lib reaksiyaga to'g'ridan to'g'ri kirishmaydi. Bu jarayon mexanizmini yoritib berishda bir necha nazariyalar yaratilgan:



Aliksey Nikolayevich
Bax

A.N. Bax (1897-y.) «Aktivlashgan kislorod-peroksid»li nazariyasi. Bu nazariyaga ko'ra yengil oksidlanuvchi moddalar ta'sirida kislorod molekulasining ikkala bog'i emas, balki bitta bog'i uziladi, so'ngra kislorod molekulasini to'liq oksidlanayotgan modda bilan birikib, oraliq mahsulot sifatida peroksid hosil bo'ladi.

Bu esa peroksidaza fermenti ta'sirida parchalanadi va oksidlangan modda hosil bo'ladi.

Bu nazariyaning kamchiligi anaerob organizmlarda oksidlanish-qaytarilish jarayonlarini aniqlash imkonini bermaydi.



Palladin Vladimir
Ivanovich

V.I. Palladin (1908-y.), G.O. Viland (1877-y.) «Vodorodni faollanishi» nazariyasi. Bu nazariyaga ko'ra metabolitlar oksidlanishi, oksidlanayotgan moddadan spetsifik

degidrogenazalar ta'sirida H_2 ajraladi. Palladinning fikriga ko'ra H_2 xromogenlar bilan birikadi, Vilandning fikricha esa O_2 bilan birikadi. Bu bir vaqtini o'zida substratni oksidlanishi va pigmentni qaytarilishi bilan kechadi. Shuning uchun bu jarayon oksidlanish-qaytarilish jarayoni hisoblanadi.



Biologik oksidlanishni zamonaviy nazariyasi

O.G. Varburg (1983-y.), **A. Sent-D'erdyi** (**Gyorgyi**) (1893-y.) «**Elektrolitik**» nazariyasi. Bu kislorod molekulasini oksidlangan molekula yordamida faollanishidir. Varburgning fikricha oksidlovchi modda bo'lib gemin fermentlari molekulasida tarkibiga kiruvchi Fe^{+3} atomi hisoblanadi. Bu nazariyaga ko'ra oksidlanish-qaytarilish jarayonlari elektron va protonlarni ajralishi va birikishi natijasida sodir bo'ladi va oxirida aktivlangan kislorod proton bilan birikib suvni hosil qiladi.

Bu nazariyaga asosan to'qimada metabolitni oksidlanishi bir yo'la proton va elektronlarni ajralishi va ularni kislorod molekulasiga kiritilishi bilan boradi. Ammo elektron va protonlar to'g'ridan to'g'ri kislorod bilan birikmay, balki spetsifik fermentlar va kofermentlar orqali uzatiladi.

Oksidlanayotgan SH_2 moddadan terminal akseptorga (O_2) proton va elektronlarni o'tkazishda oraliq tashuvchilar qatnashadi. Bu to'liq jarayon ketma-ket kechadigan oksidlanish-qaytarilish jarayonlarini o'z ichiga oladi va bunda tashuvchilar orasida o'zaro bog'lanishlar kechadi. Har bir oraliq tashuvchi elektron va protonlar akseptori

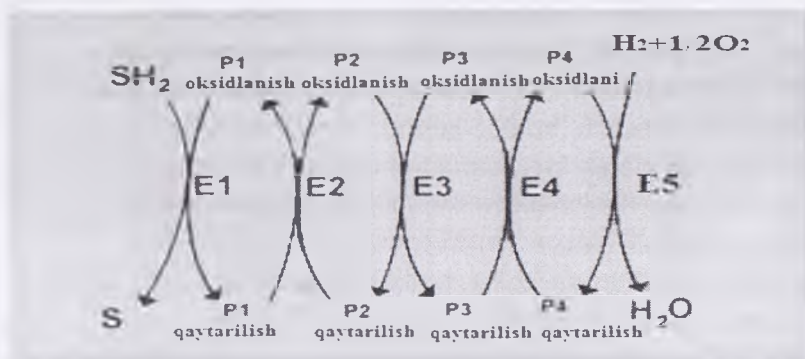


Albert Sent-D'erdyi



Otto Genri Varburg

sifatida qatnashadi va oksidlangan holatdan qaytarilgan holatga o'tadi. So'ng u proton va elektronlarini keyingi tashuvchiga beradi va o'zi yana oksidlangan holatga o'tadi. Oxirgi bosqichda tashuvchi elektronlarni kislorodga beradi va suv hosil bo'ladi. Ya'ni, SH_2 – proton va elektronlar boshlang'ich donori; P – oraliq tashuvchilar; E1, E2, E3, E4, E5 – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari fermentlari (6-rasm). Hujayralarda organik moddalarni kislorod hisobiga oksidlanishi va suvni hosil bo'lishi – to'qima nafas olishi deyiladi, elektronlar tashish zanjiri (ETZ) esa – nafas olish zanjiri deb ataladi:



9-rasm. Elektronlar tashish zanjirida elektron va protonlar harakati: SH_2 – proton va elektronlar boshlang'ich donori; P – oraliq tashuvchilar; E1, E2, E3, E4, E5 – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari fermentlari

Biologik oksidlanish fermentlari

Spetsifik degidrogenazalar ta'sirida metabolitlarni fermentativ oksidlanishi jarayonida energiya ajralishi kuzatiladi. Degidrogenlanish reaksiyalarida organik substratlardan proton va elektronlar NAD- va FAD-bog'li degidrogenazalar kofermentlariga o'tkaziladi. Yuqori energetik potensialga ega bo'lgan elektronlar qaytarilgan NADH_2 va FADH_2 kofermentlardan mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan nafas olish zanjiri tashuvchilari orqali kislorodga o'tkaziladi. Kislorod molekulasining qaytarilishi 4 elektronni tashilishi hisobiga kechadi. Kis-

lorod 2 elektronni birikishida matriksdan 2 protonni yutilishi kuzatiladi va natijada suv hosil bo'ladi.

Nafas olish zanjiri bo'ylab elektronlarni o'tishida erkin energiyasi kamayib boradi. Uning asosiy qismi ATF shaklida zaxiralanadi, qolgan qismi esa issiqlik energiyasi sifatida tarqaladi. Turli xil substrantlarni oksidlanishi natijasida hosil bo'lgan yuqori energetik potensialga ega bo'lgan elektronlar biosintez reaksiyalarida qatnashishi mumkin. Bunda ATF tashqari qaytarilgan ekvivalentlar, masalan NADPH_2 zarur bo'ladi.

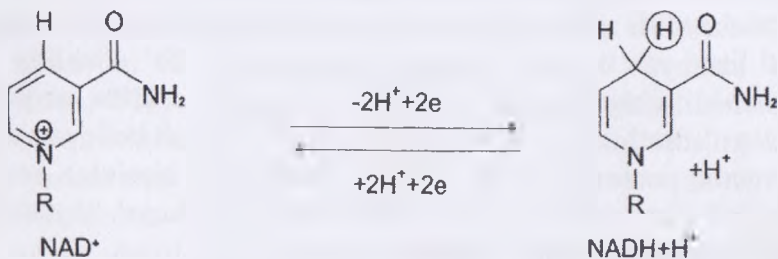
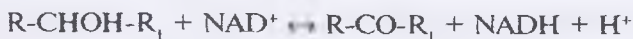
Oksidlanayotgan substratdan elektronlarni kislorodga o'tkazishi bir necha bosqichda kechadi. Bunda juda ko'p oraliq tashuvchilar qatnashib, har biri elektronlarni oldingisidan olib keyingisiga o'tkazishi mumkin. Buning natijasida ketma-ket kechadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalar zanjiri hosil bo'ladi. Buning natijasida kislorod qaytariladi va suv hosil bo'ladi.

Ubixinondan (KoQ) tashqari nafas olish zanjirining barcha komponentlari — oqsillardir. Bu oqsillar tarkibiga turli xil oqsil bo'lmagan birikmalar kiradi: FMN, temir-oltingugurt oqsillar tarkibida Fe, porfirin halqasida Fe va Cu ionlari.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining birlamchi akseptorlariga 2 xil degidrogenazalar: nikotinamidga bog'liq (PP vitamini hosilalari kofermentlari) va flavinga bog'liq (riboflavin hosilalari) kiradi.

Nikotinamidga bog'liq degidrogenazalar NAD^+ yoki NADF^+ kofermentlarini tutishi mumkin. Bu kofermentlar degidrogenazalarning faol markaziga kiradi, shu bilan birga ular reaksiya natijasida xolofermentdan qaytar dissosiativlanishi mumkin. NAD^- va NADF^- bog'li degidrogenazalar substratlari mitoxondriyalarning matriksida va sitozolda bo'lishi mumkin. Nikotinamidli kofermentlarning ishchi qismi nikotinamid hisoblanadi:

Nafas olish zanjiriga elektronlarni yetkazib beruvchi degidrogenazalar NAD^+ tutadi. Ular quyidagi turdagi reaksiyalarni katalizlaydi:

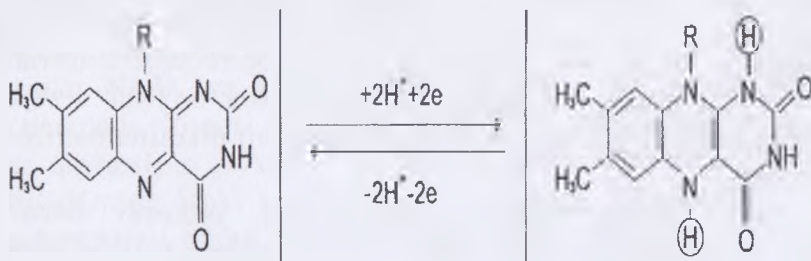


Shunday qilib, NAD^+ turli xil substratlarning proton va elektronlarini qabul qilib, oksidlanayotgan moddalarning asosiy energiya kollektori va nafas olish zanjiri uchun yuqori energetik potensialga ega bo'lgan elektronlar manbai hisoblanadi.

$NADPH$ nafas olish zanjiriga elektronlar donori bo'lib hisoblanmaydi va faqat qaytarilishli sintetik jaoayonlarda qatnashadi. Ba'zi hollarda $NADPH$ elektronlar nafas olish zanjiriga elektronlar berishi mumkin. Bu reaksiyalarni piridinnukleotidtranshidrogenazalar katalizlaydi:



Flavinga bog'liq dehidrogenazalarning kofermenti bo'lib FAD (flavinadenindinukleotid) yoki FMN (flavinmononukleotid) hisoblanadi. Organizmda bu kofermentlar vitamin B_2 dan hosil bo'ladi. Flavinli kofermentlar apoferment bilan murakab kovalent bog'langan. Bu kofermentlarning ishchi qismi izoalloksazin halqasi hisoblanadi:



FAD ko'pchilik substratlarning elektronlar akseptori bo'lib xizmat qiladi va quyidagi turdagi reaksiyalarda qatnashadi:

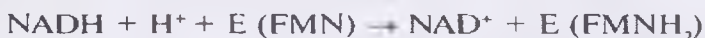


E – fermentning oqsil qismi.

Ko'pchilik FAD-bog'li dehidrogenazalar – suvda eriydigan oqsillardir, ular asosan mitoxondriyalarning matriksida joylashgan. Faqatgina suksinat-dehidrogenaza mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan. FMN-tutuvchi fermentlarga mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan NADH-dehidrogenaza kiradi, u mitoxondrial matriksda hosil bo'luvchi NADH₂ ni oksidlaydi.

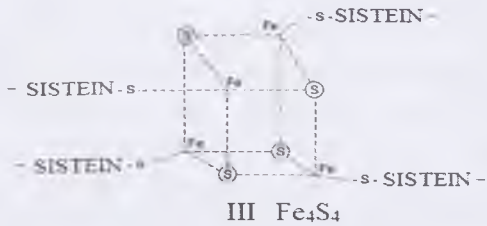
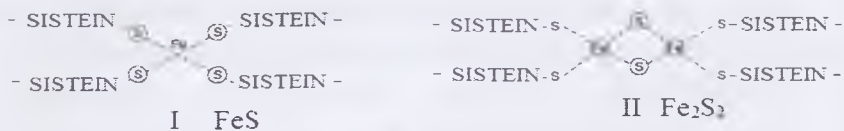
Elektronlarni NADH₂ dan O₂ tashuvchilarning barchasi mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan. Ubixinon va sitoxrom c lardan tashqari, qolgan barchasi murakkab oqsilli komplekslaridir.

NADH₂-dehidrogenaza NADH-Q-reduktaza, kompleks I bir necha polipeptid zanjiridan iborat. FMN uning prostetik guruhi hisoblanadi. Bu fermentning yagona substrati – NADH₂, undan 2 elektron va proton FMN ga o'tkaziladi va FMNH₂ hosil qiladi. Uning ikkinchi protoni matriksga ajraladi. Reaksiya quyidagi tenglama asosida kechadi:



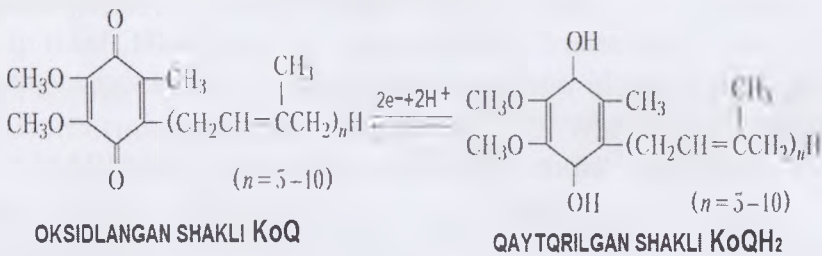
FMNH₂ elektronlar temir-oltingugurtli oqsillariga (FeS) o'tkaziladi. Bu oqsillar NADH₂-dehidrogenaza molekulasida ikkinchi prostetik guruh vazifasini o'taydi. Bu oqsillardagi temir atomlari (gem bo'lmagan temir) bir necha guruhlariga yig'ilib, temir-oltingugurt markazlarini hosil qiladi.

FeS-markazlar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida qatnashuvchi ko'pchilik oqsillar (flavoproteidlar, sitoxromlar) tarkibiga kiradi. Hozirgacha 3 turdagi FeS-markazlar (FeS, Fe₂S₂, Fe₄S₄) aniqlangan. Ularda temir atomi sisteindagi oltingugurt, yoki anorganik oltingugurt bilan bog'langan.



NADH-degidrogenaza Fe₂S₂ va Fe₄S₄ turdagi bir necha markazlarni tutadi. Bu markazlardagi temir atomlari elektronlarni ketma-ket qabul qilishi va berishi mumkin, bunda ular ferro- (Fe²⁺) va ferri- (Fe³⁺) holatdarga o'tib turishi mumkin. Temir-oltingugurt oqsillardan elektronlar **koferment Q (ubixinon)** o'tkaziladi.

UBIXINON - KOENZIM Q



Bu yog'da eruvchi xinonning (*quinone*) nomi ingliz so'zining birinchi harfidan olingan, ubixinon so'zi esa tabiatda keng tarqalgan ma'nosini bildiradi (*ubiquitous* – mavjud). Ubixinon molekulari olingan manbalarga va uglerod zanjirlarining uzunligiga qarab farqlanadi. Sut emizuvchilardan olinganlari 10 izoprenoid zanjirlarini tutadi va Q₁₀ deb belgilanadi. NADH-degidrogenazalardan FeS orqali elektronlar ubixinonga o'tkaziladi va natijada gidroxinon hosil bo'ladi. Ubixinon NADH-

degidrogenazalar va boshqa flavinga bog'liq degidrogenazalardan, jumladan suksinatdegidrogenazadan elektronlar qabul qilgani sababli kollektorlik funksiyasini bajaradi. Ubixinon quyidagi turdagi reaksiyalarda qatnashadi:



Sitoxromlar yoki gemoproteidlar barcha turdagi organizmlarda uchraydi. Eukariot hujayralarda ular asosan mitoxondriyalar membranasi joylashgan. 30 yaqin turli xil sitoxromlar mavjud. Barcha sitoxromlar tarkibiga prostetik guruh sifatida gem kiradi. Ularning turli-tumanligi quyidagilarga bog'liq:

- Gem strukturasi turli xil yon zanjirlarning bo'lishi;
- Polipeptid zanjirlar strukturasi turli xilligi;
- Gemni polipeptid zanjiri bilan turlicha bog'lanishi.

Nurlarni yutish qobiliyatiga qarab sitoxromlar a, b, c turlariga bo'linadi. Har bir turning ichida o'ziga xos spektral xususiyatlarga ega bo'lgan sitoxromlar bo'lib, ular raqamlar bilan belgilanadi (b, b₁, b₂ va boshqalar).

Turli xil sitoxromlarning struktur xususiyatlari ularning oksidlanish-qaytarilish xususiyatlarini belgilaydi. Mitoxondrial nafas olish zanjirida 5 xildagi sitoxromlar bor (a, a₃, b, c, c₁). Sitoxrom c mustasno, barcha sitoxromlar ichki mitoxondrial membranada murakkab komplekslar shaklida joylashgan.

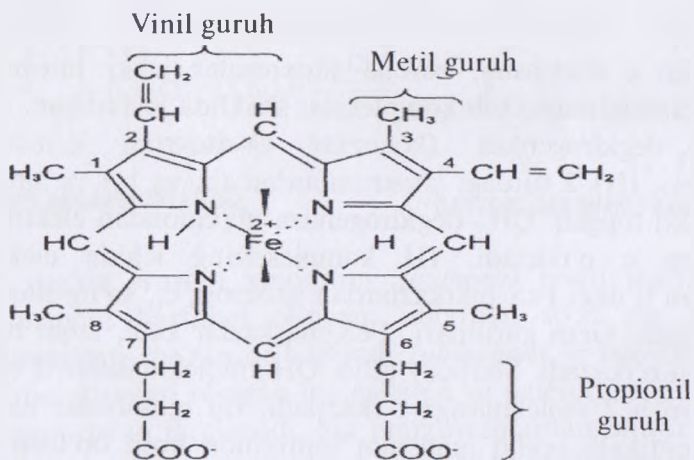
QH₂-degidrogenaza (koenzim Q-sitoxrom c-reduktaza, kompleks III) 2 turdagi sitoxromlardan (b₁ va b₂) va sitoxroma c₁ tashkil topgan. QH₂-degidrogenaza ubixinondan elektronlarni sitoxrom c o'tkazadi. III kompleksning ichida elektronlar sitoxrom b dagi FeS-markazlardan sitoxrom c₁, so'ng sitoxrom c o'tkaziladi. Gem guruhlari, FeS-markazlar kabi, faqat bittadan elektron o'tkazadi. Shunday qilib, QH₂ molekulasidan 2 elektron sitoxrom b 2 molekulasiga o'tkaziladi. Bu reaksiyalar natijasida erkin radikalli oraliq mahsulot semixinon hosil bo'lishi mumkin. Sitoxrom b turida gem oqsil bilan kovalent bog'lanmagan, sitoxrom c₁ va c gem oqsil molekulasiga tioefir bog'lari bilan

bog'langan. Bu bog'lar 2 sistein qoldig'iga gemning vinil guruhlarini qo'shilishidan hosil bo'ladi

3-jadval

Mitoxondrial elektronlar tashilishi zanjiri komponentlari

Nomi	Prostetik guruh	e-donori	e-akseptori
NADH-degidrogenaza kompleks I	FMN, FeS	NADH	KoQ
Koenzim Q, ubixinon		Kompleks I	Kompleks III (bc1)
QH2- degidrogenaza, kompleks III	FeS, gem b1 ₍₅₆₂₎ , gem b2 ₍₅₆₆₎ , gem c1	Kompleks III	Kompleks IV
Sitoxromoksidaza, kompleks IV	Gem A Cu ²⁺	Sitoxrom c	O ₂
Suksinatdegidrogenaza, kompleks II	FAD, FeS	Suksinat	KoQ

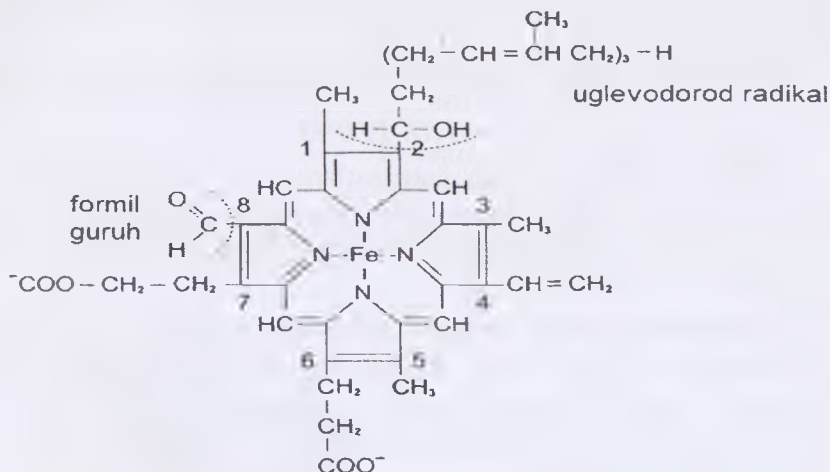


Gem

Sitoxrom c — suvda eruvchi periferik membrana oqsilidir, molekulyar massasi 12500 D, 100 aminokislotalar qoldig'ini tutuvchi 1 polipeptid zanjiri va kovalent bog'langan 1 gem molekulasidan iborat.

Sitoxromoksidaza (kompleks IV) 2 turdagi aa₃ sitoxromlaridan tuzilgan, ularning har birida 1 kislorod bilan bog'lanish markazi bor. Sitoxromlari a va a₃ gem A deb nomlanuvchi temir-porfirin prostetik guruhlarini tutadi va c i c₁ sitoxromlaridan farqlanadi. U bitta metil guruhi o'rniga formil guruhini va vinil guruhi o'rniga uglevodorod zanjirini tutadi. Kompleks aa₃ boshqa sitoxromlardan farqli mis ionini tutadi. Mis ioni oqsil bilan Cu A-markazlarda bog'lanadi.

Sitoxrom aa₃ kompleksi kislorod bilan reaksiyaga kirishadi. Sitoxromoksidaza sitoxrom S elektronlarni kislorod tashiydi. Avval elektronlar a va a₃ sitoxromlardagi temir ionlari, so'ng sitoxroma a₃ mis ionlari qatnashadi. Kislorod molekulasida sitoxroma a₃ gemidagi temir bilan bog'lanadi. Demak, elektronlarni kislorodga berilishi ferment molekulasida kechar ekan. Kislorod molekulasining har bir atomi 2 elektron va proton biriktirib suvni hosil qiladi.



Kompleks a_3 elektronlar quyidagicha tashiladi:

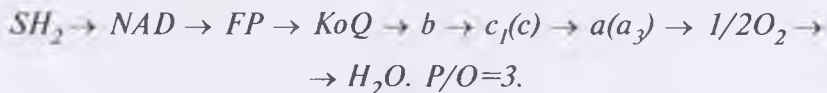


Nafas zanjiri, uning organizmda ATF sintezining asosiy yo'li ekanligi

Nafas olish zanjiri komponentlarining ba'zi xarakteristikalari yuqoridagi jadvalda keltirilgan. Asosiy elektron tashuvchilar mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan va 4 kompleksni hosil qiladi. Ularning bunday joylashishi oksidlanish-qaytarilish potentsiallarini kislorodga yaqinlashishi bilan musbatlanib boradi. Bu zanjirning har bir birligi elektronlar donor-akseptor xossasi bo'yicha spetsifikdir.

Birinchi bosqichda degidrogenazalar turli xil substratlardan vodorodni ajralishini katalizlaydi. Agar substratlar bo'lib α -gidroksikislotalar, malat, izositrat, 3-gidroksibutirat qatnasha, vodorod NAD^+ ko'chiriladi. Hosil bo'lgan NADH nafas zanjirida NADH -degidrogenaza (kompleks I) ta'sirida oksidlanadi.

Mitoxondriyalarda joylashgan nafas olish zanjiri to'liq, qisqartirilgan va qisqa bo'lishi mumkin. **To'liq nafas olish zanjiri** quyidagilardan tuzilgan:

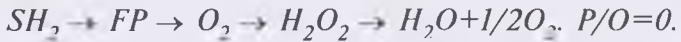


NAD ga bog'liq bo'lgan substratlarga alfa-ketoglutarat, izositrat, malat, piruvat, glutamat va boshqalar kiradi va o'zining proton va elektronlarini NAD ga beradi. To'liq nafas zanjirida 3 molekula ATF sintezlanadi.

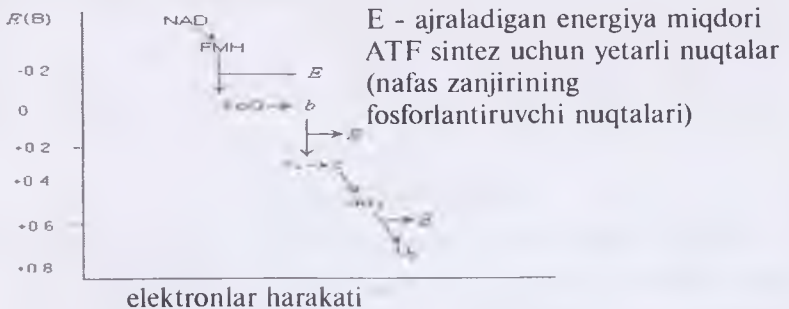
Qisqartirilgan nafas zanjirida substratlar o'zlarining proton va elektronlarini FP ga beradi. Bularning asosiy substratlari bo'lib suksinat, glitserin, yog' kislotalari va boshqalar hisoblanadi. Bu substrantlarning nafas zanjirida oksidlanishi natijasida 2 molekula ATF hosil bo'ladi.



Qisqa nafas olish zanjirida FPdan proton va elektronlar molekulyar kislorodga beriladi va vodorod peroksidi hosil bo'ladi. Ammo bu modda hujayralar uchun toksikdir, shuning uchun u peroksidaza yoki katalaza fermentlari ta'sirida tezda parchalanib suvni hosil qiladi. Bunda barcha ATF sintezlanadigan nuqtalar tushib qoladi.



Mitoxondriyalarda elektronlar tashilish tezligi va ATF sintezi asosan ATF, ADF va Fn miqdoriga bog'liqdir. Substratlar konsentratsiyasi yetarli bo'lgan vaqtda kislorodni ishlatilish maksimal tezligi ADF miqdori yuqori, ATFni esa past bo'lganda kuzatiladi. Chunki mitoxondriyalar O_2 nisbatan moyilligi yuqoridir. Ajratib olingan mitoxondriyalarga inkubatsion eritmada substrat va Fn yetarli bo'lgan vaqtda oz miqdorda ADF qo'shilishi nafas olishini tezlashishiga olib keladi. Bu ADF miqdori tugaguncha va undan ATF to'liq hosil bo'lguncha davom etadi va so'ng susayadi. Chunki ATF oksidlanish ingibitori hisoblanadi. Bu holat, ya'ni nafas olish tezligini ADF miqdoriga bog'liqligi **nafas nazorati** deyiladi. Bu holat to'qimalarda ham kuzatiladi. Masalan: muskullarda tinch holatda ATF miqdori yuqori, ADF esa kam bo'ladi. Mushaklarning qisqarishi ATF miqdorini kamayishiga, ADFni esa oshishiga olib keladi. Bu esa to'qimani nafas olishini tezlashishiga olib keladi.



10-rasm. Nafas zanjirining energetik nuqtalari

Elektron tashuvchilarning oksidlanish-qaytarilish potentsiallari

Mitoxondriyalarning ichki membranasida joylashgan nafas olish zanjiri hujayrada asosiy energiya generatori hisoblanadi, turli metabolitlarning kimyoviy energiyasini fosfat bog'li energiyasiga aylantiradi. Proton va elektronlarni nafas olish zanjiri orqali o'tishida uning har bir komponentining erkin energiyasini o'zgarishi kuzatiladi. Jumladan, bir juft proton va elektronlari o'tishi NAD^+ dan O_2 o'tishida ularning erkin energiyasini $-0,32\text{V}$ dan to $+0,82\text{V}$ gacha o'zgartiradi va $52,7$ kkal energiyani ajralishi kuzatiladi. Bu energiya birdaniga emas, balki bosqichma-bosqich ajraladi:

NAD	-0.32 V	c	$+0.25\text{ V}$
FAD	-0.05 V	a	$+0.29\text{ V}$
KoQ	-0.04 V	a_3	$+0.55\text{ V}$
B	$+0.07\text{ V}$	O_2	$+0.82\text{ V}$
c_1	$+0.23\text{ V}$		

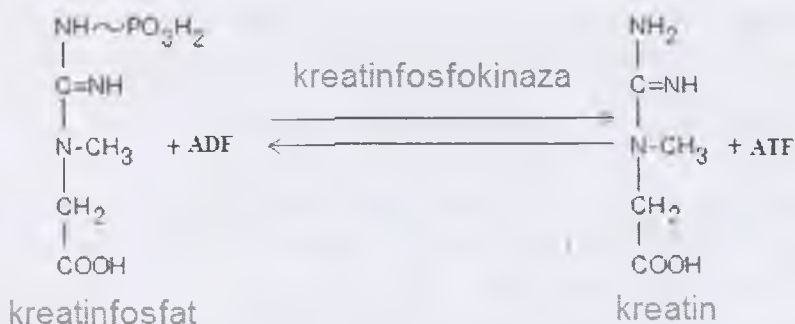
ATF sintezi uchun $0,22\text{V}$ yoki $7,3$ kkal energiya sarflanadi. Bunday energiya to'liq nafas olish zanjirining 3 qismida ro'y beradi: NAD^+ bilan FAD^+ o'rtasida; sitoxromlar b va c o'rtasida, hamda sitoxromoksidaza va O_2 o'rtasida hosil bo'ladi va 3 molekula ATF sintezlaydi. Qisqartirilgan nafas olish zanjirida birinchi bo'lim tushib qoladi va 2 molekula ATF sintezlanadi. Qisqa nafas olish zanjirida esa ATF sintezlanmaydi. Energetik almashinuvda ATF quyidagi ikki xil yo'l bilan hosil bo'ladi:

- ▶ substrat fosforlanish
- ▶ oksidlanish yo'li bilan fosforlanish (nafas olish va fosforlanish).

Substratli fosforlanish

1. Kreatinfosfokinaza reaksiyasi ATF sintez qilishning eng tezkor usuli. Kreatinfosfatning zaxirasi 20 soniya davomida mushaklarning ishlashini ta'minlash uchun yetarli. Kislorod

mavjudligini talab qilmaydi, keraksiz yon mahsulotlarni ishlab chiqarmaydi, darhol yoqiladi. Uning kamchiliklari substratning kichik zaxirasi (faqat 20 soniya ishlash uchun yetarli). Teskari reaksiya oksidlovchi fosforillanish jarayonida hosil bo'lgan ATF yordamida mitoxondriyalarda sodir bo'lishi mumkin. Mitoxondriyal membrana kreatin uchun ham, kreatinfosfat uchun ham yaxshi o'tkazuvchan bo'lib, kreatinfosfokinaza ham sarkoplazmada, ham mitoxondriyaning membranalararo oralig'ida mavjud.



2. Miyokinaza. Faqat mushak to'qimalarida oqadi.



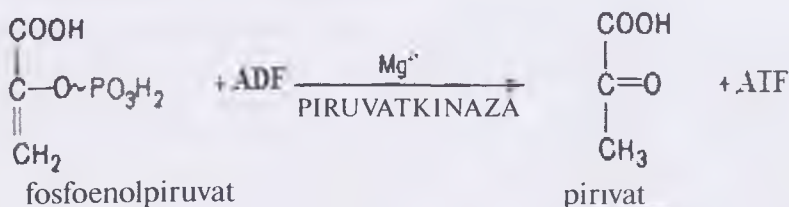
Reaksiya miyokinaza (adenilat kinaz) bilan katalizlanadi. Ushbu reaksiyaning asosiy ahamiyati glikoliz va glikogenolizning asosiy fermentlarining kuchli allosterik faollashtiruvchisi AMP hosil bo'lishidir.

3. Fosfogliseratkinaza reaksiyasi.



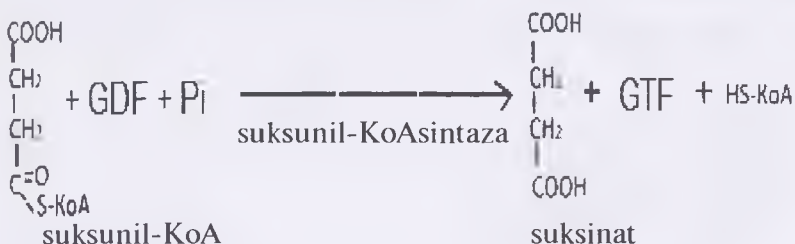
Glikolizning 7-reaksiyasi.

4. Piruvatkinaza reaksiyasi.



Glikolizning 10-reaksiyasi.

5. Suksinil-KoA sintetaza reaksiyasi



Krebs sikli 6-reaksiyasi.

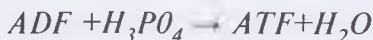
Biologik oksidlanish deb — ozuqa oksidlanuvchi moddalardan elektron va protonlar ajralishi yo'li bilan oksidlanishga aytiladi.

Nafas zanjiri

Nafas protsessida substratlarning oksidlanishini elektronlar bilan protonlarning (ya'ni umuman aytganda, vodorod atomlarining) organik moddalarda kislorodga o'tishi deb tasavvur qilsa bo'ladi:

Bu jarayon talaygina bosqichlarni o'z ichiga oladi; unda elektronlar bilan protonlarni olib o'tuvchi zanjir yoki nafas zanjirini hosil qiladigan bir qancha oraliq tashuvchilar ishtirok etadi.

Lekin membrananing maxsus qismlari — proton kanallarini aytmaganda, bularni o'tkazmaydi. Ichki membrana ichki yuzadagi shu kanallar sohasida:



reaksiyasini katalizlaydigan H^+ -ATF-sintetaza joylashgan bo'ladi.

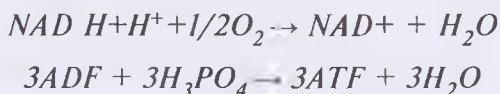
Tashqi tomondan protonlar ortiqcha bo'lganda kanal orqali o'tayotgan protonlar oqimi energiyasi hisobiga bu reaksiya chapdan o'ngga tomon qarab boradi. Translokaza ishtirokida hosil bo'ladigan ATF matriksdan membrananing tashqi tomoniga o'tib borib, sitazolga tushadi. Xuddi shu translokaza bir vaqtning o'zida ADF ni teskari tomonga – sitozoldan mitoxondriya matriksiga o'tkazadi (9-rasm).

Sun'iy sharoitlarda, *in vitro* dagi tajribalarda ichki membrananing ichki yuzasi tomonidan ortiqcha miqdorda ATF hosil qilish mumkin. Bu holda reaksiya o'ngdan chapga qarab boradi, yani ferment protonlarni olib o'tkazadigan transport ATF singari ishlaydi (H^+ ATF-aza).

Ayni vaqtda membrana energiyaga ega bo'lib qoladi: ATF gidrolizi energiyasi hisobiga $\Delta\mu H^+$ hosil bo'ladi.

Oksidlanishning fosforillanishi bilan bog'liqligi asoslab berilgan, ammo ko'pgina tafsilotlari hamon yetarlicha aniq bo'lmay qolmoqda. H^+ -ATF-sintetazaning elektrokimyoviy potentsiali energiyadan foydalanish mexanizmi hozircha noma'lum.

Mitoxondriyalarda oksidlanishning fosforillanish bilan bog'liqligi mustahkam bo'lishi bilan ajralib turadi; agar ATF sintezlanishi mumkin bo'lmasa, u holda nafas zanjirida elektronlar o'tib turishi ham to'xtab qoladi. Nafas zanjirida NADH oksidlanishi va fosforillanishining yig'indi natijasini mana bunday tasvirlash mumkin:



Bu reaksiyalarni *in vitro* sharoitidagi mitoxondriyalar suspensiyasida o'rganish mumkin. Inkubatsion aralashmada ATF dan tashqari hamma dastlabki moddalar bo'lsa, u holda kislorod yutilishi kuzatilmaydi. ADF qo'shilgandan keyin o'sha zaxoti nafas ham, ATF sintezi ham boshlanadi; ADF sarflanib borgan sayin nafas tezligi susayib, ADF ning hamma ATF ga aylanib qolganida butunlay to'xtaydi.

Mitoxondriyalar nafasining ADF konsentratsiyasiga bog'liqligi nafas nazorati deb ataladi. Idora etishning bu mexanizmi juda katta ahamiyatga ega, chunki ta'sirining natijasida ATF sintezi tezligi hujayraning energiyaga ehtiyoji bilan belgilanadigan bo'ladi: hujayra jarayonlarida ATF sarfi kuchayganda ADF konsentratsiyasi ortib boradi, bu esa nafas va fosforillanishning o'z-o'zidan tezlashuviga olib keladi. Mitoxondriyalar ishining sur'ati aslida ATF sarfiga bog'liq deb aytish mumkin.

Nafas nazorati mexanizmi yuksak darajada sezgir va aniq bo'lishi bilan ajralib turadi, shuning uchun to'qimalardagi ATF va ADF ning nisbiy konsentratsiyalari tor doiralarda o'zgaradi, bu holda hujayraning iste'mol qilishi bir necha barobar o'zgarib turishi mumkin.

Oksidlanishli fosforillanish mexanizmi. Mitchellning ximiosmotik nazariyasi



Piter Dennis Mitchell

1961-yilda oksidlovchi fosforillanish mexanizmini tushuntirish uchun Mitchell mitoxondriyal funksiyaga oid to'rtta mustaqil postulatlarini o'z ichiga olgan ximiosmotik gipotezani taklif qildi

1. Ichki mitoxondriyal membrana barcha ionlarni o'tkazmaydi.

2. Uning tarkibida zarur metabolitlar va noorganik ionlarni tashiydigan bir qator tashuvchi oqsillar mavjud.

3. Elektronlar ichki membrananing nafas olish zanjiri orqali o'tganda, H^+ matritsadan membranalararo bo'shliqqa o'tadi.

4. Yetarlicha katta proton gradienti bilan protonlar ATF sintezasi orqali «oqishni» boshlaydi, bu ATF sintezi bilan birga keladi.

Oksidlanishli fosforillanishning zamonaviy qarashlari

Hozirgi vaqtda oksidlanishli fosforillanishning barcha asosiy tarkibiy qismlari kashf qilindi, ularning tuzilishi va xususiyatlari

o'rganildi. Oksidlovchi fosforillanishning asosiy tamoyillari, ayrim bosqichlarining mexanizmlari, oksidlovchi fosforillanishning regulyatsiyasi aniqlandi.

Oksidlanish mexanizmi

Oksidlanish zanjiri komplekslari ularning oksidlanish-qaytarilish potensialini oshirish maqsadida membranada joylashgan. Elektron oksidlanish-qaytarilish potentsiali past bo'lgan kompleksdan oksidlanish-qaytarilish potentsiali yuqori bo'lgan kompleksga o'tganda, erkin energiya ajralib chiqadi.

Ushbu erkin energiyaning bir qismi protonlarni mitoxondriyal matritsadan membranalararo bo'shliqqa o'tkazish uchun sarflaydi, ichki membranada proton gradienti (ΔpH) hosil bo'ladi (pH sitozolga qaraganda matritsada yuqori). Har bir proton musbat zaryad olib borganligi sababli, membranada potentsial farq (ΔV) paydo bo'ladi, membrananing ichki tomoni salbiy, tashqi tomoni musbat zaryadlangan. Birgalikda proton gradienti va potentsiallar farqi odatdagi hujayrada taxminan 220 mV bo'lgan 160 mV ΔV va 60 mV ΔpH ($-\text{pH} = 1$ da) bo'lgan elektrokimyoviy potentsialni tashkil qiladi.

Protonni membrana orqali o'tkazish mexanizmi to'liq tushunilmagan. Ehtimol, nafas olish zanjirining turli tarkibiy qismlari e-transportni H^+ harakati bilan bog'lashning turli mexanizmlariga ega. Biroq, KoQ ushbu jarayonda muhim rol o'ynashi aniqlandi.

Oksidlanish zanjiri maqsadi

1. 2-e NADH₂ dan I kompleksi (FMN → FeS oqsili) orqali KoQ ga o'tib, bu holda chiqarilgan energiya H^+ ning nasosini ta'minlaydi (H^+ o'tkazish mexanizmi noma'lum).

2. KoQ matritsadan 2H⁺ va 2e⁻ni oladi va KoQH₂ ga aylanadi (KoQ ning kamayishi ham II kompleks ishtirokida sodir bo'ladi).

3. KoQH₂ 2e⁻ kompleksni III ga, 2H⁺ esa membranalararo bo'shliqqa o'tkazadi.

4. Sitoxrom c elektronni III kompleksdan IV kompleksga o'tkazadi.

5. Kompleks IV e-ni O_2 ga to'kadi, bu holda chiqarilgan energiya H^+ ning nasosini ta'minlaydi (H^+ o'tkazish mexanizmi noma'lum).

Issiqlik ajralishi

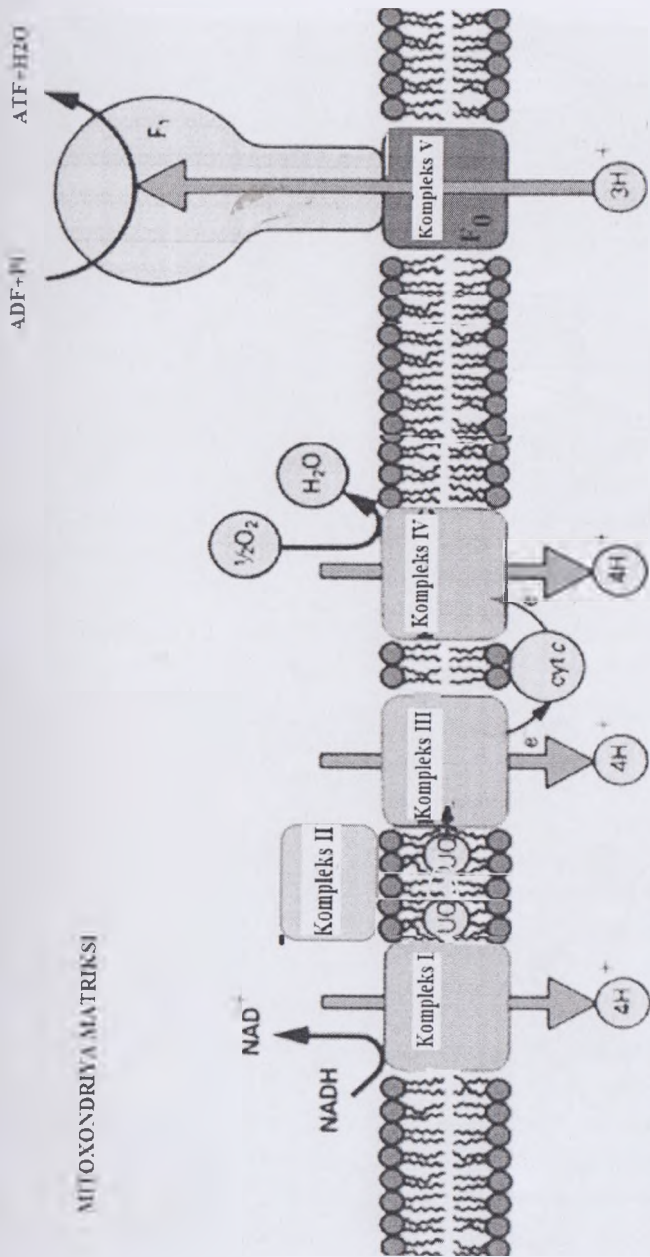
Elektrokimyoviy potensialning 30–35% energiyasi issiqlik shaklida tarqaladi va issiq qonli hayvonlar tomonidan tana haroratini ushlab turish uchun ishlatiladi. Bundan tashqari, jigarrang yog' to'qimalarida nafas olish va fosforillanishning o'zaro aloqasi paytida qo'shimcha issiqlik hosil bo'lishi mumkin. Uning tarkibida ko'p miqdordagi nafas olish oksidlanishli fosforlanishni ajratuvchi oqsil – termogenin oqsili bo'lgan mitoxondriyalar mavjud (barcha oqsillarning taxminan 10%). Jigarrang yog' to'qimalarida oksidlovchi fosforillanishning beruvchi yangi tug'ilgan chaqaloqlarda, qish uyqusida yotadigan hayvonlarda va barcha sutemizuvchilarda sovuqqa moslashish paytida tana haroratini ushlab turish uchun issiqlik hosil bo'lishiga imkon beradi.

Kattalarda yog' kislotalari gipotermiya termogenezida muhim rol o'ynaydi. Sovitish yog' to'qimalarida lipaz va TG gidrolizini faollashtiradigan norepinefrinni chiqarilishini rag'batlantiradi. Natijada paydo bo'lgan erkin yog' kislotalari nafaqat nafas olish zanjirini to'ldirishga, balki membrana orqali protonlarni mitoxondriyal matritsaga o'tkazishga, nafas olish va fosforillanishni ajratib turishga qodir. Ionlashgan shakldagi teskari yog' kislotalari tashuvchilar tomonidan qaytariladi.

Oksidlanish va fosforillanishning ajratilishi

Ichki mitoxondriyal membranada ularning H^+ ga o'tkazuvchanligini pasaytiradigan moddalar (ionoforlar) mavjudligi, elektronlarni tashish jarayonidan oksidlovchi fosforillanishni ajratib turadi, chunki bu elektrokimyoviy potensial hosil bo'lishini va natijada ATF sintezini buzadi. 2,4-dinitrofenol-lipofil kuchsiz kislota hisoblanadi, shuning uchun u membranadan (tashqi tomondan mitoxondriyaning ichki qismiga) osongina o'tib, teskari yo'nalishda ketayotgan tabiiy proton oqimini susaytiradi.

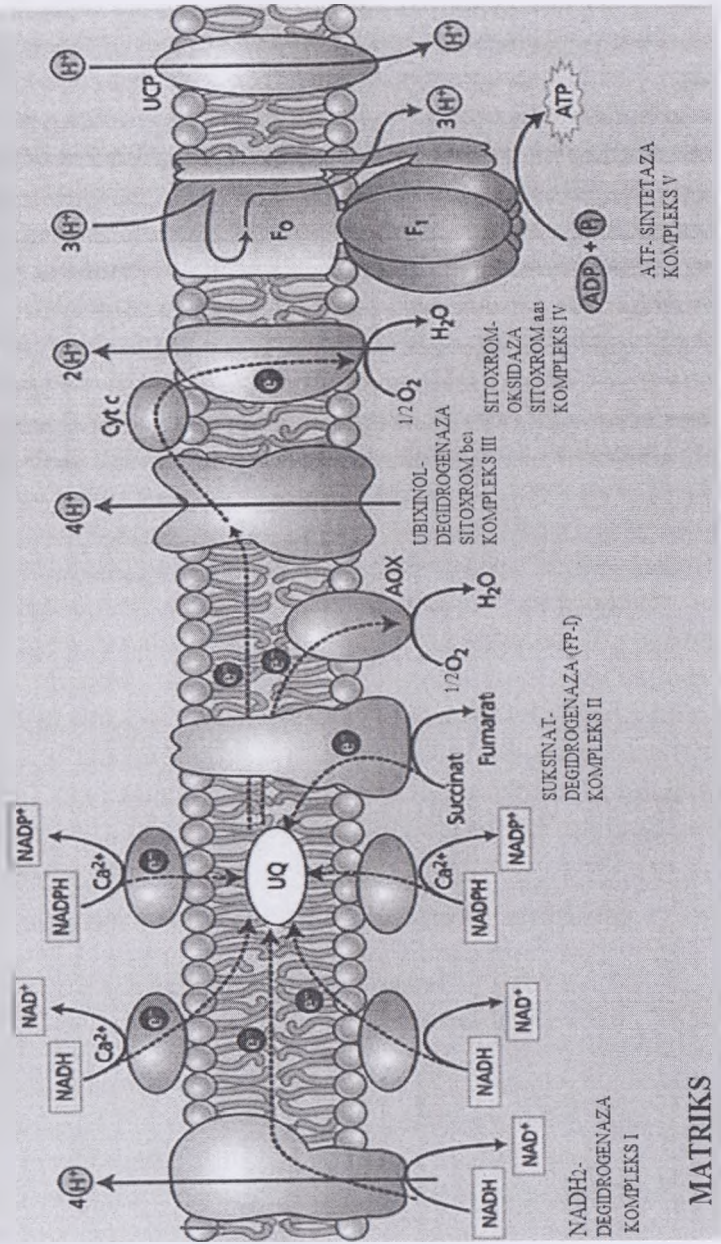
MITOXONDRIYA MATRIKSI



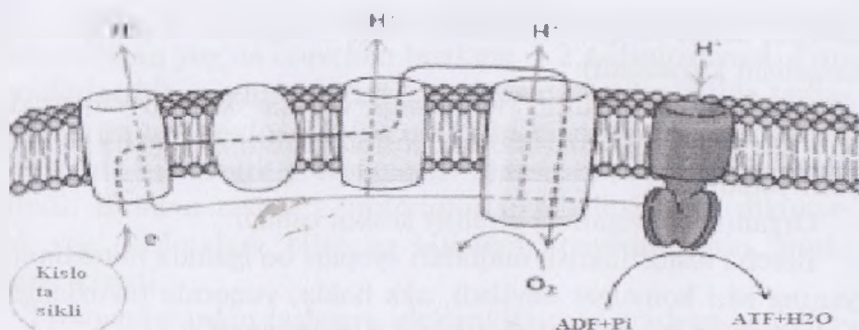
MEMBRANALARARO BO'SHLIQ

II-rasm. Nafis zanjiri komplekslari

MEMBRANALARARO BO'SHLIQ



12-rasim. Na'fis zarifi



13-rasm. H^+ -nasosi

ATF sintezi bilan bog'liq bo'lmagan elektronlarni tashish yo'li erkin, fosforlanmaydigan, oksidlanish deb ataladi. Erkin oksidlanishda energiya saqlanmaydi, balki issiqlik sifatida ajralib chiqadi. Bu tana harorati muvozanatini saqlashda fiziologik ahamiyatga ega.

Oksidlanish va fosforillanishning qisman ajralishi ko'plab kasalliklarda kuzatiladi, chunki mitoxondriya turli xil zararli omillar ta'sirida eng sezgir hujayra organoidlari hisoblanadi. Ichki mitoxondriyal membrananing qisman yoki to'liq parchalanishiga olib keladigan ularning tuzilishining buzilishi muqarrar ravishda protonlarning teskari oqimiga yordam beradi va energiya ishlab chiqarishni buzadi. Shuning uchun mitoxondriyal membranalarni bioantioksidantlar (E , A vitaminlari va askorbat) bilan barqarorlashtirish *har qanday patologiyada* alohida ahamiyatga ega.

Ba'zi hollarda ba'zi fosforillanish nuqtalarini «o'chirib qo'yish» mumkin — bu holat oksidlovchi fosforillanishning ajralishi deb ataladi va bu holda P/O kamayadi: NADga bog'liq substratlar uchun — 3 dan past; FADga bog'liq bo'lgan substratlar uchun — 2 dan past. Mitoxondriyadagi termodinamikaning 1-qonunidan kelib chiqib, issiqlik ishlab chiqarish ko'payadi (Buning sababi «o'chirilgan» fosforillanish nuqtasida ATF sintezi uchun ish-

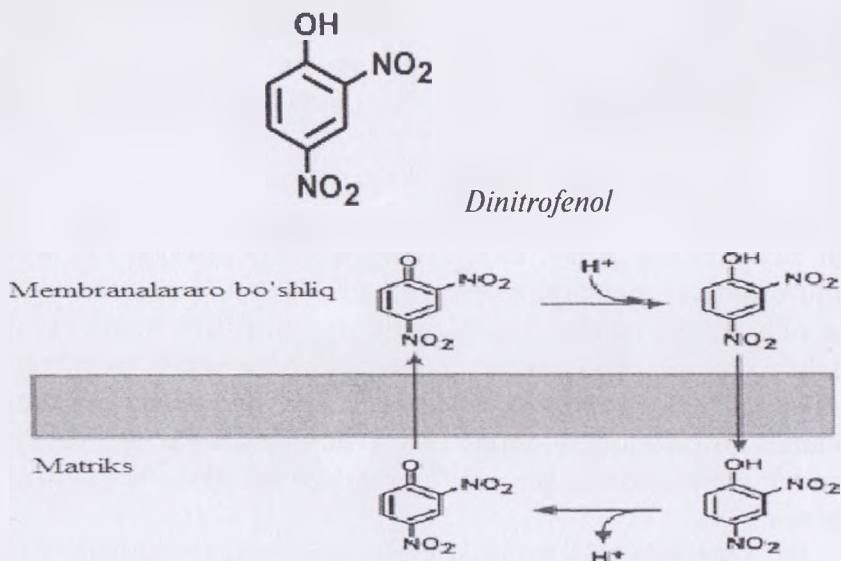
latilishi kerak bo'lgan elektronlarning energiyasi issiqlik shaklida tarqalishi kuzatiladi).

Bakteriyalar, viruslar va boshqa omillar keltirib chiqaradigan isitma asosida oksidlovchi fosforillanishning ajralishi jarayoni yotadi.

Organizm sovganida ajralish keskin oshadi.

Barcha fosforillanish nuqtalari «yopiq» bo'lganida mitoxondriyaning ishi konyugat deyiladi, aks holda, yuqorida tavsiflangan holat, u ajralib, nafas olish erkin deb nomlanadi.

Yog' kislotalar, qalqonsimon bez gormonlari, dorilar (dikumarin, dinitrofenol) oksidlovchi fosforillanishning ajratuvchi vazifasini bajaradi.



14-rasm. 2,4-Dinitrofenol oksidlanishli fosforillanishning ajratuvchisi

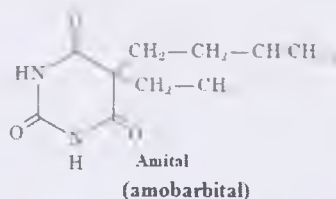
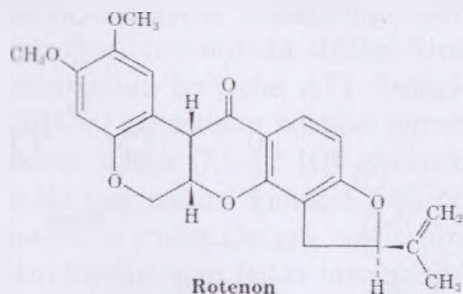
Ajratuvchilarga birinchi navbatda «protonoforlar» — vodorod ionlarini biriktirib oluvchi moddalar kiradi. Bunday holda, elektrokimyoviy gradientning ikkala komponenti ham kamayadi. Klassik protonofor bu — mitoxondrial membrananing tash-

qi yuzasiga vodorod ionlarini biriktirib, ularni ichki yuzasiga chiqaradigan yog‘da eruvchan birikma – 2,4-dinitrofenol. Protonoforlar bir vaqtning o‘zida energiyasi issiqlik sifatida tarqaladigan proton gradiyentining elektr va kimyoviy qismlarini kamaytirad. Fiziologik protonoforga maxsus oqsil – termogenin kiradi. Bundan tashqari protonoforlarga salitsilatlar, dikumarol, yog‘ kislotalari, bilvosita bilirubin, triyodotironin, tiroksinlar kiradi.

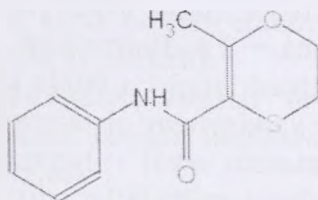
Protonoforlardan tashqari, elektrokimyoviy gradiyan kattaligiga ionoforlar deb nomlangan moddalar ta‘sir qiladi. Ular membranaga singib ketgan va Na^+ yoki K^+ kationlarini o‘zlari ichkariga o‘tkazadilar yoki ushbu ionlar uchun kanal hosil qiladilar. Natijada, gradientning elektr komponenti yo‘qoladi va ATP sintezi pasayadi. Ionoforlarga kaliyni olib boruvchi *valinomitsin* va *nigeritsin* antibiotiklari va membranada kaliy, natriy va boshqa monovalent kationlar harakatlanadigan kanal hosil qiluvchi *gramitsidinni* misol qilish mumkin.

Nafas zanjiri komplekslari ingibitorlari

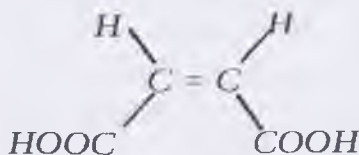
Kompleks I nafas olish ingibitorlariga rotenon (baliq zahari), amobarbital (barbiturik preparat) kiradi. Bu NADH dehidrogenaza (Kompleks I) orqali oksidlangan substratlardan vodorod yetkazib berishni to‘xtatadi.



Kompleks II nafas olish ingibitorlariga karbaksin (SDG ingibitori – malonat) kiradi.

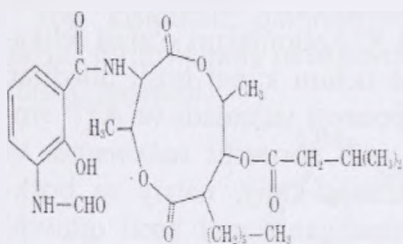


Karbiksin (pestitsid)

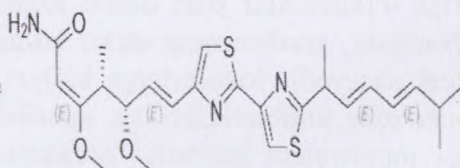


Malonat (SDG inhibitori)

Kompleks III nafas olish ingibitorlariga antimitsin A, mikso-tiazol kiradi.

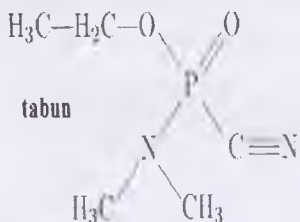


Antimitsin A



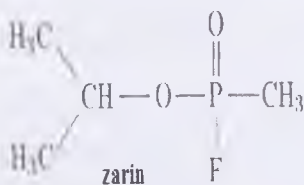
Miksotiazol

Kompleks IV nafas olish ingibitorlariga sianidlar, CO, H₂S, fosgen, zarin, zoman va boshqa zaharli moddalar kiradi.

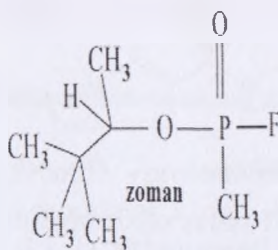


tabun

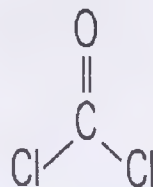
$C \equiv N$ CO H₂S
 Sianid is gazi vodorod sulfid



zarin

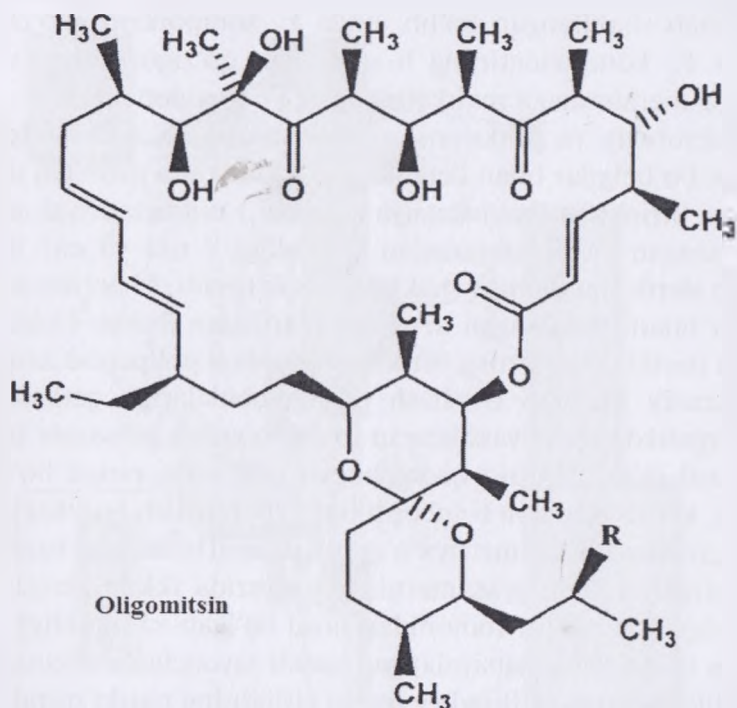


zoman



fosgen

Kompleks V nafas olish ingibitorlariga oligomitsin kiradi.

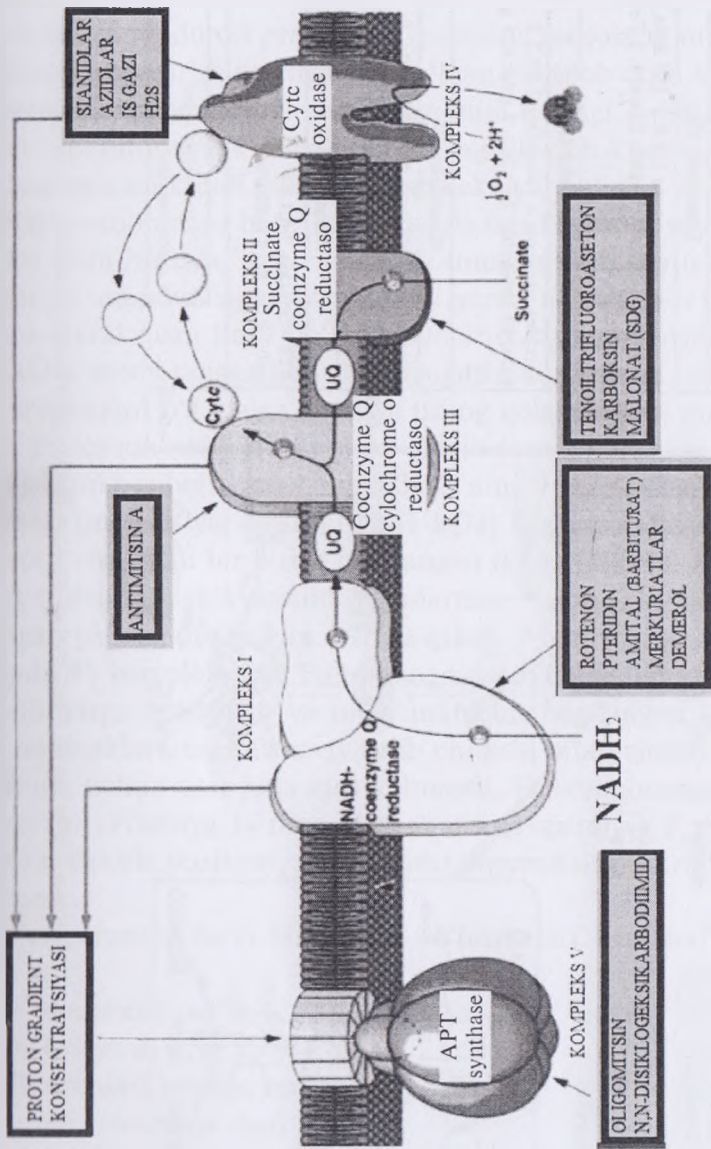


Adenozin trifosfat sintaza (ATF sintaz, ATF fosfogidrolaza, II¹ – ikki sohali ATFaza tashiydigan) – adenozin trifosfat (ATF) ni va noorganik fosfatlardan adenozin trifosfat (ATP) ni sintez qiladigan translokaza sinfiga kiradigan fermentlar guruhi. Nomenklatura bo‘yicha ATF-fosfogidrolaza nomi berilgan, ammo 2018-yil avgustidan boshlab ferment uchinchi (3.6.3.14) dan yettinchi sinfga (7.1.2.2 [1]) o‘tkazildi, chunki ferment katalizatori reaksiyasi teskari gidroliz yo‘li bo‘ylab davom etadi va bo‘lishi mumkin emas. Qolgan sinflarning boshqa turdagi reaksiyalari-dan foydalangan holda tasvirlangan.

Mitoxondriyada mavjud bo‘lgan ATF sintetaza F₁F_o juda yaxshi o‘rganilgan. Komponent Fo – transmembran domeni, F₁ komponenti membranadan tashqarida, matritsada joylashgan.

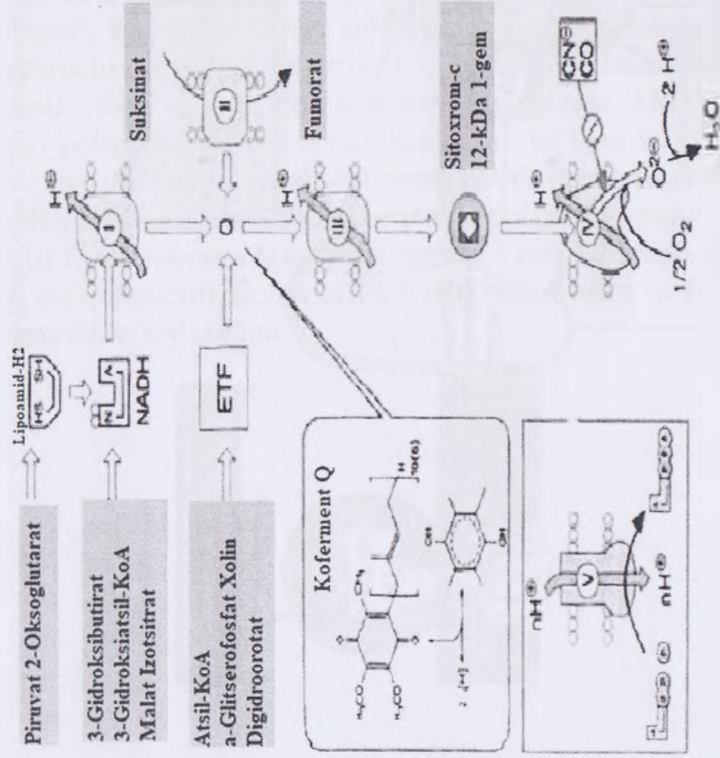
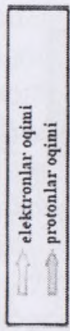
ATF sintaz kompleksi FoF₁ qo'ziqorinning mevali tanasiga o'xshab shakllangan bo'lib, unda F₁ komponenti «qo'ziqorin poyasi» F₁ komponentining b-subbirliqi, qo'ziqorinning «ildizlari» esa membranaga mahkamlangan Fo komponentidir.

Strukturaviy va funksional nuqtayi nazardan ATF sintetazasi F₁ va Fo belgilar bilan belgilangan ikkita katta qismdan iborat. Ulardan birinchisi (konjugatsiya faktor F₁) mitoxondriyal matritsaga qaragan va membranadan balandligi 8 nm va eni 10 nm bo'lgan sferik shakllanish shaklida chiqib turadi. U beshta turdagi oqsillar bilan ifodalangan to'qqiz subbirlikdan iborat. Uchta ustki-a va pastki qismlarning bir xil miqdordagi polipeptid zanjirlari strukturaviy jihatdan o'xshash oqsil globulariga qatlanadilar, ular birgalikda biroz yassilangan to'pga o'xshab geksamer (a flat) uch hosil qiladi. Qattiq qadoqlangan to'q sariq rangli bo'laklar singari, ketma-ket a va b subbirliklar 120° burilish burchagi bilan uchinchi darajali simmetriya o'qi bilan tavsiflanadigan tuzilmani hosil qiladi. Ushbu geksamerning markazida ikkita kengaytirilgan polipeptid zanjiri tomonidan hosil bo'lgan va uzunligi 9 nm bo'lgan biroz deformatsiyalangan qavsli tayoqchaga o'xshagan p subbirlik joylashgan. Bunda γ pastki birligining pastki qismi shardan F₀ membrana kompleksi tomon 3 nm ga chiqib turadi. Oxirgi (to'qqizinchi) kichik birlik δ deb belgilangan va F₁ ning tashqi tomonida joylashgan.



15-rasm. Nafas zanjiri komplekslari (ingibitorlari)

E° , B	Kompleks I
-0,3	NADH-Dehidrogenaza (Ubixinon) 1.6.5.3 700-800 kDa, 25-30 subbirlik, 1 FMN, 2 Fe2S2, 4-5 Fe4S4
+0,1	Kompleks II suksinatdehidrogenaza 1.3.5.1 125 kDa, 4-6 subbirlik, 1 FAD, 1Fe2S2, 1Fe4S4, 1 Fe3S4, 2-ubixinon, 1 gem b
+0,3	Kompleks III ubixinol-sitoxrom c-reduktaza 1.10.2.2 400 kDa, 11 subbirlik, 2 Fe2S2, 2 gem b, 1 gem c1
+0,8	Kompleks IV sitoxrom c-oksidadza 1.9.3.1 200 kDa, 8-13 subbirlik, 2 Cu, 1 Zn, 1 gem a, 1 gem a3
	Kompleks V .ATF-sintetaza 3.6.1.34 >400 kDa, 8-14 subbirlik



16-rasm. Naúis zanjiri komplekslari struktur-fazoviy (morfologik) tuzilishi

ATF sintetazaning membrana qismi, konjugatsiya faktori Fo deb ataladi, bu membranani ichkaridan va ichkaridan o'tkazadigan va tarkibida vodorod protonlari (protium yadrolari) ning o'tishi uchun ikkita yarim kanalga ega bo'lgan gidrofob oqsil kompleksi. Umuman olganda, Fo kompleksiga bitta turdagi a oqsil subbirli-gi, b subunitning ikki nusxasi, shuningdek kichik subbirlik 9 dan 12 nusxagacha kiradi. Subunit a (molekulyar og'irligi 20 kDa) butunlay membranaga botiriladi, u yerda uni kesib o'tuvchi oltita a-spiral qism hosil bo'ladi. Subunit b (molekulyar og'irligi 20 kDa) butunlay membranaga botiriladi, u yerda uni kesib o'tuvchi oltita a-spiral qism hosil bo'ladi. Subbirlik b (molekulyar og'irligi 30 kDa) membranaga botirilgan faqat bitta nisbatan qisqa a-spiral mintaqani o'z ichiga oladi va uning qolgan qismi membrana-dan F_1 tomon sezilarli ravishda chiqib turadi va uning yuzasida joylashgan b subbirikka o'rnatiladi. C ning 9–12 nusxadagi har bir nusxasi (molekulyar og'irligi 6–11 kDa) F_1 ga yo'naltirilgan qisqa gidrofil sikl bilan bir-biriga bog'langan ikkita gidrofobik a-spiral-ning nisbatan kichik oqsilidir va ularning barchasi bir shaklga ega bo'lgan yagona ansamblni tashkil qiladi. Membranaga botirilgan silindr, F_1 kompleksidan Fo tomonga qarab chiqadigan γ subbirlik bu silindrga botirilgan va unga mahkam bog'langan. Fermentlar nomenklaturasi an'anaviy kelib chiqishi bilan ajralib turadi va shuning uchun ular juda mos kelmaydi. F_1 komponentining belgilanishi «Fraksiya 1» ning qisqartmasi (1-qism) va F_0 belgisi (O harfi indeksda yozilgan, nolga emas) oligomitsinni birlashtirish joyi bo'lgan.

Fermentning ba'zi bir kichik bo'linmalari ham harf belgilariga ega:

- yunoncha: α , β , δ , δ , ϵ
- Lotin: a, b, c, d, e, f, g, h

Boshqalari yanada murakkab yozuvlar:

- F6 («6-qism» dan)
- OSCP – oligomitsinga sezgir oqsil (ingliz tilidan oligomitsin sezgirligi konferral oqsil), ATP50

- A6L (mitoxondriyal genomda uni kodlovchi gen nomi bilan)
- IF1 (inhibitor omil 1), ATPIF1

IF1 komponenti yetarlicha katta (uning diametri 9 nm) salbiy binoni bilan transmissiya elektron mikroskopida ko'rinadigan bo'ladi. Ichki mitoxondriyal membrana IF1 zarralari bilan nuqta qo'yilgan. Dastlab ular mitoxondriyaning butun nafas olish apparatlarini o'z ichiga olgan deb o'ylashgan. Biroq, uzoq tajribalardan so'ng, Ephraim Recker guruhi (birinchi marta IF1 komponentini 1961-yilda ajratib olgan) bu zarralar ATF-aza faolligi bilan, shu jumladan ajratilgan mitoxondriyada va mitoxondriyaga ultratovush ta'sirida hosil bo'lgan subsoxondriyal zarralar bilan bog'liqligini ko'rsatdi. Turli laboratoriyalarda o'tkazilgan ko'plab keyingi tadqiqotlar ushbu ATF-aza faolligini tasdiqladi (16-rasm).

Savollar:

1. To'qima nafasi nima?
2. Qisqa nafas olish zanjiri nima?
3. To'liq nafas olish zanjiri nima?
4. Substratli oksidlanish nima?
5. Oksidlanishli fosforlanish nima?
6. ETZ 1-kompleksi ingibitorlariga qaysi moddalar kiradi?
7. ETZ 2-kompleksi ingibitorlariga qaysi moddalar kiradi?
8. ETZ 3-kompleksi ingibitorlariga qaysi moddalar kiradi?
9. ETZ 4-kompleksi ingibitorlariga qaysi moddalar kiradi?
10. ETZ 5-kompleksi ingibitorlariga qaysi moddalar kiradi?

Gipoenergetik holatlar

Barcha tirik hujayralar hayotning har xil turlarini amalga oshirish uchun doimo ATFga muhtoj.

Miya hujayralari nerv impulsini o'tkazish uchun neurotransmitterlarni sintezi, asab hujayralarining yangilanishi, Na^+ va K^+ ning zarur gradiyentini saqlab turish uchun ko'p miqdorda ATF iste'mol qiladi; siydik hosil bo'lishida buyraklar turli xil moddalarni qayta so'rib olish jarayonida ATF dan foydalanadi; glikogen, yog'lar, oqsillar va boshqa ko'plab birikmalarning sintezi jigar-da sodir bo'ladi; miyokardda qon aylanishi uchun zarur bo'lgan mexanik ish doimiy ravishda amalga oshiriladi; dam olish paytida skelet mushaklari kam miqdordagi ATFni iste'mol qiladi, ammo jismoniy faollik bilan bu talablar o'n baravar ko'payadi (4-jadval).

Shu bilan birga, hujayralarda deyarli ATF zaxirasi yo'q. Shunday qilib, miyokarddagi ATF sintezining tugashi sharoitida uning zaxiralari bir necha soniya ichida tugaydi.

4-jadval

Ba'zi to'qimalarda O_2 va ATF iste'mol qilish darajasi

To'qima	O_2 iste'mol qilishi mkmol/g to'qima/daq	ATF iste'mol qilish mkmol/g to'qima/daq
Miya	1,7	10,2
Buyrak	4,5	27,0
Yurak	7,1	42,6
Ijar	1,6	9,6
Mushak (bo'shashganda)	0,08	0,5

Biz allaqachon bilganimizdek, ATF ning doimiy sintezi uchun hujayralar ATF sintezi bilan bog'liq oksidlanish reaksiyalarida elektronlarning oxirgi qabul qiluvchisi sifatida nafas olish va kislorod uchun substrat sifatida metabolitlar oqimiga muhtoj.

ATF sintezining to'xtashiga olib keladigan metabolizmning har qanday bosqichining buzilishi hujayra uchun o'limga olib keladi.

ATF sintezini kamaytirilgan shartlari umumiy atamasi «gipoenergetik» holat deb ataladi. Gipoenergetik holatning sabablari: ochlik, B₁, PP, B₂ gipovitaminozlari; gipoksiya.

Gipoksiya sabablari: nafas havosida kislorod yetishmasligi; o'pka kasalliklari va o'pka ventilyatsiyasi buzilishi bilan; yurak kasalliklari, spazm va qon tomirlari trombozi, qon yo'qotish; gemoglobin tuzilishidagi irsiy yoki orttirilgan kasalliklar. Gipoenergetik holatlarning umumiy sababi bo'lishi mumkin: hujayralardagi kisloroddan foydalanish jarayonlarining buzilishi.

5-jadval

Gipoenergetik holatlar

Shakllari	Kelib chiqishi
Alimentar	Ochlik, gipovitaminoz
Gipoksik: Qonni O ₂ to'yinishini buzilishi Ekzogen gipoksiya Nafas gipoksiyasi To'qimagalarga O ₂ tashilishining buzilishi Gemik gipoksiya	Havoda O ₂ yetishmasligi O'pka ventilyatsiyasi buzilishi Qon aylanishining buzilishi Gemoglobinozlar, gipogemoglobinemiya, toksik moddalar bilan zaharlanish
Mitoxondrial (to'qimalarda O ₂ o'zlashtirilishi) buzilish	Nafas fermentlarining ingibitorlari bilan zaharlanish, fosforlanishning oksidlanishdan ajralishi

Bu buzilishlarning sababi:

- ETZ ingibitorlari va ajratuvchilar ta'siri;
- temir defitsit anemiyalar;
- Hb va boshqa Fe tutuvchi oqsillar (sitoxromlar, FeS-oqsillar) miqdori pasayishi;
- Krebs sikli va ETZ fermentlari nasliy defekti.

Savollar:

1. Miya to'qimasi qancha ATF va O₂ sarflaydi?
2. Buyrak to'qimasi qancha ATF va O₂ sarflaydi?

3. Yurak to'qimasi qancha ATF va O₂ sarflaydi?
4. Jigar to'qimasi qancha ATF va O₂ sarflaydi?
5. Mushak to'qimasi qancha ATF va O₂ sarflaydi?
6. Gipoenergetik holatlar qaysi patologiyalarni keltirib chiqaradi?
7. Gipoenergetik holatlar qaysi sabablar tufayli kelib chiqadi?
8. Asfiksiya nima?

Mitoxondriyal kasalliklar

Mitoxondriyal kasalliklar bu – mitoxondriyalar faoliyatidagi nuqsonlar bilan bog'liq bo'lgan irsiy kasalliklar guruhi, bu eukariotik hujayralarda, xususan odamlarda energiya funksiyalarining buzilishiga olib keladi.

Mitoxondriyal kasalliklar mitoxondriyaning genetik, strukturaviy, biokimyoviy nuqsonlari tufayli kelib chiqadi, bu esa to'qimalarning nafas olishining buzilishiga olib keladi. Ular faqat urg'ochi chiziq orqali har ikki jinsdagi bolalarga yuqadi, chunki spermatozoidlar yadro genomining yarmini zigotaga uzatadi va tuxum hujayrasi genomning ikkinchi yarmini ham, mitoxondriyani ham ta'minlaydi. Uyali energiya almashinuvining patologik buzilishlari Krebs siklidagi turli xil zvenolarda, nafas olish zanjirida, beta-oksidlanish jarayonlarida va boshqalarda nuqsonlar ko'rinishida namoyon bo'lishi mumkin.

Mitoxondriyaning samarali ishlashi uchun zarur bo'lgan barcha fermentlar va boshqa regulyatorlar ham mitoxondrial DNK tomonidan kodlanmagan. Aksariyat mitoxondriyal funksiyalar yadroviy DNK tomonidan boshqariladi.

Mitoxondriyal kasalliklarning ikki guruhini ajratish mumkin:

Mitoxondriyal oqsillar uchun mas'ul bo'lgan gen mutatsiyasidan kelib chiqadigan irsiy sindromlar (Bart sindromi, Kerns-Sayre sindromi, Pearson sindromi, MELAS sindromi, MERRF sindromi va boshqalar).

Ikkilamchi mitoxondriyal kasalliklar, shu jumladan patogenezni shakllantirishda muhim bo'g'in sifatida hujayra energiya al-

mashinavi buzilishi (biriktiruvchi to'qima kasalliklari, surunkali charchoq sindromi, glikogenoz, kardiomiopatiya, migren, jigar yetishmovchiligi, pankitopeniya, shuningdek gipoparatireoz, diabet, raxit va boshqalar).

Mitoxondriya yadro genlaridan farqli ravishda meros qilib olinadi. Har bir somatik hujayradagi yadro genlari odatda ikkita allel bilan ifodalanadi (heterogametik jinsdagi jinsga bog'liq bo'lgan ko'pgina genlar bundan mustasno). Bir allel otadan, ikkinchisi onadan meros bo'lib o'tgan. Ammo, mitoxondriyalar o'zlarining DNKlarini o'z ichiga oladi va har bir inson mitoxondriyasida odatda 5 dan 10 gacha bo'lgan DNK molekulasining nusxalari mavjud va barcha mitoxondriyalar onadan meros bo'lib o'tgan. Mitoxondriya bo'linib bo'lgach, DNK nusxalari uning avlodlari orasida tasodifiy taqsimlanadi. Agar asl DNK molekulalaridan faqat bittasida mutatsiya bo'lsa, tasodifiy tarqalish natijasida bunday mutant molekulalar ba'zi mitoxondriyalarda to'planishi mumkin. Mitoxondriyal kasallik ma'lum bir to'qimalarning ko'plab hujayralarida mitoxondriyalarning sezilarli miqdori mutant DNK nusxalarini (chegara ifodasi) sintezidan boshlab o'zini namoyon qila boshlaydi.

Mitoxondriyal DNKdagi mutatsiyalar turli sabablarga ko'ra, yadroga qaraganda tez-tez uchraydi. Bu shuni anglatadiki, mitoxondriyal kasalliklar o'z-o'zidan paydo bo'ladigan mutatsiyalar tufayli juda keng tarqalgan. Ba'zida mutatsion darajasi mitoxondriyal DNK replikasiyasini boshqaruvchi fermentlarni kodlovchi yadro genlaridagi mutatsiyalar tufayli oshadi.

Defekt va simptomlar

Mitoxondriyal kasallikning ta'siri juda xilma-xildir. Turli organlarda nuqsonli mitoxondriyalarning turlicha tarqalishi tufayli bir kishining mutatsiyasi jigar kasalligiga, boshqasida esa miya kasalligiga olib kelishi mumkin. Qusur namoyon bo'lishining kattaligi katta yoki kichik bo'lishi mumkin va u vaqt o'tishi bilan asta-sekin o'sib, sezilarli darajada o'zgarishi mumkin. Ba'zi ki-

chik nuqsonlar bemorning yoshiga mos keladigan jismoniy faoliyatga dosh berolmasligiga olib keladi va jiddiy og'riqli namoyishlar bilan birga boradi. Boshqa nuqsonlar xavfli bo'lib, jiddiy patologiyaga olib keladi.

Umuman olganda, mitoxondriyal kasalliklar mushaklarda, miyada va asab to'qimalarida nuqsonli mitoxondriyalarni lokalizatsiya qilishda ko'proq seziladi, chunki bu organlar o'z funksiyalarini bajarish uchun eng ko'p energiya talab qiladi.

Mitoxondriyal kasalliklarning borishi har bir bemorda juda xilma-xil bo'lishiga qaramay, kasallikni keltirib chiqaradigan umumiy simptomlar va o'ziga xos mutatsiyalar asosida ushbu kasalliklarning bir necha asosiy sinflari ajratib ko'rsatildi.

Kasallik turlari:

Nisbatan keng tarqalgan mitoxondriyal miyopatiyada qo'shimcha ravishda quyidagilar mavjud:

– karlik bilan birga kechadigan mitoxondriyal diabet (DAD, MIDD, MELAS sindromi) bu – erta yoshda o'zini namoyon qiladi, kombinatsiyani mitoxondriyal MT-TL1 genining mutatsiyasi keltirib chiqarishi mumkin, ammo diabet va karlik mitoxondriyal kasalliklari boshqa sabablardan ham kelib chiqishi mumkin;

– irsiy optik neyropatiya Leber (uz: Leberning irsiy optik neyropati (LHON)), erta balog'at yoshidagi ko'rish qobiliyatini yo'qotish bilan tavsiflanadi;

Volf-Parkinson-Uayt sindromi WPW mitoxondriyal miyopatiya emas.

Ley sindromi yoki subakut nekrozlashtiruvchi ensefalomiopatiya: tug'ruqdan keyingi dastlabki normal rivojlanishdan so'ng, kasallik odatda hayotning birinchi yili oxirida, ba'zan katta yoshdagi davrda paydo bo'ladi. Kasallik tana funksiyalarining tez yo'qolishi bilan birga keladi va ong holatining buzilishi, demans va nafasni to'xtatishi bilan tavsiflanadi;

– neyropatiya, ataksiya, retinit pigmentozasi va ptozis (NARP): bu – neyropatiyaning progressiv belgilari, ataksiya, tunnelni ko'rish va ko'rish qobiliyatini yo'qotish, ptozis, demans;

– mitoxondriyal neyro-oshqozon-ichak ensefalopatiyasi: (MNGIE): bu – oshqozon-ichak psevdobstruksiyasi va kaxeziya, neyropati, ensefalopatiya, miyaning oq moddasida oʻzgarishlar.

Diagnostika. Mitoxondriyal kasalliklarni aniqlash uchun geneologik, klinik, biokimyoviy, morfologik va genetik tahlil muhim ahamiyatga ega.

Epidemiologiya. Dastlab mtDNK mutatsiyalari nihoyatda kam uchragan, ammo 2008-yilda taniqli 10 ta patogen mutatsiyaga oid 3000 ta sogʻlom tugʻilgan chaqaloqni oʻrganish natijasida 200 kishidan bittasi topilgan. mtDNKdagi «issiq nuqta» 3243 pozitsiyasiga aylandi, bu yerda MT-TL1 genining ishlashini oʻzgartiradigan A-G almashinuvi tez-tez uchraydi.

Davolash. Hozirgi vaqtda mitoxondriyal kasalliklarni davolash ishlari olib borilmoqda, ammo vitaminlar bilan simptomatik profilaktika keng tarqalgan terapevtik usul hisoblanadi. Piruvatlardan shunday usullardan biri sifatida foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda kimyoviy yadro yordamida mitoxondriyal kasalligi boʻlgan bemorning tuxumidan va boshqa tuxumdan sitoplazmasi normal ishlaydigan mitoxondriyasi boʻlgan ayoldan (yadro almashtirish) olingan ekstrakorporal urugʻlantirish imkoniyatlarini oʻrganish boʻyicha eksperimental ishlar olib borilmoqda.

Oksidlanishli fosforlanishda qatnashuvchi 100 ta fermentlarning 13 tasi mitoxondrial DNK bilan kodlanadi/ Jumladan: I-kompleksning 7 ta subbirligi, III-kompleksning subbirligi, IV-kompleksning 3 ta subbirligi, V-kompleksning 2 ta subbirligi hamda translyatsiya uchun zaruriy komponentlar. Qolgan mitoxondrial oqsillar yadroda sintezlanadi.

Yadro DNKsi mitoxondrial oqsillar tarkibiga kiradigan 70 dan ortiq oqsillarni kodlaydi. Oksidlanishli fosforillanish buzilishi asosan mitoxondriyadagi mutatsiyalar bilan bogʻliq. DNK yadrodan 10 barobar koʻproq sodir boʻladi. ATFGa yuqori ehtiyojli toʻqima (markaziy asab tizimi, skelet mushaklari, miokard, buyrak va jigar) oksidlanishli fosforillanish buzilishlariga eng sezgir.

Mitoxondriyal DNK nuqsonlari onadan naslga o'tadi, chunki spermatozoidlardagi mitoxondriyalar tuxum hujayra ichiga singib ketmaydi. Mitoxondriyal DNK mutatsiyalari — keng tarqalgan yadro DNKsi singari reparatsiyaga ega emas.

Shunday qilib, patogenez nuqtai nazaridan mavjud buzilish oqibatida kelib chiqadigan mitoxondriya kasalliklari guruhlari:

- 1) yog' kislotalarining oksidlanishi, shu jumladan karnitin sikli;
- 2) piruvat va Krebs sikli metabolizmi;
- 3) oksidlanishli fosforillanish jarayonlari.

Etiologik va patogenetik omillar yig'indisi asosida mitoxondriyal kasalliklarning zamonaviy tasnifi yaratildi. Ushbu tasnifga ko'ra uch asosiy guruhga bo'linadi, bu o'z navbatida kichik guruhlarga:

1. mtDNK nuqsonlaridan kelib chiqadigan kasalliklar:

- a) nuqtali mutatsiyalar;
- b) bo'linishlar;
- d) bo'linish bilan bog'liq izolyatsiyalangan duplikatsiyalar.

2. Yadro DNKdagi nuqsonlardan kelib chiqadigan kasalliklar:

- a) elektron transport zanjiri ishlashini buzadigan mutatsiyalar;
- b) oksidlovchi fosforillanishni buzadigan mutatsiyalar;
- d) Krebs sikli fermentlarida nuqsonlarni keltirib chiqaradigan mutatsiyalar;
- e) substratlardan foydalanishni buzadigan mutatsiyalar;
- f) substratlarning transportini buzadigan mutatsiyalar.

3. mtDNKdagi nuqsonlardan kelib chiqadigan yadroviy DNK kasalliklari:

- a) mtDNKning to'qimalarga xos deletsiya yoki duplikatsiyalar;
- b) mtDNKning depletsiyasi.

Mitoxondriyal disfunktsiya

Oksidlovchi fosforillanish mexanizmlarining shikastlanishi mitoxondriyal membrana ATFning pasayishiga, so'ngra hujayra o'limiga olib keladi. ATF zaxiralarining kamayishi anoksiya/gipoksiya paytida hujayralar o'limiga sabab bo'ladi, oksidlovchi stress va ksenobiotiklar toksik ta'sir sababli bo'lishi mumkin.

ATF iste'mol qiladigan metabolik yo'llarni stimulyatsiya qilish ham ATF zaxirasining tugashiga olib keladi. Elektrolitlar va quyi molekularlar uchun ichki mitoxondriyal membrana o'tkazuvchanlikning keskin o'sishi odatda hujayra nekroziga olib keladi. Mitoxondriyal ichki membrana nospetsifik shikastlanishi odatda lipid peroksidatsiyasi yoki fosfolipaza ta'siridan kelib chiqadi.

Ishemik miokard oksidlanish fosforillanish darajasi pasayganligi va anaerob metabolizmining kuchayishi bilan ajralib turadi. Natijada hujayrada ATF va kreatin fosfatning miqdori keskin kamayadi. Bunda birinchi — membrana o'tkazuvchanligi buzilishi namoyon bo'lishi. Membranalar yaxlitligining buzilishi hujayradan ionlar, shu jumladan K^+ ionlari va fermentlar chiqishiga sabab bo'ladi. Energiya resurslari kamomadi va ion tarkibining buzilishi hujayra ichidagi kalsiy darajasini nazorat qilish buziladi, mushak hujayralarining funksional faolligi ularning asta-sekin o'lishiga olib keladi. Shu bilan birga miokard oqsillari tarkibidagi o'zgarishlar aniqlanadi (bunda miyofibrillar oqsillari va stroma oqsillari keskin kamayadi). Uglevodlar, oqsillar va lipidlar almashinuvining buzilishi (erkin yog' kislotalari oksidlanmay, asosan triglitseridlar tarkibiga kiradi) miokard infarktida yurak mushagi yog'li infiltratsiyasi kuzatiladi.

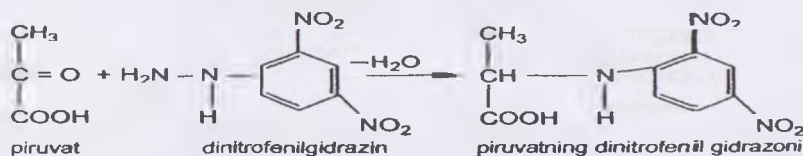
Savollar:

1. Karlik bilan birga kechadigan mitoxondriyal diabetning sababi nima?
2. Irsiy optik neyropatiyaning sababi nima?
3. Ley sindromining sababi nima?
4. Mitoxondrial kasalliklarning belgilari haqida gapirib bering.
5. Mitoxondrial kasalliklar diagnostikasida qanday usullardan foydalaniladi?
6. Mitoxondrial kasalliklar epidemiologiyasi qanday kechadi?
7. Mitoxondrial kasalliklarda qanday jarayonlar izdan chiqadi?
8. Mitoxondrial kasalliklarda hujayralar o'limining sababi nimalardan iborat?

AMALIY QISM

1-laboratoriya ishi. Qon zardobi va siydikda pirouzum kislota miqdorini aniqlash

Usulning asoslanishi. Piruvat ishqoriy muhitda 2,4-dinitrofenilgidrazin bilan 2,4-dinitrofenilgidrazonning qizg'ish-qo'ng'ir rangli kompleksini hosil qiladi. Rang intensivligi piruvat konsentrasiyasiga to'g'ri proporsional.



Ishning borishi. 4 ta probirka olinadi. Birinchisiga 1 ml qon zardobi solinadi. Ikkinchisiga 1 ml siydik solinadi. 3-probirkaga 1 ml piruvatning standart eritmasi, 4-probirkaga 1 ml dan distillangan suv solinadi. Barcha probirkalarga 0,5 ml dan 2,4-DNFG ning 1% li eritmasidan solib, 20 daqiqa xona haroratida, qorong'i joyda qoldiriladi. Keyin probirkalarga 1ml dan 12% li NAOH qo'shiladi. 10 daqiqadan so'ng rangli namunalar fotoelektrokolorimetrlning ko'k nurida suv qarshisida, 5 mm li kyuvetada optik zichligi o'lchanadi.

Hisoblash:

$$X=ac/b$$

Bunda: X – namunadagi piruvat miqdori;

a – tajriba eritmasining optik zichligi;

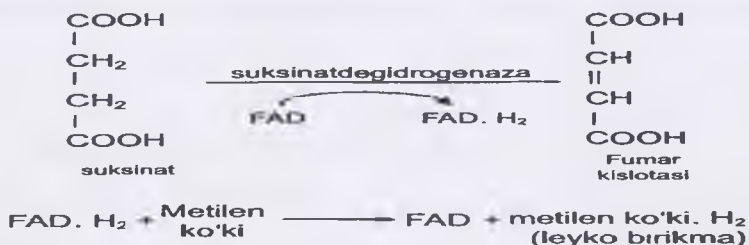
b – standart eritmasining optik zichligi;

c – standart eritmaning konsentrasiyasi.

Tajribaning klinik-diagnostik ahamiyati. Sog'lom odam bir sutkada 10–25 mg piruvatni siydik orqali ajratadi. Bu ko'rsatkichning oshishi B₁ gipovitaminozida, jigar kasalliklarida, qandli diabetda, yurak dekompensatsiyasida, gipoksiyalar, toksikozlarda kuzatiladi.

2-laboratoriya ishi. Mushak suksinatdegidrogenaza (SDG) faolligini aniqlash

Usulning asoslanishi. SDG qaxrabo kislotasini oksidlab, 2,6-dixlorfenolindofenol (Tilmans reaktivi)ni qaytarib rangsizlantiradi. SDG raqobatli ingibitori malonat, bu reaksiyani tormozlaydi.



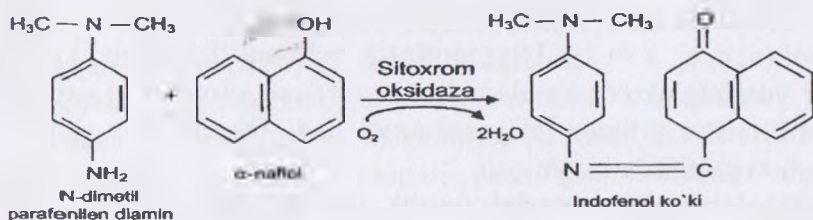
Ishning borishi. 1–2 g mushak to‘qimasi qaychi yordamida maydalanadi. Chinni havonchada suv bilan gomogen holatgacha eziladi. Hosil bo‘lgan gomogenat 2 qavatli doka orqali voronkadan o‘tkaziladi va 25 ml suvda yuviladi. Yuvilgan mushak gomogenati toza probirkaga solinadi va ustiga 4 ml suv solib shisha tayoqcha bilan aralastiriladi. Aralashma 3 qismga bo‘linadi. Birinchi probirkadagi ferment faolligi qaynatib yo‘qotiladi. 2 va 3-probirkalar qaynatilmaydi. Uchala probirkalarga 3 ml dan fosfatli bufer (pH=7,4), 5 tomchidan 3% qaxrabo kislotasi, 5 tomchidan 0,1N NaOH, 3-probirkaga 3% malonat, barcha probirkalarga Tilmans reaktividan 1 ml qo‘shilib 15 daqiqaga 37°C li termostatda qoldiriladi. Dixlorfenolindofenolning rangsizlanishi kuzatiladi.

3-laboratoriya ishi. Mushak tarkibidagi sitoxromoksidaza fermentini (SXO) aniqlash

Sitoxromoksidaza fermenti to‘qima nafas olish zanjiridagi elektronlarni kislorodga o‘tkazish jarayonida ishtirok etadi. Ushbu jarayonning mahsuloti sifatida ichki suv hosil bo‘ladi. SXO tabiati jihatidan mis, temir tutuvchi (metalloproteid) oqsillardir. Ferment mitoxondriya bilan mustahkam bog‘langan.

Usulning asoslanishi. Sitoxromoksidaza fermenti ishtirokida fenilendiamin, α -naftol va kislorod bilan, oksidlangan indofenol ko'k birikmasini hosil qilishdan iborat.

Reaksiya tenglamasi quyidagicha:



Tekshiriluvchi material: mushak qiymasi.

Reaktivlar: n – fenilendiaminning 1% li eritmasi, α – naftolning 1% li spirt dagi eritmasi, distillangan suv.

Kerakli anjomlar: probirkalar va shtativlar, chinni hovonchalar, qog'oz filtrlar.

Bajariladigan ish tartibi. Mushakdan fermentni ajratish. 0,5 g yangi mushak 1:20 nisbatda distillangan suv bilan chinni hovonchada eziladi. Qiyma filtr qog'oz varaqlari orasiga solib suvdan ajratiladi.

Yuvilgan va tozalangan mushak qiymasi ikki qismga ajratiladi. Uning bir qismi filtr qog'ozga, ikkinchi qismi 1 ml distillangan suv solingan probirkaga solib qaynatiladi. Suyuqlik sovitilgandan so'ng suvi asta-sekin to'kib tashlanadi. Probirka tubida qolgan shisha tayoqcha bilan filtr qog'ozga olinadi.

Filtr qog'oz ustidagi har ikkala mushak qiymasiga 1–2 tomchi «Nadi» indofenol reaktivi tomiziladi. 5–10 daqiqa o'tgach, mushak qiymasining biri ko'kimtir-binafsha rangga bo'yaladi. Ushbu rang sitoxromoksidaza fermentining n-fenilendiamin va α -naftolni oksidlangan indofenol birikmasini hosil bo'lish reaksiyasini tezlatganini isbotlaydi. Qaynatilgan mushak qiymasida ferment faolligi to'xtatilgan. Shu bois mushakning bu qismida reaksiya sodir bo'lmaydi.

Olingan natijalarni rasmiylashtirish. Olingan natijalar oldingi ishda berilgan jadvalga muvofiq rasmiylashtiriladi.

4-laboratoriya ishi. Yurak mushaklaridan ajratilgan oksidlangan va qaytarilgan sitoxrom c spektrlarini aniqlash

Elektronlarni o'tkazish zanjirida 5 turdagi sitoxrom ishtirok etadi (B , C , C_1 , A va A_3). Ular temir tutuvchi oqsillar bo'lgani uchun nur yutishiga ko'ra aniqlanadi. Qaytarilgan sitoxrom c sarg'ish-yashil nur uzunligida (550 nm) aniqlanadi. Oksidlangan sitoxrom esa bu uzunlikda bo'lmaydi.

Tekshiriluvchi material: yurak mushagidan ajratilgan sitoxrom S .

Reaktivlar: gektsianoferrat (II) kaliyning 0,1 mol/l eritmasi, natriy gidrosulfat tuzi (quruq kukuni).

Kerakli anjomlar: 0,6–0,8 sm diametrli probirkalar, spektroskop.

Bajariladigan ish tartibi. Bir ml sitoxrom solingan probirkaga eritmadagi barcha ferment molekularini oksidlash uchun 0,01 mol/l kaliy (III) gektsianoferrat eritmasidan 0,3 ml solinadi. Eritmaning spektri spektroskop yordamida aniqlanadi. Spektrning sarg'ish-yashil qismida nur yutilishi kuzatilmaydi.

Xuddi shu probirkadagi eritmaga bir necha dona natriy gidrosulfat kukuni solinadi. Sitoxrom c qaytariladi. Spektroskopda ikkita nur yutish yo'li ko'rinadi. Ularning biri sarg'ish-yashil (540 nm) qismida, ikkinchisi – yashil qismida (520 nm).

Olingan natijalarni rasmiylashtirish. Usulning asosini va sitoxrom c ning oksidlangan va qaytarilgan shakllarini, nur yutgan qismini daftaringizga chizing.

5-laboratoriya ishi. Mushakdagi makroergik birikmalarning miqdori (ATF va kreatinfosfat)ni aniqlash

Mushak to'qimalarida ikki xil makroergik birikma uchraydi. Ular ATF va kreatinfosfatdir. Ular muskullarni qisqarishi uchun kerak darajadagi energiya bilan ta'minlaydi.

Usulning asoslanishi. ATF va kreatinfosfat tarkibidagi fosfor qoldig'i kislotali gidrolizlanganda oson ajraladi. Nazorat tajribada gidrolizgacha bo'lgan fosfor miqdori va gidrolizdan so'ng aniqlangan fosfor (tekshiriluvchi tajriba) miqdorini solishtirish yo'li bilan kuchsiz bog'langan fosfor miqdorini o'lchash mumkin. Ajralgan fosfor miqdori ammoniy molibdatning askorbin kislota ishtirokida bergan rangli reaksiyasi asosida aniqlanadi.

Tekshiriluvchi material: yangi olingan mushak to'qimasi.

Reaktivlar: uchxlorsirka kislolaning (UXSK) 2,5 li eritmasi, xlorid kislolaning 1 mol/l eritmasi, natriy gidroksidning 1 mol/l eritmasi, ammoniy molibdatning 1% li eritmasi, askorbin kislolaning 1% li eritmasi.

Kerakli anjomlar: probirkalar, shtativlar, pipetkalar, voronkalar, filtr qog'oz, 10 ml li o'lchov probirkasi yoki silindr, muz yoki suv hammomi, FEK, 1 sm qalinlikdagi kyuvetalar.

Bajariladigan ish tartibi. 0,5 g mushak qiymasi solingan probirka muz hammomiga qo'yiladi, ustiga sovitilgan UXSK eritmasidan 5 ml solinadi. Probirkadagi suyuqlik shisha tayoqcha bilan ATFni ajratib olish uchun aralashtiriladi. Bunday usul bilan kreatinfosfat ham ajraladi. Suyuqlik 5 daqiqa davomida aralashtiriladi. Olingan aralashma muzga joylashtirilgan probirkada filtrlanadi.

Qolgan mushak qiymasiga yana 5 ml distillangan suv solib, past haroratda 5 daqiqa davomida makroergik birikmalarni ajratish davom ettiriladi. Olingan ekstrakt suyuqlik hajmi distillangan suv bilan 10 ml ga yetkaziladi.

Ikkita probirkaga oqsilsiz filtratdan 0,5 ml solinadi. Uning biri nazorat tajriba, ikkinchisi tekshiriluvchi tajribadir.

Tekshiriluvchi probirkaga vodorod xloridning 1 mol/l eritmasidan 1 ml solib, usti zar qog'oz bilan berkitiladi va fosfor bog'larini uzish maqsadida qaynab turgan suv hammomida 10 daqiqa qizdiriladi. Suyuqlik sovitilgandan so'ng natriy gidroksidning 1 mol/l eritmasidan 1 ml solinadi. Nazorat probirkasiga esa suyuqlikni qaynatmay turib vodorod xlorid va natriy gidroksid eritmalaridan 1 ml dan solinadi.

Tekshiriluvchi va nazorat probirkalariga suyuqliklarning hajmi 10 ml ga yetguncha distillangan suv solinadi (7,5 ml).

Keyingi ishlar tekshiriluvchi va nazorat tajribalar uchun bir vaqtda olib boriladi. Ikkala probirkadan 5 ml dan suyuqlik olib, boshqa probirkalarga solinadi. Ularning har biriga ammoniy molibdat eritmasidan 0,5 ml, askorbin kislotadan 0,5 ml va 2 ml distillangan suv solinadi. Suyuqliklar aralashtirilib, 10 daqiqaga uy haroratida qoldiriladi.

Nazorat va tekshiriluvchi suyuqliklar FEK ning qizil nur filtrida (670 nm to'liq uzunligida) ko'riladi. Tekshiriluvchi probirkada aniqlanayotgan anorganik fosfat (gidrolizdan keyin) bo'sh bog'langan fosfat kislotasi va fosfat tuzlarining yig'indisi hisoblanib, nazorat tuzlaridan iboratdir.

Tekshiriluvchi suyuqlik uchun topilgan optik zichlik ko'rsatkichidan nazorat uchun topilgan optik zichlik ko'rsatkichi ayriladi. Bo'sh bog'langan anorganik fosfatning tekshiriluvchi tajriba uchun olingan miqdori oldindan tayyorlangan o'lchov egri chizig'idan topiladi.

Hisoblash: Bo'sh bog'langan fosfat miqdori 100 g mushak uchun mg da suyultirish e'tiborga olingan holda hisoblanadi.

$$\sim x = A - 3,3400 - 100$$

Bunda: x – 100 g to'qima uchun 1 mg ATF hisobida olingan makroergik birikmalarning miqdori (mg 100g), A – 3,3400 – suyuqlikning suyultirilgan darajasi hisobga olingan holda 1g to'qima uchun hisoblash koeffitsienti.

Olingan natijalarni rasmiylashtirish. Usulning asosi va natijasi daftarga yoziladi va tegishli xulosa chiqariladi.

6-laboratoriya ishi. Qon tarkibidagi ATF-aza faolligini aniqlash

Adenozintrifosfat (ATF-aza) fermenti ATF ni suv ishtirokida parchalab, energiya ajralishini tezlatadigan reaksiyani katalizlaydi.

Usulning asosi. Yorilgan eritrotsitlar tarkibidagi ATF-aza ATF ni ADF va anorganik fosfatgacha parchalaydi. Ajralgan anorganik fosfat esa ammoniy molibdat bilan rangli mahsulot hosil qiladi. Rangning zichligi ATF miqdoriga to'g'ri keladi.

ATF-aza fermentining faolligi yangi tug'ilgan bolalarda kuza-tiladigan gemolitik anemiyada, leykozda, bronxial astmada, nafas yo'larining yallig'lanishi va raxit kasalliklarida odatdagidan bir necha barobar ortib ketadi.

**ATF-aza faolligining yoshga nisbatan o'zgarishi
(mkg/l ml eritrotsit hisobida)**

Yangi tug'ilgan bolalarda	1 yosh-gacha	3 yosh-gacha	4-7 yosh-gacha	11-13 yoshda	14-16 yoshda	17 yosh-dan yuqori
308	196	16b	128	147	108	108

Tekshiriluvchi material: qon eritrotsitlari.

Reaktivlar: UXSKning 2,5% N eritmasi, vodorod xloridning 1 mol/l eritmasi, natriy gidroksidning 1 mol/l eritmasi, ammoniy molibdatning 1% li eritmasi, askorbin kislotaning 1% li eritmasi.

Kerakli anjomlar: shtativ, probirkalar, 1-2 ml li pipetkalar, FEK, termostat yoki suv hammomi.

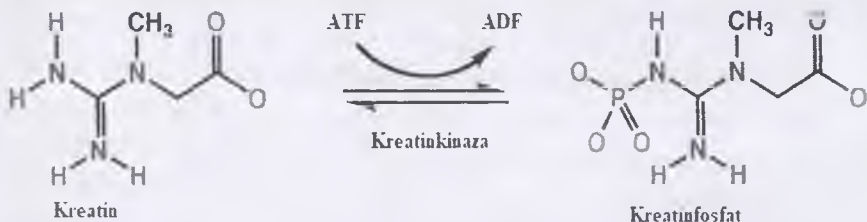
Bajariladigan ish tartibi. Ikki probirkaning biriga eritrotsitlari yorilgan (gemolizlangan) qondan 1 ml, ikkinchisiga distillangan suvdan 1 ml solinadi. Ularga 0,1 mol/l li ATF eritmasidan 1 ml dan solinadi. Probirkadagi suyuqliklar aralashtrilib, bir so-at 37°C li termostatda yoki suv hammomida saqlanadi. Bir ozdan so'ng oqsillarni cho'ktirish uchun probirkalarga 0,5 ml UXSK eritmasidan solinadi va suyuqliklar filtrlanadi. Filtr ostidagi suyuqlikka 1 ml ammoniy molibdat eritmasi quyiladi va aralashma 10-20 daqiqa termostat yoki suv hammomiga joylashtiriladi. Hosil bo'lgan rang zichligi FEKning qizil nur filtri qarshisida o'lchanadi. Tekshiriluvchi va nazorat tajribalar uchun topilgan optik zichlik ko'rsatkichlarining farqi aniqlanadi. Ferment faol-

ligining darajasi oldindan tayyorlangan o'lchov egri chizig'idan topiladi. O'lchov egri chizig'ini tayyorlash uchun turli miqdordagi ATF eritmasidan foydalaniladi.

Olingan natijalarni rasmiylashtirish. Natijalarni daftaringizga yozib, tegishli xulosa chiqaring.

7-laboratoriya ishi. Kreatinkinaza fermenti faolligini aniqlash

Kreatinkinaza fermenti asosan mushak to'qimalarida joylashgan bo'lib, yengil qaytar reaksiya: ATF dagi fosfat qoldiqni kreatinga va kreatinfosfatdan ADF ga o'tkazishni katalizlaydi. Kreatinfosfatning parchalanishidan hosil bo'lgan fosfat ioni oqsildan tozalangach, sariq rangli fosfor ammoniy molibden kompleks birikmasi shaklida aniqlanadi, chunki ushbu ferment kreatinfosfatdagi fosforni ADF ga yengil o'tkaza oladi.



Kreatinkinaza organizmda mushaklar qisqarishini energiya bilan ta'minlashda ishtirok etadi, ayniqsa mushaklarning faol qisqarishi jarayonida energiyaga bo'lgan talab ortadi.

Mushaklar faol ishlaganda, isitmalaganda, uzoq muddat och qolganda, qandli diabetda, vitamin E yetishmasligida, mushaklar shikastlanganda, gipoteriozda, markaziy nerv sistemasi kasalliklarida, yurak infarktida qon zardobida kreatinkinaza fermentining faolligi birmuncha ortadi. Mushaklar faoliyati susayganda (miopatiya, mushaklar distrofiyasida) ferment faolligi susayadi.

Kreatinkinaza fermenti faolligini aniqlash shifokorlarning amaliy ishida katta ahamiyatga ega. Ferment faolligi turli usullar bilan aniqlanadi. Berilayotgan usul tayyor reaktivlar yig'indisi bilan ishlashga asoslangan.

Usulning asosi. Kreatinfosfatning parchalanishidan hosil bo'lgan fosfat kislotaning kompleks birikmasi aniqlanishiga asoslangan. Birikma sariq rang hosil qiladi.

Tekshiriluvchi material: qon zardobi.

Reaktivlar: tayyor reaktivlar yig'indisidan foydalaniladi:

Bolalar qon zardobi tarkibidagi kreatinkinaza fermentining yoshga qarab o'zgarishi

Bolalarning yoshi	Qon zardobidagi kreatinkinaza faolligi	
	Mkmol/min-1	Mkmol/min-1
Yangi tug'ilganlarda	180	3,0
3 haftadan 3 oygacha	91	1,5
3 oydan 1 yoshgacha	66	1,1
3-6 yoshlarda	62-59	1,03-0,98
Kattalarda	46	0,77

Idishdagi 0,670 g substrat 80°C gacha isitilgan bidistillangan suvning 10 ml da eritiladi. Eritma sovutilgach, yana 15 ml bidistillangan suv solinadi va aralashtiriladi. Eritma sovuqda saqlanadi. Eritmaning xiralanishi ferment faolligiga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun eritma filtrlanishi kerak.

Buf eritma – 0,4 g bufer aralashmasi substrat tayyorlagandek tayyorlanadi va saqlanadi. Aktivator – 45 mg sisteinxlorid 5 ml bidistillangan suvda eritiladi. Sovuqda saqlanadi. Eritma ikki kun ichida sarflanishi kerak. ATF eritmasi 40 mg ATF 2,1 ml bidistillangan suvda eritiladi. Eritma doimo yangidan tayyorlanadi.

Reaktiv tayyorlash. Ammoniy vannadiy eritmasi va ammoniy molibden eritmalari aralashtiriladi.

Kerakli anjomlar. Shtativ va probirkalar, pipetkalar, termostat yoki suv hammomi. Voronkalar, FEK va kyuvetalar.

Bajariladigan ish tartibi. Ferment faolligini aniqlash jadvalda ko'rsatilgan tartibda olib boriladi.

	Probirkalar			
	1	2	3	4
Substrat eritmasi	0,50	–	0,50	–
Bufer eritmasi	–	0,50	–	0,50
Etalon eritmasi	–	–	0,05	–
Aktivator eritmasi	0,20	–	–	–
Qon zardobi	0,05	0,05	–	
Bidistillangan suv	–	0,20	0,20	0,25

Barcha probirkalardagi suyuqliklar aralashtiriladi va 5 daqiqa 37°C li suv hammomida yoki termostatda ushlanadi.

ATF eritmasi	0,10	0,10	0,10	0,10
--------------	------	------	------	------

Suyuqliklar aralashtirilib, 37°C da bir soat ushlanadi va ularga UXSK eritmasidan 0,3 ml dan solinadi.

UXSK eritmasi	0,30	0,30	0,30	0,30
---------------	------	------	------	------

Suyuqliklar aralashtirilib, 5 daqiqa o'tgach, cho'ktiriladi yoki filtr qog'ozdan o'tkaziladi.

Oqsilsiz suyuqlik (filtrat)	0,60	0,60	0,60	0,60
Reaktiv aralashmasi	0,80	0,80	0,80	0,80

Suyuqliklar aralashtirilib, 5 daqiqa o'tgach, fotoelektrokolorimetr – (400 nm to'lqin uzunligida) 1 sm qalinlikdagi kyuve-ta ishlatiladi. Suyuqlikning zichligi spektrofotometrda o'lchanishi ham mumkin.

TAHLILIIY QISM

Mustahkamlash uchun testlar

1. Qaysi modda katabolizmining oxirgi mahsuloti siydik kislotada hisoblanadi?

- A. Purin asoslari
- B. Pirimidin asoslari
- C. Siklik aminokislotalar
- D. Ammiak

2. Qon zardobida siydik kislotada miqdorining normasi:

- A. 0,19–0,40 mmol/L
- B. 0,12–0,24 mmol/L
- C. 5,0–20,5 mmol/l
- D. 2,5–8,33 mmol/L

3. Siydikdagi siydik kislotada miqdorining normasi:

- A. 1,6–6,4 mmol/kun
- B. 1,6–6,4 mmol/l
- C. 44–64 g/l
- D. 2,5–8,33 mkmol/L

4. Giperurikemiya kuzatiladi:

- A. Podagrada
- B. Parenxima sariqlikda
- C. Semizlikda
- D. Albinizmida

5. Aminokislotalar faollanishi uchun qaysi ferment kerak bo'ladi?

- A. Aminoatsil-tRNK sintetaza
- B. Atsil-KoA sintetaza
- C. Atsetil-KoA atsetiltransferaza
- D. Monoaminooksidaza

6. Mikrosomal oksidlanish oksidlanishning qaysi tipiga tegishli?

- A. Monooksigenaza
- B. Dioksigenaza
- C. Oksidaza
- D. Degidrogenaza

- 7. Mikrosomal oksidlanishda qaysi ferment ishtirok etadi?**
- A. NADFH-sitoxrom P450 reduktaza
 - B. Sitoxrom
 - C. Peroksidaza
 - D. Sitoxrom P-650
- 8. Mikrosomal oksidlanishning biologik roli:**
- A. Ksenobiotiklarni zararsizlantirish
 - B. Hujayralarga kislorod transporti
 - C. To'qima nafas olishidagi ishtiroki
 - D. Energiya ishlab chiqarish
- 9. Fermentlarning antioksidant himoyasiga tegishli:**
- A. Glutationperoksidaza
 - B. Glyukozaoksidaza
 - C. Transketolasa
 - D. Monoaminooksidaza
- 10. Glutationning antioksidant himoyasida uning strukturasidagi qaysi guruh rol o'ynaydi?**
- A. Sulfgidril guruhlar
 - B. Metil guruhi
 - C. Gidroksil guruhi
 - D. Amino guruhi
- 11. Katalaza o'zgartiradi:**
- A. Vodorod peroksid
 - B. Peroksid radikali
 - C. Superoksid anioni
 - D. Glutation
- 12. Autotrof organizmlar qanday energiyadan foydalanadi?**
- A. Quyosh energiyasi
 - B. Elektr
 - C. Mexanik
 - D. Osmotik
- 13. Geterotrof organizmlar qanday energiyadan foydalanish imkoniyatiga ega?**
- A. Organik moddalar

B. Anorganik moddalar

C. Quyosh energiyasi

D. Mineral qismlar

14. Autotroflar organik moddalarni nima hisobiga sintezlaydi?

A. Fotosintez

B. Glikoliz

C. Proteoliz

D. Glikogenoliz

15. Anabolizmning nomlanishi:

A. Oraliq molekulalardan moddalar biosintezi

B. Organik moddalar parchalanishi

C. Biopolimerlar gidrolizi

D. Membranalar orqali birikmalar o'tkazilishi

16. Katabolizmning nomlanishi:

A. Organizmda biopolimerlar gidrolizi

B. Murakkab moddalarning biosintezi

C. Fotosintez

D. Xemosintez

17. Anabolik yo'llarga tegishli:

A. Yog' kislotalari biosintezi

B. Aminokislotalar dekarboksillanishi

C. Glikoliz

D. Glikogenoliz

18. Membrana orqali moddalarning transport turi:

A. Yengillashgan diffuziya

B. Lateral diffuziya

C. Dializ

D. Aksonal tok

19. Entropiya bu:

A. Tizimning tartibsizlik darajasi

B. Tizimda issiqlik saqlanishi

C. Tizimda energiya saqlanishi

D. Tizimda issiqlik yo'qotilishi

20. Ekzoergonik reaksiyalar qanday kechadi:

- A. Erkin energiyaning standart kamayishi
 - B. Erkin energiyaning standart ortishi
 - C. Issiqlik yutulishi
 - D. Energiya yutulishi
- 21. Energiyani bir turdan boshqa turga aylantiruvchi membrana bu:**
- A. Mitoxondriyaning ichki membranasi
 - B. Yadro membranasi
 - C. Mitoxondriyaning tashqi membranasi
 - D. Lizosoma membranasi
- 22. Energiya hosil bo'lishiga olib keluvchi ion:**
- A. H^+
 - B. Mg^{2+}
 - C. Ca^{2+}
 - D. Cl^-
- 23. Makroergik birikmalarga tegishli:**
- A. ATF
 - B. Glyukoza 6-fosfat
 - C. Yog' kislota
 - D. Kreatinin
- 24. Oksidlanish va fosforillanishning ajralishiga olib keladi:**
- A. Tana haroratining ortishi
 - B. Gipoksiya
 - C. Tana haroratining kamayishi
 - D. Gipovitaminoz
- 25. ATF nechta makroergik bog' saqlaydi?**
- A. Ikki
 - B. Bir
 - C. Uch
 - D. To'rt
- 26. Odamdagi universal makroergik birikma:**
- A. ATF
 - B. Glyukoza
 - C. Glikogen
 - D. Triglitserid

27. Oksidlanishli fosforillanish yo'li bilan organizmda qancha ATF ishlab chiqariladi?

- A. 90%
- B. 100%
- C. 75%
- D. 50%

28. To'qima nafas olish zanjiri joylashgan joy:

- A. Mitoxondriyaning ichki membranasida
- B. Yadroda
- C. Mitoxondriyaning tashqi membranasida
- D. Mitoxondriya matriksida

29. NAD kofermenti tarkibiga qaysi vitamin kiradi:

- A. PP
- B. B₁
- C. B₂
- D. B₆

30. Qaysi vitaminning kofermenti FAD hisoblanadi:

- A. B₂
- B. A
- C. B₁
- D. D₃

31. To'qima nafas olishida elektronlar tashilishini nima belgilaydi?

- A. Oksidlanish-qaytarilish potentsiali
- B. Molekulyar og'irligi
- C. Eruvchanligi
- D. Molekula shakli

32. To'qima nafas olishi to'liq zanjirining qismlari ketma-ketligi:

- A. NAD, FMN-KoQ-sitoxromlar
- B. NAD-NADF-KoQ-sitoxromlar
- C. FAD-NAD-KoQ-sitoxromlar
- D. NAD-FMN-CoA-sitoxromlar

33. Oksidlanishli fosforillanish yo'li bilan ATF sintezi qanday kuzatiladi:

A. To'qima nafas olish zanjirida

B. Glyukoneogenezda

C. Triglitsyeridlar sintezida

D. Aminokislotalar dezaminlanishida

34. Hujayrada ATFning asosiy miqdori qayerda sintezlanadi?

A. Mitoxondriyada

B. Endoplazmatik to'rdada

C. Yadroda

D. Lizosomada

35. To'qima nafas olishida proton gradiyenti qayerda hosil bo'ladi?

A. Mitoxondriyaning membranalararo bo'shlig'ida

B. Mitoxondriya matriksida

C. Sitoplazmada

D. Ribosomada

36. To'qima nafas zanjiri uchun NADH_2 ning mitoxondriyadan tashqari asosiy manbai:

A. Glikoliz

B. Glukoneogenez

C. Pentoz fosfat yo'li

D. Limon kislota sikli

37. Oksidlanuvchi fosforillanish mexanizmini tushuntiruvchi gipoteza:

A. Xemosmotik

B. Kimyoviy birlashish

C. Mexanik-kimyoviy

D. Konformatsion muvofiqlik

38. Qaysi ferment oksidlanish-qaytarilish jarayonida ATFni sintezlaydi?

A. ATF sintaza

B. Kreatinkinaza

C. Geksokinaza

D. Fosfataza

39. To'qima nafas olishida NADH_2 dan kislorodga bir juft elektron o'tkazilganda qancha ATF hosil bo'ladi?

- A. 3
- B. 12
- C. 2
- D. 38

40. To'qima nafas olishida $FADH_2$ dan kislorodga bir juft elektron o'tkazilganda qancha ATF hosil bo'ladi?

- A. 2
- B. 12
- C. 38
- D. 3

41. Uch karbon kislotalar siklini kim kashf qilgan?

- A. Krebs
- B. Senger
- C. Fisher
- D. Mitchell

42. Uch karbon kislotalar sikli qanday kichadi?

- A. Mitoxondriyada
- B. Sitoplazmada
- C. Yadroda
- D. Ribosomalarda

43. Uch karbon kislotalar siklida qaysi metabolit yutiladi?

- A. Atsetil KoA
- B. Ammiak
- C. Glyukoza
- D. Siydik kislota

44. Elektronlarni kislorodga o'tishini katalizlaydi:

- A. Sitoxrom
- B. Superoksiddismutaza
- C. Katalaza
- D. Peroksidaza

45. Piruvatni va a-ketoglutaratni dekarboksillanishida qatnashadigan kofermentlarni toping.

- A. TGFK
- B. Biotin

C. FAFS

D. TPF

46. Piruvatdegidrogenaza kompleksining joylashuvi:

A. Mitoxondriya ichki membranasining matriks tomonida

B. Mitoxondriya tashqi membranasining sitozol tomonida

C. Mitoxondriya tashqi membranasining ichki tomonida

D. Ichki membraning tashqi tomonida

47. Pirouzum kislotaning oksidlanib dekarboksillanishi bilan atsetil-KoA hosil bo'lish jarayonini boshqaruvchi multiferment sistemaga mansub uch asosiy fermentni ko'rsating:

A. Piruvatkinaza

B. Piruvatdegidrogenaza

C. Laktatdegidrogenaza

D. Digidrolipolatsetiltransferaza

48. Krebs sikli energetik funksiyani bajaradi: 1 molekula atsetil-KoAni Krebs halqasida oksidlanishi natijasida necha molekula ATF hosil bo'ladi:

A. 12

B. 15

C. 38

D. 19

49. Piruvat oksidlanishli dekarboksillanishi multiferment tizim orqali boshqariladi. Uning tarkibiga nechta ferment kiradi:

A. 3

B. 2

C. 1

D. 5

50. Piruvat oksidlanishli dekarboksillanish multiferment tizim orqali boshqariladi. Uning oxirgi mahsuloti bo'lib nima hisoblanadi:

A. Atsetil-KoA

B. Glyukoza

C. Fruktoza

D. Pentoza

VAZIYATLI MASALALAR

1. Mitoxondriya suspenziyasiga izotsitrat va ADF solinib 37° Mitoxondriya suspenziyasiga suksinat, ADF solib 37° Krebs halqasi reaksiyalarida bevosita kislorod ishtirok etmaydi. Lekin shunga qaramay sitrat sikli – aerob jarayondir. Kislorod yetishmaganda sitrat sikli reaksiyalari sekinlashishini tushuntiring.

2. Tajribada sitrat sikli va nafas olish zanjirining fermentlarini tutuvchi gomogenatga atsetil-KoA qo'shildi. Oksaloatsetat va atsetil-KoA miqlori inkubatsiyadan oldin va so'ng qanday o'zgaradi?

a) oksaloatsetat miqdori ortadimi? Oksaloatsetatning bu jarayondagi rolini ko'rsating.

b) atsetil-KoA miqdori o'zgaradimi? Krebs halqasida u qanday o'zgarishlarga uchraydi?

5. Yurak yetishmovchiligida TDF tutuvchi kokarboksilaza inyeksiyalari buyuriladi. Uning terapevtik ta'sir mexanizmini tushuntiring.

6. Biotinaza fermenti biotin bilan oqsil o'rtasidagi kovalent bog'ni uzadi va biotinni ajratadi. Erkin biotin biotinga bog'liq fermentlar faoliyatida qatnashadi. Biotinaza fermenti nasliy nuqsonida H vitamini gipovitaminozi belgilari kuzatiladi: gipoenergetik holat, toliqish, mushaklarda og'riqlar, tutqanoqlar, kamqonlik, dermatit, sochlarning to'kilishi. Kuzatiladigan gipoenergetik holatlar kelib chiqish mexanizmini yoriting.

QABUL QILINGAN QISQARTIRISHLAR

Aminokislotalar

Ala.Ala – alanin
Apr.Arg – arginin
Asp.Asp – aspartat kislota
Asp.NH₂. Asp.NH₂ – asparagin
Val.Val – valin
Gis.His – gistidin
Gli.Gly – glitsin
Glu.Glu – glutamat kislota
Glu.NH₂ – Glu.NH₂ – glutamin
Ile. Ile – izoleysin
Ley.Leu – leysin
Liz.Lys – lizin
Met.Met – metianin
Opro.Ox – oksiprolin
Pro.Pro – prolin
Ser.Ser – serin
Tir.Tyr – tirozin
Tre.Tre – treonin
Trp.Trp – triptofan
Fen.Phe – fenilalanin
fMet.fMet – formilmetionin
Sis.Cys – sistein

Nukleozidlar, nukleotidlar va nuklein kislotalar

A – adenin
ADF.ADP – adenzin difosfat kislota
AMF.AMP – adenzin monofosfat (adenilat kislota)
sAMF.sAMP – siklik monofosfat kislota
ATF.ATP – adenzin (trifosfat kislota)

G.G – guanin
GDF.GDP – guanozin (difosfat kislota)
GMF. GMP – guanozin monofosfat (guanilat kislota)
GTF.GTP – guanozin (trifosfat kislota)
DNK.DNA – dezoksiribonuklein kislota
DNK-aza – dezoksiribonukleaza
ITF. ITP – inozin trifosfat kislota
NAD+.NAD+ – nikotinamid-adenin dinukleotid
NADF.NADP – nikotinamid-adenin dinukleotid fosfat
NMN.NMN – nikotinamid mononukleotid
RNK.RNA – ribonuklein kislota
RNK-aza – ribonukleaza
T – timin
TDF.TDP – timidin difosfat
TMF.TMP – timidin monofosfat (timidilat kislota)
TTF.TTP – timidin trifosfat
U – uratsil
UDF.UDP – uridin difosfat
UDF.G.UDPG – uridin difosfat glyukoza
UDFG Gal.UDPGAL – uridin difosfat galaktoza
UMF.UMP – uridin monofosfat
UTF.UTP – uridin trifosfat
IAD.FAD – flavin adenin dinukleotid
IMN.FMN – flavin mononukleotid
S.S – sitozin
SDI.CDP – sitozin difosfat
SMF.CMP – sitozin monofosfat
STF.STP – sitozin trifosfat

Gormonlar

AKTG – adrenokortikotrop gormon
DOKA – dezoksikortikosteron atsetat
GG – gonodotrop gormon

ISK – indolil sirka kislota

Boshqa komponentlar

aFF – anorganik pirofosfat

aF – anorganik ortofosfat

ATO – atsil tashuvchi oqsil

ATFaza – adenozintrifosfataza

AtsKoA – atsetil koenzim A

KoA – koferment A

KoQ – koferment Q (ubixinon)

G-1-F – glyukoza-1-fosfat

Hb – gemoglobin

Hb CO – karboksigemoglobin

MetHb – metgemoglobin

HbO₂ – oksigemoglobin

Mb – mioglobin

MbO₂ – oksimioglobin

GSH.GSH – glutation (qaytarilgan)

GSSG.GSSG – glutation (oksidlangan)

DIFF – diizopropil ftor fosfat

DEAE – dietilaminoetenol sellyuloza

DNFB – dinitroftorbenzol

DNF – dinitrofenol

E – enzim molekulasi

ES – enzim, substrat molekulasi

IG – immunoglobulinlar

KMS – karboksimetil sellyuloza

KrF – kreatin fosfat

PGK – pteroilglutamat kislota

TGFK, H₄TGF – tetragidrofolat kislota

UKS – uch karbon kislotalar sikli

~F~R – makroerg fosfat bog‘i

EDTA – etanoldiamin tetraatsetat

Simvollar va boshqa qisqartmalar

A° –Angstrem birligi (10^{-8} sm)

g, kg, mg – gramm, kilogramm, milligramm

kal, kkal – kaloriya, kilokaloriya

KM– Mixaelis konstantasi

l, ml, mkl – litr, millilitr, mikrolitr

M, mM – mol, millimol

mk, mmk – mikron, millimikron (10^{-7} sm)

mkg – mikrogramm (10^{-6} kg)

mkl – mikrolitr (10^{-6} litr)

GLOSSARIY

Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Abaziya	Абазия	Abasia	bemorning mutlaqo yura olmay, hatto tik tura olmay qolishi
Abbreviatsiya	Аббревиация	Abbreviation	a'zolar yoki ular qismlarining individual rivojlanish jarayonida qisqarishi
Aberratsiya	Аберрация	Aberration	xromosomalar tuzilishidagi o'zgarishlar
Abiogenez	Абиогенез	Abiogenesis	tirik tabiatda mavjud bo'lgan organik birikmalarning organizm ishtirokisiz nobiologik yo'l bilan hosil bo'lishi
Ablastinlar	Абластины	Ablastins	ingibitorlar, organizmdagi maxsus bo'lmagan himoya vositasi
Absorbentlar	Абсорбенты	Absorbents	absorbiyalovchi, yutuvchi, surib oluvchi, shimuvchi moddalar. Masalan, aktivlangan ko'mir, eritrotsitlar
Absorptiv davr	Период всасывания	Absorptive period	organizmga kirish, oqsillar, yog'lar va uglevodlarni hazm qilish va assimilyatsiya qilish
Adaptatsiya	Адаптация	Adaptation	moslashish
Adenilatsiklaza	Аденилат-циклаза	Adenylate cyclase	plazma membranasi-ning fermenti bo'lib, ATF dan sAMF hosil bo'lish reaksiyasini katalizlaydi

Adenin	Аденин	Adenin	purin asoslaridan biri, DNK, RNK da uchraydi
Adenozin-monofosfat (AMF)	Аденозин-монофосфат (АМФ)	Adenosine monophosphate (AMF)	bu adenin, riboza va fosfor kislotasi qoldig'idan iborat mononukleotid
Adenin tri-fosfat kislotasi (ATF)	Адеинозин-трифосфат kislotasi (АТФ)	Adenin the acid	adenin, riboza va fosfat kislotasi qoldig'idan tashkil topgan birikma
Adipotsitlar	Адипоциты	Adipocytes	bu yog' to'qimalarining hujayralari
Adrenalin	Адреналин	Adrenaline	bu buyrak usti bezining gormoni
Adrenokortikotropik gormon (AKTG)	Адренокортикотропный гормон (АКТГ)	Adrenocorticotrophic hormone (ACTH)	adenogipofizda ishlab chiqariladi, adrenal korteksni rag'batlantiradi
Adrenoreseptorlar	Адренорецепторы	Adrenoceptors	katexolaminlarni maxsus bog'laydigan oqsillar
Aerobik glyukozaning oksidlanishi	Аэробное окисление глюкозы	Aerobic glucose oxidation	glyukozaning CO ₂ va H ₂ O ga to'liq oksidlanishi tayyorgarlik bosqichini o'z ichiga oladi
Agglutinatsiya	Агглютинация	Agglutination	suyuqliklardagi zarrachalar (bakteriyalar, eritrotsitlar va boshqa hujayra elementlari) ning bir-biriga yopishib, g'ujlanib qolishi
Agglutininnlar	Агглютинины	Agglutinins	qon zardobida hosil bo'lib, ular ta'sirida yopishib, g'ujlanib (agglutinatsiyalanib) qolgan organizm uchun yot moddalar

Agoniya	Агония	Agonia	(yun. agonia – kurash) o'lim talvasasi
Akklimatizatsiya	Акклиматизация	Acclimatization	organizm uchun yangi bo'lgan yoki o'zgargan iqlim sharoitiga moslashish
Akseptor	Акцептор	Acceptor	qabul qiluvchi birikma
Alanin	Аланин	Alanine	polyar bo'lmagan, almashtiriladigan proteinogen aminokislota
Albinizm	Альбинизм	Albinism	melanotsitlardagi tirozinaza genining nuqsonligi tufayli muayyan turdagi organizmlarga xos normal pigmentatsiyaning tug'ma bo'lmashligi
Albumin	Альбумин	Albumin	oddiy, sharsimon, kislotali oqsil
Algldlar	Алгиды	Algid	organik kislotalar hosilasi
Aldosteron	Альдостерон	Aldosterone	bu metabolizmni tartibga soluvchi adrenal korteksning steroid gormoni
Alkaloz	Алкалоз	Alkalosis	bu qon pH ning gidroksidi tomonga siljishi
Alkaptonuriya	Алкаптонурия	Alkaptonuria	bu gomogentezin kislotasi dioksid geni genidagi nuqson tufayli tirozinning (qora siydik) irsiy metabolik kasalligi
Alkaloidlar	Алкалоиды	Alkaloids	tarkibida azot tutuvchi, ishqoriy xususiyatga ega birikmalar

Alkogoldegidrogenaza	Алкоголь-дегидрогеназа	Alcohol dehydrogenase	bu etanolning oksidlanishini katalizlovchi oksidoreduktaza sinfidagi ferment
Allel	Алель	Allel	allelomorf, ya'ni gen ayrim strukturaviy holatlarining imkoniyatlaridan biri
Allergiya	Аллергия	Allergy	organizmga yot bo'lgan antigenlar (mikroblar, yot oqsillar va boshqa omillar ta'sirida yuzaga keladigan organizmning o'ta sezgirligi
Allopurinol	Аллопуринол	Allopurinol	podagrani davolashda ishlatiladigan gipoksantinining tarkibiy analogidir
Allosterik tartibga solish	Аллостерическая регуляция	Allosteric regulation	allosterik markazga tushganda fermentlar faolligining o'zgarishi
Allosterik	Аллостерик	Allosteric	tartibga solish bu ferment faolligini tartibga solish mexanizmlaridan biri
Allotropiya	Аллотропия	Allotropy	bu ba'zi kimyoviy elementlarning tuzilishi va xususiyatlariga ko'ra bir necha oddiy moddalarni hosil qilish qobiliyatidir
Almashinmaydigan aminokislotalar	Незаменимые аминокислоты	Ned aminokistotes	inson va hayvon organizmida sintez qilinmaydigan oziq-ovqat bilan olinadigan aminokislotalar

Amelin	Амелин	Amelin	bu emal oqsilidir, bu umumiy emal oqsilining 5 foizini tashkil qiladi
Ameloblastlar	Амелобласты	Ameloblasts	bu emal apatitlarini shakllantirish uchun zarur bo'lgan mineral elementlarni tashish, bog'lash va cho'ktirishni ta'minlovchi molekullarni sintez qiladigan hujayralar
Amelogenin	Амелогенин	Amelogenin	emal glikofosfoprotein (90% emal oqsillari); ko'p miqdorda prolin (25–30%), shuningdek gis, gln va ley) mavjud
Amilaza	Амилаза	Amylase	gidrolaza sinfining fermenti bo'lib, u amiloza va amilopektinning -1,4-glikozid bog'larini uzadi. Kraxmalni maltoza disaxaridgacha parchalaydi
Aminoatsil-tRNK sintetaza	Аминоацил-тРНК синтетаза	Aminoacyl-tRNA synthetase	bu aminokislotalarning tegishli tRNKlarga bog'lanishini katalizlovchi ferment
Ammonifikatsiya	Аммонификация	Ammonification	azotli moddalarni mikroorganizmlar yordamida ammiakgacha parchalanishi
Aminokislotalar	Аминокислоты	Amino acids	oqsillardan tashkil topgan monomerdir (qat'iy aytganda, ular a-aminokislotalardan tashkil topgan)

Аминокислоталарнинг амфотерлиги	Амфотерность аминокислот	Amphotericity of amino acids	aminokislotalarning ham kislotali, ham asosli xususiyatlarini namoyish etish qobiliyati
Аминопептидаза	Аминопептидаза	Aminopeptidase	bu N-terminal aminokislotalarning parchalanishini katalizlovchi gidrolaza
Аминотрансфераза	Аминотрансфераза	Aminotransferase	bu aminokislotalardan aminoguruhni pirodoksalfosfat ishtirokida keto kislotaga o'tishni katalizlovchi ferment
Анабиоз	Анабиоз	Anabiosis	organizmning tirikligini ko'rsatib turuvchi belgilari ko'rinmay qolgan darajada hayotiy jarayonlari sustlashib ketgan holati. Zarur sharoit tug'ilishi bilan hayot faoliyati qayta tiklanadi
Анаболизм	Анаболизм	Anabolism	assimilyasiya oddiy moddalardan murakkab modda azotli moddalarni mikroorganizmlar yordamida ammiakgacha parchalanishi
Анафаза	Анафаза	Anafaza	hujayra bo'linishining 3-fazasi
Ангиотензин I	Ангиотензин I	Angiotensin I	bu ангиотензин II ангиотенсина aylantiruvchi ferment ta'sirida hosil bo'lgan decapeptid
Анти	Анти	Анти	biror narsaga qarama-qarshi, zid, aks ma'nosini anglatuvchi old qo'shimcha

Antidiuretik gormon	Антидиуретический гормон	Antidiuretic hormone	buyrak kanallarida suv reabsorbsiyasini keltirib chiqaradi va vazokonstriktor ta'siriga ega (vazopressin)
Antigenlar	Антигены	Antigens	maxsus immun javobini chaqirishga qodir bo'lgan organizm uchun yot oqsillar
Antikodon	АНТИКОДОН	Anticodon	bu mRNK kodonini to'ldiruvchi tRNK nukleotidlarining uchlik qismi
Antitelalar	Антитела	Antibodies	organizmga yot oqsil kriganda hosil bo'ladigan va shu yot oqsilning zararli ta'sirini yo'qotadigan oqsil moddalar
Antitrombin III	Анти тромбин III	Antithrombin III	bu qon plazmasi oqsili
Apoferment	Апофермент	Apo ferment	fermentning oqsil qismi
Apoproteinlar	Апопротеины	Apoproteins	murakkab oqsillarning protein qismi
Aralashmadagi moddaning massa ulushi	Массовая доля вещества в смеси	The mass fraction of a substance	bu qism egallagan hajmning aralashmaning umumiy hajmiga nisbati
Aralashmadagi moddaning molyar ulushi	Молярная доля вещества в смеси	The molar fraction of a substance	bitta tarkibiy qismdagi modda miqdorining aralashmadagi barcha moddalarning umumiy miqdoriga nisbati
Araxidon kislotasi	Арахидоновая кислота	Arachidonic acid	eykozatetraenoik yog' kislotasi, fosfolipidlarining tarkibiga kiradi, eikosanoidlar manbayi

Arginaza	Аргиназа	Arginase	bu gidrolaza sinfining fermenti bo'lib, arginning ornitin va karbamidga parchalanishini katalizlaydi
Arginin	Аргинин	Arginine	proteinogen, o'rnini bosmaydigan, mustabat zaryadlangan aminokislotani yon radikalda guanidin o'z ichiga oladi
Atsetaldegid	Ацетальдегид	Acetaldehyde	bu etanolning oksidlanish mahsuli
Asparagin	Аспарагин	Asparagine	proteinogen polyar aminokislotadir — aspartik kislotamidi
Asparagin kislota	Аспарагиновая кислота	Aspartic acid	dikarboksilik proteinogen aminokislotadir
Aspirin (atsetilsalitsil kislotasi)	Аспирин (ацетилсалициловая кислота)	Aspirin (acetylsalicylic acid)	bu steroid bo'lmagan yallig'lanishga qarshi dori, qaytarib bo'lmaydigan sikloksigenaza ingibitori
Assimilyatsiya yoki anabolizm	Ассимиляция или анаболизм	Assimilation or Anabolism	tashqaridan kirgan moddalarni organizmga qabul qilish, o'zlashtirish va organizmning o'z moddasiga aylantirish
Atom radiusi	Атомный радиус	Atomic radius	yadrodan elektron zichligi chegarasiga qadar bo'lgan shartli masofa

Atsetil ko-fermenti A (Atsetil-KoA)	Ацетил-кофермент А (Ацетил-KoA)	Acetyl coenzyme A (Acetyl-CoA)	bu piruvatning oksidlovchi dekarboksillanishi va Krebs siklida ishlatiladigan yogʻ kislotalarining β -oksidlanishi jarayonida hosil boʻlgan atsetatning faol shakli, xolesterin, yogʻ kislotalari va keton tanalarining sintezi
Atsetilxolin	Ацетилхолин	Acetylcholine	sirka kislotasi va xolinning mediatorlari boʻlgan atsetilxolin miya yarim korteksidagi xolinergik neyronlar
Atsil-KoA sintetaza	Ацил-KoA синтетаза	Acyl-CoA synthetase	bu birinchi b-oksidlanish reaksiyasini, KoA va ATF ishtirokidagi yogʻ kislotasini faollashtirish reaksiyasini katalizlaydigan ferment
Avidin	Авидин	Avidin	hayvon va parrandalar tuxumidagi glikoproteidlar boʻlib, ular isteʼmol qilinganda suvda erimaydigan, biologik jihatdan faol boʻlmagan majmua hosil qiladi
Aviditet	Авидитет	Avidity	antitelalarning antigenlarga yaqinligi, immun reaksiyalarning tezligi va toʻliqligi hamda antigen va antitelalarning birikishidan hosil boʻlgan barqaror majmua

Avitaminoz	Авитаминоз	Avitaminosis	organizmda vitaminlar yetishmasligi natijasida paydo bo'ladigan kasallik
Avtoklav	Автоклав	Autoclave	laboratoriyalarda ishlatiladigan idishlarni, maxsus kiyimlarni, ozuqa muhitlarni bosim ostida (2,5 atm. gacha), to'yingan suv bug'i ta'sirida, 138°C da virus va mikroorganizmlardan zararsizlantiruvchi asbob
Avtoliz	Аутолиз	Autolysis	organizm to'qimalari tarkibidagi fermentlar ta'sirida hujayralarning o'z-o'zidan erishi, parchalanishi
Avtotomiya	Аутотомия	Automation	bir qancha hayvonlarda yirtqich hayvon changaliga tushib qolganida himoya tariqasida tanasining biror qismini beixtiyor uzib tashlashi
Autotrof organizmlar	Аутоτροφное организм	Autotrof	anorganik moddalardan hayot faoliyati uchun zarur organik moddalar hosil qilinishi
Avtoliz	Автолиз	Autolyz	o'z-o'zidan parchalanish, tirik organizmdagi organik moddalarning fermentlar yordamida parchalanishi

Azot balansi	Азотный баланс	Nitrogen balance	oziq-ovqatdan olingan va tanadan chiqariladigan azot miqdori-ni nisbati; bolalar va homilador ayollarda – ijobiy, kattalarda – nol, qariyalarda – salbiy
Bilirubin	Билирубин	Bilirubin	qizil pigment bo'lgan biliverdinni tiklash mahsulidir
Biliverdin	Биливердин	Biliverdin	bu yashil safro pigmenti bo'lgan gemoglobinning parchalanish mahsuloti
Biokimyoy	Биохимия	Biochemistry	tirik organizmlarning kimyoviy tarkibi va kimyoviy reaksiyalari haqidagi fan
Biosintez	Биосинтез	Biosynthesis	fermentlar yordamida oddiy moddalardan organik birikmalar hosil bo'lishi
Biotexnologiya	Биотехнология	Biotechnology	biologik jarayonlar va omillardan sanoat miqyosida foydalanish
Biotin	Биотин	Biotin	(Vitamin H), biositin karboksilazalari kofermentining bir qismi
Bor effekti	Эффект бора	The effect of boron	gemoglobinning kislorodga bog'liqligining vodorod ionlari konsentratsiyasiga bog'liqligi
Dam olish potentsiali	Потенциал покоя	The resting potential	bu ochilmagan hujayra membranasining tashqi va ichki tomonlari orasidagi potentsial farq

Degidrogena- zlar	Дегидро- геназы	Dehydroge- nases	bu oksidoreduktaza sin- fidagi fermentlar, ular elektron va protonlar- ning substratdan oksid- langan koenzimga va koenzimlarning pasay- gan shaklidan substrat- ga o'tkazilishini kata- lizlaydi
Denaturatsiya	Денатурация	Denaturation	uning to'rtlamchi, uchlamchi yoki ik- kilamchi tuzilishini buzishi natijasida oqsil- ning biologik faolligini yo'qotishi
Disulfid alo- qasi	Дисульфид- ная связь	Disulfide bond	sistein molekularining ikkita sulfidril guruhini oksidlash, jarayonida hosil bo'lgan kuchli kovalent bog'lanish
Disaxaridlar	Дисахариды	Disinherits	2 ta monosaxariddan tashkil topgan uglevod- lar
Dissimi- lyatsiya	Диссимиля- ция	Dissimila- tion	parchalanish jarayoni
DNK mutatsiyalari	Мутации ДНК	DNA muta- tions	DNKning birlam- chi tuzilishidagi me- ros qilib qoldirilmagan o'zgarishlar
DNK polimeraza	ДНК- полимераза	DNA polymerase	bu DNKni ko'pay- tirishda ishtirok etadi- gan ferment
DNK sintezi	Синтез ДНК	DNA synthesis	ota-ona hujayrasining DNK matritsasida yan- gi DNK molekularari- ning shakllanishi

Eykozanoidlar	Эйкозаноиды	Eicosanoids	araxidon kislotasi-ning oksidlangan hosilalari: prostaglandinlar, tromboksanlar, trombositklar, leykotrienlar
Ekzopeptidazalar	Экзопептидазы	Exopeptidases	bu aminokislotalarni tozalash orqali oqsillarni gidrolizlaydigan fermentlar: C – uchidan karboksipeptidazalar, N – uchidan aminopeptidazalar
Ekzotermik reaksiya	Экзотермическая реакция	An exothermic reaction	issiqlik chiqishi bilan davom etadigan reaksiya
Ekzotsitoz	Экзоцитоз	Exocytosis	bu zarrachalarni hujayralardan ajratish jarayoni, bunda hujayra ichidagi vezikulalar tashqi hujayra membranasi bilan birlashadi
Elastaza	Эластаза	Elastase	hayvonlar va odamlarning oshqozon osti bezi tomonidan ishlab chiqarilgan gidrolazalar sinfidagi ferment
Elastin	Эластин	Elastin	biriktiruvchi to'qimaning ikkinchi eng muhim oqsili bo'lib, u egiluvchanlikka ega va to'qimalarning tiklanishiga imkon beradi
Elektrokimyoviy korroziya	Электрохимическая коррозия	Electrochemical corrosion	bu elektrolitlar muhitida metallning parchalanishi, bu holda turli xil ta'sirdagi ikkita metall elektrolit bilan aloqa qilganda galvanik juft hosil bo'ladi

Elektroliz	Электролиз	Electrolysis	bu elektr toki eritma yoki eritmadan o'tganda sodir bo'ladigan redoksoks jarayon
Endonukleazlar	Эндонуклеазы	Endonucleases	polinukleotid zanjirida ichki fosfodiefir aloqalarini uzadigan gidrolazalar sinfning fermentlari
Endopeptidazalar	Эндопептидазы	Endopeptidases	bu peptid zanjiri ichidagi peptid aloqalarini buzadigan proteolitik fermentlar
Endotermik reaksiya	Эндотермическая реакция	Endothermic reaction	issiqlikni yutish bilan davom etadigan reaksiya
Eritmaning massa ulushi	Массовая доля раствора	The mass fraction of a solution	100 gramm eritmada bo'lgan eritmaning massasi. Ushbu komponent massasining butun eritma massasiga nisbati teng
Ekzoderma	Экзодерма	Exzoderm	tashqi po'stloq, il-diz epidermisi tagida joylashgan birlamchi po'stloq to'qima qavati. Himoya vazifasini bajaradi
Elongatsiya	Элонгация	Elongation	cho'zilish, uzunlanish – oqsil sintezida ko'p marta qaytariladigan va polipeptid zanjirning uzunlashishiga olib keladigan jarayon

Eukariotlar	Эукариоты	Eucariot	hujayrasida shakllagan yadro bo'lgan organizmlar. Bularga mag'iz qobig'i va boshqa hujayra organizmlarining mavjudligi xos
Fazeolin	Фазеолин	Phazeolin	no'xat urug'i tarkibidagi oqsil
Fenilalanin	Фенилаланин	Phenylalanine	barcha oqsillar tarkibiga kiruvchi zaruriy aminokislota
Fermentlar	Ферменты	Enzymes	enzimlar, biologik katalizatorlar tirik organizmlarda hosil bo'ladigan oqsil tabiatli birikmalar bo'lib, boradigan reaksiyalarni tezlashtiradi
Fibrillar oqsillar	Фибриллярные белки	Fibreless proteins	suvda erimaydigan, tolasimon oqsillar, ipak oqsili
Fitin	Фитин	Fit in	inozit fosfat kislotaning kalsiy va magniyli tuzi. Zaxira ozuqa modda sifatida chigitda ko'p to'planadi
Faol markaz	Активный центр	The active center	ferment molekulasiining joyi bo'lib, unda substrat bog'lanib, mahsulotga aylanadi, ferment molekulasiining reaksiya sodir bo'lgan joyi

Faol transport	Активный транспорт	Active transport	bu energiya sarflanadigan moddalarni membranalar orqali uzatish
Fenilketonuriya	Фенилкетонурия	Phenylketonuria	fenilalanin gidroksilaza yetishmovchiligi tufayli irsiy oligofreniyadir
Ferment	Фермент	Enzyme	biologik katalizator bo'lib deyarli barcha fermentlar va oqsillar kiradi
Ferritin	Ферритин	Ferritin	jigar va boshqa to'qimalarning temir tarkibidagi oqsil, organizmda temir zaxirasi bo'lib xizmat qiladi
Ferroxelataza	Феррохелатаза	Ferrohelatase	Fe^{2+} ning protoporfirin IX ga qo'shilishini katalizlovchi gem sintez fermenti
Fibrillar oqsillar	Фибриллярные белки	Fibrillar proteins	filiform shaklga ega bo'lgan oqsillar (mushak oqsili miyozin, tendon oqsili kollagen va boshqalar)
Fibrinogen	Фибриноген	Fibrinogen	plazmadagi protein, jigarda sintezlanadi, trombin ta'sirida fibrinaga aylanadi
Flavinadenin dinukleotidi (FAD)	Флавинадениндинуклеотид (ФАД)	Flavinadenine dinucleotide (FAD)	bu riboflavin (B_2 vitamini) va adenil kislotasini o'z ichiga olgan oksidoreduktaza koenzimi
Flavinonukleotidi	Флавинонуклеотид	Flavinonucleotide	bu riboflavin (B_2 vitamini) va fosfor kislotasi qoldig'ini o'z ichiga olgan oksidoreduktazaning koenzimi

Flyuoroz	Флюороз	Fluorosis	bu F – ionlarining suv tarkibidagi ortiqcha miqdori va tish apatitining yo‘q qilinishining natijasi
Folik kislota	Фолиевая кислота	Folic acid	bu purin va pirimidinli azotli asoslarning sintezida ishtirok etadigan tetragidrofolat koenzimining bir qismi bo‘lgan suvda eruvchan vitamin
Fosfodies-teraza	Фосфодиэстераза	Phosphodiesterase	gidrolaza sinfining fermenti bo‘lgan, tsAMFdagi fosfodies-ter aloqasi yorilishini katalizlaydi
Fosfofrukto-kinaza	Фосфофруктокиназа	Phosphofructokinase	cheklangan (eng sekin) glikoliz reaksiyasini katalizlovchi kalit glikoliz fermenti
Fosfogliserat-kinaza	Фосфоглицераткиназа	Phosphoglycerate kinase	bu glikolizda substrat fosforilla nishining reaksiyasini katalizlaydigan transferazalar sinfining fermenti
Fosfolipidlar	Фосфолипиды	Phospholipids	bifilik moddalar, ular tarkibiga glitserin yoki sfingosin, yuqori yog‘li kislotalar, fosfor kislotasi qoldig‘i va azot o‘z ichiga olgan alkogol (etanolamin, xolin, serin) yoki inozitol kiradi

Fosfoproteinlar	Фосфопротеины	Phosphoproteins	tarkibida fosfor kislotasi qoldiqlari mavjud, nukleoproteinlarda protein bo'lmagan qismi nuklein kislotalar va boshqalar bilan ifodalangani
Fruktoza	Фруктоза	Fructose	monosaxarid, geksoza, ketoza; u saxaroza tarkibiga kiradi, erkin shaklda u asal tarkibiga kiradi
Gangliozidlar	Ганглиозиды	Gangliosides	murakkab lipidlardir. Ularda bir nechta uglevod qoldiqlari mavjud, ular orasida N – atsetilneyraminik kislotasi mavjud
Gem	Гем	Gem	bu gemoglobin, miyoglobin, katalaza, peroksidaza va sitoxromlarning protein bo'lmagan qismi (proteiz guruhi)
Gen	Ген	Gen	irsiy omil
Genetik kod	Генетический код	Genetic kod	irsiy informatsiyani ma'lum belgilarda ifodalash sistemasi
Glikozidlar	Гликозиды	Glycosides	qand qoldiqlaridagi va boshqa organik birikmalardan tashkil topgan moddalar
Globulinlar	Глобулины	Globulins	tuzda eriydigan oqsillar
Glutelinlar	Глутелины	Glutei's	ishqorda eriydigan oqsillar

Glyukoza	Глюкоза	Glucose	uzum shakari geksozarlarga mansub monosaxarid
Gemoglobin (Hb)	Гемоглобин (Hb)	Hemoglobin (Hb)	oqsil bo'lmagan qismdan tashkil topgan qizil qon tanachalarining murakkab oqsili
Gemoliz	Гемолиз	Hemolysis	qizil qon hujayralari membranalarining yorilishi va ulardan gemoglobinni plazma ichiga chiqarish
Geparin	Гепарин	Heparin	antikoagulyant faolligi bilan kislotali oltin-gugurtni o'z ichiga olgan geteropolisaxarid (glikozaminoglikan)
Gialuron kislotasi	Гиалуроновая кислота	Hyaluronic acid	β – glykuron kislotasi va N – atsetilglukozamin qoldiqlaridan tashkil topgan, β -1-3 glikozidik birikma bilan bog'langan
Gidroksiapatit	Гидроксипатит	Hydroxyapatite	suyak to'qimasining asosiy mineral komponenti, shuningdek emal, dentin va tish sementi
Gidroksiprolin	Гидроксипролин	Hydroxyproline	L – askorbin kislotasi ishtirokidagi prolin oksidaza ta'siri ostida kol-lagenda hosil bo'ladi
Gistonlar	Гистоны	Histones	bu eukaryotik hujayralardagi DNK bilan bog'langan va nukleosomalarni hosil qiluvchi gidroksidli oqsillar

Glikolipidlar	Гликоли- пиды	Glycolipids	uglevod qoldiqlari bilan kovalent bog'langan lipidlardir
Glikoliz	Гликолиз	Glycolysis	bu glyukozani uch uglerodli organik kislotalarga parchalanish jarayoni, ADF dan ATF sintezi va noorganik fosfat 1 mol glyukoza uchun 2 mol ATF nisbatida
Glikoproteinlar	Гликопротеины	Glycoproteins	kovalent biriktirilgan uglevod qoldiqlari bo'lgan oqsillar, odatda glikoproteinlarda oqsil uglevodlarga nisbatan og'irlikda ustun turadi
Globular oqsillar	Глобулярные белки	Globular proteins	yumaloq yoki ellipsoid shaklga ega bo'lgan oqsillardir
Glutatyon	Глутатион	Glutathione	y – glyutamilsisteinilglisinning triptepididir. L – sistein, L – glutamin kislotasi va glitsindan sintez qilinadi
Glyukagon	Глюкагон	Glucagon	oshqozon osti bezi Langergans orollaridagi α -hujayralar gormoni
Glyukokinaza	Глюкокиназа	Glucokinase	bu fosfat guruhining adenozin trifosfat kislotasidan glyukoza molekulasidagi oltinchi uglerod atomiga o'tishini katalizlovchi transferaza sinfidagi ferment

Glyukoneo- genez	Глюконе- огенез	Gluconeo- genesis	bu glyukoza uglevod bo'lmagan moddalar-dan, birinchi navbatda sut va piruvat kislotalardan sintezidir
Glyukoza- 6-fosfat degi- drogenaza	Глюкозо- 6-фосфат- дегидро- геназа	Glucose- 6-phosphate dehydroge- nase	bu NADF ⁺ dan hujayrali NADFH hosil bo'lishini ta'minlaydigan pentoza fosfat yo'liga kiradigan sitosolik ferment
Glyukozuriya	Глюкозурия	Glucosuria	siydikda glyukoza mavjudligi
Glyutamin- sintetaza	Глутамин синтетаза	Glutamine synthetase	bu L – glutamin kislotasi va ammiakdan ATF ishtirokidagi L – glyutamin hosil bo'lishini katalizlaydigan sintetaza sinfining fermenti
Gormon ret- septorlari	Рецепторы гормонов	Hormone receptors	bu gormonlar bilan bog'langan va hujayra ichidagi biokimyoviy reaksiyalar
Gormonlar	Гормоны	Hormones	bu tananing hujayralari tomonidan chiqariladigan va uning hayotiy faoliyatini tartibga soluvchi biologik faol moddalar
Harakatlar potensial i	Потенциал действия	The action potential	bu o'zgarishga qadar membrana potensialida tez sakrash va keyinchalik oldingi qiymatga qaytish
Ikki o'lchovli elektroforez	Двумерный электро- форез	Two-dimen- sional elec- trophoresis	bu elektr maydonida oqsil aralashmalarini ajratish usuli

Immuno-globulinlar	Иммуноглобулины	Immuno-globulins	Ig, globulyar oqsillar B – limfotsitlar tomonidan ishlab chiqariladi va antijismlar xususiyatlariga ega
Ingibitor	Ингибитор	An inhibitor	bu kimyoviy reaksiyaning tezligini sekinlashtiradigan moddadir, bu esa uning kursidan keyin kimyoviy o'zgarishsiz qoladi.
Inozin kislotasi	Инозиновая кислота	Inosine acid	(inozin monofosfat, IMF) bu gipoksantin ribonukleozidining monofosfati bo'lgan nukleotid
Insulin	Инсулин	Insulin	peptid tabiatidagi gormon, oshqozon osti bezi Langergans orollari α – hujayralarida hosil bo'ladi
Insulin retseptori	Рецептор инсулина	Insulin receptor is	transmembrana oqsili bo'lib, uning tashqi qismida signal molekularini tanib olish markazi joylashgan va sitoplazma oldida turgan qism avtofosforlanishni ta'minlovchi tirozin kinaz fermenti vazifasini bajaradi
Integrinlar	Интегрины	Integrins	hujayradan tashqari matritsa bilan o'zaro ta'sir qiluvchi va turli hujayralararo signal-larni uzatadigan sirt hujayralari retseptorlari

Intermetalik birikmalar	Интерметаллические соединения	Intermetallic compounds	metallarning bir-biri bilan kimyoviy birikmalari
Ion almashinadigan xromatografiya	Ионообменная хроматография	Ion exchange chromatography	bu xromatografiyaning bir variantidir, unda erimaydigan sorbent yuzasida zaryadlangan guruhlarga bog'lanish kuchliligi sababli moddalar aralashmasi molekularining zaryadlari bilan ajralib chiqadi
Ion aloqasi	Ионная связь	An ionic	bu elektronegativliklarning katta farqi ($> 1,7$) bilan atomlar o'rtasida hosil bo'lgan kuchli kimyoviy birikma
Isoelektrofokuslash	Изоэлектрофокуция	Isoelectrofocusing	bu oqsil aralashmalarini ularning molekularining izoelektrik nuqtalaridagi farqqa asoslanib, elektr maydonida ajratish usuli
Itsenko	Болезнь Иценко	Itsenko	qushing kasalligi — bu AKTG gipersekresiyasi bilan bog'liq buyrak usti korteksining giperfunksiyasi tufayli og'ir neyroendokrin kasallik
Izodesmosin	Изодезмосин	Izodesmosin	aminokislota, desmosinning izomeri bo'lib, u faqat piridin halqasida yon zanjirlarning joylashishi bilan farq qiladi. Desmosin bilan birgalikda elastin iplarini bog'laydi

Izoelektrik nuqta	Изоэлектрическая точка	Isoelectric point	pI, pH qiymati, bunda molekula elektr zaryadini olmaydi
Izoleysin	Изолейцин	Isoleysin	proteinogen alifatik, qutbsiz, o'rnini bosmaydigan α - aminokislota
Izomeraza	Изомераза	Isomerase	bu turli guruhlarning hujayra ichidagi harakatlarini, shu jumladan turli izomerlarning o'zaro konvergen reaksiyasini katalizlovchi fermentlar sinfi
Izotonikeyritma	Изотонический раствор	Isotonic solution	Hujayra shirasining konsentratsiyasi bilan teng bo'lgan eritma
Kalit ferment	Ключевой фермент	A key enzyme	metabolik yo'ldagi eng sekin reaksiyani katalizlaydigan va shu bilan butun jarayonning tezligini aniqlaydigan ferment
Kalmodulin	Кальмодулин	Kalmodulin	Ca^{2+} bilan bog'liq bo'lgan oqsil
Kalsitonin	Кальцитонин	Calcitonin	bu qalqonsimon S hujayralari tomonidan ishlab chiqarilgan kalsiy va fosfatlar almashinuvini boshqaruvchi gipokalsemik protein gormoni
Kalsiferol	Кальциферол	Calciferol	D vitaminining faol shakli bo'lib, u kalsiy va fosfatlar metabolizmini boshqaradi
Kalsiy kanallari	Кальциевые каналы	Calcium channels	tanlangan ravishda Ca^{2+} ionlari o'tkaziladigan ion kanallari

Kalsiy pom-pasi (Ca^{2+} – ATPfaza)	Кальциевый насос (Ca^{2+} – АТФаза)	Calcium pump (Ca^{2+} – ATPase)	hujayraning sitozolida Ca^{2+} ning past konsentratsiyasini ushlab turadi va mitoxondriya va endoplazmatik retikulumda hujayra ichida Ca^{2+} cho'kma hosil qiladi
Karbamid	Мочевина	Urea	ammiakni zararsizlantirishning yakuniy mahsuloti, ornitin siklida asosan jigar mititlari bilan, siydik bilan chiqariladi
Karboksid-dipeptidil-peptidaza (angiotenzin konvertsiyalashtiradigan ferment)	Карбоксид-дипептидил-пептидаза (ангиотензинпревращающий фермент)	Carboxy-dipeptidyl-peptidase (angiotensin converting enzyme)	angiotenzin I deka-peptidning angiotenzinga II oktapeptidga bo'linishini katalizlaydi
Karbonat angidrid	Двуокись углерода	Carbon dioxide	o'z ichiga olgan kislotalardan suvni chiqarib tashlash jarayonida hosil bo'lgan kislorodli birikmalar
Karbonliangi-draza	Двуокись углерода	Carbonic anhydrase	bu karbonat angidrid va suvdan uglerod kislotasi hosil bo'lishining qaytariladigan reaksiyasini katalizlaydigan ferment
Karnitin	Карнитин	Carnitine	yog' kislotalarini membrana orqali b-oksidlanish sodir bo'ladigan mitoxondriya matritsasiga tashuvchi

Katabolizm	Катаболизм	Catabolism	bu har qanday mod-dani oddiy moddalarga bo'lish jarayoni, odatda energiya (issiqlik, ATF) ajralib chiqishi bilan davom etadi
Kation	Катион	Cation	musbat zaryadlangan ion
Keratin	Кератин	Keratin	epitely hujayralarida joylashgan oraliq filament oqsili
Kimyoviy korroziya	Химическая коррозия	Chemical corrosion	metallni elektr tokini o'tkazmaydigan quruq gazlar yoki suyuqliklar bilan o'zaro ta'sirlashganda vayron qilish
Karioplazma	Кариоплазма	Karyoplasms	yadro shirasi
Katabolizm	Катаболизм	Catabolism	iqlim almashinuvi
Kofermentlar	Коферменты	Conferments	fermentlar faol markazi tarkibiga kiruvchi oqsil bo'lmagan birikmalar
Koenzim A (KoA)	Коэнзим А (КоА)	Coenzyme A (CoA)	sintez reaksiyalarida atsil guruhlarining tashuvchisi sifatida ishtirok etadi; adenil kislotasi qoldig'i, pi-rofosfat guruhi, pan-totenik kislota va b-merkpto-etanola-mindan iborat
Koenzim	Коэнзим	Coenzyme	ma'lum fermentlarning ishlashi uchun zarur bo'lgan past molekulyar og'irlikdagi birikma

Kollagen	Коллаген	Collagen	tanadagi biriktiruvchi to'qima (tendon, suyak, xaftaga, dermis va boshqalar) asosini tashkil etuvchi fibrillar oqsili bo'lib uning kuchi va elastikligini ta'minlaydi
Kollagenaza	Коллагеназа	Collagenase	bu yirik qoramol oshqozon osti bezidan olingan ferment preparati; asosan kollagen tolalarida proteolitik ta'sirga ega; chandiqlar va nekrotik to'qimalarning erishiga yordam beradi
Kooperativlik	Кооператив	Cooperative	bu o'rtburchaklar tuzilishga ega bo'lgan fermentlarning qolgan bo'linmalarida, substratni birinchi bo'linmalarga bog'lab qo'y-gandan so'ng, substratga yaqinlikning o'zgarishi
Kortizol (gidrokortizon)	Кортизол (гидрокортизон)	Cortisol (hydrocortisone)	bu steroid tabiatli glyukokortikoid gormoni; adrenal korteks tomonidan adrenokortikotrop gormon (AKTG) ta'siri ostida chiqariladi
Kovalent kimyoviy aloqa	Ковалентная	A covalent	bu umumiy elektron juftlarining shakllanishi tufayli atomlar o'rtasida ro'y beradigan rishta
Kрахmal	Крахмал	Starch	β -D – glyukoza bo'linmalaridan tashkil topgan biologik polimer

Kreatin	Креатин	Creatine	bu azotni o'z ichiga olgan karboksilik kislota, umurtqali hayvonlarda mavjud. Mushak va asab hujayralarida energiya almashinuvida ishtirok etadi
Kreatin fosfat	Креатин-фосфат	Creatine phosphate	bu kreatin fosfati + ADF \leftrightarrow kreatin + ATF reaksiyasi natijasida yuqori energiyali ATF fosfatlari uchun tamponbo'lib xizmat qiladigan makroerger
Kreatin fosfokinaza (GFK, KPK)	Креатинфосфокиназа (GFK, KPK)	Creatine phosphokinase (GFK, KPK)	bu kreatin fosforlanishini katalizlaydigan transferaza sinfining fermenti; miyokard, skelet mushaklari, miya va boshqa organlarda mavjud
Krebs sikli	Цикл Кребса	The Krebs cycle	umumiy katabolizm yo'lining markaziy qismidir, siklik biokimyoviy aerob jarayon, bu davrda Atsetil koenzimi A oksidlanib, CO ₂ va H ₂ O ga oksidlanadi va 12 ATF ga teng energiya chiqariladi
Kristall gidratlar	Кристаллогидраты	Crystalline hydrates	bu ularning tarkibida suv molekularini o'z ichiga olgan moddalar
Kristallanish	Кристаллизация	Crystallization	bu eritma yoki gaz fazasidan kristall hosil bo'lish jarayoni

Kilomikron	Киломикрон	Kylomicron	bu 0,1–1 mikron diametrli lipidlar va oqsillarning komplekslari. Ular ingichka ichak hujayralarida soʻrilgan yogʻ kislotalari va oziq-ovqat glitserinidan, shuningdek hujayralarda sintezlangan oqsillardan hosil boʻladi
Laktat	Лактат	Lactate	glikolizning yakuniy mahsulotidir. Uyqusiz sharoitda plazma laktatning asosiy manbai qizil qon tanachalari
Laktatdegidrogenaza	Лактатдегидрогеназа	Lactate dehydrogenase	NADH^+ hosil boʻlishi bilan laktatning piruvatga konversiyasining teskari reaksiyasini, shuningdek, oxirgi glikoliz reaksiyasini katalizlaydigan ferment
Laktoferrin	Лактоферрин	Lactoferrin	bu molekulyar ogʻirligi taxminan 80 kDa boʻlgan globulyar glikoprotein; bu sut, soʻlak, koʻz yoshlari va burun sekretsiyalarida mavjud boʻlgan immunitet tizimining tarkibiy qismi
Laktoza (sut shakari)	Лактоза (молочный сахар)	Lactose (milk sugar)	bu sut va sut mahsulotlarida uchraydigan disaxaridlar guruhining uglevodi
Ligazalar (sintetazlar)	Лигазы (синтетазы)	Ligases (synthetases)	bu energiya sarflanishi bilan sintez reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar

Lipaza	Липаза	Lipase	bu gidrolaza sinfining fermenti bo'lib, triglitseridlarda efir birikmalarining ajralishi va sintezini katalizlaydi
Lipidlar	Липиды	Lipids	kichik molekulyar og'irlikdagi, suvda kam eriydigan, ammo organik erituvchilarda eriydigan moddalar
Lipidli safro	Липидная желчь	Lipid bile	suvli muhitda fosfolipidlar tomonidan hosil bo'lgan tuzilish
Lipoproteinlar	Липопротеины	Lipoproteins	murakkab oqsillar, qondagi lipidlarning transport shakllari
Lipoprotein-lipaza	Липопротеинлипаза	Lipoprotein lipase	bu gidrolaza sinfining fermenti bo'lib, hujayralar plazma membranalarida xilomikron triglitseridlarning ajralishini katalizlaydi
Lizin	Лизин	Lysine	2,6-diaminokaproik kislota; proteinogen, almashtirib bo'lmaydigan, musbat zaryadlangan aminokislota
Makroelementlar	Макроэлементы		hayvonlarning oziqlanishi uchun kerak bo'ladigan kimyoviy elementlar. Masalan: azot, fosfor, kaliy va boshqalar

Malat aspartat kemasi	Малат аспартатный сосуд	Malath aspartate vessel	vodorodni sitozoldan mitoxondriyaga o'tkazish mexanizmi; glikolitik oksidlanish natijasida hosil bo'lgan NADH ishtirokida sitozolda oksalatsetat kamayadi
Malikferment-NADF+	Маликфермент-НАДФ+	Malikenzyme-NADF+	bog'liq degidrogenaza, sitozoldagi malatning oksidlovchi dekarboksillanishini katalizlaydi
Maltoza	Мальтоза	Maltose	bu tabiiy disaxarid, α -glikozid bog'lanishlar bilan bog'langan α, D – glyukoza qoldiqlaridan iborat
Melaninlar	Меланины	Melanins	biogen pigmentlar, tirozindan hosil bo'lgan buzilgan tuzilishga ega bo'lgan yuqori molekulyar og'irlikdagi geteropolimerlar
Membrana	Мембрана	Membrane	oqsil va lipiddan tashkil topgan parda
Metallar	Металлы	Metals	xona haroratidagi qattiq moddalar (simobdan tashqari), metall yorqinligi, yuqori issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi
Metalloidlar	Металлоиды	Metalloids	bu oraliq xususiyatlarga ega murakkab moddalardir
Metgemo-globin	Метгемоглобин	Methemoglobin	mtHb (Fe^{3+}) kislorodni bog'lamaydigan gemo-globinning oksidlangan shakli

Metionin	Метионин	Methionine	bu proteinogen, o'rnini bosadigan oltingugurt o'z ichiga olgan aminokislota
Metotreksat	Метотрекат	Methotrexate	foliy kislotasining tarkibiy analogi, dUMF dan dTMF sintezida ishtirok etadigan digidrofolat reduktaza inhibitori, antitumor agent
Mikrosomal oksidlanish	Микросомальное окисление	Microsomal oxidation	ksenobiotiklarning endoplazmatik retikulumning silliq membranalarida monoksigenazalar bilan gidroksillanishi natijasi detoksifikatsiyasidir (sit. P450 va B5)
Mitoxondriya	Митохондрии	Mitochondria	to'qima nafas olish va oksidlovchi fosforillash tizimlarini o'z ichiga olgan hujayra ichidagi organellalar; o'z genomiga ega
Miyelopero- peroksidaza	Миелопероксидаза	Myeloperoxidase	bu H_2O_2 va Cl^- dan gipoxlorit (HOCl) sintezini katalizlovchi fagotsit fermenti
Miyoglobin	Миоглобин	Myoglobin is	bu kimyoviy tuzilishi va funksiyasi qon gemoglobiniga o'xshash temir tarkibida bo'lgan mushaklarning oqsili hisoblanadi
Miyoglobin	Миоглобин	Myoglobin	bu mushak to'qimasida kislorodni saqlaydigan gemli xromoprotein

Molyar fraksiya	Молярная доля	Molar fraction	eritma tarkibiy qismlaridan biri tarkibidagi modda miqdori eritmaning barcha tarkibiy qismlari umumiy miqdoriga nisbat
Molyar konsentratsiya	Молярная концентрация	Molar concentration	1 litr (1000 ml) eritmada bo'lgan mollarda ifodalangan modda miqdori. Moddaning miqdori eritma hajmi nisbatiga teng
Molekula	Молекула	A molecule	mustaqil yashashga qodir, kimyoviy xususiyatlariga ega va bir xil yoki har xil atomlardan iborat bo'lgan moddaning eng kichik zarrasi
Monosaxaridlar	Моносахариды	Monosaccharide	bitta qand molekulasidan tashkil topgan modda
Monoaminoksidaza	Моноаминоксидаза	Monoamineoxidase	aldegid yoki kislota, vodorod pereoksidi va ammiakni hosil qilish uchun kislorod ishtirokida aminlarning oksidlanish dezaminlanishini katalizlovchi FADni o'z ichiga olgan oksidoreduktazalar
mRNK	мРНК	mRNA	matritsa yoki xabarchi RNK, unda kodonlar ko'rinishidagi oqsilning birlamchi tuzilishi qayd etiladi; U DNK matritsasida transkripsiya paytida sintezlanadi va tarjima jarayonida qo'llaniladi

Murakkab moddalar yoki kimyoviy birikmalar	Соединения или химические соединения	Compounds or chemical compounds	bir-biri bilan kimyoviy bogʻlanish orqali bogʻlangan turli xil kimyoviy elementlarning atomlaridan iborat
Murakkab reaksiya	Сложная реакция	A compound reaction	bu ikki yoki undan koʻp oddiy yoki murakkab moddalardan bitta murakkab modda hosil boʻlgan reaksiya
Murakkab tuzlar	Комплексные соли	Complex salts	murakkab ionlar (kationlar yoki anionlar) metall ionlari yoki kislot qoldiqlarini oʻz ichiga olgan tuzlar
Muvozanat doimiyligi	Константа равновесия	Equilibrium constant	bu reaksiya mahsulotlari konsentratsiyalari mahsulotining muvozanatdagi reaksiya substratlarining konsentratsiyalari mahsulotiga nisbati
Nafas olish zanjiri	Дыхательная цепь	The respiratory chain	bu ichki mitoxondriyal membranalarda substratlardan kislorodga elektron oʻtkazish tizimi
Natriuretik omil	Натрийуретический фактор	Natriuretic factor	organizmdan natriyning chiqarilishini kuchaytiradi
Natriy pom-pasi (Na ⁺ , K ⁺ – ATPaza)	Натриевая помпа (Na ⁺ , K ⁺ – ATPаза)	Sodium pump (Na ⁺ , K ⁺ – ATPase)	bu elektrokimyoviy va konsentratsion gradientlarga nisbatan faol tashish orqali hujayradagi ionlarning maʼlum nisbatini saqlab turuvchi membrana mexanizmi

Neyromedia- torlar	Нейротранс- миттеры	Neurotrans- mitters	biologik faol kimyoviy moddalar bo'lib, ular orqali nerv impulslari- ning uzatilishi sinaps- larda amalga oshiriladi
Nidogen	Нидоген	Nidogen	bu poydevor membra- nasining tarkibiga kira- digan oqsil. U tayanch shaklidagi tuzilishga ega va poydevor mem- branasida lamininlarni va IV kollagen turini bir-biriga bog'laydi
Nikotinami- dadenindi- nukleotid (NAD)	Никотина- мидаденин- динуклеотид (НАД)	Nicotin- amide adenine dinucleotide (NAD)	bu oksidlanish-qay- tarilish reaksiyalarini katalizlaydigan degid- rogenaza guruhi fer- mentlarining bir qismi bo'lgan koenzim; elek- tron va protonlar tashuv- chisi vazifasini bajaradi
Nikotinami- dadenindi- nukleotidfos- fat (NADF)	Никотина- мидаденин- динуклео- тидфосфат (НАДФ)	Nicoti- namide adenine dinucleotide phosphate (NADF)	oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini kataliz- lovchi degidrogenaza- larning kofermentidir. Qisqartirilgan shaklda u qaytarilish sintez reak- siyalarida ishtirok etadi
Nomukammal amelogenez	Несовершен- ный аме- логенез	Imperfect amelogenesis	bu tish emalining g'ayritabiiy shakllanishi bilan tavsiflanadigan noyob, irsiy kasallik
O't kislotalari	Желчные кислоты	Bile acids	bu emulsifikator sifatida ishlaydigan xolan kisto- tasining hosilalari
Oksidlanish jarayoni	Процесс окисления	The process of oxidation	bu atom yoki ion orqali elektronni o'tkazish ja- rayoni

Oksidlovchi modda	Окисляющее вещество	An oxidizing substance	bu tiklanish jarayonida elektronni qabul qiladigan kimyoviy element
Oqsil biosintezi	Биосинтез белка	Protein biosynthesis	bu transkripsiya, aminokislotalarni faollashtirish, oqsil molekularini tarjima qilish va tarjimadan keyingi modifikatsiyani o'z ichiga olgan jarayon
Oligosaxaridlar	Олигосахариды	Oligosaccharides	Molekulasida 2 tadan 10 tagacha monosaxarid tutgan uglevodlar
Partenokarpiya	Партенокарпия	Partenocarps	urug'siz meva
Peptid aloqasi	Пептидная связь	A peptide bond	bu bitta aminokislotaning α -aminokislota (-NH ₂) va boshqa aminokislotaning α - karboksil guruhi (-COOH) bilan o'zaro ta'siri natijasida oqsillar va peptidlar hosil bo'lishi natijasida hosil bo'lgan amid birikmasi
Peptidlar	Пептиды	Peptide	2 va undan ortiq aminokislotalarining peptid bog'lar birikishi natijasida hosil bo'ladigan birikma
Peroksidazalar	Пероксидазы	Peroksidazs	vodorod peroksidni parchalovchi fermentlar

Piridoksin	Пиридоксин	Pyridoxine	suvda eriydigan B ₆ vitaminining jamoaviy nomi; Piridoksalfosfat koenzimining bir qismi sifatida aminokislotalarning transaminatsiyasi va dekarboksillanish reaksiyalarida ishtirok etadi
Pirimidin nukleotidlari	Пиримидиновые нуклеотиды	Pyrimidine nucleotides	azot asoslaridan iborat: sitosin, uratsil yoki timin, uglevod: riboza yoki dezoksiriboza va fosfor kislotasining qolgan qismi; DNK yoki RNK tarkibiga kiradi
Piruvatdehidrogenaza kompleksi	Пируватдегидрогеназный комплекс	Pyruvate dehydrogenase complex	mitoxondriya matritsasida joylashgan bo'lib, uchta ferment va beshta koenzimlardan iborat bo'lib, piruvatning oksidlovchi dekarboksillanishini amalga oshiradi-glyukoza aerobik oksidlanish bosqichi
Plazminogen	Плазминоген	Plasminogen	fibrinolizda ishtirok etuvchi plazminning proenzimi; tomir o'sishini ingiber qiluvchi angiostatin plazmindan hosil bo'ladi
Podagra	Подагра	Gout	bu siydik kislotasi tuzlarining (urat) tananing turli to'qimalarida cho'kishi bilan tavsiflanadigan kasallik

Polimeraza zanjiri reaksiyasi	Полимеразная цепная реакция	Polymerase chain reaction	bu biologik materialdagi DNK qismlarining kichik konsentratsiyasining ko'payishini ishlatadigan molekulyar diagnostika usuli
Polimerazalar	Полимеразы	Polymeraza	kichik molekulari birikmalardan polimer birikmalar hosil bo'lish reaksiyalarini katalizlovchi fermentlar, masalan, RNK – polimeraza.
Polisaxaridlar	Полисахариды	Polysugars	ikki va undan ortiq monosaxaridlar qoldig'idan tashkil topgan uglevodlar
Porfobilinogen	Порпобилиноген	Porpobilinogen	o'tkir porfiriya bilan og'rigan bemorlarning siydigidagi pigment; hatto qorayishiga olib keladi
Plazmoliz	Плазмолиз	Plazmoliz	hujayra tarangligining yo'qolishi
Prionlar	Прионы	Prions	yuqumli proteinlar bo'lib, ular infeksiyalanganida asta-sekin rivojlanib boruvchi miyaning shikastlanishiga olib keladi
Prolin	Пролин	Proline	proteinogen geterotsiklik aminokislota
Prostaglandinlar	Простагландины	Prostaglandins	araxidon kislotasidan hosil bo'lgan fiziologik faol moddalar guruhi

Prostetik guruh	Протестическая группа	A prosthetic group	oqsil bilan bog'liq bo'lgan protein bo'lmagan tarkibiy qism bo'lib, u mos keladigan oqsilning biologik faolligida muhim rol o'ynaydi
Proteolitik fermentlar	Протеолитические ферменты	Protease	Oqsil va peptidlarni gidrolitik parchalashini katalizlovchi fermentlar
Protein	Белок	Protein	bu aminokislotalardan tashkil topgan biologik polimer. Proteinlar ular tomonidan bajariladigan turli funksiyalar tufayli hujayra va tananing hayotida hal qiluvchi rol o'ynaydi
Protein fosforlanishi	Фосфорирование белков	Protein phosphorylation	ferment faolligini tartibga solish mexanizmlaridan biri bo'lib, unda ferment aminokislotalar qoldiqlariga fosfor kislotasi qoldig'i kovalent qo'shiladi
Proteinkinaza	Протеинкиназа	Proteinkinase	ATF yordamida substrat oqsillarining fosforlanishini katalizlovchi ferment
Proteinkinaza A	Протеинкиназа А	Proteinkinase A	proteinkinaza A gliko-gen, lipidlar va shakar metabolizmini tartibga solishda ishtirok etadi, boshqa proteinkinazalari yoki boshqa fermentlar uning substratlari bo'lishi mumkin

Proteinlarning denaturatsiyasi	Денатурация белков	Denaturation of proteins	bu oqsillarning fazoviy tuzilishini buzish, kimyoviy (ishqorlar, kuchli kislotalar, og'ir metallarning tuzlari: Cu, Pb, Ag, Hg) va fizikaviy (yuqori harorat — 60–100°C, ultrabinafsha nurlanish va boshqa) omillar
Proteinning birlamchi tuzilishi	Первичная структура белка	The primary structure of a protein	bu protein molekulasining polipeptid zanjiridagi aminokislotalar qoldiqlarining sifatli, miqdoriy tarkibi va ketma-ketligi bilan aniqlanadigan tuzilishdir
Proteinning ikkilamchi darajali tuzilishi	Вторичная структура белка	The secondary structure of a protein	polipeptid zanjirining alohida bo'limlarining fazoviy o'rashi (spiral shakl), bu zanjirdagi aminokislotalarning eng yaqin tartibida aniqlanadi
Proteinning uchlamchi tuzilishi	Третичная структура белка	The tertiary structure of a protein	polipeptid zanjirining ixcham tanaga — globulaga fazoviy birikishi. Uchinchi tuzilmaning barqarorligi vodorod, disulfid, elektrostatik yoki ion aloqalari bilan ta'minlanadi

Proteinning to'rtlamchi tuzilishi	Четвертичная структура белка	The quaternary structure of a protein	bu bir nechta polipeptid zanjirlarining fazoviy joylashuvidir, ularning har biri o'z boshlang'ich, ikkilamchi va uchlamchi tuzilmalariga ega va ular birgalikda strukturaviy va funksional jihatdan bitta molekulyar shakllanishni anglatadi
Proteoglikanlar	Протеогликаны	Proteoglycans	hayvon to'qimalarida uglevod-protein tarkibiy qismlari, tarkibida uglevod miqdori 95 foizni tashkil qiladi
Protrombin	Протромбин	Prothrombin	odamlar va hayvonlarning qon plazmasidagi oqsil, glikoprotein, qon ivish tizimining tarkibiy qismi, qon laxtasi shakllanishini rag'batlantiruvchi trombin fermentining prekursori
Purin asoslari	Пуриновые основания	Purin	adenin va guanin
Qayta tiklash jarayoni	Процесс восстановления	The reduction process	bu atom yoki ion tomonidan elektronni qabul qilish jarayoni
Redoks reaksiyasi	Редокс реакция	Redox reaction	elektronning bir atomdan, molekula yoki iondan boshqasiga o'tishi reaksiyasi
Retsipient	Реципиент	Recipient	oluvchi, qabul qiluvchi

Ribonuklein kislotalar	Рибонуклеиновая кислота	Ribonucleic acid	tarkibida uglevod komponentlaridan riboza, azot asoslaridan, adenin, guanin, sitozin, uratsil tutuvchi nuklein kislota turi. Oqsil sintezida ishtirok etadi
Renoturatsiya	Ренотурация	Renoturation	bu denaturatsiya qilingan oqsilning dastlabki tuzilishini, xususiyatlarini va biologik faolligini tiklashning qayta tiklanadigan jarayoni
Replikatsiya	Репликация	Replication	bir-birini to'ldiruvchi tamoyilga muvofiq DNKning ikki baravar ko'payishi
Ribosomal RNK	Рибосомная РНК	Ribosomal RNA	ribosomalarning bir qismi bo'lgan RNK – oqsil sintezining organelalari
RNK	РНК	RNA	ribonuklein kislotasi, ribonukleotid birliklaridan tashkil topgan biopolimer
RNK polimeraza	РНК полимераза	RNA polymera	bu RNKni o'zgartiradigan ferment. Prokaryotlar RNK polimerazasining bitta turiga, eukaryotlar esa uchtaga (rRNK, mRNA va tRNK sintezi uchun) ega
Sariqlik	Желтуха	Jaundice	to'qimalarda va qonda bilirubin to'planishi tufayli terining va shilliq pardalarning muzli rangi

Sfingozin	Сфингозин	Sphingosine	sfingolipidlarning tarkibiga kiruvchi diatomik to'yinmagan aminokislota; protrombinni trombinga o'tkazish ingibitori
Sferosomalar	Сферосомы	Spherosomes	sitoplazmada erkin holda uchraydigan, lipid va oqsillardan tashkil topgan donachalar
Sintetazalar	Синтеказы	Sintetara	energiyani sarf bo'lishi bilan boradigan reaksiyalarni katalizlovchi fermentlar
Sitozin	Цитозин	Citizen	nuklein kislotalar tarkibiga kiruvchi azot asosi
Sistein	Цистеин	Cystin	tabiiy oqsillar tarkibida uchraydi va oltingugurt tutuvchi aminokislota, organizmini har xil zaharli moddalardan saqlashda ahamiyati katta
Sitokininlar	Цитокинины	Cytokinin	hujayra bo'linishini boshqaruvchi hayvon gormoni, adeninning hosilasi. O'simliklarildizida hosil bo'lib, yer ustki qismlariga ksilema orqali ko'tariladi
Sitoplazma	Цитоплазма	Cytoplasm	hujayraning mag'zidan boshqa asosiy tarkibiy qismi. U hujayra mag'zining nazoratida o'sish va ko'payish xususiyatiga ega

Sitoxromlar	Цитохромы	Cytochroms	tarkibida temir-porfirinlar tutuvchi oqsillar guruhi. Oksidlanish-qaytarilish jarayonlarida ishtirok etadi
Siydik kislotasi	Мочевая кислота	Uric acid	purin asoslari almashinuvining mahsuli, jigarda va qisman ichakda ksantinoksidaza ishtirokida sintezlanadi, siydik bilan chiqariladi
So'lak kallikreini	Калликреин слюны	Salivary kallikrein	bu asosan arginin va lizin tomonidan hosil bo'lgan oqsillardagi peptid aloqalarini gidroliz qiladigan serin proteazi
So'lak mitsellari	Мицелий слюны	Salivary mycelium	erimaydigan kalsiy fosfor tuzlarini soxta erigan holatda ushlab turadigan kolloid hosilalar
Steroidlar	Стероиды	Steroids	xolesterolning hosilalari bo'lgan lipidlar guruhiga kiradigan moddalar sinfi
Stimulyatorlar	Стимулятор	Stimulators	o'sishni tezlashtiruvchi moddalar
Stoixiyometriya	Стехиометрия	Stoichiometry	kimyoviy qism bo'lib, u reaktivlar orasidagi massa yoki hajm munosabatlarini ko'rib chiqadi

Sulfanilamidlar	Сульфаниламиды	Sulfanilamides	antibakterial dorilar, PABA(PABK) tarkibiy analoglari bo'lib, raqobatdosh ravishda folat sintezini ingibitorlik qiladi
Sublimatsiya	Сублимация	Sublimation	moddaning qattiq holatdan suyuq holatga o'tishi
Substrat	Субстрат	Substrat	mikroorganizm va hayvonlar o'sadigan ozuqali muhit, biokimyo fanida ferment ta'sir qiladigan modda
Superoksid-dismutaza	Супероксид-дисмутаз	Superoxide dismutase	bu oksidoreduktaza sinfidagi antioksidant ferment bo'lib, u superoksidning disoksidlanishini, kislorod va vodorod peroksidiga reaksiyasini katalizlaydi
Supernatant	Супернатант	Supernatant	cho'kma ustidagi suyuqlik
Suspensiya	Суспензия	Suspension	muallaq zarrachalar
Taurin	Таурин	Taurine	sisteindan hosil bo'lgan aminokislota, qo'shaloq safro kislotalari tarkibiga kiradi
Tauroxolik kislota	Таурохолиевая кислота	Taurocholic acid	qo'shaloq safro kislotasi, yog'larni hazm qilish jarayonida ishtirok etadi
Termofillar	Термофилы	Termophil	yuqori haroratli (+70°C) muhitda yashashga moslashgan organizmlar

Terminator	Терминатор	Terminator	tamomlash, terminatsiya, ma'lum terminator kodonlar yordamida polipeptid zanjir sintezining tamomlanishi
Timin	Тимин	Temin	DNK ning muhim azot asoslaridan biri
Tirozin	Тирозин	Tirozin	oqsillar tarkibida uchraydigan halqali aminokislota
Toksinlar	Токсины	Tocsins	tabiiy zaharlar
Transduksiya	Трансдукция	Transduction	ko'chirish, joyni o'zgartirish
Transkripsiya	Транскрипция	Transcription	ko'chirib yozish. Irsiy axborotni DNK molekulasidan axborot RNK molekulasiga ko'chirish
Translyatsiya	Трансляция	Translation	irsiy axborotni i-RNK ning nukleotidli tuzilishidan oqsillarning aminokislotali tuzilishiga ko'chirib yozish jarayoni
Transferazalar	Трансферазы	Transpheraza	bir birikmadan ikkinchisiga har xil kimyoviy gruppaga yoki radikallarni ko'chirish reaksiyasini katalizlovchi fermentlar sinfi
Treonin	Треонин	Treonin	deyarli barcha oqsillar tarkibiga kiruvchi zaruriy aminokislota
Turgor	Тургор	Turgor	tarang holat, hujayra protoplazmasining bosimi ortishi bilan uning ustini taranglashishi

Uglevodlar	Углевод	Carbonydrates	karbon suvlar
Uratsil	Урацил	Uratsil	pirimidin azot asosi, RNK tarkibiga kiradi
Ureaza	Уреаза	Urease	bu gidrolaza sinfining mutlaqo o'ziga xos fermenti bo'lib, u karbamid parchalanishini katalizlaydi
Vakuola	Вакуола	Vacuol Vacuole	ular sitoplazmalardagi hujayra modda almashinuvining mahsuli bo'lib, membrana bilan chegaralangan kovak bo'shliq
Vegetatsiya davri	Вегетационный период	Period vegetation	o'simlik urug'ini unib chiqishidan meva urug' hosil qilguncha davri
Vektor	Вектор	Vector	qabul qiluvchi genomi yoki plazmidaga ko'chirilgan, DNKning ma'lum uzunlikdagi kemasini
Vitaminlar	Витамины	Vitamins	«vita» – hayot aminlari o'z tarkibida inson va hayvon organik uchun zarur organik birikmalar
Xinin	Хинин	Hinin	sun'iy olinadigan alkaloid
Xolin	Холин	Holien	barcha tirik organizmlar hujayralarida uchraydigan vitamining o'xashash modda, fosfolipidlar va atsetilxolin tarkibiga kiradi

Xromoplastlar	Хромо-пласты	Chloroplast	rangli tanachalar
Xromoproteionlar	Хромопро-теионы	Hromapro-teins	rangli oqsillar, aminokislota va rangli birikmalardan tashkil topgan murakkab oqsillar

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. R.A. Sobirova va boshqalar. Biologik kimyo // Darslik. – T.: Yangi asr avlodi. – 2020-y.
2. R.G. Sultonov va boshqalar. Biokimyodan amaliy mashg'ulotlar // O'quv qo'llanma. – T.: Yangi asr avlodi. – 2016-y.
3. R.A. Sobirova va boshqalar. Biologik kimyo // Darslik. – T.: O'qituvchi. – 2018-y.
4. W.H. Elliot, D.C. Elliot. Biochemistry and Molecular Biology // Textbook. 2nd edition. – Oxford University Press. – 2014 y.
5. Л.А. Данилова, Н.А. Чайка. Биохимия полости рта // Учебно-методическое пособие. – 2016 г.
7. Е.С. Северин. Биохимия. // Учебное пособие. – М.: Гэотар-медиа. – 2018 г.
8. Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. Биологическая химия // Учебник. – М.: Геотар-медиа – 2014 г.
9. Donald Voet, Judith G. Voet, Charlotte W. Pratt. Fundamentals of Biochemistry LIFE AT THE MOLECULAR LEVEL // Printed in the United States of America. Copyright © – 2018. – p.1204.
10. Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, Lubert Stryer. Biochemistry 5th edition, 2016. – p.1515.
11. Bhagavan N.V., Ha C.-E. Essentials of Medical Biochemistry: With Clinical Cases 2nd ed. – Academic Press, 2015. – p.719.
12. Lippincott Illustrated Review Biochemistry Ed 3. – p.567.
13. Robert K. Murray, Daryl K., Peter A. Mayes, Victor W. Rodwell, Granter Harper's Illustrated Biochemistry a LANGE medical book 28 edition // Lange Medical Books/McGraw-Hill Medical Publishing Division. – Copyright © 2016. Exclusive rights by the McGraw-Hill Companies, Inc., for manufacture and export. This book cannot be reexported from the country to

which it is consigned by McGraw-Hill. The International Edition is not available in North America. — p.702.

14. R. Marry. Bioximiya cheloveka (Биохимия человека) т.1. — М.: Mir, 2011. — С.388.

15. Mary K. Campbell, Shawn O. Farrell. Biochemistry 7th edition // Copyright 2010 Cengage Learning. All Rights Reserved. May not be copied, scanned, or duplicated, in whole or in part. Due to electronic rights, some third-party content may be suppressed from the eBook and/or eChapter(s). — p.865.

16. M.N. Valixanov. «Biokimyo» — Toshkent: Universitet, 2011-yil.

17. O.O. Obidov, A.A. Jurayeva, G.Yu. Malikova. «Biologik kimyo». — Toshkent, 2011-yil.

18. Eshchanov E.U. «Biokimyo» fanidan ma'ruzalar matni. — Urganch, 2015-yil.

19. L.Yu. Jamolova va boshqalar. «Hayvonlar biokimyosi» fanidan laboratoriya mashg'ulotlari (o'quv qo'llanma). — Toshkent. 2015 yil.

20. O.O. Obidov, A.A. Jurayeva, «Biologik kimyo» Laboratoriya amaliyoti. — Toshkent: Extremum pres, 2010-yil.

21. David Van Vranken and Gregory Weiss. Introduction to Bioorganic Chemistry and Chemical Biology. — 2013.

22. F. James Holler, Stanley R. Fundamentals of Analytical chemistry 9E. — Crouch. 2013.

23. И.А. Новикова, А.С. Прокопович. «Клиническая Биохимия. Основы лабораторного анализа». — Гомель, «ГомГМУ», 2011 год.

24. Д. Нельсон, М. Кокс. «Основы биохимии ленинджера». — Москва: БИНОМ, 2011 год.

25. Zdenek Svagera, Radka Sigutova. «Clinical biochemistry». — Praga, 2016.

MUNDARIJA

KIRISH

Moddalar almashinuviga kirish	4
Modda almashinuvini o'rganish yo'llari	6
Katabolizmning umumiy yo'llari. Pirouzum kislotasi(piruvat)ning oksidlanishli dekarboksillanishi	7
Uch karbon kislotalar sikli	12
Uchkarbon kislotalar sikli reaksiyalarining ketma-ketligi	13
Uchkarbon kislotalar siklining biokimyoviy funksiyalari	19
Uchkarbon kislotalar siklining energetik ahamiyati	21
Energiya almashinuvi, biologik oksidlanish to'g'risida tushuncha	22
Biologik oksidlanish nazariyalari	26
Biologik oksidlanishni zamonaviy nazariyasi	27
Biologik oksidlanish fermentlari	28
Nafas zanjiri, uning organizmda ATF sintezining asosiy yo'li ekanligi	36
Elektron tashuvchilarning oksidlanish-qaytarilish potensiallari	38
Oksidlanishli fosforillanish mexanizmi. Mitchellning xemiosmotik nazariyasi	42
Oksidlanishli fosforillanishning zamonaviy qarashlari	42
Oksidlanish mexanizmi	43
Issiqlik ajralishi	44
Oksidlanish va fosforillanishning ajratilishi	44
Nafas zanjiri komplekslari ingibitorlari	49
Gipoenergetik holatlar	57
Mitoxondriyal kasalliklar	59

AMALIY QISM

1-laboratoriya ishi. Qon zardobi va siydikda pirouzum kislotasi miqdorini aniqlash	65
2-laboratoriya ishi. Mushak suksinatdehidrogenaza (SDG) faolligini aniqlash	66
3-laboratoriya ishi. Mushak tarkibidagi sitoxromoksidaza fermentini (SXO) aniqlash	66

4-laboratoriya ishi. Yurak mushaklaridan ajratilgan oksidlangan va qaytarilgan sitoxrom c spektrlarini aniqlash	68
5-laboratoriya ishi. Mushakdagi makroergik birikmalarning miqdori (ATF va kreatinfosfat)ni aniqlash	68
6-laboratoriya ishi. Qon tarkibidagi ATF-aza faolligini aniqlash	70
7-laboratoriya ishi. Kreatinkinaza fermenti faolligini aniqlash	72

TAHLILY QISM

Mustahkamlash uchun testlar	75
Vaziyatli masalalar.	83
Qabul qilingan qisqartirishlar	84

GLOSSARIY.88
---------------------------	------------

ADABIYOTLAR RO'YXATI	136
---------------------------------------	------------

D. ESHIMOV, Q.T. SOVETOV, F.X. INOYATOVA,
A.K. BAYKULOV, F.X. RAXMONOV

MODDALAR VA ENERGIYA ALMASHINUVI

*Veterinariya meditsinasi va tibbiyot oliy o'quv yurtlarining
talabalari uchun o'quv qo'llanma*

Muharrir *M. Tursunova*
Musahhih *M. Turdiyeva*
Dizayner *D. Ermatova*

«O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti,
100029, Toshkent shahri, Matbuotchilar ko'chasi, 32-uy.
Tel./faks: 239-88-61.

Nashriyot litsenziyasi: AI №216, 03.08.2012.
Bosishga ruxsat etildi 24.04.2022. «Uz-Times» garniturası.
Ofset usulida chop etildi. Qog'oz bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$.
Shartli bosma tabog'i 9,25. Nashriyot bosma tabog'i 8,75.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 3

«FAYLASUFLAR» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Matbuotchilar ko'chasi, 32-uy.