

СПЕЦИФИЧНА ПРОФЕСИОНАЛНА ПОДГОТОВКА
В СПОРТНИТЕ УЧИЛИЩА ЗА ОБУЧЕНИЕ
ПО
БИОХИМИЯ НА ФИЗИЧЕСКИТЕ УПРАЖНЕНИЯ
ЗА XI КЛАС

УЧЕБНИК

18 теми, разпределени в 5 раздела

Автор:
проф. Албена Александрова, доктор

СЪДЪРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. Химичен състав на живите организми	3
Тема 1. Органични съединения в живите организми	4
Тема 2. Неорганични съединения в живите организми	19
Тема 3. Основни на биоенергетиката.	
Макроергични съединения: АТФ и КФ	23
РАЗДЕЛ II. Устройство на клетка	25
Тема 1. Общо устройство на клетката – органели и функции	
на органелите	25
Тема 2. Устройство на мускулна клетка.	
Механизъм на мускулното съкращение	31
Тема 3. Типове мускулни влакна	35
РАЗДЕЛ III. Енергетично обезпечаване на мускулното натоварване	37
Тема 1. Креатин-фосфатна система	37
Тема 2. Гликолиза. Образуване на лактат.	
Окислително декарбоксилиране на пирувата	39
Тема 3. Катаболизъм на мастните киселини (Бета окисление)	42
Тема 4. Аеробни механизми за енергообезпечаване:	
Цикъл на Кребс и дихателни вериги	44
Тема 5. Катаболизъм на аминокиселините	49
Тема 6. Биохимична класификация на физическите натоварвания	52
РАЗДЕЛ IV. Биохимични основи на спортната тренировка	54
Тема 1. Биохимична характеристика на умората	54
Тема 2. Биохимична характеристика на възстановяването	57
Тема 3. Биохимични принципи на спортната тренировка	59
РАЗДЕЛ V. Хранене и биостимулиране	62
Тема 1. Храносмилане и резорбция на хранителните вещества	62
Тема 2. Биохимични основи на храненето при спортисти	65
Тема 3. Биостимулиране и допинг	69
ТЕСТ № 1. Биохимична класификация на физическите	
натоварвания. Системи за енергоосигуряване	72
ТЕСТ № 2. Биохимична класификация на физическите	
натоварвания. Системи за енергоосигуряване	75
ЛИТЕРАТУРА	78

РАЗДЕЛ I. ХИМИЧЕН СЪСТАВ НА ЖИВИТЕ ОРГАНИЗМИ

Химичните елементи въглерод (C), водород (H), азот (N), кислород (O), сяра (S) и фосфор (P) са главните градивни елементи на съединенията, изграждащи живите организми. Те съставляват над 98% от масата на организмите. Те образуват белтъците, въглехидратите, липидите и нуклеиновите киселини, които са основните молекулярни компоненти на всички организми. Белтъците, въглехидратите, липидите и нуклеиновите киселини са органични съединения, съдържащи в молекулата си въглерод (C).

АКЦЕНТИ ***

- Органичните съединения са съединения на химичния елемент водород с изключение на въглеродния оксид, въглеродния диоксид, въглената киселина и нейните соли.

Свойствата на въглеродния атом, които определят голямото разнообразие на органичните съединения, са:

- В органичните съединения въглеродният атом е от четвърта валентност, т.е. може да образува четири химични връзки с други атоми или атомни групи.
- Въглеродните атоми могат да се свързват помежду си с прости (единични) или сложни (двойни или тройни) връзки.
- Въглеродните атоми, свързвайки се помежду си, могат да образуват въглеродни вериги. Веригите могат да бъдат прави или разклонени; отворени или затворени.

В зависимост от молекулната си маса съединенията в живите организми се делят на такива с ниска молекулна маса (нискомолекулни съединения) и с висока молекулна маса (високомолекулни съединения). За условна граница между тях се приема молекулната маса 10 000. Нискомолекулни съединения са например водата, витамините, глюкозата, аминокиселините и др. Високомолекулни съединения са белтъците, нуклеиновите киселини, полизахаридите, мазнините. Белтъците, нуклеиновите киселини и полизахаридите са биополимери.

АКЦЕНТИ ***

- Биополимерите са молекули, изградени от идентични или еднотипни основни структури (мономери), свързани чрез еднотипни връзки. Когато мономерите са идентични, се означават като **хомополимери**, а когато мономерите са еднотипни, но не идентични, се означават като **хетерополимери**.

ТЕМА 1. ОРГАНИЧНИ СЪЕДИНЕНИЯ В ЖИВИТЕ ОРГАНИЗМИ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. БЕЛТЪЦИ

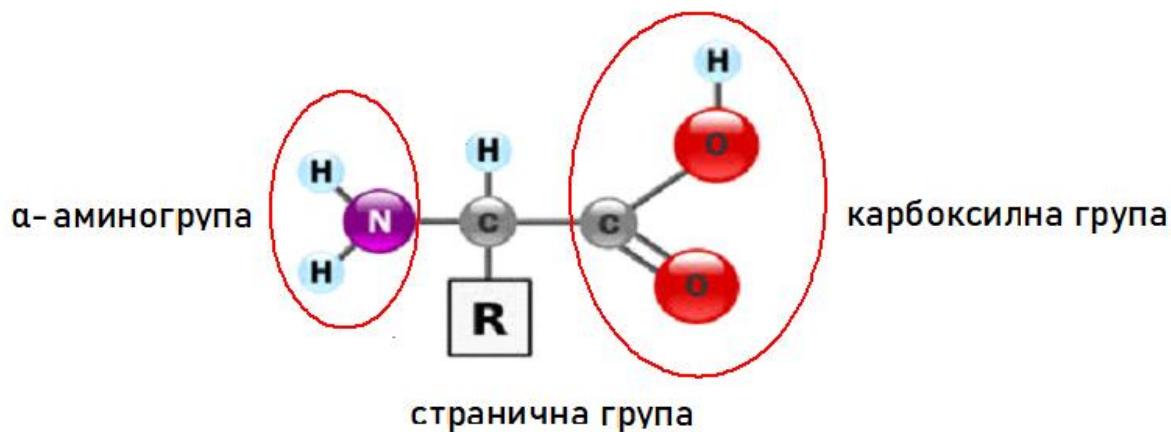
Основни понятия:

- ✓ Белтъци
- ✓ Пептидна връзка
- ✓ Въглехидрати
- ✓ Гликозидна връзка
- ✓ Липиди
- ✓ Естерна връзка
- ✓ Нуклеинови киселини

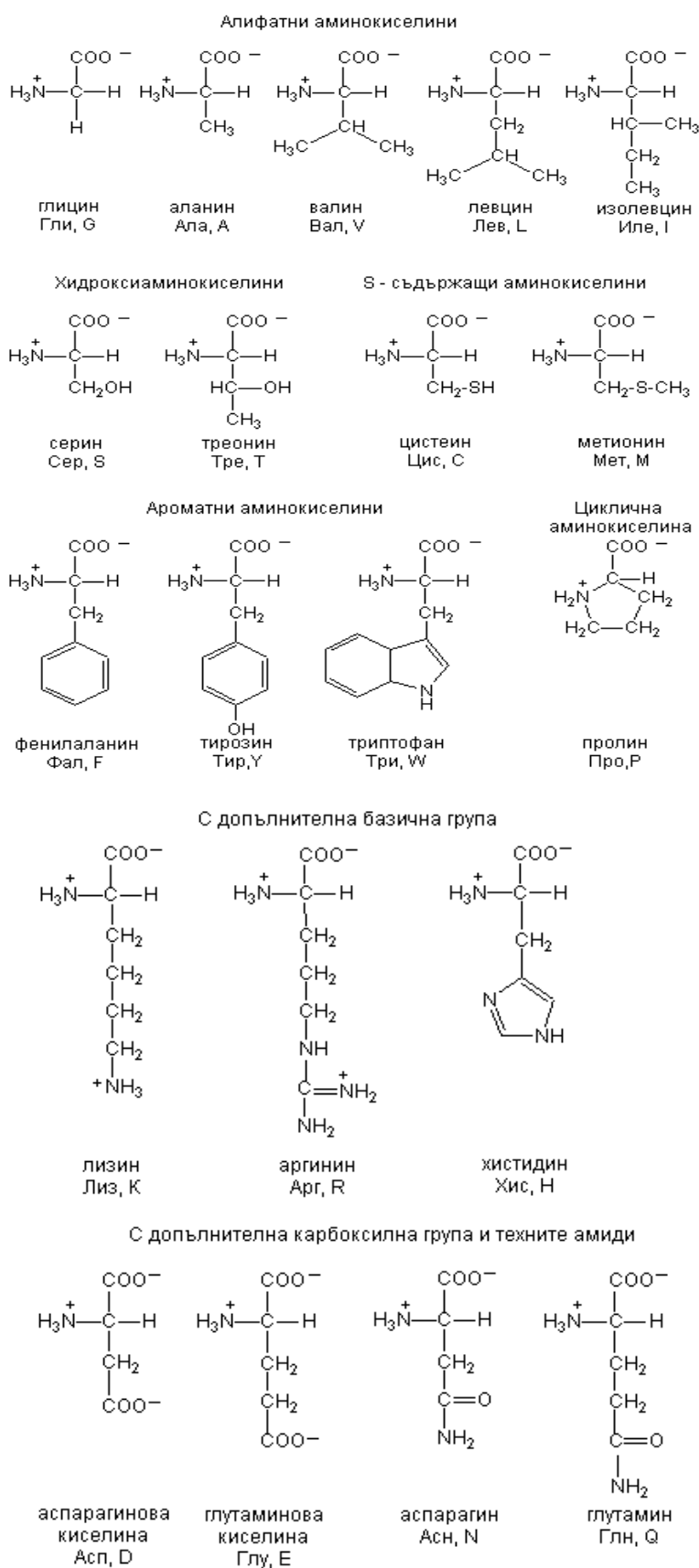
Белтъците са най-застъпените органични молекули в живите организми, изпълняващи множество функции: структурообразуваща, каталитична (ензимна), защитна, регулаторна, транспортна, двигателна, рецепторна и сигнална, „складова“, енергийна.

Белтъците са полимери на 20 вида аминокиселини, подредени в линейна последователност. Аминокиселините се свързват помежду си чрез пептидни връзки, образувайки полипептидни вериги. Белтъците могат да бъдат изградени от повече от една полипептидна верига. Молекулната маса на белтъците е от 10 000 до стотици хиляди.

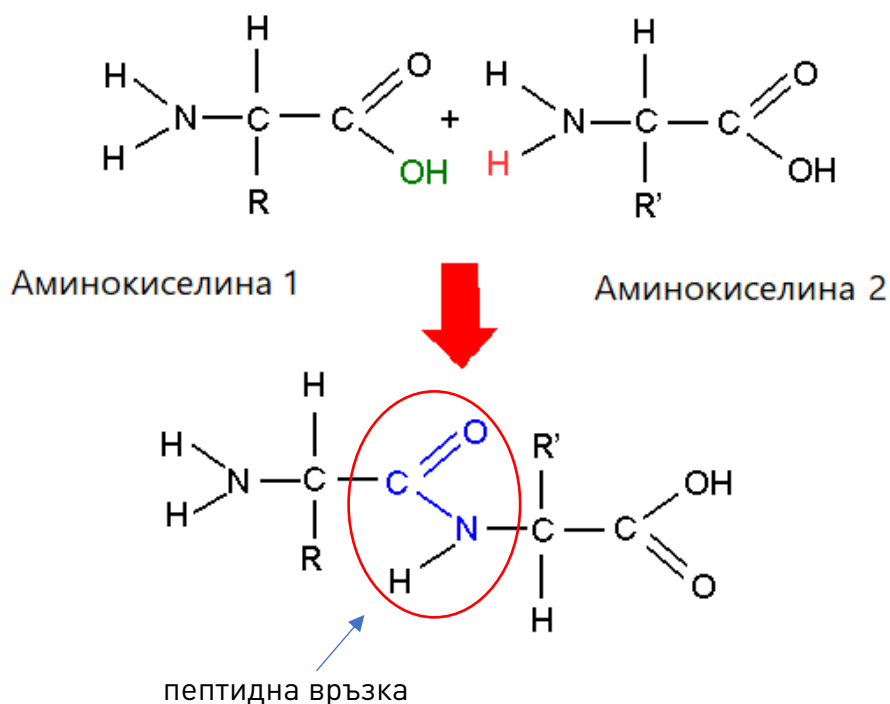
Аминокиселините, изграждащи белтъците, са органични съединения, които имат карбоксилна група ($-\text{COOH}$) и аминогрупа ($-\text{NH}_2$) при общ α -въглероден атом (първият по ред въглероден атом след карбоксилната група във въглеродния скелет) (фиг. 1). Аминокиселините се различават помежду си по страничната група (R) (табл. 1).



Фиг. 1. Обща формула на α -аминокиселина

Табл. 1. Структурни формули на 20-те α -аминокиселини, изграждащи белтъците

Аминокиселините се свързват помежду си чрез пептидна връзка (фиг. 2) и могат да образуват дълги вериги, наречени полипептидни.



Фиг. 2. Образуване на пептидна връзка между две аминокиселини

АКЦЕНТИ ***

- Киселинноамидната връзка, образувана между α-амино и α-карбоксилната група на две α-аминокиселини, се нарича **пептидна връзка**.

АКЦЕНТИ ***

- Белтъците са хетеробиополимери с молекулна маса над 10 000, изградени от 20 вида α-аминокиселини, свързани помежду си чрез пептидни връзки, образувайки една или повече полипептидни вериги.

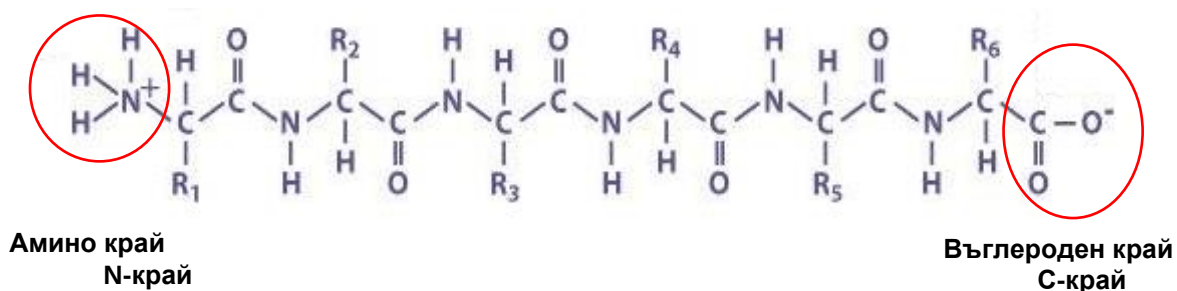
Структура на белтъците

При биологични условия белтъците имат определена пространствена структура, т.нар. **нативна конформация**, при която те са биологично активни (т.е. изпълняват определени функции). Прието е тази структура да се разглежда на няколко нива на организация:

1. Първична структура. Тя се определя от вида, броя и последователността на аминокиселините в полипептидната верига. Първичната структура се поддържа от пептидни връзки. Първичната структура е определяща за следващите нива на организация и функциите на белтъците.

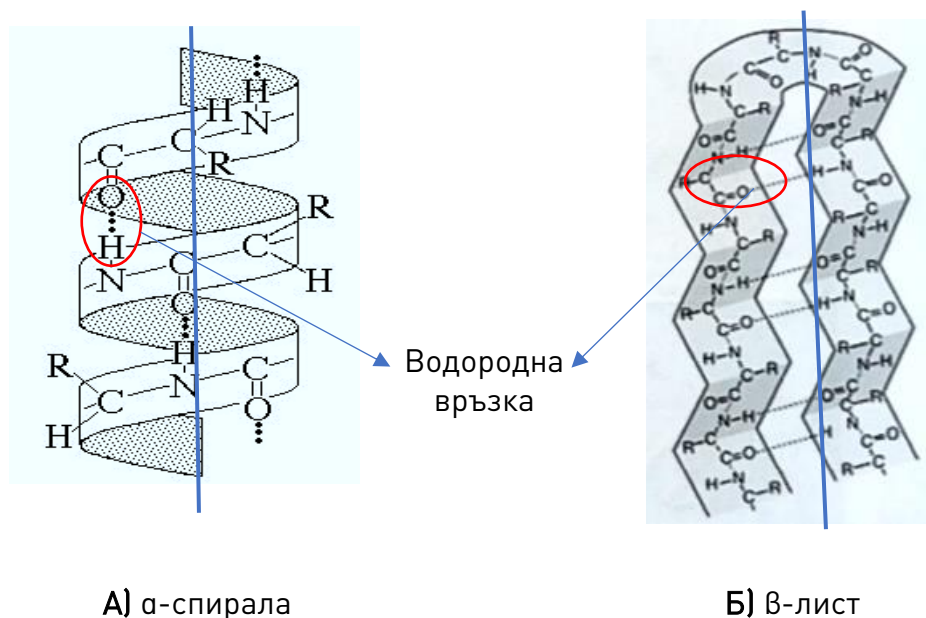
Характеристики на полипептидните вериги (фиг. 3):

- Веригите имат два края: азотен или N-край със свободна амино-група и въглероден или C-край със свободна карбоксилна група.
- Веригите се линейни.
- Веригите не са разклонени, защото в образуване на пептидната връзка участват само α-амино и α-карбоксилни групи.
- Веригите имат еднакъв скелет, тъй като се повтаря една и съща групировка (–NH–CH–CO–).
- Разнообразието на полипептидите и белтъци се дължи на различните странични групи (R) на аминокиселините във веригите.



Фиг. 3. Полипептидна верига

2. Вторична структура. Това е правилното нагъване на полипептидната верига в определен участък под формата на спирала (α -спирала) или под формата на нагънат лист (β -лист) в резултат на възникнали водородни връзки между пептидни групи.



Фиг. 4. Вторична структура на белтъчната молекула

- При α -спиралата водородните връзки са вътрешноверижни и успоредни на оста на спиралата през 4 остатъка (между -CO групата на остатък n и -NH групата от остатък $n+4$) (фиг. 4А).
- При β -листа водородни връзки се образуват между близко разположени пептидни групи от различни вериги или между различни участъци на една верига (фиг. 4Б). Водородните връзки са приблизително перпендикулярни на осите на веригите.

АКЦЕНТИ ***

- Водородна връзка е електромагнитно привличане, което възниква, когато водородният атом се намира между два по-електроотрицателни атома, с единия от които е свързан с ковалентна връзка.

3. Третична структура. Това е цялостното нагъване на белтъчната молекула в пространството, определящо се от взаимодействието на несъседни групи в страничните остатъци на аминокиселините. Третичната структура на белтъците се поддържа от слаби нековалентни връзки (водородни, йонни, вандерваалсови); единствената ковалентна връзка в третичната структура са дисулфидните мостове, възникващи между сулфхидрилните групи на цистеиновите остатъци.

На ниво третичната структура белтъците условно се разделят на **глобуларни** (имат сферична или леко удължена форма) и **фибриларни** (имат удължена, нишковидна форма). Глобуларни белтъци са например хемоглобин, миоглобин, ензимите (ензимите са белтъци, които имат каталитична функция, т.е. ускоряват химичните реакции), а фибриларни са: колаген, кератин, актин, миозин и др.

4. Четвъртична структура. Такава структура имат само белтъци, които са изградени от повече от една полипептидна верига, всяка от които се означава като субединица. Всяка субединица има своя първична, вторична и третична структура. Връзките между субединиците са разнообразни, обикновено слаби, но могат да се формират и ковалентни връзки. Белтъци с четвъртична структура са например: инсулин – с две полипептидни вериги, хемоглобин – с четири полипептидни вериги и др.

Под въздействие на различни химични и физични агенти (висока температура, киселини, основи, детергенти, лъчения) структурата на белтъка може да се промени, т.е. нарушава се конформацията на молекулата поради разкъсване на връзките, която я поддържат. Това води до промени във физикохимичните ѝ свойства и загуба на биологична активност. Този процес се означава като **денатурация**. При денатурацията не се засяга първичната структура на белтъка. Денатурацията може да бъде обратима или необратима. При обратимата денатурация след отстраняване на денатуриращото въздействие молекулата отново приема нативна конформация (**ренатурация**).

Видове белтъци

В зависимост от състава белтъците могат да се класифицират като прости – изградени само от α -аминокиселини и сложни – от α -аминокиселини и небелтъчна органична или неорганична съставка. Такива съставки могат да бъдат метални йони (напр. йонът на желязото в хемоглобина), фосфорна киселина (напр. в казеина на млякото), въглехидрат (напр. муцин), нуклеинови киселини (напр. рибозоми, хромозоми) и др.

2. ВЪГЛЕХИДРАТИ

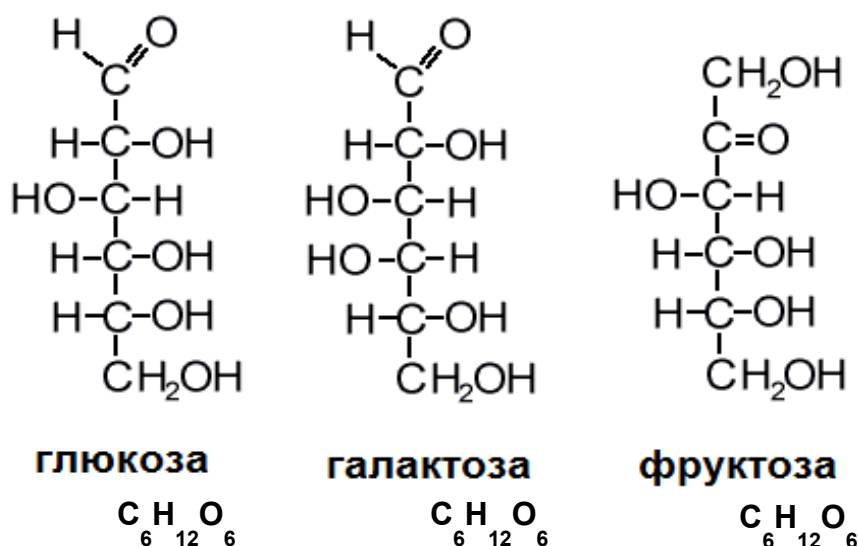
Въглехидратите са органични съединения с основна функция за осигуряване на енергия на организма, но имат и редица други функции – напр. монозахаридите рибоза и дезоксирибоза участват в структурата на РНК и ДНК съответно; рибоза е важен компонент на коензимите АТФ, ФАД, НАД и НАДФ, въглехидрати в комплекс с белтъци и липиди изпълняват структурни функции и участват в клетъчните взаимодействия.

Наименованието **въглехидрати** произлиза от схващането, че са хидрати на въглерода, тъй като съотношението на водород към кислород в молекулата е, както това на водата $(\text{CH}_2\text{O})_n$, където n е броят на въглеродните атоми в молекулата.

Въглехидратите се подразделят на: монозахариди, дизахариди, олигозахариди и полизахариди.

2.1. Монозахаридите са органични съединения, които съдържат една карбонилна (алдехидна или кетонна) група и повече от една хидроксилна група. Монозахаридите, които съдържат алдехидна група, се наричат алдози, а тези, които съдържат кетонна група – кетози. В зависимост от броя на въглеродните атоми те могат да бъдат триози (с три въглеродни атома в молекулата си), тетрози (с четири въглеродни атома в молекулата си), пентози (с пет въглеродни атома в молекулата си), хексози (с шест въглеродни атома в молекулата си). Двете наименования могат да се комбинират за получаване на пълна представа за вида на монозахарида, напр. алдотриоза, кетотриоза, алдотетроза, кетотетроза и т.н. Най-разпространени в природата са хексозите (напр. глюкоза и фруктоза) и пентозите (напр. рибоза и дезоксирибоза). Наименованията на монозахаридите обикновено са тривиални с окончание –оза (напр. глюкоза, фруктоза, рибоза).

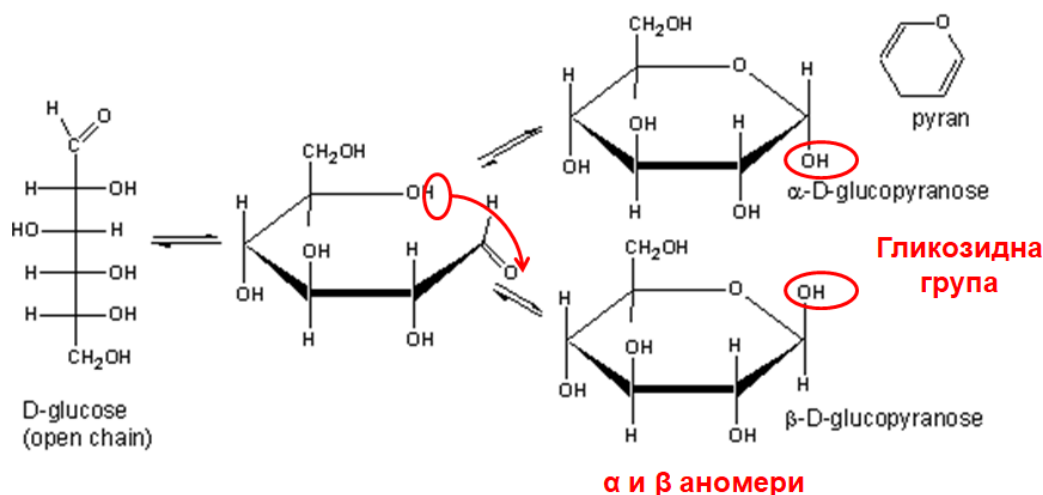
Хексозите глюкоза, галактоза и фруктоза са структурни изомери – те имат еднакъв качествен и количествен състав ($C_6H_{12}O_6$), но се различават по подреждането на атомите в молекулата (фиг. 5)



Фиг. 5. Структурна изомерия при монозахариди

Монозахаридите съдържат асиметрични въглеродни атоми. Асиметричен въглероден атом е този, при който четирите му валенции са заети с различни функционални групи или атоми. Съвременното название на асиметричния въглероден атом е „хирален атом“ или „хирален център“ (от гръцки „хеир“ – ръка, длан). Монозахаридите с повече от три въглеродни атома имат повече от един хирален център. Броят на възможните изомери на такива монозахариди е равен на 2^n , където n е брой на асиметричните атоми. Тези изомери се подреждат в **две серии** – **D** и **L**, като водеща за определяне вида на един монозахарид се приема асиметрията (хиралността) при най-отдалечения от карбонилната група C-атом. С малки изключения всички природни монозахариди са от D-серия.

В монозахаридите с повече от четири въглеродни атома хидроксилната група може да реагира с карбонилната, алдехидната или кетонната група, при което се получават полуацетални и полукетални производни с пръстенна форма. Новообразуваната –ОН група се означава като гликозидна група. Тя участва в образуване на гликозидната връзка между мономерите.



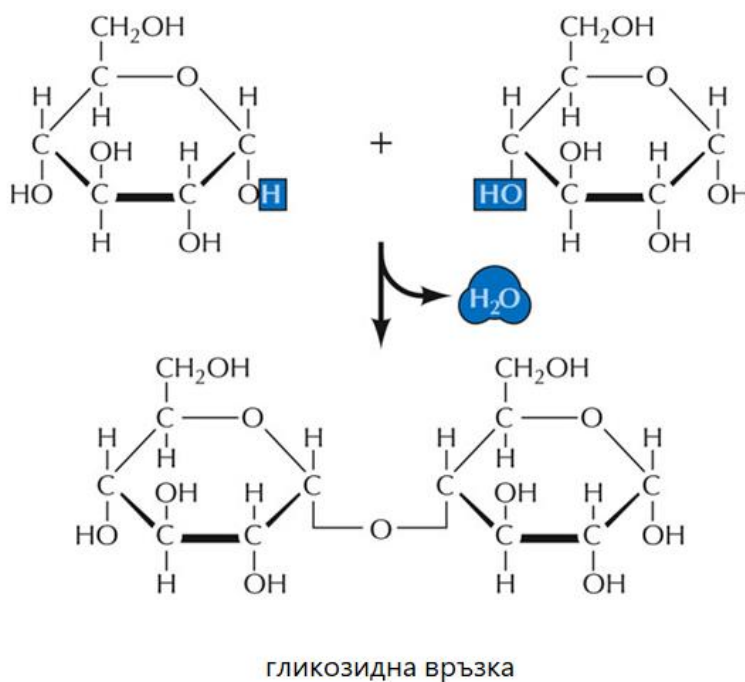
Фиг. 6. α- и β глюкоза

В зависимост от разположението на гликозидната група спрямо равнината на пръстена се различават две форми - α- и β- аномери (Фиг. 6).

2.2. Дизахаридите (ди- = „два“) се образуват от два монозахаридни остатъка, свързани с гликозидна връзка (Фиг. 7).

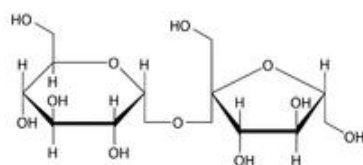
АКЦЕНТИ ***

- Гликозидната връзка се получава при обезводняване на гликозидната хидроксилна група на монозахарид с друга хидроксилна група.

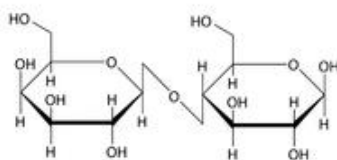


Фиг. 7. Образуване на гликозидна връзка между два монозахарида

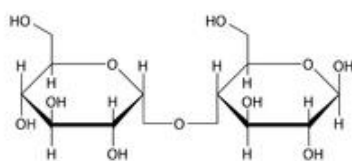
Примери за дизахариди са захароза, образувана от глюкоза и фруктоза; лактоза, образувана от глюкоза и галактоза; малтоза, съдържаща два остатъка глюкоза (фиг. 8).



захароза



лактоза



малтоза

Фиг. 8. Структури на дизахариди: захароза, лактоза и малтоза

2.3. Олигозахариди. Олигозахаридите (олиго- = „малко“) са въглехидрати, изградени от 3 до 15 монозахаридни остатъка, свързани помежду си с гликозидни връзки. В клетките повечето олигозахариди са свързани с незахарни молекули (липиди или протеини) и образуват разклонени къси вериги на повърхността на клетъчните мембрани. Имат способността да се свързват с белтъци и липиди. Комплексът между белтък и олигозахарид се означава като гликопротеин, а комплексът между липид и олигозахарид се означава като гликолипид. Олигозахаридите нямат хранителна функция. Те имат сигнална функция.

2.4. Полизахаридите (поли- = „много“) са изградени от голям брой монозахариди, свързани помежду си с гликозидни връзки. По този начин се образуват дълги вериги, които могат да бъдат разклонени или неразклонени и могат да съдържат еднакви или различни видове монозахариди. Тези вериги, които са изградени от еднакви мономерни, се означават като **хомополизахариди**, а тези, изградени от различни – **хетерополизахариди**.

Гликогенът е хомополизахарид в човешкия организъм (и в животинските организми), изграден от около 120 000 глюкозни остатъка, като на всеки 8–14 остатъка има разклонения, свързани към главната верига. В най-големи количества се натрупва в черния дроб и мускулите. Молекулите на гликогена са силно хидратирани, защото имат много открити хидроксилни групи, достъпни за водородна връзка с водата. Гликогенът служи за резерв от глюкоза за организма, като чердробният гликоген поддържа нормалните нива на глюкозата в кръвта, а мускулният гликоген се използва за енергообезпечаване на мускулната работа. Аналог на гликогена в растенията е **скорбялата**. Тя е хомополизахарид, изградена от глюкозни мономерни, свързани в 2 типа вериги – линейни (амилоза) и разклонени (амилопектин). Скорбялата е главният въглехидратен източник в храната на човека, тъй като при образуването на полизахаридната верига се създават α -гликозидни

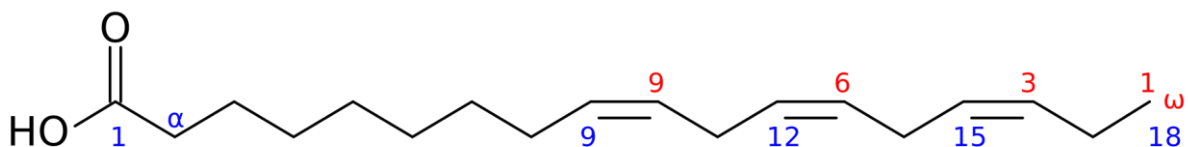
връзки, които са достъпни за ензима, катализиращ хидролизата, и се освобождава глюкоза. За разлика от скорбялата, целулозата, която също е глюкозен полимер, не може да се използва като енергиен източник за човека и голяма част от животните поради β -гликозидните връзки (β -1,4-гликозидни връзки), за разграждането на които те нямат ензим. Преживните животни могат да оползотворяват целулозата като храна поради намиращите се в стомаха им бактерии, които продуцират ензим, разграждащ целулозата.

Към групата на **хетерополизахаридите** принадлежат голям брой полимери със съществени биологични функции, които се дължат на способността им да се свързват чрез ковалентни връзки с други вещества (белтъци, полипептиди, липиди) и да изграждат по-сложни химични структури. Хетерополизахаридите в човешките (и животинските) тъкани са локализирани в извънклетъчното пространство и образуват матрица, която поддържа клетките, осигурява вискозитет, адхезивност и якост на опън. Такива са хиалурон, хондроитин, сулфат, дерматин сулфат, кератин сулфат.

3. ЛИПИДИ

Липидите са разнородна група органични съединения с обща характеристика, че са неразтворими във вода, а само в органични разтворители (бензин, бензол, толуол, хлороформ, етилов етер и др.). Липидите изпълняват различни функции в клетката. Основната функция е да съхраняват енергия за дълготрайна употреба под формата на мазнини. Липидите са градивни елементи на много хормони и са важна съставна част на плазмената мембрана. Липидите включват свободни мастни киселини, мазнини, фосфолипиди и стероиди.

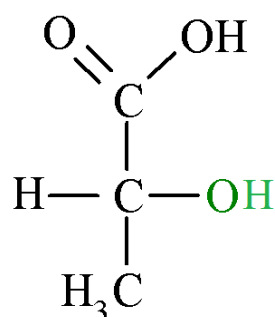
3.1. Свободни мастни киселини. Това са въглеводороди, съдържащи карбоксилна група ($-\text{COOH}$). Мастните киселини в живите организми са предимно с четен брой въглеродни атоми, и то най-вече такива с по-голям брой от 14 въглеродни атома, наречени висши мастни киселини. Според наситеността на връзките във въглеводородната верига те биват наситени (само с единични връзки) и ненаситени (с една или повече двойни връзки) между съседни въглеродни атоми. Полиненаситените мастни киселини Омега-6 и Омега-3 (фиг. 9) са есенциални (незаменими) за човешкия организъм, тъй като не се синтезират от него и е необходимо да бъдат внасяни чрез храната.



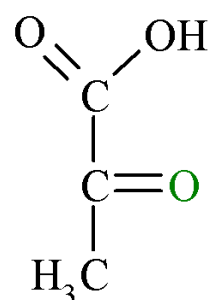
Фиг. 9. Химична структура на α -линоленова киселина, мастна киселина с верига от 18 въглеродни атома, с три двойни връзки при въглеродни атоми с номера 9, 12 и 15. Омега (ω) край на веригата е при въглерод 18 и двойната връзка, най-близо до ω -въглерода е при въглерод 15, т.е. три въглеродни атома след ω -въглерода, поради което α -линоленова киселина се означава като ω -3 мастна киселина.

Според броя на карбоксилните групи мастните киселини се делят на моно-, ди- и трикарбоксилни. В клетките има и производни на мастните киселини

като напр. млечната киселина (хидроксилно производно, мастна киселина, съдържаща хидроксилна група (-OH)), пируват (кетопроизводно, мастна киселина, съдържаща кетонна група (-C=O)) (фиг. 10).



млечна киселина

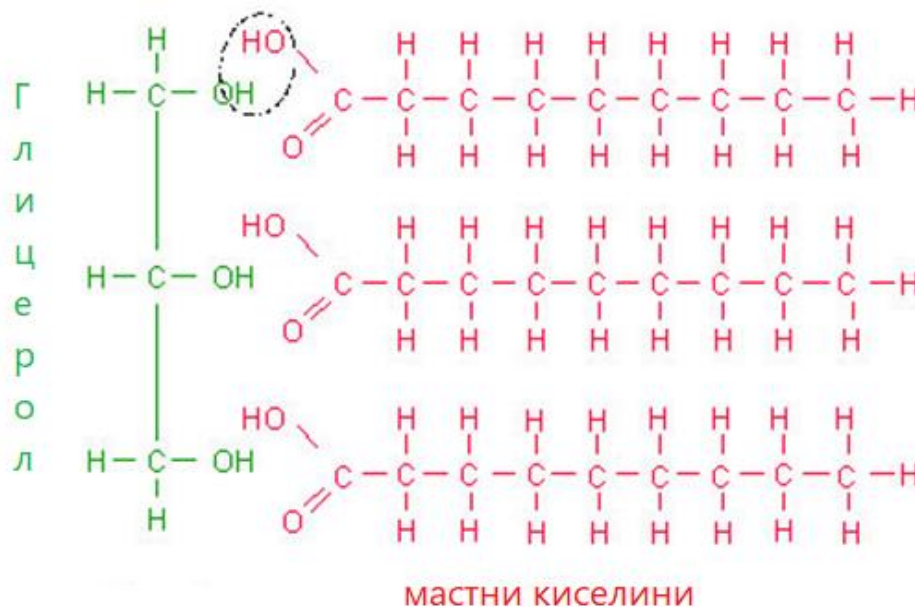


пируват

Фиг. 10. Производни на карбоксилните киселини

Свободните мастни киселини се откриват в много малки концентрации в кръвта, където се пренасят с белтъци (албумини) поради неразтворимостта си във водната фаза. Използват се за енергообезпечаване от миокарда и от мускулите при продължителна работа.

3.2. Триацилглицероли. Триацилглицеролите са липиди, изградени от глицерол и три мастни киселини. Глицеролът е органично съединение с три хидроксилни групи (-OH), които взаимодействат с карбоксилните групи на мастните киселини, образувайки естер (фиг. 11).



Фиг. 11. Образуване на триацилглицерол при взаимодействие на глицерол с три мастни киселини

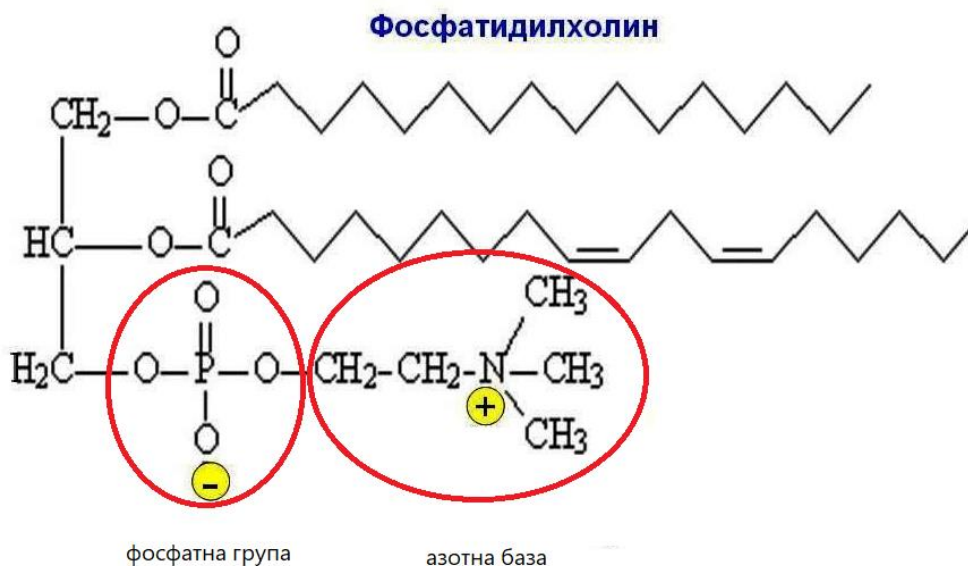
АКЦЕНТИ ***

- Мазнините са естери на глицерола с висши мастни киселини.
- Естерна връзка възниква при взаимодействие на алкохол и киселина с отделяне на молекула вода.

В мазнините броят на въглеродните атоми в мастната киселина може да варира от 4 до 36; най-често срещаните са тези, съдържащи 12–18 въглерода. Трите мастни киселини в мазнината могат да бъдат еднакви или различни. Те могат да бъдат наситени или ненаситени. Наситените мазнини, съдържащи наситени мастни киселини, са склонни да се опаковат плътно и са твърди при стайна температура. Такива са животинските мазнини. Бозайниците съхраняват мазнини в специализирани клетки, наречени адипоцити, където мастните капки заемат по-голямата част от клетката. Ненаситените мазнини обикновено са от растителен произход и съдържат ненаситени мастни киселини. Двойната връзка причинява огъване на въглеродородната верига, което пречи на мастните киселини да се опаковат плътно, поддържайки ги течни при стайна температура. Ненаситените мазнини помагат за подобряване на нивата на холестерола в кръвта, докато наситените мазнини допринасят за образуването на плака в артериите, което увеличава риска от инфаркт и инсулт.

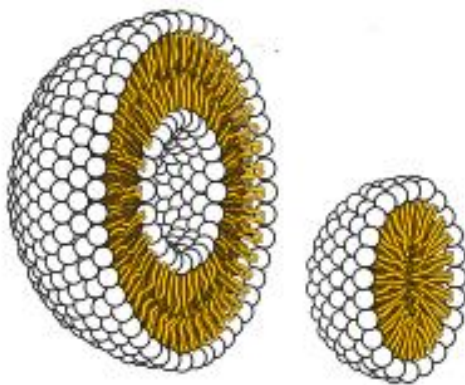
Основна функция на мазнините е да бъдат запасен източник на енергия за организма, като при разграждане на 1 г мазнина се освобождават 9 кКал.

3.3. Фосфолипидите са основната съставна част на плазмената мембрана. Те са съставени от глицерол, две мастни киселини, свързани към две от хидроксилните групи на глицерола, а третата хидроксилна група на глицерола е свързана с фосфатен остатък и азотсъдържащо полярно съединение (азотна база) (фиг. 12).



Фиг. 12. Структура на фосфолипид

Фосфолипидите имат хидрофобна и хидрофилна област. Веригите на мастните киселини са хидрофобни и се отблъскват от водата, докато фосфатната група и азотната база формират полярна област (полярна глава), която е хидрофилна и взаимодейства с водата. Във водна среда фосфолипидите винаги се подреждат в еднослойни или двуслойни агрегати, в които мастните киселини са „скрити“ от водата, а полярните глави са насочени към водната фаза (Фиг. 13).

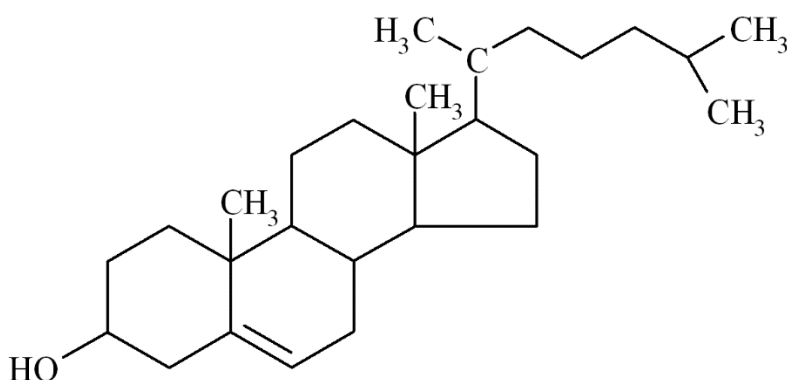


Фиг. 13. Фосфолипиден бислой (липозома) – основа на клетъчните мембрани, и фосфолипиден монослой (мицел)

Клетъчните мембрани са изградени от двоен фосфолипиден слой.

3.4. Стероиди

Стероидите имат четири свързани въглеродни пръстена и някои от тях, като холестерола, имат къса въглеводородна опашка (Фиг. 14) и въпреки че не приличат на другите липиди, те са групирани с тях, защото са хидрофобни.



Фиг. 14. Структура на холестерола

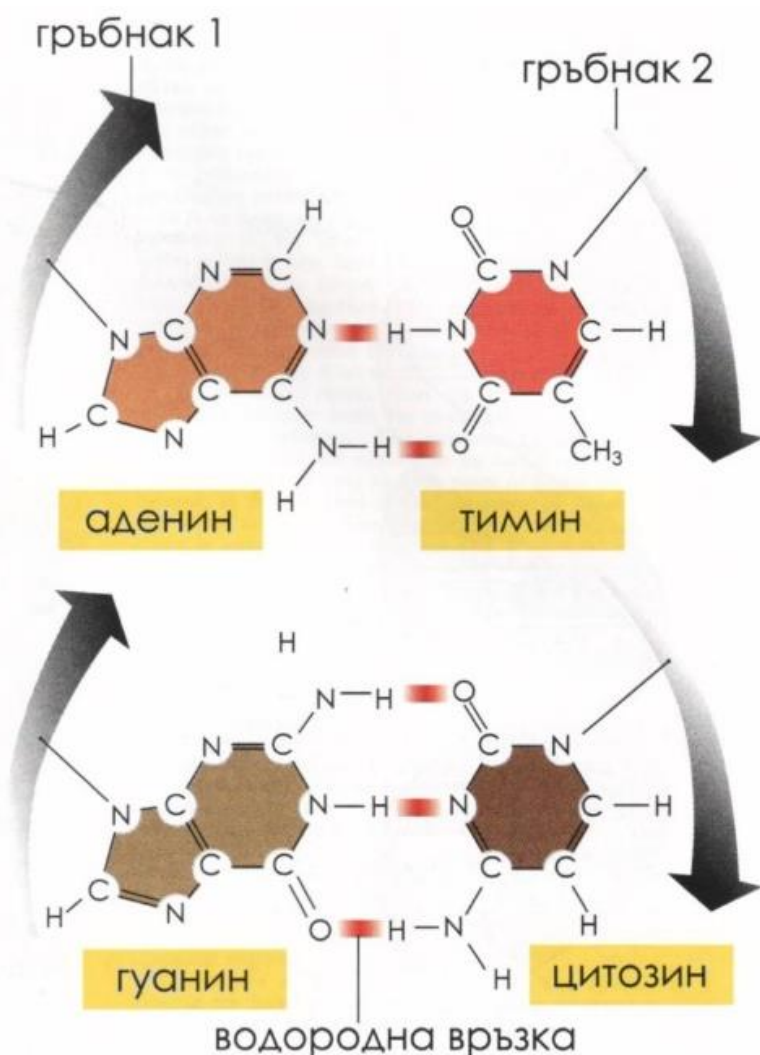
От стероидите в най-голямо количество в човешкия организъм е представен холестеролът. Той е основен компонент на мембраните на клетките, предшественик е на много стероидни хормони (половите хормони - тестостерон, естроген, прогестерон; хормоните на надбъбречната жлеза – кортикостероидите), на витамин D, на жлъчните соли, които помагат за разграждането на мазнините и последващото им усвояване от клетките. Холестеролът се синтезира основно в черния дроб. Въпреки че за холестерола често се говори негативно, той е необходим за правилното функциониране на тялото. Опасен за здравето е излишният холестерол. Поради голямата хидрофобност на молекулата тя практически не метаболизира и се натрупва по стените на кръвоносните съдове и води до стесняването и запушването им.

4. НУКЛЕИНОВИ КИСЕЛИНИ

Нуклеиновите киселини са ключови макромолекули в непрекъснатостта на живота. Те съхраняват генетичния план на клетка и носят инструкции за изграждане на белтъците и функционирането на клетката.

Нуклеиновите киселини са хетеробиополимери, изградени от нуклеотиди. Нуклеотидите са нискомолекулни органични съединения, изградени от монозахарид (пентоза), азотна база и остатък фосфорна киселина. В зависимост от пентозата нуклеотидите биват рибонуклеотиди, съдържащи рибоза и дезоксирибонуклеотиди, съдържащи дезоксирибоза. Азотните бази биват пуринови (големи) и пиримидинови (малки). Пуриновите бази са аденин и гуанин, а пиримидиновите са – цитозин, урацил и тимин. Урацилът е характерен само за рибонуклеотидите и не присъства в дезоксирибонуклеотидите. Тиминът е характерен само за дезоксирибонуклеотидите и не присъства в рибонуклеотидите. Рибонуклеотидите изграждат молекулата на рибонуклеиновите киселини, а дезоксирибонуклеотидите – на дезоксирибонуклеиновите киселини. Нуклеотидите се свързват помежду си във вериги, като фосфатът, свързан при петия въглероден атом на пентозата на един нуклеотид, естерифицира хидроксилната група при третия въглероден атом на пентозата на другия нуклеотид. Връзката е ковалентна естерна и се означава като 5'-3' фосфодиестерна връзка или 5'-3 фосфатен мост. Така се формира захарофосфатен скелет (гръбнак) на полинуклеотидната верига с редуващи се пентоза и фосфат, а азотните бази са насочени встрани от веригата. Полинуклеотидната верига има два свободни края, единият от които завършва с фосфатна група (5'-край), а другият – с хидроксилна група (3'-край). Рибонуклеиновите киселини образуват една

полинуклеотидна верига, а дезоксирибонуклеиновите киселини – две, вплетени една в друга спирални полинуклеотидни вериги, които се свързват помежду си, спазвайки правилото за комплиментарност: базата аденин (А) се свързва с базата тимин (Т) чрез две водородни връзки, а базата гуанин (Г) се свързва с базата цитозин (Ц) чрез три водородни връзки (фиг. 15). Това сдвояване на базите осигурява еднакво разстоянието между двете вериги по цялата дължина на молекулата. При свързването си двата нуклеотида са антипаралелни, т.е. лежат в различни посоки. Така и веригите в ДНК имат антипаралелен ход.



Фиг. 15. Свързване на азотните бази в молекулата на ДНК

РНК също може да образува двойноверижни участъци между азотни бази в единствената си верига, като се спазва правилото за комплиментарност, но аденинът се свързва с урацил (A=U).

В зависимост от функцията, която изпълняват в клетките, има три вида РНК: информационна (иРНК), рибозомна (рРНК) и транспортна (тРНК).

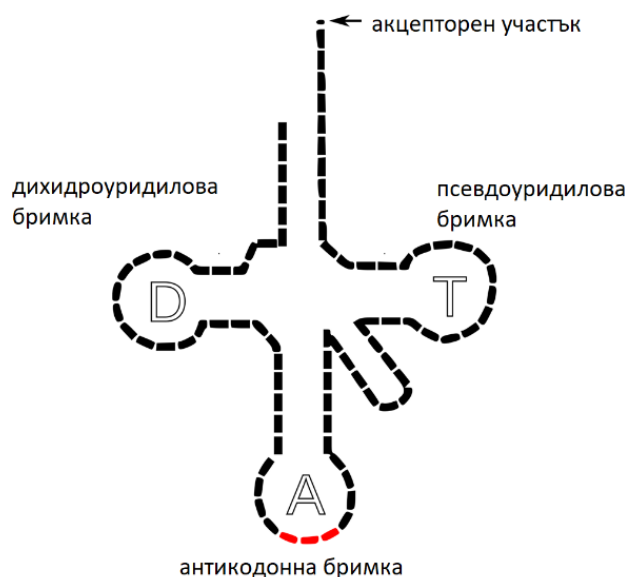
иРНК преписва генетичната информация от ДНК в ядрото на клетката и я пренася в цитоплазмата, където служи за матрица за синтеза на белтъчните вериги в рибозомите. Последователност от три нуклеотида (кодон, триплет) в иРНК определя мястото на една аминокиселина в полипептидната верига. иРНК е с най-висока молекулна маса, но представлява сравнително малка част от клетъчната РНК (3–5%).

рРНК се свързва със специфични белтъци и образува рибозомите – органела, в който се синтезират белтъците. рРНК е в най-голямо количество – около 80% от общото количество РНК. В рибозомите на еукариотните (ядрените) клетки има четири вида рРНК, които се различават по коефициента на седиментация (S). Той се определя от теглото, плътността и общата повърхност на макромолекулите и клетъчните структури.

тРНК пренася аминокиселините до рибозомите, където се извършва белтъчният синтез. За всяка аминокиселина съществува специфична тРНК, но всички те имат характерна структура, подобна на детелинов лист с четири специфични участъка (фиг. 16):

- 1) акцепторен участък (тройка нуклеотида ЦЦА в 3'-края), където се свързва определена аминокиселина;
- 2) псевдоуридилова бримка (Т-у-Ц) – за свързване с рРНК от рибозомите.
- 3) антикодонна бримка, съдържаща специфичен триплет от нуклеотида, наречен антикодон, тъй като е комплементарен и антипаралелен на определен кодон в иРНК;
- 4) дихидроуридилова бримка (D) за свързване с рРНК от рибозомите.

Първите два участъка са еднакви при всички тРНК. Последните два са специфични за всяка тРНК. Размерите на тРНК са малки (около 80 нуклеотида). тРНК представляват около 10–15% от клетъчните РНК.



Фиг. 16. Обща структура на тРНК

АКЦЕНТИ ***

- ДНК са съставени от 2 спирални полинуклеотидни вериги, вплетени една в друга.
- Веригите имат антипаралелен ход.
- Основната пентозофосфатна последователност (гръбнак) се намира към външната страна на комплекса.
- Азотните бази са насочени навътре – една срещу друга.
- Двете вериги се свързват посредством Н-мостове.
- Последователността на базите на едната верига напълно определя последователността на базите на другата верига, защото винаги аденин се свързва с тимин (A=T), а гуанин с цитозин (ГЦ).
- Пръстените на базите са разположени в плоскост, перпендикулярна на оста на двойната спирала.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кой съединения са органични?
2. Кой органични молекули имат основно градивна функция?
3. Кой са мономерите на белтъците?
4. Кой са мономерите на нуклеиновите киселини?
5. От какво е изграден гликогенът?
6. Каква е функцията на гликогена за организма?
7. Какво е значението на фосфолипидите?

ТЕМА 2. НЕОРГАНИЧНИ СЪЕДИНЕНИЯ В ЖИВИТЕ ОРГАНИЗМИ

Основни понятия:

- ✓ Ковалентна връзка
- ✓ Микроелементи
- ✓ Макроелементи

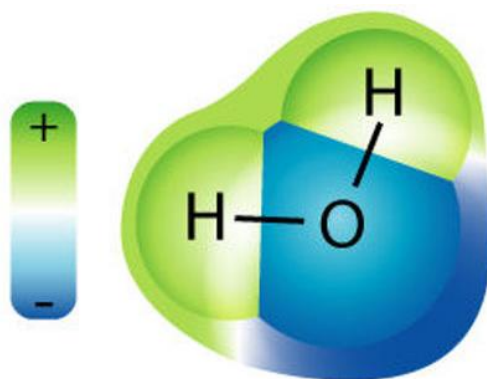
СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Неорганичните съединени (вода и минерални соли) са общото между живата и неживата материя, за разлика от органичните съединения, които са специфични само за живите организми. Животът се е зародил във водата и водата с уникалните си физични и химични свойства е средата, която поддържа жизнените функции на всеки организъм. Специфичните свойства се определят от нейната структура.

1. Вода

Структура на водата

Молекулата на водата съдържа два атома водород (H) и един атом кислород (O). Двата атома водород са разположени под ъгъл 105° спрямо кислорода. Кислородните атоми привличат общите електронни двойки от ковалентните връзки, в резултат на което възниква неравномерно разпределение на електричните заряди и се оформят два полюса – положителен и отрицателен, поради което водната молекула е дипол (фиг. 17).



Фиг. 17. Структура на водната молекула

АКЦЕНТИ ***

- **Ковалентната връзка** е химична връзка, при която се образува обща електронна двойка между електроните, принадлежащи на атомите, които участват в образуване на връзката. Когато общата електронна двойка е разположена на еднакви разстояния от атомните ядра, тя се нарича **ковалентна неполярна** връзка. При изтегляне на общата електронна двойка към едното от ядрата (това на по-електроотрицателния атом), поради оформяне на два полюса, връзката е **ковалентна полярна**.

Диполният характер на водата позволява водните молекули да се свързват помежду си със слаби връзки (водородни връзки).

Свойства на водата

Водата притежава редица физикохимични свойства, които я правят най-благоприятна вътрешна среда на организмите:

- ✓ много добър разтворител за йонните и полярните молекули, вкл. по-голямата част от органичните вещества в организма (хидрофилни молекули). Изключение правят липидите (хидрофобни молекули);

- ✓ има висока топлоемкост, т.е. дори голямо количество топлина предизвиква малко повишаване на температурата на водата поради това, че погълнатата топлина се изразходва за разкъсване на слабите водородни връзки и преминаване на водните молекули в по-подвижно състояние. Това свойство на водата предпазва клетките от прегряване;
- ✓ висока топлина на изпарение поради необходимостта от значително количество енергия, нужна за разкъсване на многобройните водородни връзки. Това свойство също е начин за защита от прегряване на организмите, тъй като при изпарение на водата се изразходва голямо количество енергия и те се охлаждат;
- ✓ най-добър топлопроводник след металите. При екзергонични реакции (с освобождаване на топлина) топлината се разпределя бързо сред водната среда и не позволява възникване на огнища на микропрегриване;
- ✓ има високо повърхностно напрежение. Повърхностно напрежение се формира на граничната повърхност между водната и въздушната среда и се определя от свързването на водните молекули. Разтворените във вода молекули се натрупват на граничната повърхност и се допуска, че така са се оформили еволюционно клетъчните мембрани;
- ✓ има нисък вискозитет. Това я прави леко подвижна и с нисък коефициент на триене при преминаване през тесни участъци (капилярите);
- ✓ участва активно в биохимичните процеси, осъществявани в клетките. Намалението на количеството на водата забавя скоростта на химичните реакции в организма.

Количество и разпределение на водата в човешкия организъм

Количеството на водата в тялото на човек на средна възраст е около 60% от състава на тялото. Характерно е, че то намалява с напредване на възрастта – от 70% от състава на тялото при децата до 50–55% при старите хора. Водата е неравномерно разпределена в тъканите и органите, като богати на вода са най-активно функциониращите органи (сиво мозъчно вещество, бял дроб, бъбреци). Основното депо на вода в организма на човека е мускулната тъкан, която съдържа около 75–77% вода, или 55% от общата вода в организма. Бедни на вода са зъбите, костите, хрущялите, мастната тъкан. Шестдесет процента от водата в организма се намира във вътреклетъчното пространство, а 40% – в извънклетъчното пространство, от които само 10% в кръвоносните и лимфните съдове, а останалата част в междуклетъчното пространство.

Воден баланс

Водата в организма в голяма степен е в постоянно количество благодарение на поддържаното равновесие между приема и отделянето ѝ. Водните нужди на организма се задоволяват от три основни източника: прием на вода (течности), вода, приета от храната, вода, получена при химични реакции от обмяната на веществата (метаболитна вода). Нормалният всекидневен прием на вода (течности) е средно около 1000 мл (500–1500 мл). Това количество варира в зависимост от условията, напр. при големи физически усилия и висока температура на околната среда приемът на вода може да се увеличи 5–6 пъти над приетия за

нормален. Храната е също важен източник на вода за организма, особено плодовете и зеленчуците, някои от които имат около 90% водно съдържание. Общото количество вода, получавано от човек чрез храната, е около 650 мл за денонощие. Метаболитната вода е краен продукт на пълното окисление на органичните вещества в хода на обмяната на вещества в организма – при разграждането на 100 г въглехидрати, белтъци и мазнини се получават съответно 55 г, 42 г и 107 г вода. За едно денонощие в човешкия организъм се получават около 350 г вода от метаболитните процеси.

Човешкият организъм губи вода чрез урината, през кожата, при дишане и чрез фекалиите. Урината се образува в бъбреците и при нормални условия човек отделя от 1000 до 1500 мл урина. Това количество варира според количеството на приетите течности и загубата на вода основно при потене, която зависи от физическата активност, температурата на околната среда и влажността на въздуха. Количеството на вода, отделена с урината, се регулира от хипоталамуса чрез антидиуретичния хормон (вазопресин). Водните загуби през кожата са под формата на пот, произвеждана от потните жлези, и на изпарение. При нормална температура и влажност на въздуха човешкото тяло образува от 500 до 700 мл пот дневно. При физически натоварвания отделянето на пот се увеличава значително. Има данни, че водните загуби при маратонци по време на състезание могат да достигнат до 5–6 литра, което е около от 6 до 10% от масата на тялото. Водни пари и малки капчици вода се излъчват и чрез издишвания въздух. При дишането за едно денонощие се отделят около 250 до 300 мл вода, като при физически натоварвания, във връзка с увеличаването на минутната белодробна вентилация, тези загуби се увеличават. Дневната загуба на вода с фекалиите е около 100 мл, но при заболявания, свързани с повръщане или диария, дневните водни загуби от храносмилателния тракт могат да достигнат от 1500 до 5000 мл.

2. Други неорганични съединения

Организмите съдържат освен вода и други неорганични съединения. Най-често те се намират в разтворено състояние, почти напълно дисоциирани до йони. Те имат значение за поддържане на алкално-киселинното равновесие (pH на средата) (водородни катиони, хидроксилни аниони, фосфатни и бикарбонатни аниони); на осмотичното налягане, което подпомага придвижването на вода и разтворени вещества от едно място на друго в организма; стабилизират белтъчните разтвори и нормалното колоидно състояние на цитозола. Някои йони, влизайки в състава на органичните молекули, допринасят за изпълнение на техните специфични биологични функции. Напр. железните йони в хемоглобина, йодът в тироксина, магнезиевите йони в рибозомата, калциеви йони като активатори на ензими и много др. Йоните на неорганичните съединения са неравномерно разпределени в организма. Съществува обща тенденция калиевите йони да са в по-голяма концентрация в клетките, а натриевите в извънклетъчното пространство. В някои тъкани се отлагат неорганични вещества като неразтворими соли (утайки). Напр. калциевите соли участват в изграждането на костите и зъбите.

В зависимост от нуждите на човешкия организъм, една част от елементите е необходимо да се доставят с храната в по-големи количества (над 100 мг всекиед-

невно). Условно те се наричат „**макроелементи**“. Към макроелементите спадат натрий, калий, калций и магнезий, фосфор и хлор. Друга част са необходими в количества под 100 мг на ден и се наричат „**микроелементи**“. Към микроминералите в човешкия организъм спадат желязо, манган, мед, кобалт, цинк, селен, хром, молибден, йод и флуор.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Каква е химичната връзка в молекулата на водата?
2. Какво е процентното съдържание на вода в организма на човек на средна възраст? Ако човек тежи 100 кг, колко кг ще бъде приблизително водата в тялото му?
3. Какво количество вода отделя човек при нормални условия чрез урината?
4. Кои елементи се означават като микроелементи? Дайте примери за микроелементи.
5. Кои елементи се означават като макроелементи? Дайте примери за макроелементи.

ТЕМА 3. ОСНОВИ НА БИОЕНЕРГЕТИКАТА. МАКРОЕРГИЧНИ СЪЕДИНЕНИЯ: АДЕНОЗИН ТРИФОСФАТ (АТФ) И КРЕАТИН ФОСФАТ (КФ)

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

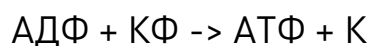
Основни понятия:

- ✓ Катаболитни процеси
- ✓ Анаболитни процеси
- ✓ Екзергонични реакции
- ✓ Ендергонични реакции
- ✓ Макроергична връзка
- ✓ Макроергични съединения

Биоенергетиката на живата клетка е съвкупност от процеси, свързани с трансформацията на енергия – преобразуване на една форма на енергия в друга. Единственият източник на енергия за живите организми на Земята е слънчевата енергия. Човекът и животните не могат да използват директно тази енергия. Само зелените растения, поради наличието на хлорофил, могат да улавят и превръщат светлинната енергия

в енергия на химичната връзка, която може да се използва за поддържане на жизнените функции. Човекът и животните приемат от външната среда хранителни вещества (въглеhidрати, мазнини и белтъци), които се разграждат в организма и освобождават енергия, която се акумулира в подходяща за използване форма, а именно като химична енергия в особен вид ковалентни връзки, богати на енергия, или **макроергични** връзки. Запазената в тези връзки енергия може да бъде използвана за извършване на биосинтези, механична работа, активен транспорт. Така макроергичните връзки се явяват посредници между процесите на доставяне на енергия и процесите на използване на енергия. Процесите, при които се отделя енергия, се наричат **екзергонични процеси**. Това става при разграждане на по-големите молекули до по-малки. Такива реакции се означават като **катаболитни**. По химичната си същност те са окислителни. Биологичното окисление на субстратите в клетките се извършва чрез отделяне на водород (**дехидрогениране**) или на електрони. Процесите, при които се консумира енергия, се наричат **ендергонични процеси**. Най-много енергия се консумира за синтезата на по-големи молекули от по-малки. Тези реакции се означават като **анаболитни**. По химичната си същност те са редукционни. Редукционните процеси се извършват чрез присъединяване на водород, респективно на електрони.

Универсален посредник на енергия в организмите е системата аденозинтрифосфат/аденозиндифосфат (АТФ/АДФ). АТФ е богато на енергия съединение, съдържащо две макроергични връзки. АТФ не е най-богатото на енергия съединение в организма, но системата АТФ/АДФ има централна роля в биоенергетиката именно поради междинната стойност спрямо другите макроергични съединения и нормоергичните съединения. Тази междинна стойност позволява АДФ да поема енергия от други макроергични съединения с по-висока енергия и да присъедини фосфат. Креатин фосфат (КФ) в мускулите е такова макроергично съединение, което може да ресинтезира незабавно АТФ.



От друга страна, АТФ при разграждането си до АДФ и фосфат отдава енергия на различни нормоергични съединения и ги активира. В някои случаи АТФ се разгражда до аденозин монофосфат (АМФ) и пирофосфат (ФФ) и това придава допълнителна гъвкавост на системата в нейните функции на посредник между екзергоничните и ендергоничните процеси.

АТФ се синтезира основно, като към АДФ се присъединява фосфат в белтъчни комплекси, наречени АТФ-синтази. Те работят спрегнато с дихателните вериги, които са локализирани във вътрешната мембрана на митохондриите. Затова митохондриите се означават като енергетични центри на клетката, респективно на организма. За да функционират дихателните вериги, задължително се изисква кислород, т.е. процесът е аеробен. Именно тези две условия – да се присъедини фосфат (фосфорилиране) към АДФ и необходимостта от кислород за генериране на енергия за синтезната реакция, дават наименованието на процеса – **окислително фосфорилиране**. АТФ може да се синтезира и чрез окисление в субстратната верига без участието на кислород (анаеробно). Енергията, отделена при субстратното окисление, обикновено не достига за образуване на АТФ и се разсейва като топлина. Има само три случая, когато едновременно с окислението се извършва и акумулиране на отделената енергия в АТФ. Тези процеси се означават като **субстратно фосфорилиране**.

АКЦЕНТИ ***

- ✓ Метаболизъм – високоинтегриран и целенасочен процес, осигуряващ обмяната на вещества и енергия между клетката и околната среда.
- ✓ Катаболизъм – процеси на разграждане на по-големи молекули до по-малки.
- ✓ Анаболизъм – процеси на синтез, при които се използва енергия (АТФ) за изграждане на по-големи и по-сложни, собствени за организма молекули.
- ✓ Екзергонични реакции – реакции, при които се отделя енергия.
- ✓ Ендергонични реакции – реакции, при които се консумира енергия.
- ✓ Макроергична връзка – богата на енергия връзка.
- ✓ Макроергични съединения – съединения, в които има поне една макроергична връзка.
- ✓ Окислително фосфорилиране – процес, в който енергията, отделяща се при окислението в дихателната верига, се използва за фосфорилиране на АДФ до АТФ в АТФ синтазите.
- ✓ Субстратно фосфорилиране – образуване на АТФ чрез директно прехвърляне на фосфатна група от фосфорилирано съединение в АДФ.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои процеси се катаболитни и с какво се характеризират?
2. Кои процеси се анаболитни и с какво се характеризират?
3. Коя реакция е екзергонична?
4. Кое съединение се нарича макроергично?
5. Колко макроергични връзки има в молекулата на АТФ?

РАЗДЕЛ II. УСТРОЙСТВО НА КЛЕТКА

Клетката е най-малката структурна и функционална единица на живота. Клетката е способна да обменя вещества и енергия, да реагира на външни сигнали, да се самовъзпроизвежда, саморегулира, самообновява, самоорганизира и развива, т.е. да извършва елементарните жизнени процеси, които в своята съвкупност определят съществуването на живота. Клетките имат общ принцип на организация и осъществяват жизнената си дейност по един и същ начин независимо от разликите в строежа, формата и функциите на отделните клетки.

ТЕМА 1. ОБЩО УСТРОЙСТВО НА КЛЕТКАТА – ОРГАНЕЛИ И ФУНКЦИИ НА ОРГАНЕЛИТЕ

Основни понятия:

- ✓ Еукариотна клетка
- ✓ Компартмент
- ✓ Органели

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Клетките, изграждащи човешкия организъм, са еукариотни. За разлика от прокариотните клетки, те имат добре оформено ядро и по-сложна организация, което отразява и по-сложния им метаболизъм. Еукариотните клетки имат различни цитоплазмени структури, отделени от цитозола с мембрани. Това създава т.нар. компартиментализация.

АКЦЕНТИ ***

- Компартмент е мембранно ограничена цитоплазмена структура, която участва по специфичен начин в метаболизма на еукариотната клетка

1. Плазмена мембрана

Плазмената мембрана има липопротеинов строеж, т.е. изградена е от фосфолипиди и белтъци. Фосфолипидите образуват двуслойна структура (бислой), сред която белтъците са разположени неравномерно. Някои от белтъците преминават изцяло през бислоя (интегрални белтъци), а други се свързват само с единия слой или се разполагат на повърхността на мембраната (периферни белтъци). В резултат на ориентирането на фосфолипидите и белтъците според хидрофилните и хидрофобните им участъци се оформят два крайни хидрофилни и един среден хидрофобен слой. Така, при наблюдение под електронен микроскоп, мембраната се вижда като трислойна структура. Мембраната е динамична структура, тъй като и фосфолипидите, и белтъците са подвижни. Фосфолипидите могат да се въртят около оста си, да променят мястото си в слоя или да преминават от единия в другия слой. Белтъците също могат да се движат в слоя. Плазмената мембрана изпълнява редица функции: участва в транспорта на йони, молекули и частици; осъществява междуклетъчни контакти и участва в образуване на специални образувания (напр. микровили). По отношение на транспортната функция, мембраната проявява избирателна пропускливост – т.е. тя не е еднакво пропусклива за всички вещества. Различават се два вида транспорт – пасивен и активен. Пасивният транспорт се извършва по посока на концентрационния градиент, т.е. от място с по-висока концентрация към място с по-ниска концентрация, като за процеса не е необходима енергия. Пасивният транс-

порт на неполярни молекули (кислород, въглероден диоксид) се осъществява по механизма на проста дифузия, а на някои полярни молекули (аминокиселини, нуклеотиди) – чрез облекчена дифузия с помощта на белтъци-преносители. Пасивното преминаване на йони през мембраната зависи от общия заряд на мембраната. Обикновено вътрешната страна на мембраната е заредена отрицателно по отношение на външната, което улеснява преминаването на положително заредени йони към клетката. Активният транспорт се осъществява срещу концентрационния градиент, т.е. в посока от по-ниска към по-висока концентрация и изисква енергия. Транспортът се осъществява от белтъци-преносители. Те се фосфорилират от АТФ, при хидролизата на който се отделя енергията, необходима за транспорта. Частици се пренасят през мембраната чрез **цитоза**. Ендоцитоза е процес на поглъщане на вещества от клетката и ако веществото е в твърдо агрегатно състояние, се нарича **фагоцитоза**, а ако е течност (капка) – се нарича **пиноцитоза**. Фагоцитоза напр. се извършва от белите кръвни клетки, които „поглъщат и изяждат“ попадналите в организма бактерии. Екзоцитозата е процес на отделяне в извънклетъчната среда на продукти от жизнената дейност на клетката.

2. Цитоплазма

Цитоплазмата на еукариотните клетки съдържа **цитозол**, в който се разполагат клетъчните **органели**.

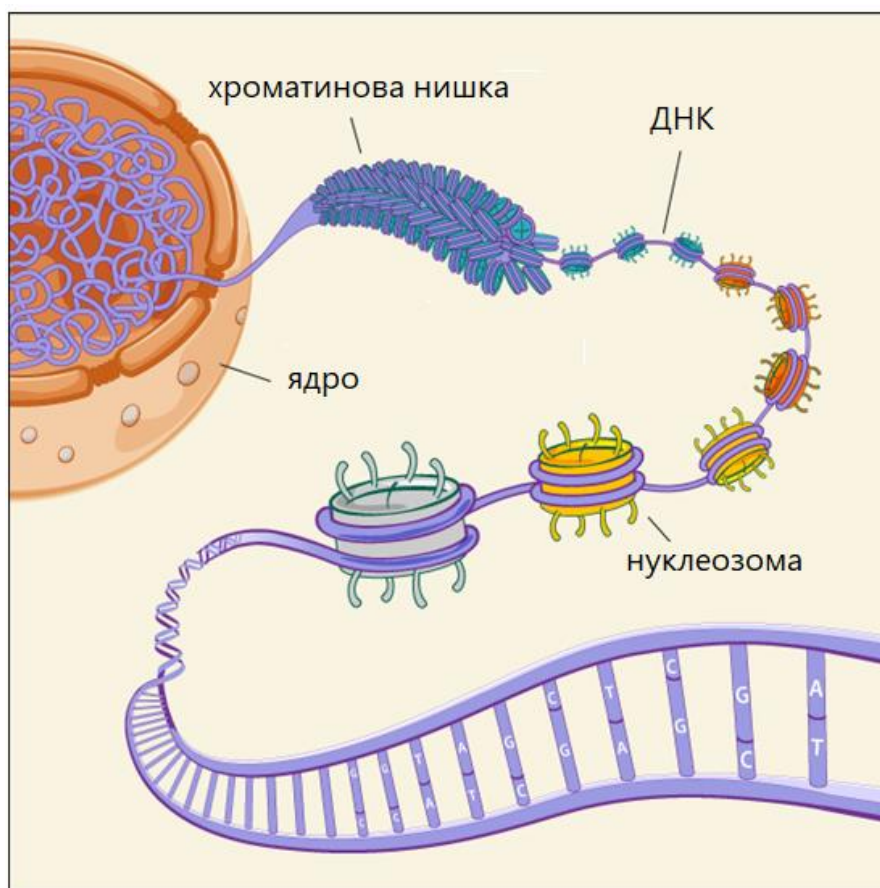
- **Цитозол**

Цитозолът е вътрешната течна съставка на клетката. Представлява колоиден разтвор, съдържащ 90% вода и 10% органични и неорганични вещества. Органичните вещества са както малки молекули като нуклеотиди, аминокиселини, монозахариди, така и биополимери – белтъци, РНК, полизахариди. В цитозола се извършват основно анаболитни процеси – синтез на белтъци, мастни киселини и др., но се осъществяват и катаболитни процеси като гликолиза, разграждане на липиди и др. Органелите, в зависимост от структурата си, се разделят на мембранни и немембранни. Те са постоянни структури и изпълняват определени функции в клетката.

- **Мембранни органели**

Ядро

Повечето клетки имат едно ядро със сферична форма. Някои клетки обаче имат повече от едно ядро (многоядрени), като напр. мускулните клетки на напречнонабраздената мускулна тъкан, а други нямат ядро (безядрени), като напр. зрелите еритроцити, които загубват ядрото си в процеса на специализация на клетката. По отношение на формата се срещат елипсовидни, сегментирани, бобовидни ядра. Ядрото има ядрена обвивка (с външна и вътрешна мембрана, междумембранно пространство и пори), нуклеоплазма, хроматин и ядърце. Мембраните на ядрената обвивка са изградени от характерния за всички мембрани фосфолипиден бислой и белтъци. Външната ядрена мембрана е свързана със зърнестата ендоплазматична мрежа, като междумембранното пространство преминава в каналите ѝ. Порите се образуват от сливане на външната и вътрешната мембрана. По повърхността на ядрото са разположени рибозоми. Вътрешността на ядрото е изпълнено с нуклеоплазма – течна среда, в която се разполагат хроматинът и ядърцето. **Хроматинът** съдържа ДНК и белтъци, като двойната верига на ДНК се навива около белтъците, образувайки нуклеозоми. Нуклеозомите се усукват плътно и образуват хроматиновата нишка (фиг. 18).



Фиг. 18. Устройство на хроматина

Хроматиновата нишка се спирализира допълнително, намалявайки многократно дължината си. В зависимост от степента на спирализация се различават **еухроматин**, който е неспирализиран и върху него се синтезира РНК, и **хетерохроматин**, който е силно спирализиран и неактивен. Най-компактно се спирализира хроматинът при делене на клетките, като образува **хромозоми**.

Ядърцето е компактна структура с фибриларна и грануларна част. Във фибриларната част се синтезират рРНК от съответните гени, а в грануларната част се комплектуват рибозомите от рРНК и белтъци, които са навлезли от цитоплазмата.

Основната функция на ядрото е да съхранява генетичната информация, да я удвоява (репликация на ДНК) и да осъществява първия етап от нейната реализация (копиране на информацията от ДНК върху иРНК, транскрипция).

- **Ендоплазматична мрежа**

Ендоплазматичната мрежа (ЕПМ) е сложна мембранна структура, образуваща множество каналчета. Различават се два типа ЕПМ – зърнеста, върху която се разполагат рибозоми, и гладка – без рибозоми. Синтезираните от рибозоми белтъци попадат в каналчетата на зърнестата ЕПМ и претърпяват различни биохимични промени. В гладката ЕПМ се синтезират липиди и въглехидрати и се обезвреждат токсични вещества. Синтезираните и попадналите в ЕПМ вещества се транспортират по мрежата от канали до различни части на клетката, но най-често до апарата на Голджи. В каналчетата на ЕПМ могат да се натрупват вещества, които при нужда да се използват. Следователно, ако се обобщи, ЕПМ има синтетична, транспортна, резервна и модифицираща функция.

- **Апарат на Голджи**

Апаратът на Голджи (АГ) също е мембранна структура, състояща се от плоски, извити цистерни, които се разширяват в краищата си. Изпъкналата част на АГ е насочена към ЕПМ, а вдлъбнатата – към мембраната. АГ участва в модифициране на вещества и транспортирането им за други органели на клетката или извънклетъчната среда. От вдлъбнатата част се отделят секреторни вакуоли, които при екзоцитозата се сливат с плазмената мембрана и съдържанието им попада в извънклетъчната среда. От АГ се откъсват и мехурчета, изпълнени с хидролитични ензими, и това са лизозомите.

- **Лизозоми**

Лизозомите са мембранни органели, съдържащи във вътрешността си ензими, които катализират хидролизата на белтъци до аминокиселини, полизахариди до монозахариди, нуклеинови киселини до нуклеотиди, липиди до глицерол и мастни киселини.

- **Пероксизоми**

Пероксизомите се образуват от ЕПМ и представляват малки вакуоли, съдържащи ензими, които окисляват аминокиселините с отделяне на аминогрупата (т.нар. окислително дезаминиране), при което се образува водороден пероксид. Той е токсичен за клетката и в пероксизомите специфично той се разгражда до вода и кислород от ензима каталаза.

- **Митохондрии**

Митохондриите са двумембранни клетъчни органели с кълбовидна или сферична форма. Външната мембрана на митохондриите е гладка, докато вътрешната е силно нагъната, което увеличава многократно нейната повърхност. Вгъванията на вътрешната мембрана се означават като кристи, вътрешното пространство – като матрикс, а пространството между двете мембрани – междумембранно пространство. Митохондриите притежават собствена ДНК, разположена в матрикса и прикрепена към вътрешната мембрана. В матрикса на митохондриите се извършват реакциите на разграждането на мастните киселини (т.нар. бета-окисление) и реакциите на Цикъла на Кребс. При тези реакции се отделя водород, който чрез преносители (НАД⁺-никотинамид аденин динуклеотид и ФАД²⁺- флавинаденин динуклеотид) се пренася до дихателните вериги, които са разположени във вътрешната мембрана на митохондриите. Електроните, отделени от водорода, се пренасят през комплексите на дихателната верига, които при приемане на електрон се редуцират, а при предаването му на следващия комплекс се окисляват. Енергията, отделена при окислението, се използва за изнасяне на протони от матрикса в междумембранното пространство. Така се създава електрохимичен градиент, който се използва за синтез на АТФ в АТФсинтазата. Митохондриите са основен производител на АТФ, затова се наричат „енергетични централи“ на клетката. Броят на митохондриите в клетките може да варира, като при спортисти, практикуващи спортове за издръжливост, броят на митохондриите в клетките на скелетната мускулатура може да бъде 3 пъти по-голям от този при нетрениращи и да достигне 3000, което обезпечава енергийните потребности при физическа активност. При такива

спортисти се наблюдават и по-голям брой кристи, което осигурява разполагането на повече дихателни вериги и свързани с тях АТФсинтази. Като цяло тези адаптационни промени осигуряват 25% повече енергия на спортистите.

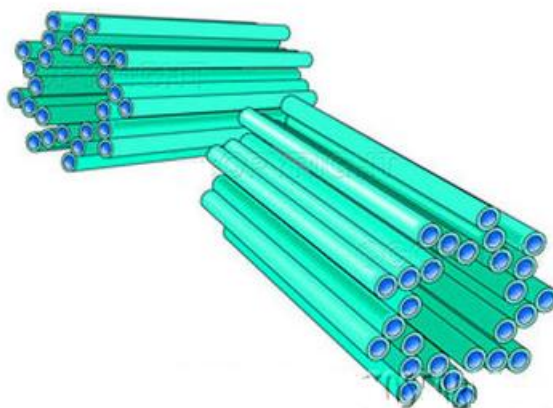
- **Немембранни органели**

Рибозоми

Рибозомите са сферични частици, които са изградени от рРНК и белтъци. Всяка рибозома се състои от две субединици – голяма и малка. Голяма част от рибозомите са прикрепени към повърхността на други органели в клетката, като ядро и ЕПМ, но има и свободни рибозоми в цитозола на клетката, в нуклеоплазмата на ядрото и в матрикса на митохондриите. Функцията на рибозомите е свързана със синтеза на белтък. Те се свързват с иРНК и „разчитат“ генетичния код, при който три нуклеотидни последователности определят мястото на една аминокиселина. Към функционалната рибозома, свързана с иРНК, се насочват тРНК, носещи съответните аминокиселини. Рибозомите имат каталитична функция и осигуряват свързването на аминокиселините чрез пептидна връзка. Така, рибозомата, премествайки се по дължината на иРНК, синтезира полипептидна верига. Когато рибозомата не синтезира белтък, двете субединици са разделени. При синтез на белтък множество рибозоми се свързват с иРНК и образуват т.нар. полизоми или полирибозоми.

Цитоцентър

Цитоцентър е органел, състоящ се от две цилиндрични тела, наречени **центриоли**, разположени перпендикулярно едно на друго. Всяка центриола е изградена от 9 надлъжно разположени тройки микротубули (фиг. 19).



Фиг. 19. Центриоли

При деленето на клетката заедно с удвояването на ДНК, центриолите също се удвояват. Центромерите се насочват към двата полюса на клетката, като между тях се образуват нишките на делителното вретено, към които се прикрепят хромозомите. Така се осигурява точното разпределение на генетичния материал при деленето на клетката.

Цитоскелет

Цитоскелетът представлява сложна система от нишки, изпълняващи опорни и двигателни функции. Те биват микрофиламенти, междинни филаменти и микротубули. Микрофиламентите са най-тънките структури, изградени са предимно от актин и имат функция да поддържат формата на клетката. Междинните филаменти са

средни по дебелина. В различните клетки те са изградени от различни белтъци. Изпълняват механично-скелетна функция в клетките. Микротубулите представляват цилиндри, изградени от глобуларния белтък тубулин. Те са самосъбиращи се структури и при необходимост тубулиновите молекули агрегират и дължината на цилиндъра се увеличава. В клетката непрекъснато се извършва образуване на микротубули и разпадането им до тубулин. Те спомагат за насочено движение на вътреклетъчните структури (напр. митохондрии), имат опорна функция и влизат в състава на някои по-сложно организирани органели (напр. цитоцентър).

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какво отличава прокариотните от еукариотните клетки?
2. Какво е компартмент?
3. Кои органели са ограничени с мембрани?
4. Какво е значението на силното нагъване на вътрешната мембрана на митохондриите?
5. Каква е разликата между пасивен и активен транспорт?
6. Могат ли заредени частици да преминават чрез проста дифузия през мембраната?

ТЕМА 2. УСТРОЙСТВО НА НАПРЕЧНОАБРАЗДЕНАТА МУСКУЛНА КЛЕТКА. МЕХАНИЗЪМ НА МУСКУЛНОТО СЪКРАЩЕНИЕ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

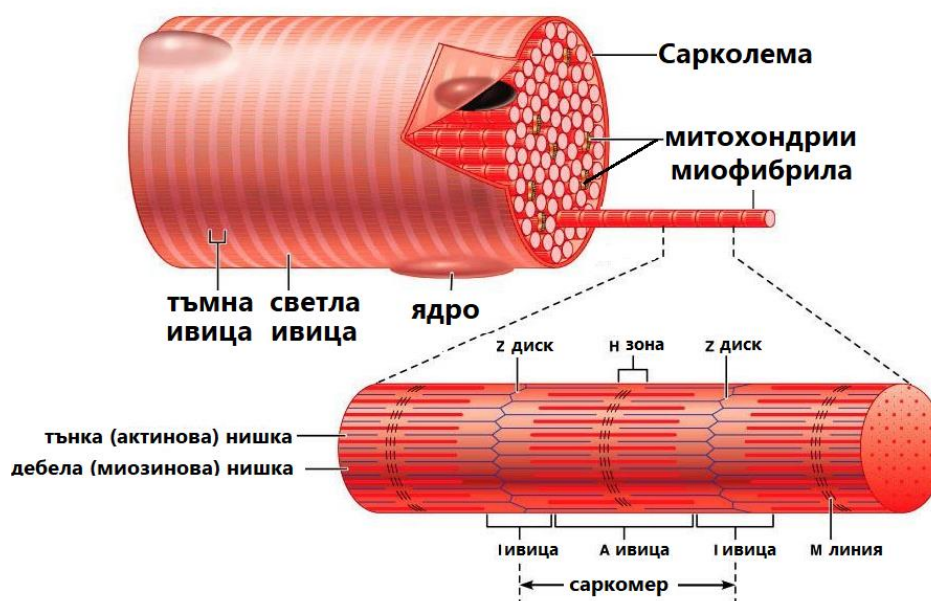
Основни понятия:

- ✓ Саркомер
- ✓ Мускулна контракция

1. Устройство на напречноабраздената мускулна клетка

Устройството на мускулната клетка на напречноабраздената мускулна тъкан е подобно на останалите клетки в организма, но има някои специфични особености, свързани със съкратителната функция, която изпълнява. Мускулната клетка (мускулно влакно) на напречноабраздената мускулна тъкан е обвита с еластична клетъчна мембрана, наречена сарколема. Сарколемата образува дълбоки вгъвания към вътрешността на клетката, наречени Т-система (трансверзална тубулна система). Тези вгъвания осигуряват предаването на нервния импулс в дълбочина на мускулното влакно. В цитоплазмата на мускулната клетка, наречена саркоплазма, се разполагат клетъчните органели. Мускулното влакно се характеризира с наличие на множество ядра, обикновено разположени непосредствено под сарколемата; множество митохондрии, разположени надлъжно на мускулното влакно; множество свободни рибозоми, локализирани предимно в краищата на мускулното влакно и около местата на инервирането му (мястото, на което се осъществява контактът между мускулната клетка и неврона), и саркоплазмен ретикулум, чиито каналчета формират разширения – цистерни, които са изпълнени с калциеви йони (Ca^{2+}). Най-специфичният компонент на мускулната клетка са надлъжно разположените съкратителни нишки, наречени миофибрили.

При наблюдение на мускулните влакна под светлинен микроскоп се установява последователно редуване на тъмни и светли ивици, което предава характерната набразденост на скелетната мускулатура (фиг. 20). През средата на тъмната (А) ивица се очертава по-светла Н-зона, през която преминава тъмна М-линия. Светлите (I) ивици се разполовяват от тънка тъмна черта, която представлява еластична мембрана, наречена Z-диск (фиг. 20).



Фиг. 20. Схематично устройство на сегмент от мускулно влакно

Участъкът, затворен между два Z-диска, се нарича саркомер.

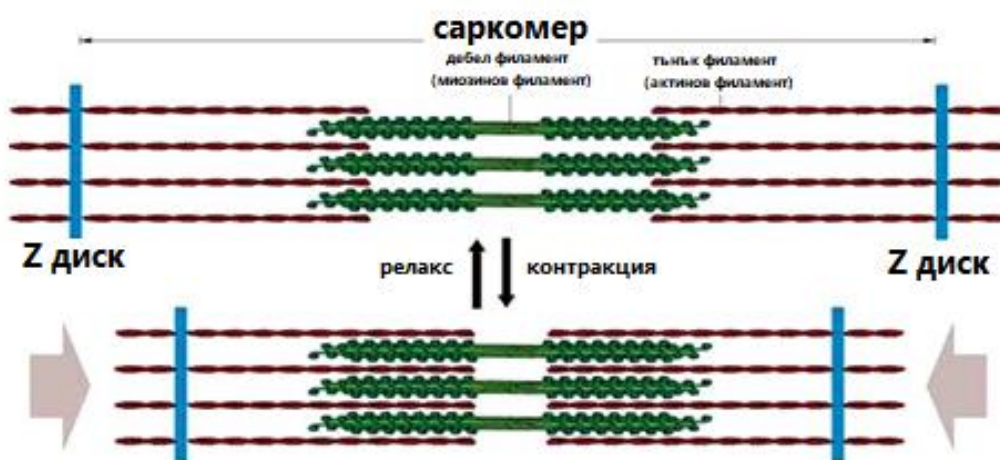
АКЦЕНТИ ***

- Саркомерът е основната структурна и функционална единица на мускулната клетка.

Светлите ивици са съставени от успоредно разположени тънки нишки от белтъка актин, свързани към Z-дисковете.

Тъмните ивици са изградени от снопчета от белтъка миозин, образуващи дебели нишки. От миозиновите снопчета встрани се издават „главичките“ на миофибриновите молекули. Те се наричат още напречни мостчета, защото чрез тях се осъществява връзката между актиновите и миозиновите нишки.

При мускулно съкращение миозиновите и актиновите нишки се приплъзват една спрямо друга и се скъсява разстоянието между Z-дисковете (фиг. 21). Това предизвиква намаляване на дължината на саркомера.



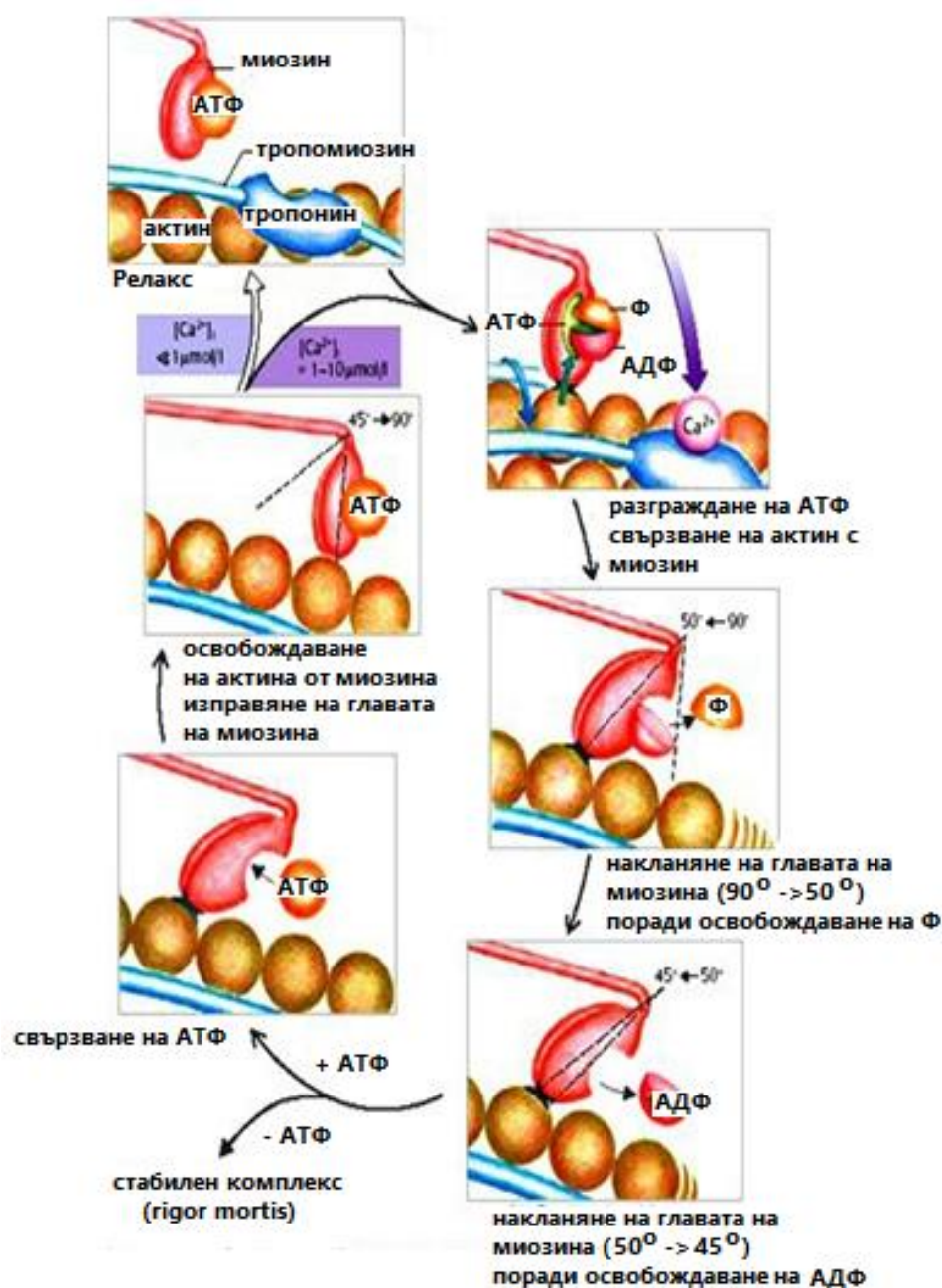
Фиг. 21. Мускулно съкращение

Освен актин и миозин в мускулното съкращение участват и други белтъци – тропомиозин и тропонин. Тропомиозинът има двойноверижна структура и се разполага по дължината на актиновата нишка, като закрива местата за свързване на актина с миозина. Тропонинът е изграден от три субединици, едната (ТН1-субединица) се свързва с актина, другата (ТНТ-субединица) с тропомиозина, а третата (ТНС-субединица) се свързва с Ca^{2+} , когато те се освободят от цистерните на саркоплазмения ретикулум. Тропонинът се разполага на определени интервали по дължината на актиновите нишки.

2. Механизъм на мускулното съкращение

Мускулното съкращение започва с получаване на нервен импулс в т.нар. моторна плочица (мястото на контакт между нервната и мускулната клетка, който не е пряк, а се опосредства от невромедиатора ацетилхолин) и освобождаване на ацетилхолин от везикулите на окончанията на нервната клетка. Ацетилхолинът се свързва с рецепторите на мускулната клетка и активира деполяризация на сарколемата, която се разпространява по Т-системата във вътрешността на мускулното влакно. Това предизвиква освобождаване на Ca^{2+} от цистерните на саркоплазмения ретикулум и те се свързват с ТНС-субединицата на тропонина. Свързването на Ca^{2+} с тропонина води до конформационни изменения, които се предават на тропомиозина. Тропомиозинът се измества и открива места за свързване на актина с миозина. При откриване на местата за свързване в актина, АТФ, който е свързан

към миозиновата глава, в присъствие на Mg^{2+} се разцепва до АДФ и неорганичен фосфат. Освободената енергия се използва от миозиновата глава, тя се насочва перпендикулярно и се свързва хлабаво с актина. Освобождаването на фосфата води до здраво свързване на миозиновата глава към актина. Това предизвиква конформационни изменения в миозина и миозиновата глава се огъва на определен ъгъл ($90^\circ \rightarrow 50^\circ$) и „придърпва“ заловената актинова нишка. Последващото освобождаване на АДФ води до още по-голямо ($50^\circ \rightarrow 45^\circ$) огъване на главата на миозина и съответно придърпване. Присъединяването на нова молекула АТФ освобождава миозиновата глава от актина (когато АТФ е свързан с миозина, то миозинът не е свързан към актина). Този процес (фиг. 22) се повтаря многократно. Свиването на целия мускул е резултат на активността на стотици миозинови глави върху една и съща актинова нишка, умножена по стотиците тънки нишки в саркомера и хилядите саркомери в една мускулна клетка.



Фиг. 22. Схематично представяне на механизма на мускулното съкращение

Отпускането на мускулното влакно (релакс) настъпва с прекратяване на нервния импулс, разграждане на ацетилхолина от ензима ацетилхолинестераза, обратно всмукване на Ca^{2+} в цистерните на саркоплазмения ретикулум (с участието на белтъка секвестерин), при което Ca^{2+} се освобождават от тропонина и се блокират центровете за свързване на актина и миозина от тропомиозина.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какво е значението на Т-системата на сарколемата?
2. Каква е ролята на калциевите йони, освобождавани от саркоплазмения ретикулум?
3. Кой са белтъците, които участват в мускулното съкращение? Опишете накратко тяхната роля.

ТЕМА 3. ТИПОВЕ МУСКУЛНИ ВЛАКНА

Различават се два основни типа мускулни влакна в скелетните мускули на човека – бавносъкращаващи се и бързосъкращаващи се. Разликите между тях се определят от метаболитните и съкратителните им характеристики.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Бавносъкращаващи се мускулни влакна
- ✓ Бързосъкращаващи се мускулни влакна

1. Бавносъкращаващи се мускулни влакна

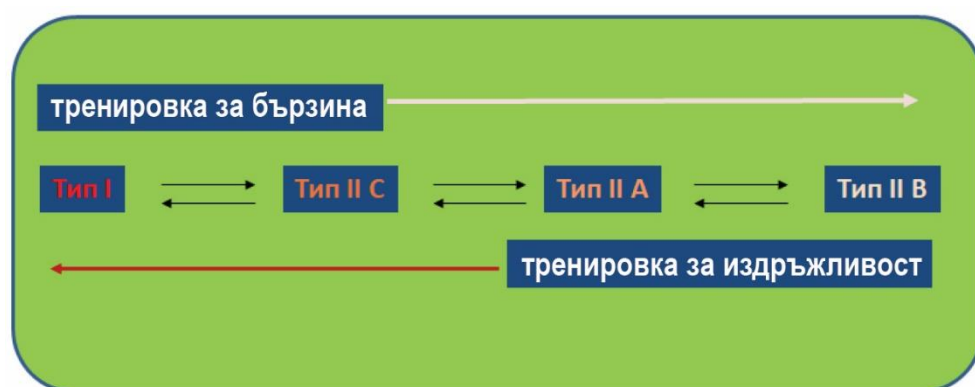
Бавносъкращаващите се мускулни влакна се означават като червени, тип I или ST (Slow Twitch). Наричат се червени, защото приоритетно енергообеспечаването се осъществява от аеробни процеси, изискващи добро снабдяване с кислород. Кислородът се пренася от белите дробове до тъканите чрез хемоглобина от червените кръвни клетки по кръвоносните съдове. Този тип мускулни влакна имат висока капилярна плътност, което осигурява доброто им кръвоснабдяване. В мускулите кислородът се съхранява от миоглобина, който подобно на хемоглобина има червен цвят. Червеният цвят на тези молекули се определя от наличието в тях на двувалентен железен йон. Това дава и названието на този тип мускулни влакна. Бавносъкращаващите се мускулни влакна се характеризират с високо съдържание на миоглобин и високо ниво на окислителните ензими (белтъци, които ускоряват протичането на окислителните реакции в клетките). Съответно активността на гликолитичните ензими (ензимите от анаеробната гликолиза) и АТФазната активност на миозина (способността на миозина да катализира разграждането на АТФ за мускулното съкращение) са ниски. В морфологично отношение бавносъкращаващите се мускулни влакна имат по-голямо количество митохондрии, които, консумирайки кислород, синтезират АТФ. Честотата на нервните импулси, достигащи до червените мускулни влакна, е ниска (7-30 имп/сек), което определя ниска скорост на мускулното съкращение и съответно ниска скорост на релаксация. Това дава възможност резистентността към умора на тези влакна да бъде голяма. Всички тези характеристики ги определят като приспособени към натоварвания за издръжливост.

2. Бързосъкращаващи се мускулни влакна

Бързосъкращаващите се мускулни влакна се означават като бели, Тип II или FT (Fast Twitch). Те са приспособени към мускулна работа в анаеробни условия и се характеризират с ниска капилярна плътност, високо ниво на гликолитичните ензими, висока активност на миозиновата АТФаза, малък брой митохондрии. При тях се наблюдава два пъти по-добре развит саркоплазмен ретикулум в сравнение с бавносъкращаващите се влакна. Това осигурява по-бързо активиране на влакната поради по-голямо съдържание на Ca^{2+} и по-бързото им освобождаване от цистерните на саркоплазмения ретикулум и свързване с тропонина. Честотата на нервните импулси към тях е висока (35-65 имп/сек), което определя висока скорост на мускулното съкращение и съответно висока скорост на релаксация. Това води до малка резистентността към умора, т.е. бърза уморяемост на тези влакна. Затова те са приспособени към спринтови натоварвания.

Влакната от тип II могат да се разделят на 3 подгрупи:

1. Тип II А окислително-гликолитични (FOG). Те се характеризират с висок окислителен потенциал и средни гликолитични възможности, с относителна устойчивост на умора при мускулна работа.
2. Тип II В гликолитични (FG). Те се характеризират с висок гликолитичен потенциал и ниски окислителни възможности. Те са същинските бързосъкращаващи се влакна с лесно и бързо настъпване на умора при мускулна работа.
3. Тип II С. Това са междинни, недиференцирани влакна с много ниско процентно съдържание в организма спрямо другите типове мускулни влакна (1-2% при възрастни индивиди). По своите характеристики те се доближават до тип I (ST) (фиг. 23).



Фиг. 23. Диференциация на влакната в зависимост от тренировката

Съотношението между бавно- и бързосъкращаващите се мускулни влакна в скелетната мускулатура на даден човек се определя генетично, т.е. всеки човек се ражда с определено съотношение на влакната. Диференциацията започва след 20-ата седмица от ембрионалното развитие и не е напълно завършена при раждането.

Определянето на бавно- и бързосъкращаващите се мускулни влакна е важно за правилното насочване на спортуващите към определен вид спорт и правилния подбор на състезателите. Установено е, че при елитни спринтьори съотношението на белите (бързосъкращаващи се) към червените (бавносъкращаващи се) мускулни влакна е 92% : 8%, а при маратонци е обратното – 90% червени и 10% бели мускулни влакна.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. С какво се характеризират бавносъкращаващите се мускулни влакна?
2. С какво се характеризират бързосъкращаващите се мускулни влакна?
3. Какви спортове и спортни дисциплини са подходящи за човек с по-голям процент бели мускулни влакна?
4. Какви спортове и спортни дисциплини са подходящи за човек с по-голям процент червени мускулни влакна?

РАЗДЕЛ III. ЕНЕРГЕТИЧНО ОБЕЗПЕЧАВАНЕ НА МУСКУЛНОТО НАТОВАРВАНЕ

Мускулното съкращение се осъществява чрез използване на енергията на аденозин трифосфат (АТФ), отделяща се при хидролизата му до аденозин дифосфат (АДФ) и фосфат (Ф). Тази реакция не изисква присъствие на кислород. Съдържанието на АТФ в мускулите е малко (5 ммол/кг мускулна тъкан) и може да осигури мускулна работа с продължителност 1-2 сек, т.е. около 30 единични мускулни съкращения. По време на слабоинтензивни натоварвания енергийните нужди на работещите мускули се повишават 20 до 30 пъти, а при спринт или други краткотрайни високоинтензивни натоварвания – до 100 пъти спрямо необходимостта от енергия в състояние на покой. За продължителна мускулна работа се изисква непрекъсната ресинтеза на АТФ. В зависимост от участието на кислорода в механизмите на ресинтеза на АТФ те се разделят на анаеробни (без участието на кислород) и аеробни (с участието на кислород) механизми.

ТЕМА 1. КРЕАТИН-ФОСФАТНА СИСТЕМА

СЪДЪРЖАНЕ НА ТЕМАТА

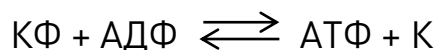
Основни понятия:

- ✓ Анаеробна ресинтеза на АТФ

Мускулната работа в първите 2-3 секунди се обезпечава с енергия от наличното количество АТФ в мускулните влакна, което е много малко (5 ммол/кг мускулна тъкан). Между 3-тата и 10-ата секунда от началото на натоварването ресинтезът на АТФ се осъщес-

твява от наличните ограничени запаси креатин фосфат. Едновременно с това се активира процесът анаеробна гликолиза, който доставя АТФ, синтезиран в цитоплазмата.

Креатин фосфатът (КФ) е макроергично съединение. Съдържанието му в мускулните клетки е 3-5 пъти по-високо (около 15 ммол/кг мускулна тъкан) от АТФ, поради което КФ е „резервоар“ на макроергични връзки. Под каталитичното действие на ензима креатинкиназа протича креатинфосфокиназна реакция:

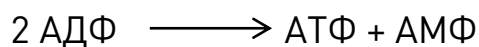


Осъществява се фосфорилиране на аденозиндифосфата (АДФ) от КФ (прехвърляне на фосфат от КФ към АДФ, като енергията за синтезната реакция се осигурява от макроергичната връзка на КФ) и се отделя креатин (К). Тази реакция е основният механизъм за бърз (незабавен) ресинтез на АТФ, необходим за енергообезпечаване на мускулното съкращение. Докато КФ не се изчерпи значително, съдържанието на АТФ се поддържа постоянно. Реакцията може да се осъществява както при анаеробни, така и при аеробни условия. При наличие на достатъчно АТФ в мускулната клетка реакцията протича в обратна посока и се възстановяват запасите от КФ.

Намаляването на КФ в мускулите при физическо натоварване протича в две фази: рязко спадане в началото и постепенно по-бавно изчерпване. Скоростта на понижаване в първата фаза и продължителността на втората фаза зависят от интензивността на натоварването.

В анаеробни условия за възстановяване на АТФ протичат и две други реакции:

- ✓ **миокиназна реакция** – под действието на ензима миокиназа от две молекули АДФ се получава АТФ и АМФ (аденозинмонофосфат):



Тази реакция няма съществена енергийна стойност. Значението ѝ е свързано с активиране на анаеробната гликолиза от получения АМФ.

- ✓ **анаеробна гликолиза** (окисление на глюкозата до лактат) – при този процес АТФ се синтезира чрез субстратно фосфорилиране от разграждането на глюкозата (вкл. и получената от разграждането на гликогена) по пътя на гликолитичния обменен път при анаеробни условия.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са пътищата за ресинтез на АТФ в анаеробни условия?

ТЕМА 2. ГЛИКОЛИЗА. ОБРАЗУВАНЕ НА ЛАКТАТ. ОКИСЛИТЕЛНО ДЕКАРБОКСИЛИРАНЕ НА ПИРУВАТА

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

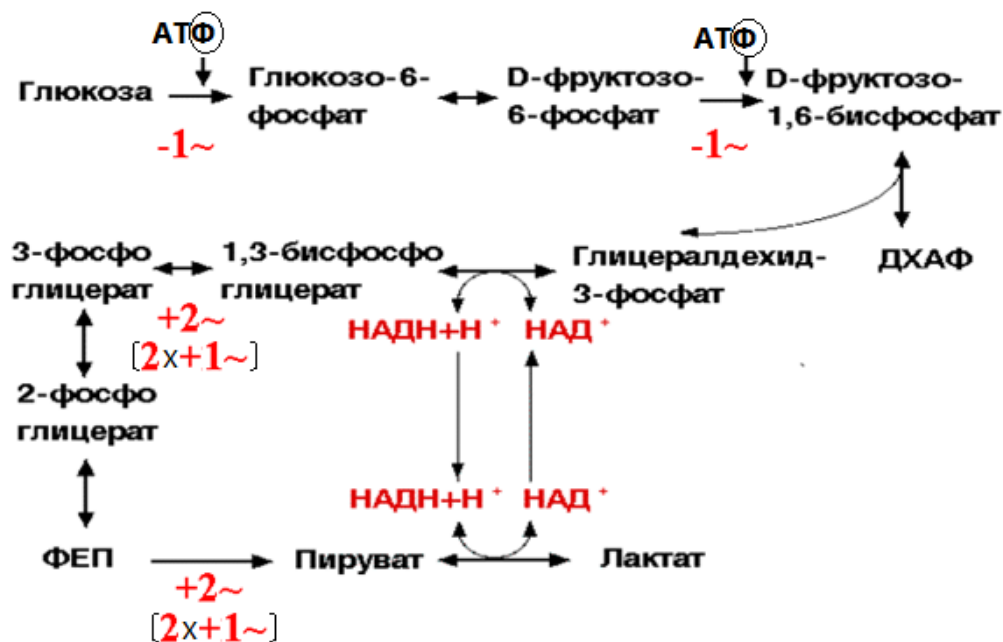
Основни понятия:

- ✓ Анаеробна гликолиза
- ✓ Окислително декарбоксилране

1. Гликолиза

Гликолизата е метаболитен път, чрез който организмите получават енергия от въглехидратите. В човешкия организъм въглехидратите, постъпващи с храната, се хидролизират (в процеса храносмилане) до съставлящите ги основни структури. Това са основно глюкоза, фруктоза и галактоза, както и някои пентози. В черния дроб всички видове монозахариди, различни от глюкоза, могат да се превърнат в глюкоза. Разграждането на глюкозата (респ. всички въглехидрати) в клетката се нарича гликолиза.

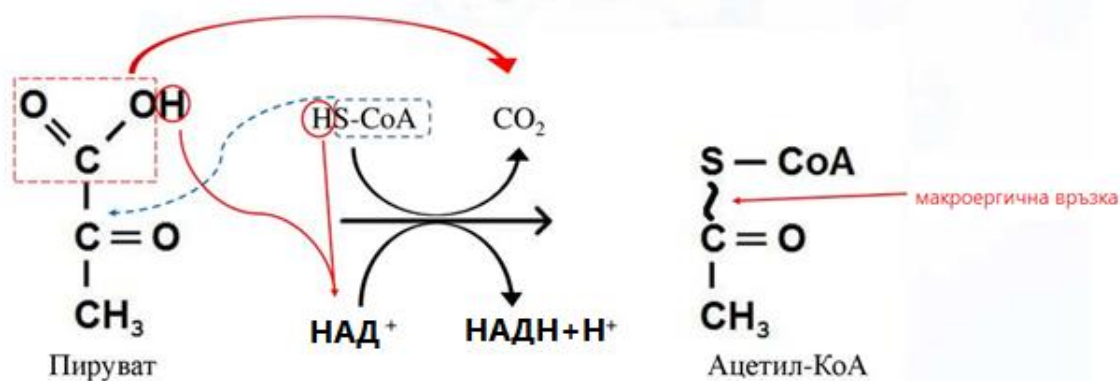
Гликолизата, която протича в цитоплазмата на клетките, дава възможност да се получава енергия в анаеробни условия. Представлява последователност от реакции, при които 1 молекула глюкоза се разгражда до 2 молекули пируват, съпроводено със синтез на 4 молекули АТФ и редукция на 2 молекули НАД⁺ до НАДН. Условно гликолизата може да се раздели на две фази – подготвителна и енергетична. В подготвителната фаза глюкозната молекула се активира чрез последователно присъединяване на две фосфатни групи (фосфорилиране) от 2 молекули АТФ (фиг. 24). Получава се съединение с две фосфатни групи – фруктозо-1,6-бисфосфат (хексоза). Поради отрицателния заряд на фосфатните групи те се отблъскват и хексозната молекула на фруктозо-1,6-бисфосфат се разгражда до 2 триози: глицералдехид-3-фосфат (ГАФ) и дихидроксиацетон фосфат (ДХАФ). Тези молекули могат да се превръщат една в друга, процес, катализиран от ензима триозофосфат изомераза. Тъй като ГАФ е субстрат за следващата реакция в гликолизата, равновесието се изтегля към него и ДХАФ изомеризира в ГАФ. Така от 1 молекула глюкоза (хексоза) се получават 2 молекули ГАФ (триоза). Оттук нататък, в следващата фаза на гликолизата, реакциите се дублират. В енергетичната фаза се извършват две окислителни реакции. При тях се отразява основният принцип в биоенергетиката, а именно окислението на субстрата е съпроводено с отделяне на енергия, която се акумулира в макроергично съединение, а енергията от разграждането на това макроергично съединение служи за синтез на АТФ. Тъй като реакциите във втората фаза се дублират, се получават четири молекули АТФ (2x2) при разграждането на 1 молекула глюкоза до пируват. Имайки предвид, че в подготвителната фаза за активирането на глюкозата са консумирани 2 молекули АТФ, то общата енергетична равностойност е 2 молекули АТФ за 1 молекула глюкоза. При първата реакция на окисление във втората фаза отделеният водород се пренася върху НАД⁺ и се образува НАДН. При анаеробни условия НАДН не може да предаде Н в дихателните вериги и взаимодейства с получения при гликолизата продукт – пируват, като го редуцира до лактат (фиг. 24). Самият НАДН се окислява до НАД⁺. Запасите от НАД⁺ в клетките са ограничени и при тяхното изчерпване гликолизата би спряла. Регенерираният НАД⁺ е необходим, за да се поддържа гликолизата чрез участието му в първата окислителна реакция (фиг. 24).



Фиг. 24. Реакции на анаеробната гликолиза

Окислително декарбоксилиране на пирувата

При аеробни условия пируватът продължава своето разграждане в Цикъла на Кребс. Това става, след като пируватът претърпи окислително декарбоксилиране. Това е сложна реакция, при която от пирувата се отнема H (окисление), CO₂ (декарбоксилиране) и се активира от коензим А до ацетилкоензим А (ацетил-CoA) (фиг. 25).



Фиг. 25. Окислително декарбоксилиране на пируват

В повечето органи и тъкани глюкозата се разгражда аеробно.

Лактат

Лактатът е краен продукт от анаеробната гликолиза. Анаеробна гликолиза се извършва в мускулите при усилен натоварвания и в зрели еритроцити, които нямат митохондрии, където се извършват реакциите от Цикъла на Кребс. При човека лактатът се образува главно в бързите мускулни влакна при краткотрайни, високоинтензивни натоварвания. От мускулните клетки той преминава в кръвта, увеличавайки нормалната си кръвна концентрация. Най-голямо увеличение на лактата в кръвта се наблюдава на 4-та и дори 6-12-а мин след натоварване. Чрез кръвта

лактатът се транспортира до черния дроб и бъбреците, където се преобразува в глюкоза чрез процеса гликонеогенеза. От тези органи глюкозата се излъчва в кръвта и се транспортира до органите и тъканите, където се използва за енергообезпечаване. Този кръгов процес се нарича цикъл на Кори. Той показва взаимодействието между различните органи за осигуряване на глюкоза и нейното използване като източник на енергия.

Концентрацията на лактат в кръвта се приема за един от най-информативните и обективни показатели за реакцията на организма към тренировъчните натоварвания. В покой концентрацията на лактата в кръвта е 1,0–1,8 ммол/л. При дозирано натоварване кръвни проби за определяне на лактат се вземат в покой преди натоварването и след прекратяването му на 2-ра, 4-та и 15-а минута от възстановителния период. Концентрацията на лактата в кръвта при правоъгълен дозиран тест с продължителност 5 мин при интензивност 2–3 Вт/кг телесна маса е в границите от 3,5 до 7,5 ммол/л при добре тренирани състезатели. При максимално стъпаловидно натоварване до отказ кръвни проби за определяне на концентрациите на лактата се вземат в покой преди, по време на натоварването в края на всяко стъпало и след прекратяването му на 2-ра, 4-та, 6-а, 10-а и 15-а мин. Целта на изследването е да се установи достигнатата максимална концентрация на лактат в кръвта и да се проследи динамиката по време на работата (лактатен профил). Максималната лактатна концентрация е най-високата стойност, постигната в края на натоварването или след него. Стойностите се движат между 12 и 18 ммол/л. Лактатният максимум се установява най-често в 4-та до 6-а минута след натоварването, а в някои случаи и по-късно. Смята се, че забавеният лактатен максимум се дължи на намалена скорост на постъпването му в кръвта.

За нуждите на функционалната диагностика и управлението на тренировъчния процес в спортната практика е много важно определянето на зоните на преход от един начин на енергетично обезпечаване на мускулната работа към друг в зависимост от интензивността на натоварването. Въведени са понятията „аеробен праг“ – при 2 ммол/л лактат в кръвта, до прескачането на който енергообезпечаването се извършва само от окислителните процеси; „анаеробен праг“ – при 4 ммол/л лактат, след прескачането на който настъпва бързо и рязко активиране на гликолитичните процеси. Областта между 2 и 4 ммол/л се означава като „аеробно-анаеробен преход“.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Къде протичат реакциите на анаеробната гликолиза?
2. Какъв е енергийният баланс при анаеробната гликолиза?
3. Кой е продуктът, който се получава при окислителното карбоксилиране на пирувата?
4. Кога ще отчетем най-високи стойности на концентрацията на лактат в кръвта при натоварване?
5. При каква концентрация на лактата се достига анаеробният праг?
6. При каква концентрация на лактата се достига аеробният праг?
7. Кои влакна извършват основната част от физическата работа при натоварвания с мощност под аеробния праг?
8. Кои процеси се активират след прескачането на анаеробния праг?

ТЕМА 3. КАТАБОЛИЗЪМ НА МАСТНИТЕ КИСЕЛИНИ (БЕТА ОКИСЛЕНИЕ)

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Бета окисление
- ✓ Карнитинова совалка

Мастните киселини и глицеролът, получени при разграждането на мазнините, са източник на енергия за организма. Глицеролът, след като се трансформира в дихидроксиацетон фосфат, се разгражда по пътя на гликолизата в цитоплазмата на клетката. Разграждането на мастните киселини се извършва в митохондриите. Нарича се β -окисление, защото засяга β -въглеродния атом на мастната киселина (C-атом на втора позиция след карбоксилната група ($-\text{COOH}$)).

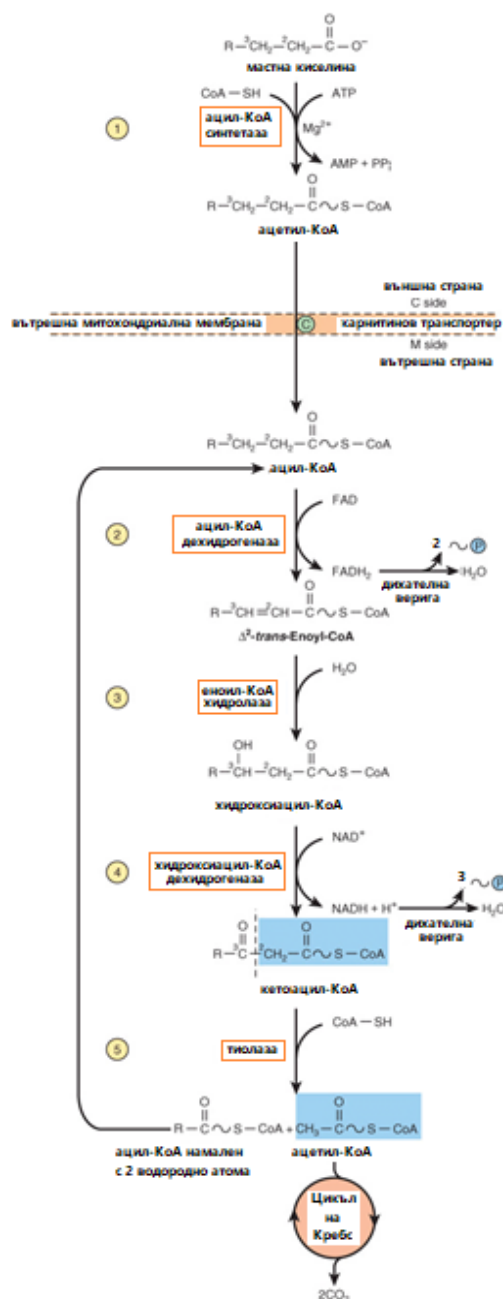
За да се разградят мастните киселини, те трябва да преминат от цитозола в митохондриите, т.е. трябва да преминат през външната и през вътрешната митохондриална мембрана. За да преминат през външната митохондриална мембрана, те се активират: под действието на ензима ацил-КоА синтетаза и с участието на АТФ и коензим А се получава ацил-КоА и се отделя АМФ. Активираната мастна киселина под формата на ацил-КоА преминава през външната митохондриална мембрана (фиг. 26). Вътрешната митохондриална мембрана е непропусклива за ацил-КоА. За да премине през нея, в междумембранното пространство ацил-КоА се свързва с карнитин (фиг. 26) и се получава ацилкарнитин, който преминава през вътрешната митохондриална мембрана (т.нар. карнитинова совалка). В матрикса на митохондриите ацилкарнитинът взаимодейства с нова молекула коензим А, при което карнитинът се освобождава и се получава отново ацил-КоА. Полученият ацил-КоА се подлага на окисление, което включва 4 реакции (фиг. 26):

- ✓ окислително дехидрогениране (отделяне на два водородни атома от въглеродните атоми на позиции α и β с образуване на двойна връзка между тях). В окислителната реакция (дехидрогениране) участва ФАД от ензима ацил-КоА-дехидрогеназа;
- ✓ хидратиране (към двойната връзка между α - и β -въглеродните атоми се включва молекула вода, като хидроксилната група се присъединява към β -въглеродния атом и се получава β -хидроксиацил-КоА);
- ✓ окислително дехидрогениране (β -хидроксиацил-КоА се окислява, като отделените водородни атоми се поемат от НАД⁺; при тази реакция хидроксилната група се превръща в кето-група);
- ✓ разцепване (тиолиза) (между α - и β -въглеродните атоми се включва молекула коензим А, което води до разцепване. Получават се 2 молекули: ацетил-КоА (молекула с 2 въглеродни атома) и ацил-КоА, чиято верига е по-къса от изходната с два въглеродни атома).

Скъсената мастна киселина се подлага на следващ цикъл. Циклите се повтарят, докато мастните киселини с четен брой C атоми се разградят изцяло до ацетил-КоА. Ацетил-КоА продължава своето окисление в Цикъла на Кребс.

В самото β -окисление на мастните киселини, в хода на четирите реакции, могат да се синтезират 5 молекули АТФ с участието на дихателните вериги. Редуцираният флавинаденин динуклеотид (ФАДН₂) от първата реакция предава електроните на водорода на втория комплекс на дихателната верига. Електроните, преминавайки от втория комплекс на дихателната верига към кислорода като краен акцептор, генерират потенциал, чиято енергия може да синтезира 2 молекули АТФ.

Редуцираният никотинамид аденин динуклеотид (НАДН+Н) от третата реакция предава електроните на водорода на първия комплекс на дихателната верига. Електроните, преминавайки от първия комплекс на дихателната верига към кислорода като краен акцептор, генерират потенциал, чиято енергия може да синтезира 3 молекули АТФ. В допълнение всеки откъснат фрагмент с 2 въглеродни атома (ацетил-КоА) се окислява в Цикъла на Кребс.



Фиг. 26. Схематично представяне на разграждането на мастните киселини

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Къде протича β -окислението на мастните киселини?
2. Какъв е механизмът за пренос на мастните киселини през вътрешната мембрана на митохондриите?
3. Какъв е енергийният баланс от реакциите на β -окислението на мастните киселини?

ТЕМА 4. АЕРОБНИ МЕХАНИЗМИ ЗА ЕНЕРГООБЕЗПЕЧАВАНЕ: ЦИКЪЛ НА КРЕБС И ДИХАТЕЛНИ ВЕРИГИ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Аеробен ресинтез на АТФ
- ✓ Дихателна верига
- ✓ АТФ синтаза

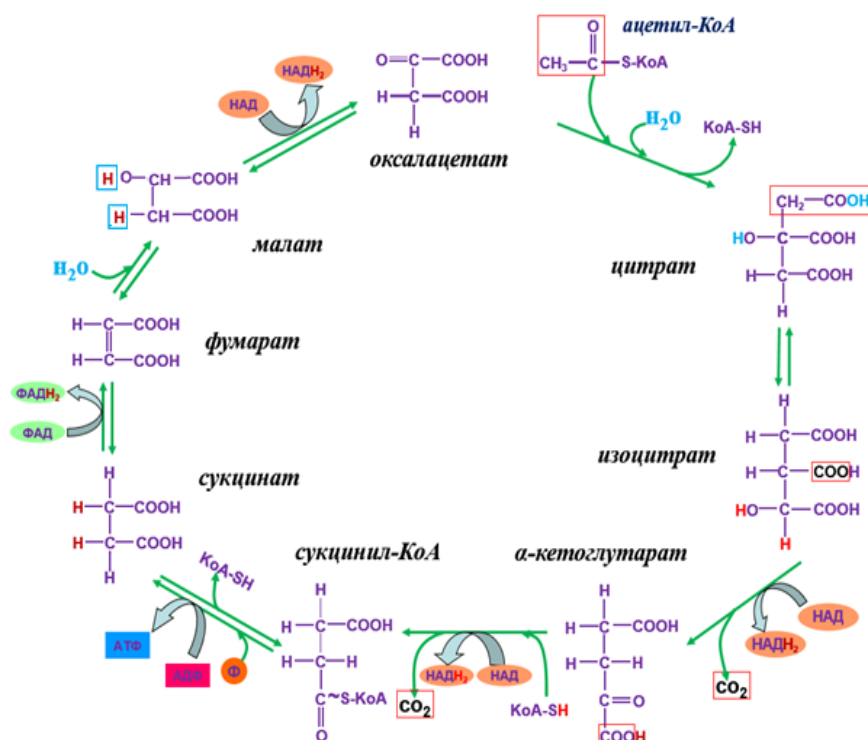
1. Аеробни механизми за енергообезпечаване

Максималната интензивност на анаеробната гликолиза се достига между 20 и 30 сек от началото на натоварването. При по-нататъшно увеличение на продължителността на натоварването енергоосигуряването се осъществява от аеробни процеси. Извършва се аеробен ресинтез на АТФ, изискващ достатъчно снабдяване с кислород на работещите мускули. Това е ресинтез на АТФ чрез окислително фосфорилиране в дихателната верига при аеробно окисление на въглехидрати, мазнини и белтъци, медирано от Цикъла на Кребс.

2. Цикъл на Кребс

Цикълът на Кребс е серия от реакции, които протичат в матрикса на митохондриите. Субстратът, който се преработва в Цикъла на Кребс, е ацетил-КоА. Той може да произхожда от окислението на въглехидрати (респ. глюкоза), мазнини (респ. мастни киселини) или белтъци (респ. аминокиселини). Метаболизирането на ацетил-КоА е съпроводено с отделяне на водород, при окислението на който в дихателните вериги се освобождава и акумулира енергия под форма на АТФ.

Цикълът започва със свързване (кондензация) на ацетил-КоА и оксалацетат и завършва с регенерация на оксалацетат, като в хода на реакциите се разгражда част от оксалацетатната молекула, която се възстановява от внесения ацетат (фиг. 27). Цикълът на Кребс се нарича още цикъл на лимонената киселина (цитратен цикъл), тъй като първият метаболит, който се получава от свързването на ацетил-КоА и оксалацетат, е лимонената киселина (цитрат). Цикълът се нарича още цикъл на две- и три-карбоксилите киселини, тъй като оксалацетатът е дикарбоксилова киселина, а лимонената киселина е трикарбоксилова киселина. Смисълът на Цикъла на Кребс е да се отдели водородът от метаболитите и да се пренесе към дихателните вериги за синтез на АТФ. В субстратната верига на Цикъла на Кребс има само една реакция, при която се синтезира АТФ без участието на дихателните вериги.



Фиг. 27. Цикъл на Кребс

Реакции:

1. Ацетил-КоА се свързва с оксалацетат и се получава лимонена киселина (цитрат). Реакцията се катализира от ензима цитрат синтаза. Енергията за свързването се набавя от макроергичната връзка на ацетил-КоА. Реакцията е екзергонична и необратима.
2. Цитратът изомеризира до изоцитрат. Реакцията се катализира от ензима аконитаза.
3. Изоцитратът претърпява окислително декарбоксилиране до α -кетоглутарат, съпроводено с отделяне на CO_2 и получаване на $\text{НАДН}+\text{H}$. Реакцията се катализира от ензима изоцитрат дехидрогеназа. Реакцията е необратима.
4. α -Кетоглутарат претърпява окислително декарбоксилиране до сукцинил-КоА. Реакцията се катализира от α -Кетоглутарат дехидрогеназния комплекс и е необратима. Това е единствената реакция в цикъла, където се получава макроергично съединение на субстратно ниво. Тук се отделя втората молекула CO_2 и се получава $\text{НАДН}+\text{H}$.
5. Сукцинил-КоА синтетаза спряга превръщането на сукцинил-КоА в сукцинат със синтеза на 1 молекула АТФ от АДФ и Ф.
6. Сукцинатът се дехидрогенира до фумарат с получаване на ФАДН_2 . Реакцията се катализира от сукцинат дехидрогеназата, която е част от комплекс II в дихателната верига.
7. Фумарат се хидратира под действие на фумараза до малат.
8. Малат се дехидрогенира, при което се получава оксалацетат, който отново може да се включи в цикъла. Реакцията се катализира от ензима малат дехидрогеназа, като H се пренася върху НАД^+ и се получава $\text{НАДН}+\text{H}$.

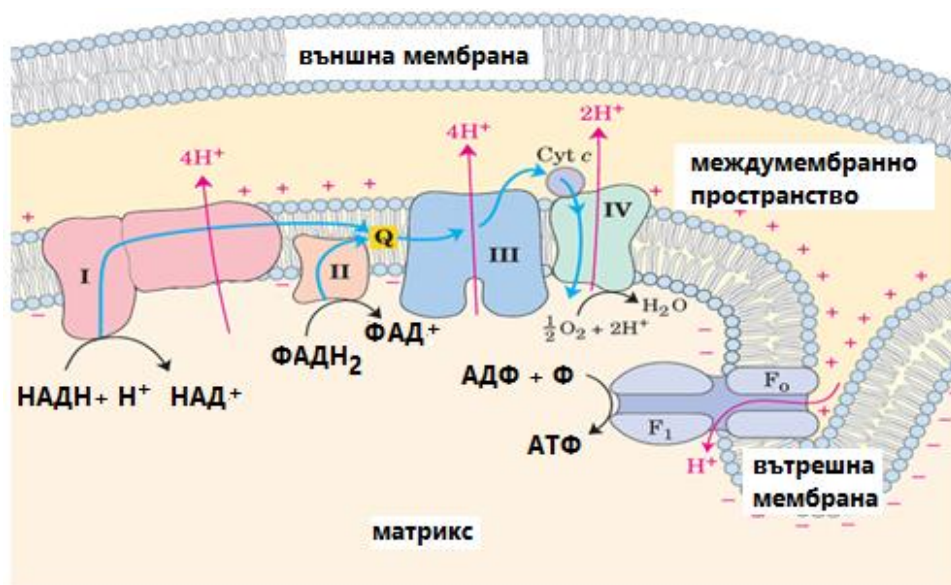
Общата равносметка е, че при разграждане на 1 молекула ацетил-КоА до CO_2 и H_2O се получават теоретично 12 молекули АТФ: от преноса на H чрез $\text{НАДН}+\text{H}$ се синтезират по 3 молекули АТФ ($3 \times 3 = 9$), от преноса на H чрез ФАДН_2 се синтезират по 2 молекули АТФ ($1 \times 2 = 2$) и 1 молекула АТФ се синтезира в субстратната верига.

3. Дихателни вериги

Дихателните вериги са сложно организирани системи, представляващи поредица от преносители, свързани с ензими в структурни комплекси, чрез които водородът (респ. електронът), отделен при окислението на различни метаболити, се отвежда до крайния акцептор кислорода. Дихателните вериги се разполагат във вътрешната мембрана на митохондриите при аеробните еукариотни организми.

Дихателните вериги са организирани в 4 комплекса (фиг. 28):

Комплекс I (наречен $\text{НАДН}-\text{КоQ}$ оксидоредуктаза, НАДН -дехидрогеназен комплекс или НАДН -дехидрогеназа) е анаеробна дехидрогеназа. Чрез него постъпва H , отделен при окислението на различни метаболити, в дихателната верига. Водородът се дисоциира на протони и електрони. Комплекс I пренася два електрона от НАДН към КоQ . Той пронизва вътрешната митохондрийна мембрана и действа и като протонна помпа. При пренос на 2 електрона от НАДН към КоQ изпомпва 4 протона в междумембранното пространство.



Фиг. 28. Схематично устройство на дихателна верига

Комплекс II (наречен сукцинат-КоQ оксидоредуктаза) се състои от сукцинат дехидрогеназа с простетична група ФАД и още три малки хидрофобни субединици, Fe-S белтъци и цитохром b_{560} . Той пренася електрони от сукцинат през ФАД към КоQ. Комплекс II не пронизва мембраната и не действа като протонна помпа.

Комплекси I и II действат успоредно, а не последователно, прехвърляйки електрони от своите субстрати върху КоQ, като по този начин го редуцират. КоQ (или убихинон) е подвижен компонент в дихателната верига и служи като колектор на електрони. Продукт на комплекси I и II, той е субстрат за действието на комплекс III.

Комплекс III (коензим Q – цитохром с оксидоредуктаза, известен като b - c_1 -комплекс или цитохром с редуктаза) пренася 2 електрона от редуцирания КоQ към цитохром с. Той също пронизва мембраната и изпомпва 4 протона.

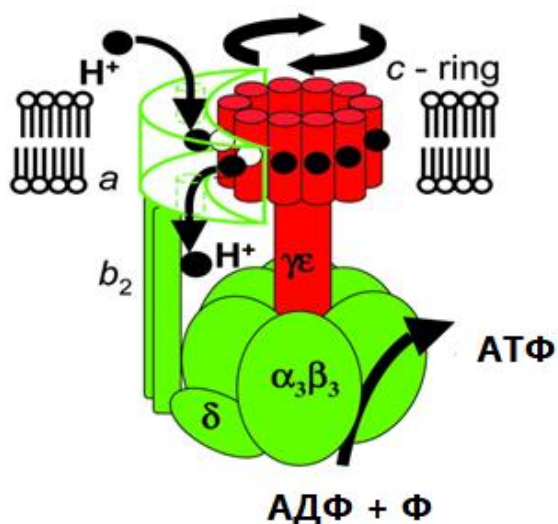
Цитохром с е нискомолекулен периферен мембранен белтък и се приема, че няма ензимно действие. Пренася електрони от цитохром с редуктазата и до цитохром с оксидазата.

Комплекс IV (наречен цитохром с оксидаза) редуцира O_2 до $2H_2O$, като пренася 4 електрона от цитохром с и използва 4 протона от матрикса на митохондрията. Той също пронизва мембраната и за всеки 2 електрона, които редуцират кислород, в межумембранното пространство се изпомпват 2 протона.

Така преносът на електрони по дихателната верига е движеща сила за изпомпване на протони в интрамембранното пространство от комплекси I, III и IV, при което се установява трансмембранен електрохимичен градиент. Той се използва за синтез на АТФ (генериране на химична енергия).

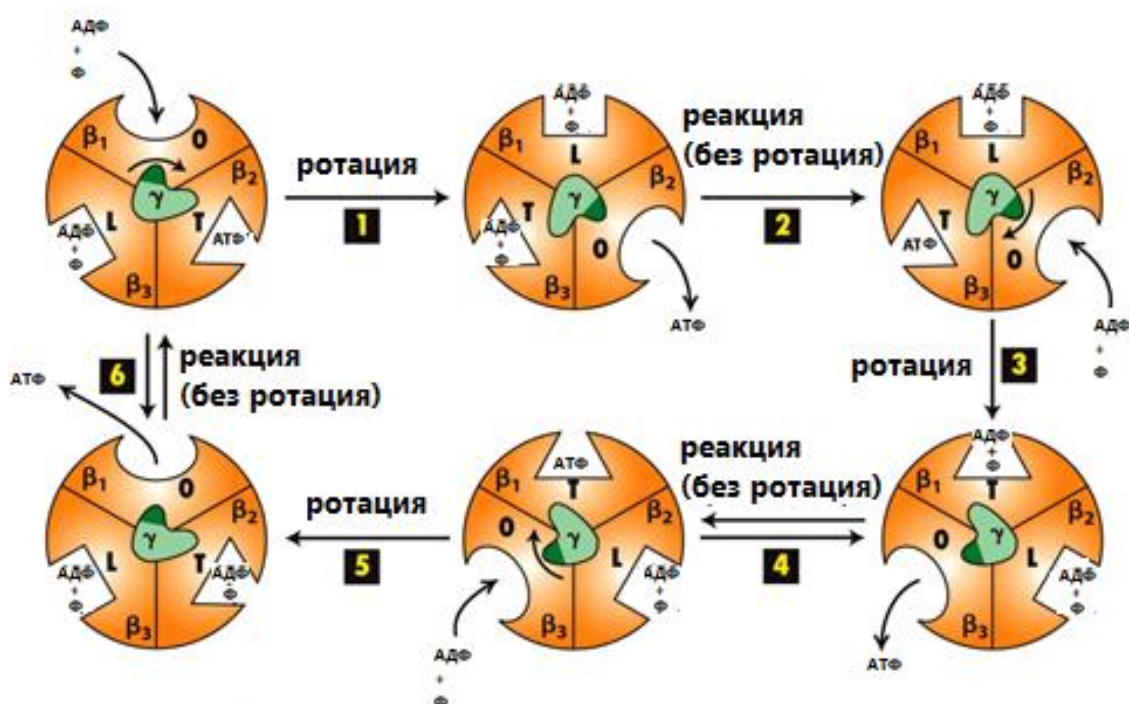
Вътрешната митохондриална мембрана е непропусклива за протони и връщането им в матрикса става по градиента, но само през молекулния комплекс на АТФ-синтазата.

АТФ-синтазата се състои от два главни компонента – F_0 и F_1 . F_0 е вграден във вътрешната митохондриална мембрана. Той има места (с-субединици) за свързване на протоните. F_1 е насочен към матрикса на митохондрията и се състои от 9 субединици. Шест от тях – субединиците α и β , свързани в 3 двойки ($\alpha\beta$) изграждат „главичката“. γ и ϵ -субединиците изграждат „крачето“ на компонента F_1 , а δ -субединицата е важна за прикрепване на компонента F_1 към мембраната (фиг. 29).



Фиг. 29. Схематично устройство на АТФ синтаза

При връщането си в матрикса протоните извършват механична работа, като задвижват с-субединиците на компонент Fo. Това движение увеличава „крачето“, което минава през центъра на „главата“, която се задържа неподвижно към мембраната благодарение на b2 и δ-субединиците. С всяко завъртане на 120° γ-субединицата влиза в контакт с различна β-субединица и предизвиква конформационни изменения. Трите β-субединици взаимодействат така, че всяко пълно завъртане на γ-субединицата предизвиква синтез и освобождение на три молекули АТФ от ензима (фиг. 30).



Фиг. 30. С всяко завъртане на 120° γ-субединицата влиза в контакт с различна β-субединица. Този контакт определя конформация с O-място. Трите β-субединици взаимодействат по такъв начин, че когато едната е с O-място, съседната β-субединица от едната страна е с конформация с L-място, а съседната от другата страна – с конформация с T-място.

O-място - с много нисък (нулев) афинитет към лигандите и каталитично неактивно или празно място.

L-място - с нисък афинитет към лигандите и каталитично неактивно; там се свързват хлабаво АДФ и Ф.

T-място - здраво свързващо АТФ и каталитично активно; там АДФ и Ф се превръщат в АТФ, който остава здраво свързан до освобождението му в следващия цикъл.

Синтезът на АТФ зависи от протонния електрохимичен градиент, генериран от дихателните вериги. Еднопосочното движение на електрони от НАДН към кислорода предизвиква изпомпването на 10 протона и е достатъчно за синтез на 3 молекули АТФ. При пренос на електрони от сукцинат през ФАД се изпомпват 6 протона, което е достатъчно за синтеза на 2 молекули АТФ. Преносът на 2 електрона през комплекс IV изпомпва 2 протона, достатъчно за синтеза на 1 молекула АТФ.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Каква е основната функция на Цикъла на Кребс?
2. Къде се извършват реакциите от Цикъла на Кребс?
3. Какъв е енергийният баланс от разграждането на една молекула ацетил-КоА в Цикъла на Кребс?
4. Как се нарича процесът на отнемане на водород от субстрат?
5. Къде са локализирани дихателните вериги?
6. Колко са комплексите на дихателните вериги?
7. Какви йони се пренасят в междумембранното пространство на митохондрията при функционирането на дихателните вериги?
8. Какво означава електрохимичен градиент?
9. Колко молекули АТФ ще се синтезират, ако водородът се пренася и предава в дихателните вериги от НАДН?
10. Кой е краен акцептор на електроните в дихателните вериги?
11. Как се нарича комплексът, където се синтезира АТФ при преминаването на H^+ от междумембранното пространство към матрикса на митохондриите?

ТЕМА 5. КАТАБОЛИЗЪМ НА АМИНОКИСЕЛИНИ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Окислително дезаминиране
- ✓ Трансаминиране
- ✓ Трансдезаминиране
- ✓ Гликогенни аминокиселини
- ✓ Кетогенни аминокиселини

Аминокиселините започват своето разграждане с отделяне на аминогрупата. Това може да стане чрез окислително дезаминиране, трансаминиране и трансдезаминиране.

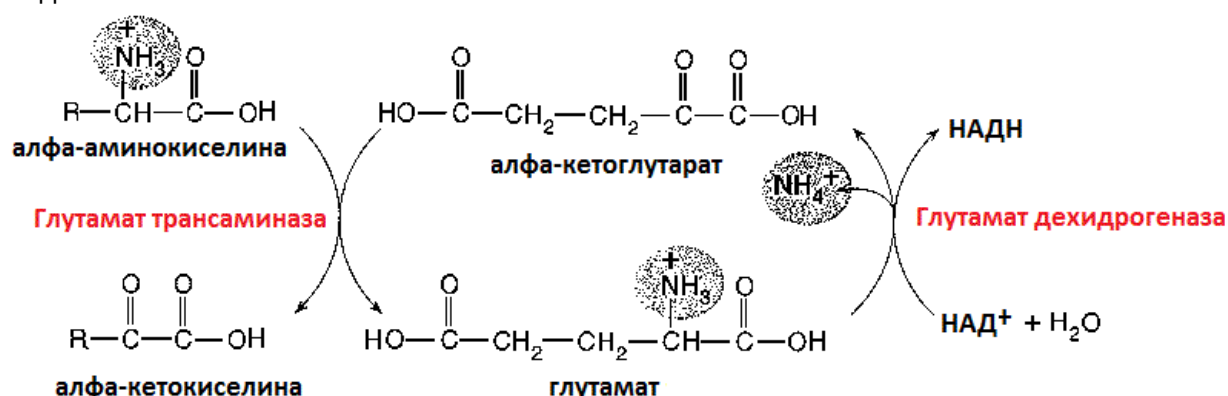
Окислителното дезаминиране на аминокиселините (с изключение на глутамата) се осъществява от ензими, които отдават водорода пряко на кислорода и се получава водороден пероксид

(H_2O_2), който е токсичен; процесът няма енергетична стойност.

Единствено глутаматът се дезаминира окислително с каталитичното съдействие на дехидрогеназа, която пренася водород върху НАД ($\text{НАД} \rightarrow \text{НАДН}$). НАДН предава водорода на дихателните вериги, където се синтезират съответно 3 молекули АТФ.

Трансаминирането е обратим процес, при които взаимодействат аминокиселина (като донор на аминогрупа) и α -кетокиселина (като акцептор на тази група). Изходната аминокиселина се превръща в α -кетокиселина, а изходната α -кетокиселина се превръща в аминокиселина. Като изолиран процес трансаминирането няма значение за разграждането на аминокиселините, тъй като количеството им не се изменя и азотът не се отделя като амоняк.

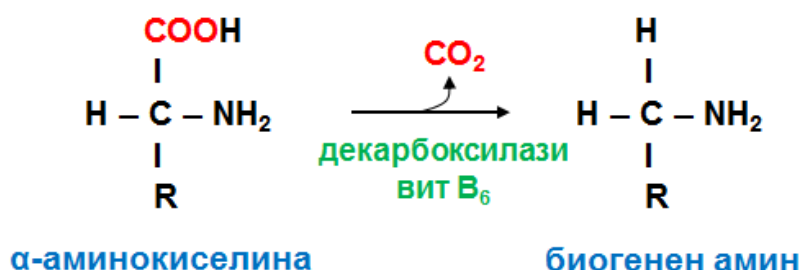
Трансдезаминирането е комбинация от трансаминиране на коя да е аминокиселина с α -кетоглутарат като акцептор на аминогрупата и последващо окислително дезаминиране на получаващия се глутамат под действие на високо активния ензим глутамат дехидрогеназа (фиг. 31). По този път не само глутаматът, но и останалите аминокиселини се разграждат с енергетична печалба, тъй като отделеният водород се отправя към дихателните вериги. В еукариоти това е главният път за отделяне на азота от аминокиселините.



Фиг. 31. Трансдезаминиране на аминокиселини

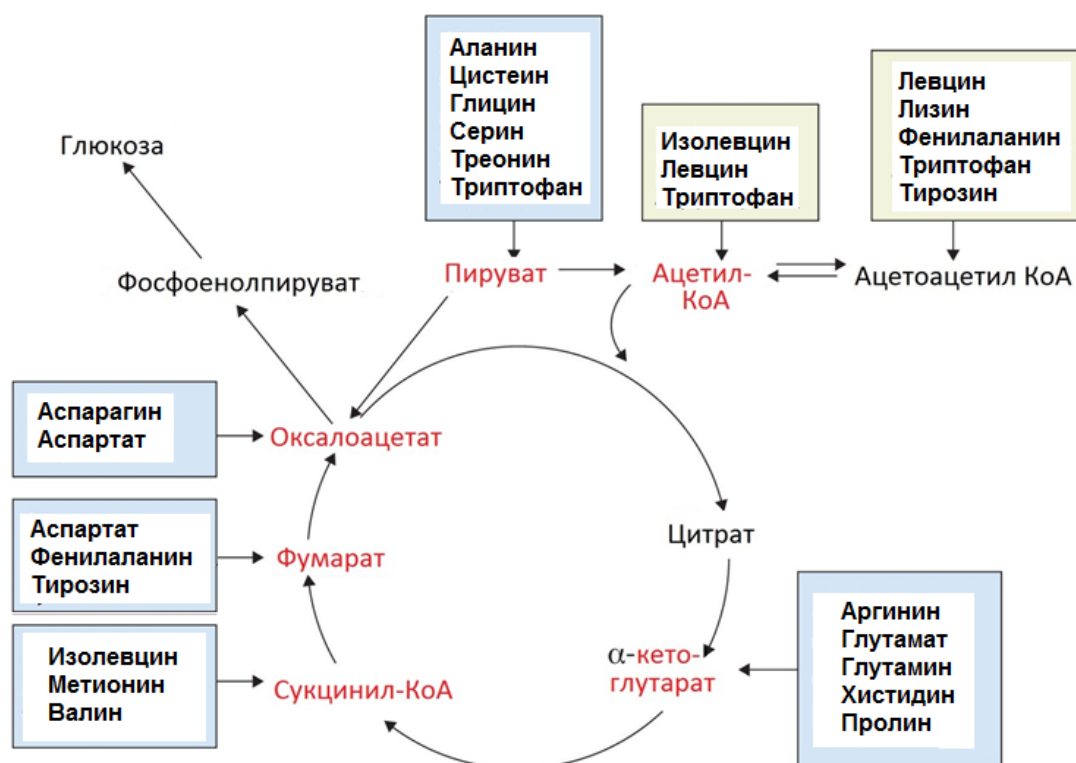
Амонякът, получен при трансдезаминирането на аминокиселините е силно токсичен. Той се обезврежда в урейния (орнитиновия) цикъл в черния дроб, където се превръща в урея с цената на четири макроергични връзки. Уреята е краен продукт на азотния катаболизъм при човека. По кръвен път уреята се отнася в бъбреците и се изхвърля с урината.

Отнемането на CO_2 от молекулите се означава като **декарбоксилиране** (фиг. 32). Декарбоксилирането на аминокиселините при човека е слабо застъпен път, но получаващите се при него биогенни амини са важни и високоактивни вещества. Някои от тях са хормони и невротрансмитери, други са част от по-сложни коензими, витамини, фосфолипиди, полиамини. Обезвреждат се от моноаминооксидази и диаминооксидази. Амините се окисляват през алдехиди до карбоксилни киселини без енергетична печалба, тъй като водородът се предава директно на кислорода.



Фиг. 32. Декарбоксилиране на аминокиселини

Въглеродните скелети на аминокиселините чрез разнообразни трансформации се включват в основните катаболитни пътища – гликолитичната верига и Цикъла на Кребс на 6 места при: пируват, ацетил-КоА, сукцинат, алфа-кетоглутарат, фумарат и оксалоацетат (фиг. 33).



Фиг. 33. Включване на въглеродните скелети на аминокиселините в основните метаболитни пътища

Тези аминокиселини, които при разграждането си достигат до ацетил-КоА или до ацетоацетат, се наричат **кетогенни**, защото стават източник на кетонни вещества.

Аминокиселините, чийто катаболизъм води до пируват, оксалацетат, фумарат, сукцинат и алфа-кетоглутарат, се наричат **гликогенни**, защото могат да бъдат източници за синтеза на въглехидрати.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Как се нарича процесът на отделяне на amino група от молекула?
2. Коя аминокиселина се дезаминира окислително с печалба на АТФ?
3. Кой страничен продукт се получава при дезаминирането на аминокиселини?
4. В кой цикъл се обезврежда амонякът?
5. Кoi аминокиселини се наричат гликогенни?
6. Кoi аминокиселини се наричат кетогенни?

ТЕМА 6. БИОХИМИЧНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАТОВАРВАНИЯ

Основни понятия:

- ✓ Системи за енергообезпечаване

Съществуват различни класификации на физическите натоварвания: според структурата на движенията, според характера на мускулната дейност, според интензивността и продължителността им. Биохимичната класификация на физическите натоварвания се основава на продължителността на натоварването и на преобладаващата система за енергетично осигуряване на физическото усилие.

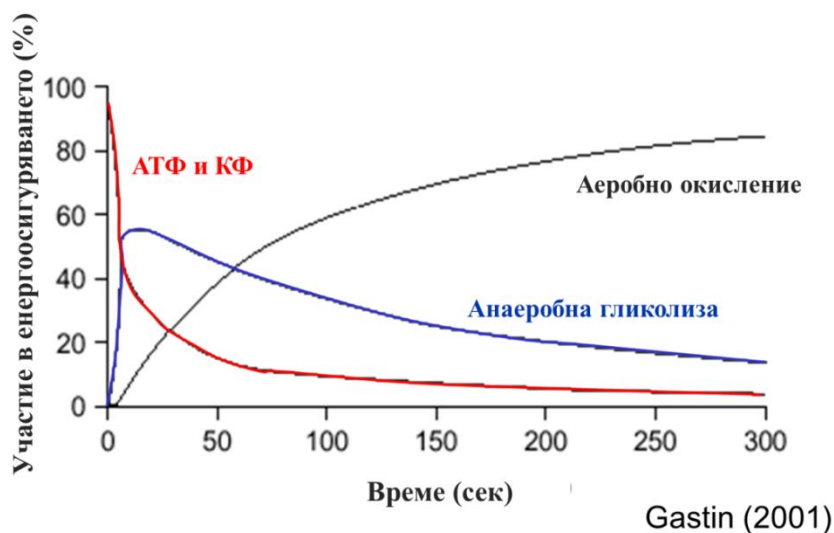
СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

В зависимост от интензивността и продължителността на мускулната работа се изисква активирането на определена енергоосигуряваща система. Различават се три системи за енергообезпечаване (фиг. 34):

1. Система за незабавно (непосредствено) енергообезпечаване – АТФ-КФ система. Енергията се отделя от разграждането на натрупаните в мускулните влакна ограничени запаси от АТФ и КФ. Тази система осигурява енергия за мускулна работа в рамките на 6–8 секунди.

2. Система за краткотрайно енергообезпечаване (гликолитично-лактатна система). Енергията се освобождава от разграждането на глюкозата и запасите от мускулен гликоген в процеса анаеробна гликолиза, чийто продукт е и лактатът. Осигурява се енергия за мускулна работа в рамките на 60–90 секунди.

Система за дълготрайно енергообезпечаване. Енергията се освобождава от аеробното разграждане на глюкозата (мускулен и чернодробен гликоген) и мазнините. За разлика от предходната система, тук глюкозата се окислява по аеробен път (аеробна гликолиза) до CO_2 и H_2O . При продължителност на мускулната работа от 2 до 4 мин (при смесени натоварвания) интензивността на натоварването се понижава, скоростта на освобождаване на енергия от АТФ-КФ системата и гликолитично-лактатната система намалява, скоростта на освобождаване на енергия от аеробната система се увеличава. При по-продължителни (аеробни) натоварвания до 98% от енергийните нужди се обезпечават чрез системата за дълготрайно енергообезпечаване.



Фиг. 34. Енергообезпечаване на мускулна работа

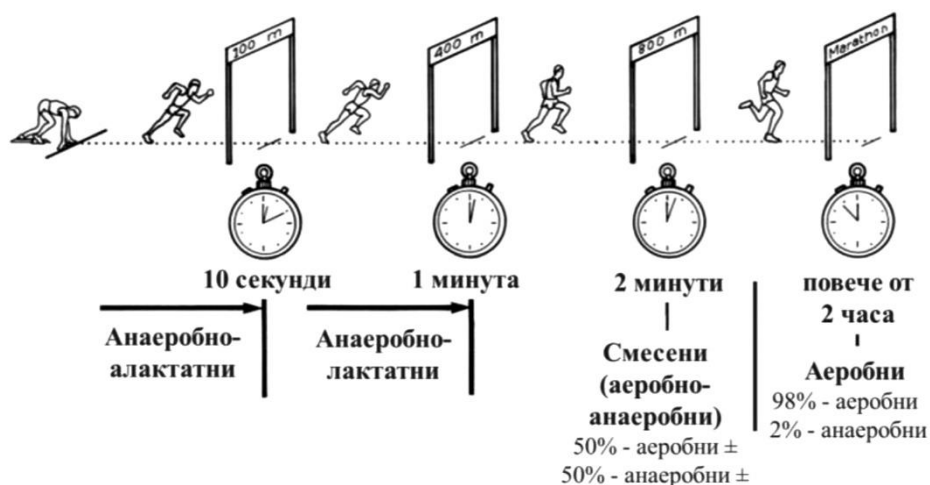
В спортната практика у нас се използва следната биохимична класификация на физическите натоварвания (фиг. 35):

1. Анаеробно-алактатни. Това са високоинтензивни краткотрайни натоварвания с продължителност до 8–10 сек. При тях енергията, необходима за извършването на мускулна работа, се осигурява основно от разграждането на запасите от АТФ и КФ. Наричат се алактатни, тъй като поради малкото времетраене не водят до повишение на концентрацията на лактат в кръвта. Такива са например натоварванията при спринтови дисциплини.

2. Анаеробни-лактатни (гликолитични). Високоинтензивни натоварвания с продължителност от 10 до 60 сек. При тях осигуряването на енергия е основно от анаеробната гликолиза. Този тип натоварвания се характеризират с най-голямо повишаване на нивото на лактат в кръвта. Такива са например натоварванията при дисциплините бягане на 200 и 400 м в леката атлетика и плуване на 100 м.

3. Смесени (аеробно-анаеробни). Това са натоварвания с продължителност от 60 сек до 2–4 мин. Те също се характеризират със значително повишаване на концентрацията на лактата в кръвта. Такива са например натоварванията при дисциплините бягане на 800 и 1500 м в леката атлетика, плуване на 200 и 400 м.

4. Аеробни. Натоварвания, при които енергоосигуряването на мускулната работа се осъществява основно от аеробни процеси. Характеризират се със слабо повишаване на нивото на лактат в кръвта. Такива са например натоварванията при дисциплините маратон, колоездене на шосе, плуване на 1500 м.



Фиг. 35. Класификация на физическите натоварвания в зависимост от интензивността, продължителността и участието на преобладаваща система за енергообезпечаване

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са източниците на енергия за системата за незабавно енергообезпечаване?
2. Кои са източниците на енергия за системата за краткотрайно енергообезпечаване?
3. Кои са източниците на енергия за системата за дълготрайно енергообезпечаване?
4. Кои натоварвания се означават като анаеробно-алактатни?
5. Кои натоварвания се означават като анаеробно-лактатни?
6. Кои натоварвания се означават като смесени?
7. Кои натоварвания се означават като аеробни?
8. Кой е източникът на енергия за аеробните натоварвания?
9. Каква е продължителността на натоварвания с максимална интензивност, осигурени енергийно от анаеробно-алактатни процеси?

РАЗДЕЛ IV. БИОХИМИЧНИ ОСНОВИ НА СПОРТНАТА ТРЕНИРОВКА

Високите спортни постижения са възможни само при много добра подготовка на спортиста, постигната чрез тренировъчния процес. Основната цел на спортната тренировка е да се предизвикат биологични адаптации на организма към изпълнението на специфични задачи. В процеса на тренировката в организма настъпват разностранни функционални, морфологични и биохимични изменения.

ТЕМА 1. БИОХИМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА УМОРАТА

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

✓ Умора

При всяка продължителна мускулна дейност се развива състояние, характеризиращо се с временно намаляване на работоспособността – умора. **Умората е физиологично състояние на организма, при което е невъзможно да се поддържа достигнатата интензивност на работа при дадено физическо натоварване.** Това е нормално състояние на тялото със защитна роля. Настъпването ѝ е сигнал за предпазване на организма от крайно изтощение и необратими биохимични и функционални изменения. Причините за настъпване на умората са различни и комплексни. Зависят от обема, интензивността и спецификата на мускулната работа, степента на тренираност, функционалното състояние на организма, възрастта, условията на околната среда. Най-общо могат да бъдат разделени на централни – свързани с промени във функцията на централната нервна система, и периферни, свързани с метаболизма и функционирането на работещия мускул. В състояние на умора концентрацията на АТФ в нервните клетки намалява, синтезът на ацетилхолин се нарушава и се забавя скоростта на обработка на нервния сигнал, в двигателните центрове се развива защитно инхибиране, свързано с образуването на γ -аминомаслена киселина. Активността предимно на миозиновата АТФаза намалява, което намалява скоростта на работа. Намалява също така активността на аеробните окислителни ензими и спрягането на окислителни реакции в митохондриите и фосфорилирането. За поддържане на нивата на АТФ се активира анаеробната гликолиза, придружена от подкиселяване на вътрешната среда и нарушение на хомеостазата. Интензифицирането на катаболизма на протеинови съединения се придружава от повишаване на съдържанието на урея в кръвта. В работещите мускули, когато са уморени, се изчерпват енергийни субстрати (креатин фосфат, гликоген). Натрупват се продукти на разпадане (лактат, кетонни тела) и има резки промени във вътреклетъчната среда. Причините за развитието на мускулна умора не са напълно ясни. В повечето случаи тя се разглежда като комплексно явление, при което причината за намаляване на работоспособността може да бъде блокиране на функциите на един компонент в сложна взаимосвързана система или нарушаване на връзката между компонентите. Няма общи критерии за диагностициране на умората и причините за настъпването ѝ се изучават при конкретния вид натоварване.

Фактори за настъпване на умората

1. Изчерпване на АТФ и креатинфосфат (КФ) в мускулите

Съдържанието на АТФ и креатинфосфат в мускулите е много ниско. Мускулната работа зависи от скоростта на изчерпване на АТФ и от скоростта на ресинтеза. Ако скоростта на ресинтеза е по-малка от скоростта на изчерпване, мускулната работа

не може да продължи дълго, защото АТФ е непосредствен източник на енергия за мускулното съкращение. Съдържанието на АТФ се понижава в началото на мускулната работа, но поддържа постоянно ниво по-дълго време, докато КФ не се изчерпи значително, тъй като КФ незабавно регенерира АТФ. Установено е, че намаляването на КФ в мускулната тъкан при физически натоварвания протича в 2 фази: фаза на рязко спадане в началото на мускулната работа и фаза на постепенно, по-бавно изчерпване. Скоростта на понижаване на КФ в първата фаза и продължителността на втората фаза зависят от интензивността на натоварването за даден индивид. Колкото по-високо е относителното натоварване, толкова по-голямо е разграждането на КФ. Настъпването на умората съвпада с изчерпването на КФ.

2. Изчерпване на гликогена в мускулите

Изчерпването на гликогена в скелетната мускулатура е една от причините за настъпване на умора. Колкото е по-високо изходното съдържание на гликоген, толкова по-дълго време може да се поддържа интензивността на натоварването и толкова по-късно да настъпи умора. Разграждането и изчерпването на гликогена в мускулите зависи от интензивността на натоварването – колкото е по-интензивно натоварването, толкова по-бързо се изчерпва гликогенът в мускулите. Освен това степента на разграждане на гликогена зависи от вида на мускулните влакна. При максимално натоварване почти напълно се изчерпва гликогенът в бързосъкращаващите се мускулни влакна (FT). При продължително субмаксимално натоварване гликогенът се изразходва най-рано в бавносъкращаващите се мускулни влакна (ST).

3. Промени на нивото на глюкоза в кръвта

При краткотрайни високоинтензивни натоварвания концентрацията на глюкозата се повишава поради активиране на разграждането на чернодробния гликоген. Способността на черния дроб да освобождава глюкоза зависи от гликогеновите запаси и от активността на ензимите, катализиращи гликогенолизата. При продължителни натоварвания концентрацията на глюкоза в кръвта намалява, тъй като запасите от гликоген в черния дроб са намалели. Така намалената концентрация на глюкоза води до намаляване на работоспособността предимно поради недостатъчния приток на глюкоза към мозъка и работещите мускули.

4. Натрупване на лактат

Образуваният лактат дисоциира H^+ , което води до понижаване на рН в мускулните клетки. Това от своя страна потиска активността на фосфофруктокиназата (скоростоопределящ ензим за гликолизата) и забавя гликолизата. Водородните катиони имат редица други негативни ефекти: H^+ могат да изместват Ca^{2+} от мястото за свързването им с тропонина, което потиска мускулното съкращение поради невъзможност да се открият места за свързване на актина с миозина; в мозъчните клетки повишената концентрация на H^+ има странични ефекти – болка, повдигане, дезориентация; H^+ потискат свързването на O_2 с хемоглобина и водят до недостатъчно снабдяване на клетките с кислород; H^+ потискат активността на липазата (ензима, разграждащ мазнините) и забавят освобождаването на мастните киселини и следователно използването им като енергиен източник.

5. Натрупване на Ca^{2+} в митохондриите

При продължително натоварване част от Ca^{2+} , които се освобождават от цистерните на саркоплазмения ретикулум в мускулните клетки, се всмукват и натрупват в митохондриите. Това води до разпъгване на дихателните вериги с нарушаване на окислителното фосфорилиране (т.е. синтеза на АТФ).

6. Генериране на реактивни форми на кислорода

При физически натоварвания се повишава кислородната консумация и при системно прилагане на натоварвания за издръжливост се увеличава броят на митохондриите. При интензифициране на преноса на електрони в дихателните вериги на митохондриите се образуват реактивни форми на кислорода, които увреждат клетъчните структури.

7. Недостатъчност на кислородното снабдяване на мускула

Несъответствието между кислородното снабдяване на мускула и необходимостта от кислород за окислителните процеси води до развитие на умора.

8. Нарушения в хомеостазата

Извършването на мускулна работа при продължителни натоварвания е свързано със значителна дехидратация на организма, което води до нарушаване на хомеостазата – промени в концентрацията на K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , осмоларитета, обема на кръвта, хормоналните нива и температурата на тялото. Това от своя страна предизвиква намаляване на работоспособността и възникване на умора.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Що е умора?
2. Кой са факторите за настъпване на умората?
3. Какви са негативните ефекти от дисоциацията на лактата и подкисляването на средата?

ТЕМА 2. БИОХИМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕТО

Възстановяването след физически натоварвания, водещи до умора, е важен период в спортната подготовка. В този период в организма се извършват сложни реконструктивно-преобразователни процеси, полагащи основите на спортната работоспособност, развитието на скоростно-силовите качества и издръжливост. Нарушаване на хода на процесите води до прекъсване на биохимичната и физиологичната адаптация към физическото усилие.

Основни понятия:

- ✓ Възстановяване
- ✓ Свръхвъзстановяване
- ✓ Фазовост
- ✓ Хетерохронност

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

След прекъсване на мускулната работа настъпва период на възстановяване – време, необходимо за напълно нормализиране на състоянието на организма. Възстановителните процеси се характеризират с фазовост и хетерохронност.

1. **Фазовост** – възстановителните процеси протичат вълнообразно. След приключване на физическото натоварване се наблюдава фаза на възстановяване на доработно ниво; фаза на свръхвъзстановяване (суперкомпенсация) и фаза на отново достигане на доработното ниво (виг. 36)



Фиг. 36. Фазовост на възстановителните процеси

Явлението наречено суперкомпенсация или супервъзстановяване е резултат от интензифициране на метаболитните процеси и в определена фаза на почивка след работа енергийните резерви надвишават крайното им работно ниво. Това явление е преходно и след тази фаза съдържанието на енергийни вещества постепенно се връща към нормалното. Колкото по-голяма е консумацията на енергия по време на работа, толкова по-бързо има ресинтез на енергийни вещества и превишаване на първоначалните им нива във фазата на суперкомпенсация. Във фазата

на отново достигане на доработното ниво се наблюдават флукутации с фаза на намаляване на работоспособността, фаза на достигане на ново ниво на работоспособност с кратко стабилизиране и крайно възвръщане на доработното ниво на работоспособност.

2. Хетерохронност – това е различното време, необходимо за възстановяване и свръхвъзстановяване на биохимичните показатели и физиологичните функции на организма. Последователността във възстановяването на отделни метаболити и функции невинаги съвпада с последователността им на включване по време на физическото усилие. След интензивна 15-минутна работа съдържанието на креатинфосфат в мускулите се възстановява за 40 мин, гликоген – след 60 мин., а белтъците – след 6-ия час. Хетерохронност се наблюдава и по отношение на възстановяването на метаболитите в различните органи. Така например гликогенът се възстановява най-бързо в миокарда, последвано от мускулите и най-бавно се възстановява в черния дроб. Възстановяването и свръхвъзстановяването зависят от интензивността на натоварването. Така например за гликогена, след краткотрайно интензивно натоварване суперкомпенсацията настъпва след 1 час и след 12 часа концентрацията се връща на доработното ниво, а след продължително натоварване суперкомпенсацията настъпва след 12 часа и концентрацията се връща на доработното ниво след 3 дни.

АКЦЕНТИ ***

- Колкото по-интензивни са процесите на разграждане по време на мускулна работа, толкова по-интензивни са процесите на синтез и ресинтез във възстановяването и по-голямо е супервъзстановяването.
- Колкото по-бързо настъпва супервъзстановяването, толкова то е по-кратко.

Във възстановителния период преобладават синтезните реакции. За ресинтеза на гликоген в мускулите се използват налични в клетката субстрати, по-специално лактат и глюкоза, образувана от невъглехидратни вещества. За изразена суперкомпенсация на гликоген обаче тези източници не са доста-

тъчни и е необходим прием на допълнителни въглехидрати от храната. В периода на възстановяване се засилват значително процесите на синтез на белтък, особено след интензивна силова работа, придружена с активното им разграждане. Активирането на белтъчния синтез протича бавно и продължава дълго време.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са фазите на възстановяването?
2. Какво е суперкомпенсация?
3. Защо възстановяването е хетерохронен процес?
4. Кой енергиен метаболит се възстановява най-бързо след интензивна 15-минутна работа?
5. В кой орган най-бързо се възстановява гликогенът?
6. От какво зависят големината и продължителността на суперкомпенсацията?
7. Какви процеси преобладават във възстановителния период?

ТЕМА 3. БИОХИМИЧНИ ПРИНЦИПИ НА СПОРТНАТА ТРЕНИРОВКА

Спортната тренировка е активна адаптация, приспособяване на човека към съответната мускулна работа, осигуряваща възможност за развитие на значителни мускулни усилия и за изпълнение на мускулна работа с голяма интензивност и продължителност.

Адаптивните изменения в организма на човека под действие на тренировката включват:

1. Повишаване на активността на ензими:
 - а) гликолитични ензими – хексокиназа, фосфоорилаза, алдолаза, енолаза, пируваткиназа (при анаеробни тренировки);
 - б) окислителни ензими – дехидрогенази; оксидази; ензими, катализиращи активирането, транспорта и β-окислението на мастните киселини; ензими, катализиращи окислението на кетотелата (при аеробни тренировки).
2. Увеличаване на съдържанието на субстрати.
3. Усилена енергопродукция.
4. Образуване на ефектори (вещества, които променят белтъчната синтеза): АДФ, АМФ, цАМФ, креатин, някои аминокиселини, неорганичен фосфат.
5. Повишена геномна активност – синтез на ензимни и структурни белтъци.

АКЦЕНТИ ***

- Адаптациата е цялостна система от реакции на организма, които подпомагат и способстват за поддържане на динамичното равновесие при дадени условия на вътрешната среда на организма (хомеостаза) и обезпечават възможността за еволюция при тяхното изменение.

СЪДЪРЖАНЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Спортна тренировка

Съвременните представи за тренировката се базират на схващането, че тренировъчните въздействия трябва да бъдат насочени към повишаване на капацитета на енергообезпечаващите системи, а именно: система за незабавно енергообезпечаване; система за краткотрайно енергообезпечаване и система за дълготрайно енергообезпечаване.

Тренировъчни натоварвания, повлияващи системата за незабавно енергообезпечаване (АТФ-КФ), изискват ангажиране на специфични мускули в повтарящи се серии от максимални усилия с продължителност от 5 до 10 секунди. При тях се образуват малки количества лактат и възстановяването протича за късо време. Следващата серия се прилага след 30–60 секунди почивка. Този модел на тренировъчни натоварвания представлява специфично приложение на интервалната тренировка. Такива тренировъчни натоварвания, повлияващи системата за незабавно енергообезпечаване, са съществени за спринтови дистанции в леката атлетика; спринтови отсечки в баскетбол, футбол, ханбал и др.; колоездене на писта.

Тренировъчни натоварвания, повлияващи системата за краткотрайно енергообезпечаване (гликолитична тренировка), включват максимални работни натоварвания с продължителност от 1 минута до настъпване на субективно усещане за отказ. В този модел се отчита увеличаване на лактата в мускулите и кръвта до максимални стойности. След 3–5 мин почивка работните натоварвания се повтарят. Няколкократните повторения водят до екстремни стойности на лактата, надвиша-

ващи максималните. Тези тренировки изискват продължителен период за възстановяване. Използват се в спортни дисциплини като бягане, плуване, колоездене, гребане. Гликолитичната тренировка се понася изключително тежко от организма и изисква значителна мотивация. Прилага се в края на подготвителния период.

Адаптация на анаеробните механизми:

1. Увеличаване на нивата в покой на т.нар. анаеробни субстрати (АТФ, КФ) и гликоген ($\approx 30\%$).
2. Увеличаване на количеството и активността на ключовите ензими на гликолизата. Тези изменения са най-силно изразени в белите мускулни влакна, които увеличават размера си.
3. Увеличаване на поносимостта към високи нива на лактат.

Аеробни тренировъчни програми включват въздействия, повлияващи на системата за дълготрайно енергообезпечаване (повишаване на аеробния капацитет на работещите мускули) и кислород-транспортиращите системи на нивото на целия организъм. Използват се следните три групи методи:

1. Равномерна тренировка. Прилагат се тренировъчни натоварвания в условия на устойчиво състояние със средна и висока интензивност с определена продължителност, които водят до:

- ✓ активиране на функциите на кислород-транспортиращите системи;
- ✓ повишаване на максималната кислородна консумация;
- ✓ подобряване на адаптацията към субмаксимални скорости;
- ✓ подобряване на метаболитните характеристики на мускулите (специално на бавносъкращаващите се влакна).

Дистанциите, които се преодоляват, превишават от 2 до 5 пъти състезателните дистанции в отделните дисциплини. Равномерната тренировка се използва особено в леката атлетика, ски-бяганията, колоезденето и периода на обща физическа подготовка във всички видове спорт

2. Интервална тренировка. Прилагат се многократно високоинтензивни, краткотрайни натоварвания с различни по продължителност интервали на почивка. Интензивността и продължителността на отделните работни натоварвания, броят на повторенията им, продължителността и видът на почивките могат да варират в зависимост от специфичните изисквания на практикувания спорт и дисциплина. Интервалната тренировка подобрява и аеробната, и анаеробната работоспособност на организма. По-късите и интензивни работни периоди активират системата за незабавно енергообезпечаване. По-дългите работни натоварвания стимулират системата за дълготрайно енергообезпечаване.

3. Тренировка с променлива интензивност. Прилагат се натоварвания, разпределени на отсечки с определен метраж, които се пробягват с максимално или средно темпо в серии, без прекъсване на сериите, а само с намаляване на темпото. Към този метод се отнася и Фартлек – тренировката, при която отсечките и броят на повторенията не са строго определени. Могат да се пробягват по-къси и по-дълги отсечки с различна скорост. Въздействието е „гъвкаво“ и зависи от степента на тренираност на спортиста.

Адаптация на аеробните механизми

1. Увеличаване на броя и размерите на митохондриите в мускулите.
2. Повишаване на капацитета на митохондриите за аеробна синтеза на АТФ.

3. Увеличаване на съдържанието на миоглобин ($\approx 80\%$).
4. По-големи възможности за окисление на въглехидрати.
5. Увеличена възможност за мобилизация и окисление на мазнини.
6. Избирателна хипертрофия на бавносъкращаващите се влакна.

Основни принципи на спортната тренировка

1. Повторяемост в изпълнение на физическото натоварване. Периодът на повишени функционални възможности е кратък и еднократно физическо натоварване не води до трайно, по-високо функционално състояние, затова е необходимо физическите натоварвания да се повтарят. Най-подходящо е следващото тренировъчно натоварване да се приложи във фазата, при която е достигнато ново ниво на функционалните възможности.

2. Правилно съотношение на периодите на работа и почивка. Извършването на мускулна работа изисква период на почивка за възстановяване на организма. Периодът на почивка зависи от обема, интензивността и характера на приложеното натоварване. Тренировките за издръжливост изискват по-продължителна почивка в сравнение с тренировките за бързина, които изискват по-кратки почивки.

3. Непрекъснато и постепенно повишаване на тренировъчните натоварвания. Постига се чрез комбинации и вариации на факторите честота, интензивност и продължителност на тренировките.

4. Специфичност. Необходимо е използване на специфични за дадения спорт физически упражнения, които предизвикват специфични адаптационни изменения.

5. Индивидуализация. Тренировъчните програми трябва да се планират и изпълняват в съответствие с индивидуалните възможности на отделния спортист за постигане на оптимален тренировъчен ефект.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Що е адаптация?
2. Какви адаптивни изменения настъпват в организма на човека под действие на тренировката?
3. Към какво трябва да бъдат насочени тренировъчните въздействия?
4. С какво се характеризират тренировъчните натоварвания, повлияващи системата за незабавно енергообезпечаване?
5. С какво се характеризират тренировъчните натоварвания, повлияващи системата за краткотрайно енергообезпечаване?
6. С какво се характеризират тренировъчните натоварвания, повлияващи системата за дълготрайно енергообезпечаване?
7. Кои са принципите на спортната тренировка?

РАЗДЕЛ V. ХРАНЕНЕ И БИОСТИМУЛИРАНЕ

ТЕМА 1. ХРАНОСМИЛАНЕ И РЕЗОРБЦИЯ НА ХРАНИТЕЛНИТЕ ВЕЩЕСТВА

За да бъде усвоена енергията от хранителните вещества, те трябва да попаднат в клетките, където се метаболизират. В клетките обаче могат да влизат само основни органични структури (органични молекули, които не подлежат на хидролиза), а повечето хранителни вещества са производни структури, олиго- и полимери. Затова хранителните вещества, приети чрез храната, се разграждат до основни структури в храносмилателната система. Те се хидролизират с участието на специфични ензими от групата на хидролазите. Различните хранителни вещества започват смилането в различни отдели на храносмилателната система. Преминаването на продуктите от смилането на хранителните вещества през чревната стена в кръвния поток се нарича резорбция.

АКЦЕНТИ ***

- Храносмилане – процес на хидролизиране на хранителните вещества до техните мономерни съставки в храносмилателната система
- Резорбция – преминаване на продуктите от смилането на веществата в кръвта.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Храносмилане
- ✓ Резорбция

1. Смилане на въглехидрати

Въглехидратите в храната на човека включват главно скорбяла и в по-малки количества гликоген (полизахариди), захароза и лактоза (дизахариди) и глюкоза и фруктоза (монозахариди). Целулозата и много от комплексните полизахариди не могат да се хидролизират в човешкия храносмилателен тракт поради липса на съответни ензими.

Смилането на полизахаридите започва в устната кухина под действието на ензима слюнчена α -амилаза, която катализира разкъсването на вътрешните гликозидни връзки на скорбялата и гликогена. Този процес е много ограничен поради краткия престой на храната в устната кухина. От устната кухина храната преминава в стомаха, където обаче получените фрагменти от полизахаридите не претърпяват по-нататъшно смилане, тъй като в стомаха няма ензими, които да катализират процеса, а действието на слюнчената амилаза се прекратява от солната киселина в стомашния сок. Разграждането продължава в дванадесетопръстника под действието на ензима α -амилаза, отделен от панкреаса (панкреатична α -амилаза). Тя има действие, подобно на слюнчената α -амилаза – катализира хидролизата на гликозидни връзки. В резултат на нейното действие скорбялата и малкото количество гликоген, както и олигозахаридните остатъци, получени от действието на слюнчената амилаза, се разграждат до малтоза, малтотриоза, смес от разклонени олигозахаридни фрагменти (т.нар. ограничени декстрини), малко неразклонени олигозахариди и съвсем малко глюкоза. Разграждането на олиго- и дизахаридните молекули до съответните монозахариди се осъществява в тънките черва. Тази хидролиза се катализира от намиращите се в мембраната на чревните епителни клетки ензими като: малтаза, която хидролизира гликозидни връзки в олигозахаридите и в малтозата, отделяйки глюкоза; захараза, която хидролизира захарозата (обикновената захар) до глюкоза и фруктоза, но също така разгражда и гликозидни връзки в разклоненията на „ограничените декстрини“; лактаза, която разгражда лактозата (млечната захар) до галактоза и глюкоза.

Резорбция на монозахаридите

Получените монозахариди се резорбират предимно в горната част на тънките черва. Най-бързо се резорбират глюкозата и галактозата; фруктозата се резорбира по-бавно. От ентероцитите (чревните клетки) монозахаридите преминават чрез свободна дифузия в порталното кръвообращение и се отнасят към черния дроб.

2. Смилане на липиди

В храната се съдържат главно комплексни липиди: мазнини, по-малко фосфолипиди и холестерол. Мазнините подпомагат внасянето в организма на мастно-разтворимите витамини.

Смилането на липидите, макар и в много малка степен, започва в устната кухина под действието на ензима липаза, отделян от жлези, разположени в лигавицата на езика. Действието на този ензим се усилва в стомаха, където към него се добавя и липазата, отделяна в стомашния сок. В стомаха се хидролизират мазнини с къси и средно дълги мастни киселини. Хидролизата е непълна. Приема се, че в стомаха се хидролизират до около 30% от мазнините, приети с храната. В дванадесетопръстника, освен смилателните сокове на панкреаса, се излива и съдържанието на жлъчния мехур. То съдържа соли на жлъчните киселини, които са съставна част на жлъчката, синтезирана от черния дроб. Солите на жлъчните киселини са амфипатични съединения (съединения, които имат хидрофилна и хидрофобна част), които се натрупват като монослой на повърхността на липидите. По такъв начин те не само пречат на слепването на мастните капки, но допринасят за тяхното раздробяване до микроскопични капчици (процес, наречен емулгиране). Емулгирането подпомага действието на панкреатичната липаза, което хидролизира разкъсването на естерните връзки в мазнините до свободни мастни киселини, ди- и моноацилглицероли. Моноацилглицеролите са също емулгатори и заедно с разпадните продукти на лецитините (които са още по-силни емулгатори) раздробяват допълнително липидната емулсия до още по-малки капчици с диаметър около 10 nm, наречени мицели.

Резорбция на разградените продукти на липидите

След завършване на смилането, в тънките черва постъпват мицели, в чийто състав влизат главно висши мастни киселини, моноацилглицероли, фосфолипиди, холестерол и мастноразтворимите витамини от храната – вит. А, Д, Е и К; низши мастни киселини, произхождащи главно от млечните продукти, и глицерол. Глицеролът и низшите мастни киселини преминават през чревната стена в кръвта и чрез кръвта се разнасят за използване от организма. Мицелите преминават през мембраната на ентероцитите (чревните клетки), където се разпадат до съставлящите ги молекули. По-голямата част от тях се свързват отново (извършва се ресинтеза) в триаилглицероли, които по състава си вече са специфични за човека мазнини. В чревноепителните клетки ресинтезираните триаилглицероли заедно с холестерола и фосфолипиди формират с помощта на специфични белтъци липопротеинови комплекси, наречени хиломикрони. Те преминават в лимфата и се отнасят в кръвообращението. Хиломикроните придават на лимфата млечноподобен изглед (хилус).

3. Смилане на белтъци

Храната съдържа значителни количества растителни и животински белтъци.

Смилането на белтъците започва в стомаха под действието на ензима пепсин. Пепсинът се синтезира от главните клетки на стомашната лигавица в неактивна форма, наречена пепсиноген. Пепсиногенът се превръща в активен пепсин чрез

скъсване на една пептидна връзка и откъсването на полипептид от 42 аминокиселини откъм азотния край на пепсиногена. Този процес се активира от солната киселина, съдържаща се в стомашния сок. Откъсването на полипептида разкрива активния център на ензима. Така полученият, макар и в малки количества, активен пепсин катализира образуването на пепсин от пепсиноген. Този процес се означава като автокатализа.

Пепсинът има рН оптимум между 1,5–2,0, което е в съответствие със силно киселата реакция (рН около 1,0) на стомашния сок. Пепсинът е ендопептидаза. Той хидролизира избирателно пептидни връзки във вътрешността на полипептидната верига. Получава се смес от по-малки или по-големи пептиди (белтъчни отломки).

Смилането на белтъците продължава в червата под действието на ензими, съдържащи се в панкреатичния сок. Това са ендопептидазите (ензим, катализиращ разкъсването на вътрешни пептидни връзки) трипсин и химотрипсин и екзопептидазата (ензими, катализиращи разкъсването на крайни пептидни връзки) карбоксипептидаза. Всички те се синтезират в неактивно състояние и се активират чрез частична протеолиза, когато попаднат в червата. По такъв начин клетките, в които те се синтезират, се предпазват от разграждане на собствените си белтъци, явление, известно като автолиза.

Неактивният трипсин, наречен трипсиноген, се активира чрез откъсване на фрагмент от полипептидната му верига, катализирано от ензима ентерокиназа. Полученият активен трипсин продължава да къса същата връзка в неактивния си предшественик (автокатализа) и процесът на активиране продължава. Активният трипсин атакува също така и неактивния химотрипсин, наречен химотрипсиноген, и неактивната карбоксипептидаза, наречена прекарбоксипептидаза, като ги активира съответно до химотрипсин и карбоксипептидаза.

Трипсинът и химотрипсинът атакуват вътрешни пептидни връзки, образувайки пептиди с къси вериги от идващите от стомаха белтъчни отломки. Карбоксипептидазата откъсва аминокиселини от въглеродния край на поли- и олигопептиди.

Пълното смилане на белтъците до аминокиселини се катализира от ензими, отделящи се в чревния сок. Това са: аминопептидаза - екзопептидаза, която откъсва аминокиселини откъм азотния край на полипептидните вериги, както и няколко дипептидази, които по специфичен начин разграждат дипептиди. По такъв начин поетите с храната белтъци се смилат до изграждащите ги аминокиселини.

Резорбция на аминокиселините

Аминокиселините се резорбират чрез активен транспорт с помощта на специфични преносители. От ентероцитите (чревните клетки) аминокиселините преминават в порталната кръв.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какво означава смилане?
2. Какво означава резорбция?
3. В кой дял на храносмилателната система започва смилането на въглехидратите?
4. В кой дял на храносмилателната система започва смилането на липидите?
5. В кой дял на храносмилателната система започва смилането на белтъците?
6. Защо целулозата не може да бъде източник на енергия за човека?
7. Кои монозахариди се резорбират най-бързо?
8. Каква е ролята на солите на жлъчните киселини за смилането?
9. Каква е разликата между пепсина и пепсиногена?

ТЕМА 2. БИОХИМИЧНИ ОСНОВИ НА ХРАНЕНОТО ПРИ СПОРТИСТИ

Основните принципи на рационалното хранене на спортистите включват:

1. Снабдяване на организма с необходимото количество енергия, съответстващо на изразходваното при физически натоварвания.
2. Правилно съотношение между основните хранителни вещества - белтъци, мазнини, въглехидрати и микроелементи, в зависимост от особеностите на съответния спорт и интензивността на физическите натоварвания.
3. Подбор на адекватни форми на хранене (хранителни продукти и комбинацията от тях) и хранителен режим в зависимост от характера и насочеността на тренировките в различните периоди на подготовка, състезание и възстановяване.
4. Използване на хранителни вещества за създаване на метаболитен фон, способстващ за биосинтезата на хуморалните регулатори (катехоламини, простагландини, кортикостероиди) и подпомагащ действието им.
5. Използване на хранителни фактори за повишаване скоростта на натрупване на мускулна маса и увеличаване на мускулната сила.
6. Използване на хранителни фактори за бързо намаляване на телесната маса.
7. Индивидуализация на храненето в зависимост от антропометричните, физиологичните и метаболитните характеристики на спортиста, състоянието на храносмилателния тракт, вкусовете и навиците.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Енергоприем
- ✓ Енергоразход

1. Компоненти на енергоразхода

Дневните енергетични разходи на спортиста включват основно енергията за поддържане на базален метаболизъм (основна обмяна) и за поддържане на физическата активност и по-малка част енергия за храносмилане. Основната обмяна е минималното количество енергия, необходимо за протичане на основните жизнени процеси (сърдечната дейност, дишането, работата на вътрешните органи, мускулния тонус и др.) в покой. Има редица фактори, които влияят върху основната обмяна. Такива са възраст, пол, температура в помещението, облекло, позата и др.

2. Енергоприем

Компонентите на храната, които осигуряват доставката на енергия, са въглехидратите, мазнините и белтъците. Освен това за нормално функциониране на човешкия организъм е необходим адекватен прием на незаменими аминокиселини, незаменими мастни киселини, витамини, минерали и вода.

3. Прием на въглехидрати

Въглехидратите са основен енергетичен източник на организма. Най-важните въглехидрати са глюкоза и фруктоза, захароза и скорбяла (обикновено набавяна чрез консумация на ориз, картофи, хлебни изделия). Дневната нужда от въглехидрати при здрав нетрениращ индивид е 400–500 г. Оптималното съотношение в приеманата храна между простите и сложните въглехидрати трябва да бъде 4:1. За хора, водещи заседнал начин на живот, приемът на прости захари трябва да бъде не повече от 50 г.

При спортистите нуждата от въглехидрати е по-голяма, поради допълнителната консумация на енергия при извършване на работа и при значителни по обем и интензивност тренировки и състезателни натоварвания тя може да достигне 800–900 г дневно и повече. В спортове за издръжливост при интензивни тренировки и в първия ден след тях се препоръчва прием на 10 г въглехидрати/кг телесна маса, а при скоростно-силова тренировка – 7 г/кг телесна маса. При спортисти консумацията на прости захари може да се увеличи до 100 г и повече. Запасите от гликоген в скелетните мускули се изчерпват след 2–3 часа интензивна физическа активност. Пълното възстановяване на запасите гликоген отнема около 20 часа при рационално хранене. Увеличаване на гликогеновото съдържание в мускула може да се постигне със специален режим на хранене (диета за *постигане на суперкомпенсация на гликогена*). Трябва да се има предвид, че увеличаването на гликогеновите запаси в мускулите увеличава и задържането на вода, тъй като всеки грам гликоген изисква 3 г вода при депонирането. Това води до повишаване на телесното тегло, което от своя страна е нежелателно при спортове като гимнастика, борба и др. Обратно, при спортовете, изискващи издръжливост, се смята, че задържането на вода играе положителна роля, тъй като предпазва организма от дехидратация.

Намаляването на съдържанието на въглехидрати в храната под 300 г интензифицира разграждането на клетъчни белтъци, окислението на мазнини и образуването на кетонни тела, което може да доведе до ацидоза. Системната прекомерна консумация на въглехидрати може да доведе до затлъстяване, атеросклероза, диабет.

4. Прием на мазнини

Мазнините са важен енергетичен източник и градивен материал за организма. Биологичната пълноценност на мазнините се определя от наличието на висши наситени и ненаситени мастни киселини, които, подобно на витамините и незаменимите аминокиселини, организмът не може сам да произведе. Оптималното съотношение между мазнините от животински и растителен произход съответства на 7:3. Дневната нужда от мазнини при здрав нетрениран индивид е 80–100 г, от тях растителни масла 25–30 г, висши мастни киселини 3–6 г и фосфолипиди 5 г. При спортисти, в зависимост от практикувания спорт, необходимостта от липиди може да се увеличи. В периоди на интензивни тренировки за издръжливост или при състезания по колоездене на шосе (многодневен пробег) енергоразходът е много голям. При тези случаи компенсацията му се осигурява със задължително внасяне на храна с повишено съдържание на мазнини.

5. Прием на белтъци

Денонощната нужда от белтъци при здрав нетрениран индивид е 90–100 г. Едно от основните изисквания при приемане на белтъци е поддържането на правилно съотношение между съдържащите се в тях незаменими аминокиселини. Те трябва да бъдат, както следва: триптофан – 1 г/ден; левцин – 4–6 г/ден; изолевцин – 3–4 г/ден; треонин – 2–3 г/ден; лизин – 3–5 г/ден; метионин – 2–4 г/ден; фенилаланин – 2–4 г/ден; хистидин – 1,5–2 г/ден. Биологично ценни са тези белтъци, които съдържат всички незаменими аминокиселини в оптимално съотношение. Такива са белтъците на месото, млякото, рибата, яйцата и др. Растителните белтъци обикновено не съдържат достатъчни количества от незаменимите аминокиселини лизин, метионин, триптофан.

Прилагането на дву- и трикратни тренировки при спортна дейност, високото нервно напрежение по време на състезание, неблагоприятните климатични условия при провеждане на състезания на открито водят до интензифициране на белтъчната обмяна. Ето защо при спортисти необходимостта от белтъци може да се увеличи двукратно в сравнение с нормалната. За спортисти, практикуващи спортове за издръжливост, необходимостта от белтъци е 1,5–1,8 г/кг телесна маса. За спортисти от силовите спортове е необходим допълнителен прием на белтъци за изграждане на мускули. За щангисти и културисти нормата за прием на протеин е 3 г/кг телесна маса. Прекомерната консумация на белтъци води до претоварване на стомашно-чревния тракт и разпад в дебелото черво, натрупване в тъканите на непълно окислени и крайни продукти от разграждането на белтъците, които променят киселинно-алкалния баланс. При липса на адекватен прием на белтъци се получава преразпределение на тъканните белтъци, разграждане на белтъци от черния дроб, кръвната плазма, мускулите и насочване към мозъка и сърцето. Дефицитът на белтък е особено опасен за децата – наблюдава се забавяне на растежа и развитието, развиване на анемия, нарушение на водно-солевия баланс.

6. Прием на витамини и минерали

Спортистите се характеризират с повишена нужда от витамини и минерали (фосфор, калций, калий, желязо), които интензивно се отделят от организма при интензивна физическа активност.

Витамините са нискомолекулни органични съединения, които не се синтезират в човешкия организъм и са жизненонеобходими за обмяната на веществата в много малки количества (под 1 мг). Витамините не са източник на енергия и нямат структурна функция, т.е. не изграждат клетъчните компоненти. Въпреки това те са жизненонеобходими, защото много от тях са съставна част на ензимите и имат основна роля в метаболизма на веществата в организма. При спортисти, в зависимост от тренировъчните натоварвания, се препоръчва различен дневен прием на витамини (табл. 2).

Табл. 2. Дневни нужди от витамини (в мг) за спортисти при тренировъчни натоварвания

Цел на тренировката	Витамины (мг)						
	A	B1	B2	B6	B12	PP	C
Издръжливост	4-5	6-8	6-8	6-8	5-12	20-30	400-800
Сигово-скоростна	4-5	6-8	8-12	10-15	5-6	30-40	400-500

Въпреки че общото количество на минералите, които присъстват в тялото, е относително малко, те са от съществено значение за правилното функциониране на клетките. Например, някои минерали са съставна част на ензимите, хормоните и витамините и влияят върху тяхната функция. Минералите калций и фосфор участват във формирането на костите и зъбите и представляват 58–85% от общия процент на минералите в организма. Минерали като натрий, калий и хлор са важни за поддържане на нормалния ритъм на сърцето, мускулното съкращение, нервната

проводимост и алкално-киселинния баланс на организма. Желязото е важен компонент на хемоглобина, който осигурява преноса на кислород, и е най-често приеманата хранителна добавка при спортисти.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са компонентите на енергоразхода?
2. Какво означава основна обмяна?
3. Каква е денонощната нужда от въглехидрати при здрав нетрениран индивид?
4. Какъв е препоръчителният прием на въглехидрати при спортисти?
5. Каква е денонощната нужда от мазнини при здрав нетрениран индивид?
6. Какъв е препоръчителният прием на мазнини при спортисти?
7. Каква е денонощната нужда от белтъци при здрав нетрениран индивид?
8. Какъв е препоръчителният прием на белтъци при спортисти?
9. Защо растителните белтъци са непълноценни?

ТЕМА 3. БИОСТИМУЛИРАНЕ И ДОПИНГ

Биохимичната адаптация към физическото усилие включва адаптивни изменения в клетките, като активиране на експресията на структурни и ензимни белтъци и повишаване на използването на енергетичния потенциал на организма. Тези процеси подлежат на строга вътреклетъчна регулация, която се отнася не само до отделните реакции, но и за взаимовръзките между тях, които рефлектират и на по-високи йерархични нива на организация – тъкани, органи, системи, цял организъм. Така се формира цялостна система за структурен и функционален контрол на организма. Ефективността на тази система може естествено да се повиши чрез правилно проведен тренировъчен процес. Системата може да се повлияе обаче и от въздействия с екзогенен характер.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Допинг
- ✓ Биостимулиране

1. Допинг

Формулирането на понятието „допинг“ е трудно и през годините то е било многократно променяно и допълвано. Първото определение за допинг, прието през 1963 г. от Съвета на Европа за извънучилищно образование, дефинира допинга в спорта като „прилагане или употреба от здрав индивид на всяко средство или вещество, което нормално не присъства в организма, и/или на всяко физиологично вещество, което е прието в необичайни, допълнителни количества и/или по неестествен път и/или по неестествен начин, с цел повишаване по изкуствен и нечестен начин на постиженията на този индивид по време на състезание“. Понастоящем според Световния антидопингов кодекс допингът се определя като поява на едно или повече нарушения на антидопинговите правила, изложени в член 2 (2.1 до 2.10) на Кодекса, а именно:

- чл. 2.1. Наличието на забранена субстанция или нейни метаболити или маркери в проба на спортист.
- чл. 2.2. Употребата или опитът за употреба от спортист на забранена субстанция или забранен метод.
- чл. 2.3. Избягване, отказ от участие или неучастие в пробовземане.
- чл. 2.4. Непредоставяне на информация за местонахождение.
- чл. 2.5. Фалшифициране или опит за фалшификация на която и да е част от процедурата за допингов контрол.
- чл. 2.6. Притежаването на забранена субстанция или забранен метод с цел даването ѝ на приятел или роднина не се разглежда като приемливо оправдание, освен при обстоятелства, които са оправдани от медицинска гледна точка, и то при условие, че лицето има лекарско предписание (напр. купуване на инсулин за дете диабетик).
- чл. 2.7. Трафикът или опитът за трафик на забранена субстанция или забранен метод.
- чл. 2.8. Прилагането или опитът за прилагане на забранена субстанция или забранен метод върху спортист по време на състезание, прилагането или опитът за прилагане върху спортист извън състезание на забранена субстанция или на забранен метод, които са забранени извън състезание.
- чл. 2.9. Съучастие. Съдействието, окуражаването, подпомагането, подстрекаването, подбуждането, прикриването и всеки друг вид умишлено съучастие, включващо нарушение или опит за нарушение на антидопинговите правила.

чл. 2.10. Забранени връзки. Контакти на спортист или друго лице, подлежащи на проверка от антидопингова организация по професионален или свързан със спорта начин, със спортно-техническо лице, което е наказано.

Забранените субстанции и забранените методи са указани в **Списък на забранените субстанции и методи**. Списъкът се поддържа от Световната антидопингова агенция и се обновява ежегодно. Всяка негова нова версия влиза в сила от 1 януари на съответната календарна година. Нови субстанции и/или методи биват добавяни към списъка при условие, че изпълняват два от долуизброените три критерия:

- ✓ използването на субстанцията/метода самостоятелно или в комбинация с други субстанции/методи е в състояние да доведе до значително повишаване на спортните постижения;
- ✓ използването на субстанцията/метода води до реални или потенциални рискове за здравето;
- ✓ използването на субстанцията/метода е в разрез със спортния дух.

Списъкът на забранените субстанции и методи е разделен на три основни категории:

Постоянно забранени субстанции и методи (забранени по време на и извън състезание)

Постоянно забранени са всички субстанции и методи, които при използване в рамките на тренировъчно-състезателния процес са в състояние да окажат дълготраен ефект върху спортните постижения. В тази категория са включени следните класове субстанции:

- C0. Неодобриени субстанции
- C1. Анаболни средства
- C2. Пептидни хормони, растежни фактори и сродни субстанции
- C3. Бета-2 агонисти
- C4. Хормонни и метаболитни модулатори
- C5. Диуретици и други маскиращи средства, както и всички забранени методи:
- M1. Манипулиране на кръвта и кръвните компоненти
- M2. Химически и физически манипулации
- M3. Генен допинг

Субстанции и методи, забранени по време на състезание

Освен субстанциите от класовете C0 до C5 включително и методите от класовете M1 до M3 включително, по време на състезание са забранени и следните класове субстанции:

- C6. Стимуланти
- C7. Наркотици
- C8. Канабиноиди
- C9. Глюкокортикостероиди

Ако в извънсъстезателния период спортист приеме субстанция, която е забранена само по време на състезание, и тази субстанция бъде открита във взета от него проба при състезателен контрол, е възможно да се стигне до налагане на санкция, независимо че приемът реално не се е състоял по време на състезанието.

Субстанции, които са забранени в определени спортове

В този раздел са включени субстанции, които са забранени само по време на състезание в конкретни спортове. Такива са 31. Бета-блокери. В дисциплините Стрелба с лък и Спортна стрелба бета-блокери са забранени и извън състезание.

2. Биостимулиране

Биостимулантите са хранителни добавки (храни и природни фармацевтични продукти), които са нормални за организма метаболити. Биостимулантите са разрешени за употреба от спортисти. Те се използват основно за повишаване на енергийните запаси на организма и като градивен материал във възстановяването. Най-често като биостимуланти се използват: въглехидратни добавки – различни въглехидрати или въглехидратни смеси; белтъчни храни (протеини) – пълноценни белтъци и смеси от незаменими аминокиселини; витамини и минерални соли; хепатопротектори – лекарства, които подобряват функцията на черния дроб; фармацевтични продукти, които са нормални за организма вещества – като карнитин, креатин, глутатион и др.; природни продукти от растителен и животински произход със стимулиращо, болкоуспокояващо, липолитично (разграждащо мазнините), антиоксидантно, противовъзпалително, кардиопротективно и др. действие. Такива напр. се ресвиратрол – един от най-мощните природни антиоксиданти с доказано кардиопротективно действие; синефрин – стимулант, който повишава активността на сърдечносъдовата система, ускорява обмяната на веществата и подпомага редуцирането на мастните натрупвания в тялото посредством увеличаване на термогенезата; трибестан, извлечен от растението бабини зъби (трибулус терестрис) – използва се от спортисти с цел повишаване на издръжливостта, силата, мускулния растеж и възстановяване; женшен, левзея, родиола (златен корен), които са адаптогенни и тонизиращи средства, и много др.

Един от основните рискови фактори при приема на хранителни добавки е възможността те да бъдат замърсени със забранени вещества, най-вече с анаболни андрогенни стероиди. Умишленото влагане на забранени вещества цели подсилване на ефекта им при употреба. Наред с риска от положителна допинг проба, замърсените добавки, особено при продължителен и неконтролиран прием, могат да увредят здравето на човека. Възможни проблеми при злоупотреба с анаболни стероиди са акне, алоpecia (опадане на косата), гинекомастия (от гръцки – „женски гърди“) – уголемяване на гърдите при мъжете, намаляване на броя на сперматозоидите и концентрацията на тестостерона при мъжете, промени в менструалния цикъл и атрофия на млечните жлези при жените, задържане на течности, високо кръвно налягане, увеличаване на LDL холестерола, инфаркти и инсулти, чернодробна недостатъчност и пожълтяване на кожата, чернодробни тумори, рак на бъбреците и др.

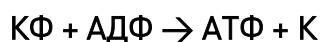
За спортната практика адекватният прием на хранителни добавки, стимулиращи метаболитните процеси в организма, е от важно значение за по-бързото възстановяване след интензивни и продължителни физически натоварвания и за поддържане на здравето на спортистите. Хранителните добавки трябва да бъдат осигурявани от реномирани фирми, гарантиращи тяхната чистота, и да бъдат приемани в адекватни дози.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Къде са указани забранените субстанции и методи?
2. Кога се обновява списъкът на забранените субстанции и методи?
3. Кои са условията за добавяне към списъка на нови субстанции и методи?
4. Кои са категориите, в които се подразделят забранените субстанции и методи?
5. Защо се приемат биостимуланти от спортисти?
6. Какъв е възможният риск от прием на биостимуланти?
7. Какви са възможните проблеми при злоупотреба с анаболни стероиди?
8. Необходим ли е прием на биостимуланти от спортисти?

ТЕСТ № 1. БИОХИМИЧНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАТОВАРВАНИЯ. СИСТЕМИ ЗА ЕНЕРГООСИГУРЯВАНЕ

1. Твърдението: „Енергията, отделена при разграждането на натрупаните в мускулните влакна запаси от АТФ и КФ, е характерен белег за“:
 - ☐ А) системата за незабавно енергоосигуряване
 - ☐ Б) системата за краткотрайно енергоосигуряване
 - ☐ В) системата за дълготрайно енергоосигуряване
2. Кой от посочените са съкратителните белтъци в мускулните клетки ?
 - ☐ А) миоглобин и хемоглобин
 - ☐ Б) актин и миозин
 - ☐ В) небулин и титин
 - ☐ Г) тропонин и тропомиозин
3. Посочете кои са основните механизми за ресинтез на АТФ:
 - ☐ А) анаеробен и аеробен
 - ☐ Б) анаболитен и катаболитен
 - ☐ В) бета-окисление и цикъл на Кребс
4. Посочете кой от двата механизма на ресинтез се извършва при физически натоварвания, които протичат при недостиг на кислород в работещите мускули:
 - ☐ А) анаеробен ресинтез
 - ☐ Б) аеробен ресинтез
5. Посочената реакция се отнася за:



- ☐ А) анаеробна ресинтеза
 - ☐ Б) аеробна ресинтеза
 - ☐ В) няма верен отговор
6. С буквите А, Б, В и Г са посочени няколко вида класификации на натоварване. Изберете подходящата цифра, за да се попълни пропуснатото в текста и да се получи вярно твърдение. (Моля, в квадратчето поставете подходящата цифра от списъка в страни)

- А) Според структурата на движенията физическите натоварвания се разделят на: ☐
- Б) Според характера на мускулната дейност се разделят на: ☐
- В) Според физиологичната класификация, в зависимост от интензитета и продължителността си, физическите натоварвания се разделят на: ☐
- Г) Биохимичната класификация на физическите натоварвания, използвана в България, е: ☐

1. циклични и ациклични
2. динамични и статични
3. максимална интензивност, субмаксимална интензивност, голяма интензивност и средна интензивност
4. анаеробно-алактатни, анаеробно-лактатни, смесени и аеробни

7. Определете кой тип мускулни влакна се характеризират с:

- ниска АТФ-азна активност
- ниска активност на гликолитични ензими
- високо съдържание на миоглобин
- приспособяват се лесно към мускулна работа при аеробни условия

Отговор:

8. В зависимост от класификацията на физическите натоварвания според структурата на движенията дайте по два примера за циклични и за ациклични упражнения:

ЦИКЛИЧНИ УПРАЖНЕНИЯ	АЦИКЛИЧНИ УПРАЖНЕНИЯ
1.	1.
2.	2.

9. Разпределете посочените спортове в таблицата според системите за енергоосигуряване:

- ✓ висок скок
- ✓ 100 м плуване
- ✓ ски-бягане
- ✓ вдигане на тежести
- ✓ бягане на 400 м
- ✓ футбол

Система за незабавно енергоосигуряване	Система за краткотрайно енергоосигуряване	Система за дълготрайно енергоосигуряване

10. В колона А са изброени видовете енергоосигуряване на дадена дейност, а в колона Б са посочени видовете спорт. Намерете съответствие между тях, като посочите съответствието на цифрата от видовете енергоосигуряване с буквата на вид спорт:

Колона А	Колона Б
1. Аеробно енергоосигуряване	а) ски-бягане
2. Анаеробно енергоосигуряване	б) борба
3. Смесено енергоосигуряване	в) висок скок

1.
2.
3.

11. В лявата колона са изброени системите за енергоосигуряване, а в дясната са посочени изходните им енергийни вещества. Намерете съответствието между тях, като свържете името на системата за енергоосигуряване със съответните изходни вещества:

1. Система за незабавно енергоосигуряване

Аденозинтрифосфат
(АТФ). КФ

2. Система за краткотрайно енергоосигуряване

Глюкоза, мастни
киселини

3. Система за дълготрайно енергоосигуряване

Глюкоза

12. В спортната практика у нас се използва следната биохимична класификация на физическите натоварвания:

1. Аеробно-алактатни
2. Анаеробно-лактатни (гликолитични)
3. Смесени (аеробно-анаеробни)
4. Аеробни

За коя от горепосочените в биохимична класификация се отнася текстът?

„Високоинтензивни краткотрайни натоварвания с продължителност до 8–10 сек. При тях енергията за извършване на мускулна работа се осигурява предимно от разграждането на АТФ и КФ. Такива са например тренировъчните натоварвания при спринтовите дисциплини.“

Отговор:

ТЕСТ № 2. БИОХИМИЧНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАТОВАРВАНИЯ. СИСТЕМИ ЗА ЕНЕРГООСИГУРЯВАНЕ

1. Посочете правилната биохимична класификация на физическите натоварвания, които се използват в спортната практика у нас:

- ☐ А) анаербно-алактатни; анаеробно-лактатни (гликолитични); смесени (аеробно-анаеробни); аеробни
- ☐ Б) анаеробно-алактатни; анаеробен ресинтез; смесени (аеробно-анаеробни); енергоосигуряващи
- ☐ В) аеробни; смесени; бързи; бавни

2. Анаеробно-алактатните физически натоварвания се характеризират с:

- ☐ А) висока интензивност, краткотрайни натоварвания, а енергията се осигурява основно от разграждане на запаси от АТФ и КФ
- ☐ Б) високоинтензивни, с енергия основно от анаеробна гликолиза. Те са с най-голямо повишаване на лактат в кръвта
- ☐ В) продължителност от 60 сек до 2–4 мин, със значително повишаване на лактат в кръвта
- ☐ Г) енергоосигуряването на мускулната работа се осъществява основно от аеробни процеси

3. От изброените примери посочете този с характеристика на смесени натоварвания:

- ☐ А) за бяганията на 800 м в леката атлетика и за плуването на 400 м времетраенето е между 60 и 2–4 мин
- ☐ Б) за спринтовите дисциплини времетраенето е с продължителност от 8–10 сек
- ☐ В) ски-бяганията на 15 км и маратоните се характеризират със стабилност на биохимичните и физиологичните показатели

4. Креатинфосфатът осигурява енергия за извършване на мускулна работа при:

- ☐ А) спринтови дисциплини
- ☐ Б) аеробни натоварвания
- ☐ В) смесени натоварвания
- ☐ Г) гликолитични натоварвания

5. Посочете кои са основните източници на енергия в живите организми:

- ☐ А) АТФ, КФ, въглехидрати, мазнини
- ☐ Б) АМФ, витамини, минерали
- ☐ В) храна, енергийни напитки

6. Основните механизми за ресинтез на АТФ са:

- ☐ А) анаеробен и аеробен
- ☐ Б) анаболитен и катаболитен
- ☐ В) бета-окисление и цикъл на Кребс

7. Креатинфосфокиназната реакция $\text{КФ} + \text{АДФ} \rightarrow \text{АТФ} + \text{К}$ протича под действието на ензима креатинкиназа и се включва в действие при:

- ☐ А) недостиг на кислород
- ☐ Б) достатъчно снабдяване с кислород
- ☐ В) аеробна гликолиза

8. Системата за краткотрайно енергоосигуряване обезпечава с енергия мускулната работа в рамките на:

- ☐ А) между 60 и 90 секунди
- ☐ Б) 2 часа
- ☐ В) 7 секунди

9. Посочете за коя система се отнася твърдението:

„Енергията, отделена при разграждането на натрупаните в мускулните влакна запаси от АТФ и КФ“, е характерен белег за“:

- ☐ А) системата за незабавно енергоосигуряване
- ☐ Б) системата за краткотрайно енергоосигуряване
- ☐ В) системата за дълготрайно енергоосигуряване

10. Вярно ли е твърдението: „При по-продължителни (аеробни) натоварвания до 98% от енергийните нужди се обезпечават чрез системата за краткотрайно енергоосигуряване“:

- ☐ А) не
- ☐ Б) да

11. Вярно ли е твърдението: „При къси спринтови отсечки (2–7 сек) в хоккей на лед, футбол, баскетбол и др. енергията се доставя главно от АТФ-КФ системата и дялът на аеробната система е незначителен (под 10%)“:

- ☐ А) да
- ☐ Б) не

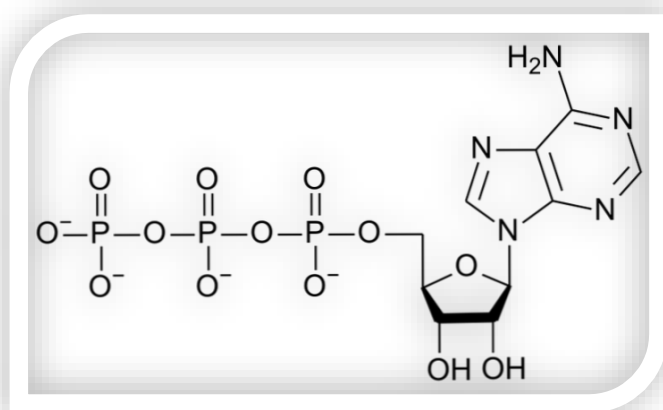
12. Количеството на енергията, необходима по време на физическите натоварвания, зависи от и

- ☐ А) интензитета/продължителността му
- ☐ Б) вида спорт/упражняваната дисциплина
- ☐ В) издръжливостта на спортиста/опита му

13. Посочете кои характеристики се отнасят за анаеробно-алактатните натоварвания: (Изберете максимум 4 отговора.)

- ☐ А) продължителност 8–10 сек
- ☐ Б) използване на системата за незабавно енергоосигуряване
- ☐ В) продължителност 2–4 мин
- ☐ Г) използва се системата за краткотрайно енергоосигуряване
- ☐ Д) протича с участие на кислород
- ☐ Е) протича без участие на кислород
- ☐ Ж) повишава се лактатът в кръвта
- ☐ З) няма повишаване на лактата в кръвта
- ☐ И) пример са спринтовите дисциплини
- ☐ К) пример е плуването на 200 м

14. Посочете молекулата на кое съединение е изобразена на схемата:



☐ А) АМФ

☐ Б) АДФ

☐ В) АТФ

15. Определете кой тип мускулни влакна се характеризират с:

- висока АТФ-азна активност
- висока активност на гликолитични ензими
- ниска активност на окислителните ензими
- приспособяват се към мускулна работа в анаеробни условия

Отговор:,

ЛИТЕРАТУРА

- Ася Драгоева. Въведение в клетъчната биология, изд. Тензо-02, 2016, Шумен, ISBN 978-619-90537-0-6
- Георги Марков. Тайните на клетката, изд. Народна просвета, 1984, ISBN 953-2779-41-1
- Георги Чалдъков. Клетъчна биология, изд. МУ „Проф. д-р П. Стоянов“, Варна, 2014, ISBN 9786197137378
- Кирана Данчева. Клетъчна биоенергетика, изд. Медицина и физкултура, София, 1971.
- Мариан Драганов, Никола Попов. Клетъчна биология, УИ „Паисий Хилендарски“, 2022, ISBN 9786192027841
- Николина Кръстева. Биологичното окисление, изд. Тип-Топ Прес, 2020, ISBN 9789547232372
- Петър Атанасов. Молекулни основи на храненето. 2015, ISBN 9789549977646
- Петър Атанасов. Генен допинг. 2020, ISBN 9789549977813
- Рене Фестър Крац. Биология For Dummies, изд. Алекс Софт, 2019, ISBN 9789546563705
- Снежана Томова, Наташа Вълчева. Александър Панайотов. Дайджест по биология (I и II част), изд. Модул, София, 1994, ISBN 954-8433-06-6