

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет біології, географії і екології  
Кафедра біології людини та імунології

**ПОКАЗНИКИ БІЛКОВОГО ОБМІНУ (КРЕАТИНІН) ЛЮДЕЙ  
В УМОВАХ ВИКОРИСТАННЯ ОЗДОРОВЧОГО ФІТНЕСУ**

Кваліфікаційна робота (проект)  
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: студентка 411 групи  
Спеціальності: 091 Біологія  
Освітньо-професійної програми Біологія  
Панкратова Марія  
Керівник к.б.н., доцент Головченко І.В.  
Рецензент д.б.н., професор Бойко М.Ф.

Херсон – 2020

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ I ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКІВ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Будова та біологічна роль білків.....	5
1.2. Розщеплення білків в шлунково-кишковому тракті людини....	12
1.3. Характеристика окремих білків, що беруть участь в забезпеченні м'язової роботи.....	13
<b>РОЗДІЛ II БІЛКОВИЙ ОБМІН ПІД ЧАС ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....</b>	<b>18</b>
2.1. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка.....	18
2.2. Біохімічні показники білкового обміну при фізичному навантаженні.....	21
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>32</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>34</b>

## ВСТУП

Під час зайняття спортом в організмі людини відбувається ряд адаптивних процесів, які допомагають пристосуватися до умов систематичних фізичних навантажень [19].

На сьогоднішній день, що не може не радувати, велика кількість людей починає займатися спортом і саме завдяки цьому в науковій літературі з'являються дослідження пов'язанні зі здоров'ям та здоровим способом життя. Особливо велику значущість в цьому напрямку мають питання ефективності фізкультурно-оздоровчих занять (занять фітнесом) для поліпшення показників фізичного стану. Проблему фізкультурнооздоровчої діяльності в сфері фітнес-індустрії останнім часом обговорюють все частіше [14, 29, 35]. Більшість цих досліджень пов'язані з морфофункціональними змінами, що найбільше цікавить людей, які прийшли займатися спортом в центри оздоровлення. Біохімічні показники дозволяють вже на ранній стадії діагностувати ознаки перевтоми і вносити корективи в тренувальний процес, застосовувати необхідні реабілітаційні засоби [5, 6, 12, 42, 45]. Це цілком закономірно з позиції функціональної системи гомеостазу та досягнення корисного пристосувального ефекту за рахунок взаємодії сукупності систем організму [10, 50].

Пристосування організму до напруженої м'язової діяльності супроводжується глибокою біохімічною перебудовою в клітинах скелетних м'язів, серця, нервової системи та інших внутрішніх органів [2, 33]. Гомеостатичні механізми можуть компенсувати наслідки далеко не всіх м'язових напружень. У ряді випадків вони можуть виявитися неспроможними [39]. В даний час очевидні негативні наслідки неадекватних фізичних навантажень і зростаюча необхідність в їх ліквідації та профілактики [15].

Біохімічні показники дозволяють вже на ранній стадії діагностувати

ознаки перетому і вносити корективи в тренувальний процес, застосовувати необхідні реабілітаційні засоби [3, 4, 16]. Це цілком закономірно з позиції функціональної системи гомеостазу та досягнення корисного пристосувального ефекту за рахунок взаємодії сукупності систем організму [5, 13, 50].

Метою роботи було дослідження показників білкового обміну, на прикладі креатиніну, під час фізичного навантаження.

Об'єкт дослідження: фізичні навантаження.

Предмет дослідження: показники білкового обміну при фізичному навантаженні.

Завдання дослідження:

1. Ознайомитися з будовою та біологічною роллю білків.
2. Дослідити окремі білки, що беруть участь в забезпеченні м'язової роботи.
3. Розглянути питання, щодо впливу фізичних навантажень на біосинтез білка.
4. Дослідити біохімічні показники білкового обміну при фізичному навантаженні.

## РОЗДІЛ І

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКІВ

#### 1.1. Будова та біологічна роль білків

Вміст білків в організмі дорослої людини становить в середньому 45% сухої маси тіла (12-15 кг). Найбільше їх у скелетних м'язах - 80% сухої маси або 35% загальної маси білка організму. Іноді білки називають протеїнами (від грец. Proteus - перший, головний), визначаючи тим самим їх найважливішу роль в життєдіяльності всіх організмів.

Найважливішими хімічними елементами всіх білків є вуглець, кисень, водень, азот, сірка. У складі білків виявлені також фосфор, залізо, йод, мідь, марганець та інші хімічні елементи. Для побудови всіх білків в організмі людини використовується 20 різних амінокислот, які розрізняються радикалами (R) і мають таку загальну формулу:



Частина амінокислот (9 у дорослих та 10 у дітей) не синтезуються в тканинах і мають назву незамінних. Решта амінокислот синтезуються в тканинах (замінні). До незамінних амінокислот належать такі: метіонін, лізин, лейцин, ізолейцин, валін, гістидин, треонін, триптофан, фенілаланін, аргінін (у дітей). Ці амінокислоти повинні надходити в організм з їжею. Білки їжі, що містять усі незамінні амінокислоти, називають повноцінними білками. Це, в основному, тваринні білки (м'ясо, яйця, риба) [2, 12, 23, 27, 33].

Амінокислоти не тільки використовуються для синтезу білка. Вони виконують багато самостійних функцій: є нейромедіаторами (гліцин,

глутамат та ін.), попередниками синтезу ряду гормонів, зв'язують та знешкоджують  $\text{NH}_3$  (аспарагінова) тощо.

Хімічно чисті амінокислоти являють собою білі зі слабким запахом несмачні порошки. Однак солі деяких амінокислот мають смак і запах. Так, наприклад, натрієва сіль глутамінової кислоти має смак і запах курячого бульйону, тому використовується як харчова приправа. Більшість амінокислот розчинні у воді і нерозчинні в органічних розчинниках. Амінокислоти у водних розчинах дисоціюють на іони. У водних розчинах можуть взаємодіяти як з кислотами, так і з основами. В залежності від кількості аміно- або карбоксильних груп амінокислоти можуть мати позитивний заряд на молекулі і проявляти основні властивості (аргінін, лізин, гістидин) або негативний заряд і проявляти кислотні властивості (аспарагінова і глутамінова кислоти). Амфотерні властивості амінокислот впливають на кислотно-основні властивості білків і їх біологічні функції, особливо на їх буферну дію. Ефективним буфером в еритроцитах крові є білок гемоглобін, який містить велику кількість залишків гістидину, яка і надає цьому білку значну буферну ємність при нейтральних значеннях рН.

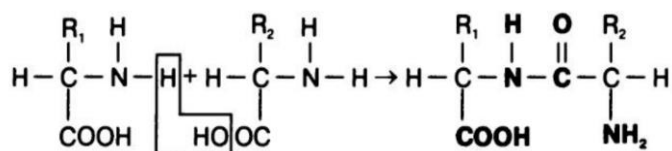
У клітинах організму існує певний метаболічний рівень амінокислот, який включає амінокислоти, що утворилися при розпаді білків їжі і тканинних білків, а також знову синтезовані (замінні) амінокислоти. Більшою мірою амінокислоти використовуються для синтезу білків тіла, в меншій - для синтезу інших азотвмісних сполук. Амінокислоти можуть перетворюватися в вуглеводи або жирні кислоти, холестерин і кетонів тіла, а також окислюватися з виділенням енергії до  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , які будуть кінцевими продуктами [7, 15, 25, 29, 44].

З окремих амінокислот синтезуються багато біологічно активних речовин: гормони, коферменти, біогенні аміни. Так, з природних амінокислот синтезуються гормони катехоламіни (адреналін і норадреналін) і тироксин. Амінокислота аланін входить до складу

коферменту ацетилювання (КоА). Метіонін використовується для синтезу нейромедатора ацетилхоліну, який відіграє важливу роль у функції нервової системи. Застосовується він при лікуванні захворювань нервової системи і для поліпшення відновних процесів, в тому числі і в спортивній практиці.

При декарбоксілюванні амінокислот утворюються біогенні аміни. Основними біогенними амінами є гамма-аміномасляна кислота, гістамін, серотонін та креатин. Гістамін утворюється в різних тканинах при декарбоксілюванні гістидину і тому називається тканинним гормоном. Він викликає розширення дрібних кровоносних судин і звуження великих, а також скорочення гладких м'язів внутрішніх органів. Гістамін бере участь у виникненні больового синдрому, стимулює утворення соляної кислоти в шлунку. Серотонін утворюється з триптофану. Він бере участь в регуляції артеріального тиску, температури тіла, частоти дихання, ниркової фільтрації. У великих дозах серотонін стимулює, а в малих - пригнічує діяльність ЦНС. Креатин синтезується в тканинах з замінних амінокислот аргініну і гліцину. Під дією креатинкінази і АТФ він перетворюється в креатинфосфат, який використовується для ресинтезу АТФ в м'язах. Кількість креатинфосфату пропорційно м'язовій масі. Креатин і креатинфосфат перетворюються в креатинін, який виводиться з сечею. Кількість креатиніну, що виділяється з організму, пропорційно загальному вмісту креатинфосфату і може використовуватися для характеристики маси м'язів. При зменшенні м'язової маси зменшується також вміст креатиніну в сечі [1, 17, 28, 37, 43].

Білки називають ще поліпептидами, оскільки всі амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком. Пептидний зв'язок утворюється між аміногрупою ( $\sim\text{NH}_2$ ) одної амінокислоти та карбоксильною групою ( $-\text{COOH}$ ) іншої амінокислоти з утворенням певного дипептиду:

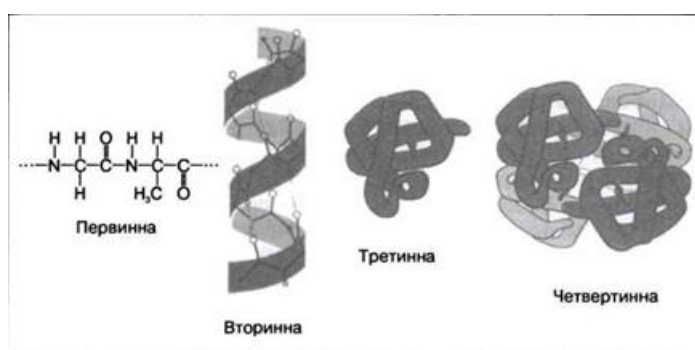


Якщо з'єднується декілька амінокислот (2-50), то утворюються пептиди.

Залежно від хімічного складу білки бувають складні та прості. Якщо білок складається лише з амінокислот, серед яких є розчинні у воді (гістони, альбуміни, фібриноген) і нерозчинні (глобуліни, міозин, колаген, осейн, кератин) такі білки будуть простими. Складні білки складаються з білкової і небілкової частин. Небілкова частина може бути представлена: вуглеводами, нуклеїновими кислотами, ліпідами, фосфорною кислотою, пофарбованими (хромо-) речовинами. Залежно від природи небілкової частини складні білки діляться на глікопротеїди, нуклеопротейіни, ліпопротеїди, фосфопротейіди, хромопротеїди. Всі вони виконують різноманітні функції в організмі [7, 11, 22, 26, 34, 39].

Виділяють чотири структури білка (рис. 1.1.):

Первинна структура зумовлена певною послідовністю амінокислот у білку, що закодована у генах і визначає характер більш складних просторових структур.



**Рис. 1.1. Чотири рівні структури молекули білка**

Вторинна структура - це формування білкового ланцюга у вигляді спіралі за рахунок водневих зв'язків між групами атомів у молекулі.

Третинна структура - це компактніше формування молекули білка у



вигляді кульки (глобули) чи нитки (фібрили), що визначає його властивості та біологічну роль.

Окремі білки мають четвертинну, найскладнішу, структуру, що утворюється шляхом об'єднання декількох субодиниць білка.

Залежно від третинної структури білки можуть мати ниткоподібну (фібрилярну) і кулясту (глобулярну) форму. Фібрилярні білки є структурним або скорочувальним матеріалом організму. Наприклад, колаген входить до складу сухожиль, хрящів, шкіри і бере участь в утворенні скелета, а міозин є скорочувальним білком м'язів. Ці білки не розчиняються у воді. Глобулярні білки здатні легко пересуватися і проникати через стінки кровоносних капілярів. Вони розчиняються у воді і містяться в рідких середовищах організму. Глобулярними є білки імунної системи (антитіла), скоротливий білок м'язів актин, всі ферменти, а також гемоглобін, міоглобін і багато інших білків [5, 14, 21, 22, 37, 49].

Глобулярні білки можуть перетворюватися в фібрилярні. Така зміна форми білка впливає на його властивості (розчинність, специфічну функцію). Глобулярні білки при переході в фібрилярні стають нерозчинними і погано перетравлюються, а ферменти втрачають каталітичну функцію.

Біологічна активність залежить не тільки від будови молекул білків, але і від хімічних властивостей. Основними фізико-хімічними властивостями білків є: розчинність в воді, здатність утворювати гелі, денатурація, амфотерність, буферна дія та ін.

Розчинність більшості білків у воді здійснюється завдяки здатності зв'язувати воду: вона збільшується при невеликих концентраціях нейтральних солей і зменшується при їх високих концентраціях. Водні розчини білків представляють собою колоїди.

Здатність утворювати гелі або згустки має велике фізіологічне значення, оскільки надає їм високу пружність або еластичність (білки

колаген та еластин, актоміозіновий комплекс). Гелі - це структурні об'єднання білків (сітки), в яких внутрішній простір заповнений великою кількістю води.

Коагуляція (від лат. *coagulatio* - згортання, згущення) - це укрупнення частинок в колоїдних системах, яке може супроводжуватися утворенням коагулянту (щільного згустку). Іноді це призводить до утворення суцільних об'ємних структур (желатинування).

Денатурація - це порушення нативної структури білків під впливом різних факторів, що приводить до втрати його біологічної активності. Денатурація спостерігається при нагріванні, зміні рН середовища, ультрафіолетовому та іонізуючому опроміненню, механічному впливі солей важких металів, спирту, ацетону [7, 14].

Амфотерні властивості білків проявляються завдяки наявності вільних  $-NH_2$  і  $-COOH$  груп. У кислому середовищі білки можуть дисоціювати, як основи, а в лужному - як кислоти. При взаємодії з кислотами і основами білки утворюють солеподібні з'єднання, здатні випадати в осад. На цьому заснований один з методів виділення білків - осадження шляхом висолювання. Амфотерність білків використовують при поділі їх на окремі фракції (метод електрофорезу) з метою діагностики різних захворювань і контролю за змінами функціональних станів.

Буферну дію білків (підтримання в тканинах організму сталої рН) характерно для небагатьох білків. До таких, зокрема, відноситься гемоглобін - сильний внутрішньоклітинний буфер в еритроцитах, а також окремі білки плазми крові і дипептид карнозин.

Біологічна роль білків:

1. Структурна (пластична). У комплексі з ліпідами білки складають структуру всіх клітинних мембран і основу цитоплазми клітин.

2. Каталітична. Цю функцію виконують специфічні білки-ферменти, що регулюють обмін речовин і енергії в організмі. Якщо ферменти не

працюють в клітині, то біохімічні реакції не протікають і жива клітина може загинути.

3. Скорочувальна. Всі види скорочення і руху скелетних м'язів, міокарда та інших скорочувальних тканин забезпечують скоротливі білки актин і міозин.

4. Транспортна. Білки здатні зв'язувати і транспортувати з потоком крові або через клітинні мембрани окремі молекули і іони.

5. Захисна. Білки імунної системи гаммаглобуліни "дізнаються" і пов'язують чужорідні речовини, що надходять в організм, захищаючи тим самим його від вірусів, бактерій і клітин інших організмів.

6. Гормональна, або регуляторна. Високоспецифічні білки-гормони регулюють обмін речовин.

7. Рецепторная. Багато білків є рецепторами гормонів, нейромедіаторів, інших біологічно активних речовин.

8. Передача спадкової інформації. Білки входять до складу хромосом і беруть участь у відтворенні генетичної інформації, в регуляції процесів росту і розмноження.

9. Опорна. Пружність і міцність кісток скелета, шкіри, сухожиль забезпечують переважно білки колаген та еластин.

10. Енергетична. Близько 10-15% енергоспоживання організму забезпечується білками. При окисленні 1 г білків виділяється 17 кДж (4,1 ккал) енергії [9, 14, 20, 25].

Добова потреба дорослої людини у білках становить близько 1,3 г на 1 кг маси тіла або 90-105 г. Фізіологічний мінімум білка становить 0,8 г на 1 кг маси тіла (за рекомендаціями ВООЗ). Для людей, які займаються спортом та важкою фізичною працею, норма споживання білка збільшується залежно від спортивної спеціалізації та енергетичних витрат. Для спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту з проявом витривалості, потреба в білках становить 1,8 г\*кг<sup>1</sup> на добу, тоді як для силових видів спорту - 3 г\*кг<sup>1</sup>. Але надлишкове надходження білка -

понад  $2,5 \text{ г*кг}^{-1}$  для звичайних людей та  $4-5 \text{ г*кг}^{-1}$  для спортсменів недоцільне, тому що викликає перевантаження системи травлення, збільшує вміст метаболітів білкового обміну у крові і не поліпшує функціональний стан організму, як і недостатнє їх споживання [10, 21].

## **1.2. Розщеплення білків в шлунково-кишковому тракті людини**

Слина ротової порожнини не містить гідролітичних ферментів, тому білки не розщеплюються. Хімічне розщеплення білків їжі починається у шлунку, де є для цього умови: кисле середовище шлункового соку (рН дорівнює 1,0-2,0) та активний фермент пепсин, що утворюється із неактивного пепсиногену. Перетворення відбувається під дією хлоридної кислоти (HCl), що утворюється в шлунку під час надходження їжі. Більшість ферментів, які розщеплюють білки у травній системі, утворюються в неактивній формі. Це запобігає їх дії на білки стінок органів травлення. Активуються ферменти різними механізмами: протеолізом (відщепленням частини білкової молекули), дією інших ферментів-активаторів (ентерокіназа). Білки їжі затримуються в шлунку до 4-6 год і більше. Закінчується розщеплення білків їжі до амінокислот у дванадцятипалій кишці під дією ферментів трипсину та хімотрипсину, а також дипептидаз. Амінокислоти всмоктуються у кров. Частина білків, що не встигли розщепитися, затримуються в товстому кишечнику декілька діб і починають розкладатися з утворенням токсичних речовин.

За допомогою ферменту шлункового соку пепсину, який під дією соляної кислоти утворюється з пепсиногену, відбувається перетравлення білків. Для пепсина найкраще середовище, щоб він проявляв максимальну ферментативну активність, є агресивно кисле середовище при рН 1-2. Крім того, під впливом соляної кислоти відбувається часткова денатурація білків, якраз і відбувається під дією соляної кислоти, що призводить до збільшення поверхні зіткнення ферменту з

білками. Пепсин, в свою чергу, розщеплює пептидні зв'язки білків, завдяки чому, білок розщеплюється на простетичні групи та високомолекулярні пептиди [4, 10, 18, 25, 39, 44].

Далі зі шлунку пептиди потрапляють у дванадцятипалу кишку де піддаються розщепленню під дією трипсину і хімотрипсину, які входять до складу кишкового соку та підшлункової залози. Вже в дванадцятипалій кишці, ферменти досит добре активні тільки в лужному середовищі при рН 7,8. Пептиди бід дією даних ферментів розщеплюються до деяких вільних амінокислот та олігопептидів. Вже остаточне розщеплення низькомолекулярних пептидів проходить в тонкому кишечнику під дією ферментів карбоксипептидази, амінопептидаз та дипептидаз. Далі амінокислоти і прості пептиди всмоктуються в кров.

Ті білки, які не розщепилися в тонкому кишечнику, остаточно розщеплюються в товстому під дією пептидаз, які утворюються під дією мікрофлорою. Саме тут під час розщеплення утворюються токсичні речовини: фенол, крезол, індол, сірководень, які піддаються знешкодженню в печінці [11, 16, 25, 38, 40].

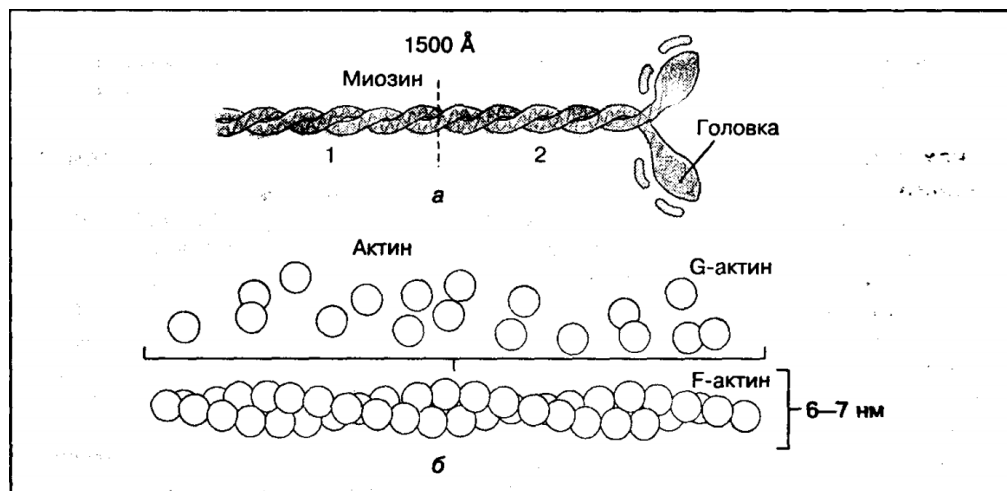
### **1.3. Характеристика окремих білків, що беруть участь в забезпеченні м'язової роботи**

Скоротливі білки. Клітини скелетних м'язів і інших тканин, які забезпечують процеси руху, містять скоротливі білки - міозин і актин.

Міозин є високомолекулярним фібрилярні білком нитка якого досить довга і неоднорідна. Вона має потовщення - головку і довгий хвіст, що складається з двох поліпептидних ланцюгів, закручених щодо один одного в подвійну спіраль. Головка має глобулярную форму і виступає щодо основної частини білка. На ній знаходяться центри зв'язування з актином і з АТФ. Частина молекули міозину в області

головки має ферментативну аденозинтрифосфатазну активність (АТФ-аза). Довгий "хвіст" молекули міозину складається з легкого (1) і важкого (2) мероміозину. Останній має гнучкі шарнірні ділянки, які відіграють важливу роль в утворенні товстих міозинових ниток міофібрил і в скороченні м'язів. Численні молекули міозину утворюють товсті нитки в міофібрилах скелетних м'язів (рис. 1.2.).

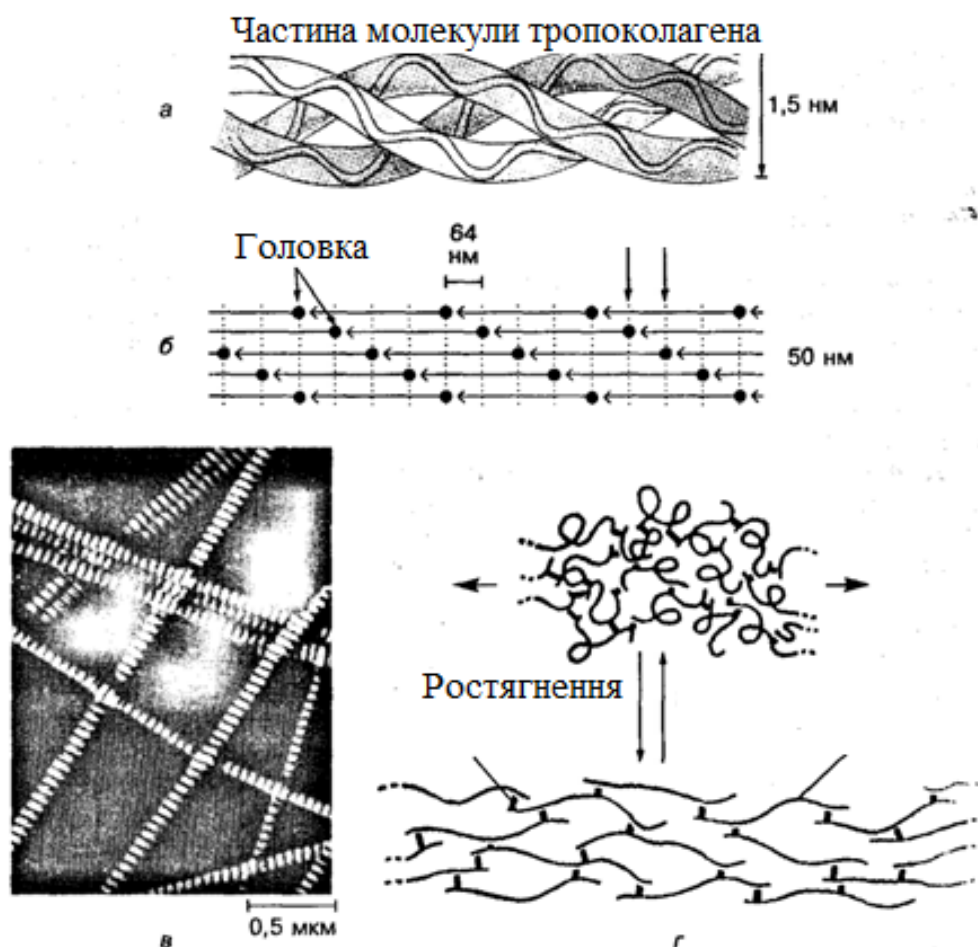
Актин - це високомолекулярний білок з молекулярною масою 46000. Він існує в двох формах: глобулярній (G-актин) і фібрилярній (F-актин). Ці форми актину можуть взаємозамінюватися. G-актин здатний міцно зв'язувати іони  $\text{Ca}^{+2}$  і одну молекулу АТФ або АДФ. Розщеплюючи АТФ, G-актин перетворюється в полімер фібрилярної структури. Такий перехід здійснюється в присутності іонів  $\text{K}^{+}$  і  $\text{Mg}^{+2}$ . У скелетних м'язах фібрилярна форма актину утворює двохланцюгову скручену нитку, яка є основою тонкої нитки міофібрил [3, 17, 25, 37, 43].



**Рис. 1.2. Будова міозину (А) та актину (Б)**

Білки сполучної тканини. Колаген - це найбільш поширений фібрилярний білок організму. Він включає ціле сімейство білків зі складною будовою і різними функціями. Колагени не розчиняються у воді і мають високу міцність на розрив. Особливість колагенів полягає в тому, що вони не здатні розтягуватися. Безліч молекул колагену об'єднуються у вигляді паралельних повторюваних пучків, зміщених

одна відносно одної, утворюючи колагенові фібрили. Між окремими фібриллами є поперечні водневі зв'язки, завдяки чому утворюються практично не розтяжні волокна (рис. 1.3.).



**Рис. 1.3. Будова молекули колагена (А), колагенових фібрил (Б), колагенових волокон сполучної тканини (В) та молекули еластина (Г).**

З віком у людини утворюється все більше поперечних зв'язків в колагенових волокнах, в результаті чого збільшується жорсткість і крихкість кісток, сухожилів, знижується прозорість рогівки ока. Еластин у великій кількості знаходиться в зв'язках, стінках великих судин, особливо в аорті, а також в інших еластичних тканинах. Фібрили еластину складаються з субодиниць - тропоеластіна, які з'єднані між собою поперечними зв'язками і утворюють мережу, здатну виявляти

велику пружність. Завдяки специфічному об'єднанню поліпептидних ланцюгів за участю амінокислоти десміна еластичні волокна можуть розтягуватися в кілька разів і повертатися до вихідної довжини при закінченні навантаження. Відмінності в фізичних властивостях еластину і колагену обумовлені особливістю їх амінокислотної послідовності [5, 21, 27, 30].

Білки - переносники кисню. В процесі еволюції в живих організмах з'явилися спеціальні молекули - переносники кисню, які пов'язують і доставляють кисень до клітин різних органів, де він використовується в процесах біологічного окислення речовин. В організмі людини такими переносниками служать два білка - гемоглобін і міоглобін.

Гемоглобін знаходиться в еритроцитах крові і здійснює транспорт кисню та вуглекислого газу. Молекула гемоглобіну має четвертинну структуру і складається з чотирьох білкових субодиниць кожна з яких має характерну для неї третинну структуру і небілкову частина. Небілкова частина гемоглобіну називається гемом, а білкова - глобіном.

Міоглобін - це киснево-транспортний білок м'язів, який знаходиться переважно в повільноскорочувальних волокнах, надаючи їм червоне забарвлення. Складається він з одного поліпептидного ланцюга подібно субодиниці гемоглобіну, і небілкової частини - гема. Міоглобін легше, ніж гемоглобін, зв'язує кисень і транспортує його до місць використання - мітохондрій. М'язи, поглинаючи кисень з крові, накопичують його у вигляді оксиміоглобіну. Таким чином міоглобін створює резерв кисню в м'язах, який використовується для посилення окислювальних процесів, наприклад при фізичній роботі.

В останні роки особливий інтерес викликають внутрішньотканинні пептиди організму, які складаються з невеликої кількості амінокислот і виконують самостійні специфічні функції. Їх називають вільними, або природними пептидами.

До вільних пептидів відносяться деякі внутрішньотканинні



гормони, нейропептиди, а також такі біологічно активні речовини, як глутатіон, ансерін, карнозин, таурин і багато антибіотиків [26, 31, 47].

Нейропептиди або так звані опіодні пептиди знаходяться в мозку у вигляді ендорфінів, енкефалінів, динорфінів і ін. Вони впливають на передачу нервових імпульсів в ЦНС, беруть участь в біохімічних механізмах вироблення умовних рефлексів, що забезпечують поведінку людини, його емоцій, стресові реакції. Ряд нейропептидів володіє потужною знеболюючою дією, майже в 30 разів перевищує дію морфіну. Фактично, це фізіологічні допінги.

Глутатіон є трипептид, що містить вільні сульфгідрильні групи (SH), які беруть участь в окисно-відновних процесах. Глутатіон має виражену антиоксидантну дію, так як посилює розщеплення перекису ( $H_2O_2$ ) в тканинах, особливо в мозку і крові. Як фармакологічний препарат він рекомендується для використання в якості антиоксиданту.

Дипептиди карнозин і ансерін містяться в скелетних м'язах, де виконують функції внутрішньоклітинних буферів.

Останнім часом з тканин виділено пептид таурин. Це сіркомісний амін, що утворюється в тканинах в процесі ферментативного перетворення амінокислоти цистеїну. Таурин регулює обмін холестерину, надає протирадіаційну дію, тому широко застосовується в клінічній практиці [4, 17, 22, 29, 39].

## РОЗДІЛ II

### БІЛКОВИЙ ОБМІН ПІД ЧАС ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

#### 2.1. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка

Одноразові фізичні навантаження пригнічують синтез білка у тканинах, особливо у скелетних м'язах, тому що не вистачає енергії АТФ та порушується обмін речовин. При цьому прискорюється розпад структурних білків, а в окремих випадках і скоротливих білків м'язів. У крові накопичуються амінокислоти, що підлягають дезамінуванню чи окисненню для забезпечення енергії. Ступінь пригнічення біосинтезу білка у тканинах залежить від інтенсивності та тривалості фізичних навантажень, а також від тренуваності організму. Під час виконання інтенсивної м'язової роботи у субмаксимальній та великій зонах потужності у результаті закиснення внутрішнього середовища спостерігається вихід білків плазми з сечею. Чим більшою була потужність роботи, тим, більший його вміст у сечі.

У результаті систематичних спортивних тренувань у скелетних м'язах, інших тканинах збільшується вміст структурних та скоротливих білків, білків-ферментів та міоглобіну. Це можливо за рахунок адаптивної активації всіх ланок біосинтезу білка, що є метаболічною основою розвитку термінової та тривалої адаптації до фізичних тренувань. У швидко-силових видах спорту спостерігається гіпертрофія м'язових волокон - збільшення м'язового поперечника на 9-23% вже після 3-5 міс тренувань. В окремих випадках у культуристів обхват м'язів плеча збільшується на 70-76%. Гіпертрофія спостерігається більшою мірою у швидко скоротних м'язових волокнах [5, 15, 24, 39, 43, 48].

При адаптації до фізичних тренувань з проявами витривалості

спостерігається збільшення вмісту білків-ферментів, які каталізують процеси біологічного окиснення, мітохондрій та їх щільності, а також міоглобіну в м'язових волокнах, що скорочуються повільно. Це веде до поліпшення механізму аеробного енергоутворення та підсилення адаптативного біосинтезу білка у м'язах, що створює метаболічні основи високої аеробної фізичної працездатності.

Білки вносять незначний вклад в енергетику м'язової діяльності, оскільки забезпечують тільки 10-15% загального енергоспоживання організму. Проте вони грають важливу роль в забезпеченні скорочувальної функції скелетних м'язів і серця, в формуванні довгострокової адаптації до фізичних навантажень, створенні певного композиційного складу м'язів. Фізичні навантаження викликають зміни в процесах синтезу і розпаду білків у тканинах, особливо в скелетних м'язах і печінці, ступінь вираженості яких залежить від інтенсивності і тривалості фізичних навантажень, а також від тренуваності організму. Зміна внутрішньтканинного обміну білків визначають зазвичай по концентрації в крові окремих незамінних амінокислот, які в організмі не синтезуються і утворюються при розпаді тканинних білків. Як специфічний показника розпаду скорочувальних білків актину і міозину використовується 3-метилгістидін [4, 22, 43, 46].

Одноразові фізичні навантаження викликають пригнічення синтезу білка і посилення їх катаболізму. Так, наприклад, при бігу протягом години швидкість синтезу білка в печінці знижувалася на 20%, а при граничній роботі - на 65%. Така закономірність спостерігається і в скелетних м'язах. Під впливом фізичних навантажень посилюється розпад м'язових білків (переважно структурних), хоча окремі види навантажень підсилюють розпад і скорочувальних білків.

При систематичних фізичних навантаженнях в м'язах і інших тканинах активується адаптивний синтез білка, збільшується вміст структурних і скорочувальних білків, а також міоглобіну і багатьох

ферментів. Це призводить до збільшення м'язової маси, поперечного перерізу м'язових волокон, що розглядається як гіпертрофія м'язів. Збільшення кількості ферментів створює сприятливі умови для розширення енергетичного потенціалу в працюючих м'язах, що, в свою чергу, посилює біосинтез м'язових білків після фізичних навантажень і покращує рухові здібності людини. Навантаження швидкісного і силового характеру посилюють більшою мірою синтез міофібрилярних білків в м'язах, а навантаження на витривалість - мітохондріальних ферментів, що забезпечують процеси аеробного синтезу АТФ. Тип фізичного навантаження (плавання, біг) також багато в чому визначає величину змін білкового синтезу.

Адаптаційні зміни обміну білків при м'язовій діяльності вивчалися А.А. Віру, В.А. Рогозкін, М.М. Яковлєвим та іншими вченими, які прийшли до висновку, що під впливом тренування в скелетних м'язах відбувається адаптивна активація всіх основних ланок синтезу білка, що призводить до загального збільшення клітинного білоксинтезуючого потенціалу. В індукції адаптивного синтезу білка при тренуванні важлива роль належить гормонам: глюкокортикоїди, адреналіну, соматотропіну, тироксину, інсуліну. Вони беруть участь в забезпеченні переходу термінових адаптивних реакцій в довготривалу адаптацію [7, 18, 27, 47, 48].

М.М. Яковлєвим узагальнені можливі шляхи адаптивного протеїносинтезу в м'язах під впливом систематичної м'язової діяльності. Початок біохімічної адаптації пов'язаний з підвищенням активності ряду ферментів і збільшенням кількості енергетичних субстратів. Посилення енергетичного обміну веде до утворення метаболітів - індукторів білкового синтезу на генетичному рівні. Індукторами можуть служити АДФ, АМФ, креатин, деякі амінокислоти, циклічний АМФ і ін. Підвищення активності геному викликає посилення процесів трансляції або синтезу структурних скорочувальних або ферментативних білків,

що, в свою чергу, забезпечує високу функціональну активність м'язів тренованого організму при виконанні м'язової роботи.

Істотний внесок в енергетику м'язової діяльності, особливо тривалої, вносять амінокислоти - продукти розпаду ендогенних білків. Їх кількість в тканинах під час виконання тривалої фізичної роботи може збільшуватися в 20-25 разів. Ці амінокислоти окислюються і заповнюють АТФ або залучаються до процесу новоутворення глюкози і сприяють підтримці її рівня в крові, а також рівня глікогену в печінці і скелетних м'язах. Процеси розпаду білків і окислення амінокислот супроводжуються посиленням утворенням аміаку ( $\text{NH}_3$ ) при м'язової діяльності, який зв'язується в печінці в циклі синтезу сечовини і виводиться з організму[2, 27, 39].

## **2.2. Біохімічні показники білкового обміну при фізичному навантаженні**

**Загальний** білок крові складається з двох фракцій: альбуміни і глобуліни. Він визначає фізико-хімічні властивості крові - щільність, в'язкість, онкотичний тиск. Альбуміни і глобуліни - основні низькомолекулярні білки плазми крові. Виконують різноманітні функції в організмі: входять до складу імунної системи, беруть участь в підтримці рН крові, транспортують різні органічні і неорганічні речовини, використовуються для побудови інших речовин. Співвідношення цих білків змінюється при втомі, багатьох захворюваннях і може використовуватися в спортивній медицині як діагностичний показник стану здоров'я.

Альбуміни - найбільш однорідна фракція білків плазми, підтримують онкотичний тиск. Переносять жирні кислоти, білірубін, солі жовчних кислот, завдяки своїй великій поверхні. Також частково зв'язують іони кальцію. Після виконання фізичного навантаження

концентрація білка в сироватці крові не змінюється.

Альфа-глобуліни - фракція білків, що включає глікопротеїди. Слугують для перенесення вуглеводнів, гормонів, вітамінів і мікроелементів, тригліцеридів, фосфоліпідів, холестерину. Після виконання навантаження спортсменами концентрація альфа-глобулінів в крові, взятої натщесерце, знижується в порівнянні з рівнем спокою, а бета-глобуліни (слугують для транспорту фосфоліпідів, холестерину, стероїдних гормонів, катіонів та заліза), навпаки помітно збільшується. У фракцію гамма-глобулінів входять різні антитіла. Зміст гаммаглобулінів в сироватці крові після фізичного навантаження зменшується [15, 36, 37, 43].

Після виконання фізичного навантаження за наявності певної концентрації білка в сечі судять про його потужність. Так, при роботі в зоні великої потужності вона становить 0,5%, при роботі в зоні субмаксимальної потужності може досягати 1,5%.

У літературі є відомості про те, що збільшення обсягу плазми у спортсменів, що тренуються на витривалість, пов'язане з підвищенням загального вмісту білків в циркулюючій крові. В деяких літературних джерелах спостерігається знижені вмісту загального білка в молодих спортсменів. Ці зміни автори розглядають, як наслідок систематичних занять спортом молодими чоловіками в умовах відносної недостатності харчування, яке не відповідає інтенсивності і силі систематичних фізичних навантажень. У всіх спортсменів у віковій групі 12-18 років були знижені величини показників вмісту загального білка. Отримані результати можуть свідчити про недостатню функціональну зрілість гепатобіліарної системи, підшлункової залози [9, 25, 29, 34, 41].

**Гемоглобін.** Основним білком еритроцитів крові є гемоглобін, який виконує транспортну функцію. Він містить залізо, що зв'язує кисень повітря. При м'язовій діяльності різко підвищується потреба організму в кисні, що задовольняється більш повним вилученням його з крові,

збільшенням швидкості кровотоку, а також поступовим збільшенням кількості гемоглобіну в крові за рахунок зміни загальної маси крові. Концентрація гемоглобіну в крові зростає з ростом рівня тренуваності спортсменів, що тренуються на витривалість. Збільшення вмісту гемоглобіну в крові відображає адаптацію організму до фізичних навантажень в гіпоксичних умовах. Однак при інтенсивних тренуваннях, відбувається руйнування еритроцитів крові і зниження концентрації гемоглобіну, що розглядається як залізодефіцитна "спортивна анемія». В такому випадку слід змінити програму тренувань, а в раціоні харчування збільшити вміст білкової їжі, заліза і вітамінів групи В.

За вмістом гемоглобіну в крові можна судити про аеробні можливості організму, ефективності аеробних тренувальних занять, стан здоров'я спортсмена. Гематокрит - це частка (%) від загального обсягу крові, яку складають еритроцити. Гематокрит відображає співвідношення еритроцитів і плазми крові і при адаптації до фізичного навантаження має виключно важливе значення. Визначення його дозволяє оцінити стан кровообігу в мікроциркуляторному руслі і визначити фактори, що ускладнюють доставку кисню до тканин. Гематокрит при ФН зростає в результаті чого збільшується здатність крові транспортувати кисень до тканин. Однак це має і негативну сторону - призводить до підвищення в'язкості крові, що ускладнює кровотік і прискорює час згортання крові. Підвищення рівня гемоглобіну в крові обумовлено зменшенням плазми крові в результаті трансфузії рідини з кров'яного русла в тканини і виходом еритроцитів з депо [4, 12, 28, 39].

**Ферритин.** Самий інформативний індикатор запасів заліза в організмі, основна форма депонованого заліза. У фізіологічних умовах метаболізму заліза феритин грає важливу роль в підтримці заліза в розчинній, нетоксично та біологічно корисній формі. Під час фізичного навантаження зниження рівня феритину свідчить про мобілізацію заліза

для синтезу гемоглобіну, виражене падіння - про наявність прихованої залізодефіцитної анемії. Підвищений рівень сироваткового феритину відображає не тільки кількість заліза в організмі, але і є ознакою гострофазної відповіді на запальний процес.

**Трансферин.** Плазмовий білок, або глікопротеїн, - основний переносник заліза. Синтез трансферину відбувається в печінці і залежить від її функціонального стану, потреби в залозі і його резервів в організмі. В транспорті заліза, який всмоктався в тонкій кишці, бере участь трансферин переносить його до місця використання (кістковий мозок, печінка, селезінка). При зниженні концентрації заліза синтез трансферину зростає. Зниження відсотка насичення трансферину залізом (наслідок зниження концентрації заліза і зростання концентрації трансферину) вказує на анемію, зумовлену браком надходження заліза. Тривале інтенсивне фізичне навантаження може привести до збільшення вмісту цього транспортного білка в крові. У нетренованих спортсменів фізична робота може викликати зниження його рівня.

**Міоглобін.** У саркоплазмі скелетних і серцевого м'язів знаходиться високоспеціалізований білок, що виконує функцію транспорту кисню подібно гемоглобіну. Під впливом фізичних навантажень, при патологічних станах організму він може виходити з м'язів, що призводить до підвищення його вмісту в крові і появи в сечі (міоглобінурія). Кількість міоглобіну в крові залежить від обсягу виконаного фізичного навантаження, а також від ступеня тренуваності спортсмена. Тому даний показник може бути використаний для діагностики функціонального стану працюючих скелетних м'язів [5, 38, 41, 44].

**Актин.** Вміст актину в скелетних м'язах в якості структурного і скорочувального білка істотно збільшується в процесі тренування. Контроль розвитку швидко-силових якостей спортсмена, можливо було б здійснювати за кількості актина в м'язах, але це все практично



неможливо, бо це визначення пов'язане з методичними труднощами. Поява актину в крові після виконаних фізичних навантажень свідчить про руйнування або оновленні міофібрилярних структур скелетних м'язів.

**Фібриноген.** «Вік людини - є вік його судин» (Демокрит), даної точки зору дотримується більшість сучасних дослідників. Визначення концентрації фібриногену в плазмі крові - найбільш широко використовуваний тест, що застосовується не тільки при діагностиці порушень гемостазу, але і при розпізнаванні і оцінці тяжкості запальних, імунних, деструктивних і неопластичних процесів. Фібриноген (фактор І) - білок, що синтезується в основному в печінці. У крові він знаходиться в розчиненому стані, але в результаті ферментативного процесу, під впливом тромбіну і фактора XIIIа, може перетворюватися в нерозчинний фібрин. Фібрин становить основу при згортанні крові. Фібриноген - чутливий маркер запалення і некрозу тканин, основний білок плазми, що впливає на величину ШОЕ. Зростання концентрації фібриногену в плазмі корелює зі збільшенням ризику ускладнень серцево-судинних захворювань [5, 47].

**Сечовина.** При посиленому розпаді тканинних білків, надлишковому надходженні в організм амінокислот в печінці при зв'язуванні токсичного для організму людини аміаку синтезується нетоксична азотовмісна речовина – сечовина, яка потім надходить у кров і виводиться назовні з сечею. В нормі концентрація сечовини - індивідуальна. Вона може збільшуватися при значному надходженні білків з їжею, при хворобі нирок, а також після тривалої фізичної роботи.

У практиці спорту цей показник широко використовують при оцінці переносимості спортсменом тренувальних і змагальних фізичних навантажень, ходу тренувальних занять і процесів відновлення в організмі. Для того, щоб отримати об'єктивну інформацію потрібно

визначати концентрацію сечовини наступної доби після тренування. Якщо фізичне навантаження відповідає можливостям організму, то вміст сечовини в крові вранці повертається до норми. Пов'язано це з врівноваженням швидкості синтезу і розпаду білків у тканинах, що свідчить про його відновлення. Якщо вміст сечовини на наступний ранок залишається вище норми, то це свідчить про невідновлення організму або розвитку втоми [5, 22, 28, 37, 43].

За зміною вмісту сечовини в крові виділяють три типи реакції організму на навантаження.

- Перший тип. Характерна пряма кореляція між динамікою вмісту сечовини і навантажень. Найбільший вміст сечовини в крові, як правило, не перевищує протягом двох днів підряд середньогрупові нормативи (для чоловіків - 6,6 ммоль / л, для жінок - від 4 до 5 ммоль / л). Пряма кореляція між вмістом сечовини і обсягом навантажень вказує на збалансованість катаболічних і анаболічних процесів, а також свідчить, що навантаження відповідають діапазону функціональних можливостей спортсмена.

- Другий тип. Взаємозв'язок динаміки вмісту сечовини і навантажень порушується: подальше збільшення навантажень призводить до парадоксального зменшення рівня сечовини, іноді нижче вихідного рівня. Подібне зниження слід розцінювати як незавершеність відновних процесів. (Спортсмени, у яких реєструється подібний тип реакції, відзначають труднощі виконання швидкісних навантажень при незадовільному загальному самопочутті.)

- Третій тип. Не спостерігається будь-якої залежності між зміною навантажень і вмістом сечовини. Рівень сечовини протягом двох днів і більше, як правило, вище середньої стандартної норми. Цей тип реакції відзначається в випадках високоінтенсивних навантажень стресового характеру. Після такого «ударного» впливу на організм високий рівень сечовини має тенденцію до подальшого підвищення, незалежно від

величини наступних навантажень. Даний тип реакції вказує на невідповідність між функціональними можливостями організму і використовуваними тренувальними навантаженнями [17].

**Аміак.** Підвищення рівня аміаку і ацидоз - основа метаболічних порушень при м'язовій стомлюваності. Причина останньої - порушення мітохондріального метаболізму, посилення катаболізму білкових структур. Накопичення аміаку стимулює гліколіз, зупиняючи аеробне використання пірувату і повторюючи запуск глюконеогенезу, що призводить до надмірного утворення лактату. Для зазначеного процесу, що представляє порочне коло, використовують термін «метаболічна смерть». Накопичення молочної кислоти і ацидоз призводять до гліколізу і «паралічу» енергетичних процесів. Іон амонію, впливаючи на обмін, стимулює гіперпноє, що посилює стомлення.

Зниження скоротливої здатності м'язів супроводжується підвищенням рівня аміаку в крові і клітині. Посилений ацидоз і надмірно високий рівень аміаку не дозволяють зберігати структуру клітини. Наслідок - пошкодження міофібрил. Насправді має місце посилений катаболізм м'язових білків, що зачіпає кісткову мускулатуру. Це може бути виміряно в сечі наявністю 3-метил-гістидину - специфічного метаболіту м'язових білків. В результаті перетренування виникає виснаження резервів глюкози і ліпідів, пов'язане з екстремальним кислотно-основним станом (КОС). Посилений ацидоз і надмірно високий рівень аміаку не дозволяють зберігати структуру клітини. Гіперамоніємія є ознакою порушення метаболізму в м'язі і пов'язана зі станом втоми [10].

**Амінокислоти.** Аналіз амінокислот (сечі і плазми крові) є незамінним засобом оцінки достатності та ступеня засвоєння харчового білка, а також метаболічного дисбалансу, що лежить в основі багатьох хронічних порушень при стомлюваності після фізичних навантажень.

У вільній формі або пов'язаному вигляді вони як пептиди грають

важливу роль в таких процесах, як: нейротрансмітерна функція, регуляція рН, метаболізм холестерину, контроль болю, детоксикація і запальні процеси.

Амінокислоти - «будівельні блоки» всіх гормонів і структурних тканин організму. Оскільки всі ці сполуки «будуються» з амінокислот, то оцінка надходження незамінних амінокислот з їжею, їх достатності, балансу між ними і активністю ферментів (які перетворюють їх в гормони) має основне значення для з'ясування вихідної причини багатьох хронічних порушень у спортсменів при фізичному навантаженні. Дослідження амінокислот дозволяє отримати інформацію про широкий спектр порушень обміну речовин і харчування атлетів, включаючи білкові відхилення, хронічну втому

Ізолейцин – основна функція забезпечення енергією м'язи. Бере участь у виробленні гемоглобіну та допомагає впоратися з втомою м'язів. Лейцин – сприяє зрощенню кісток та загоєння ран при травмах та є основним енергетичним субстратом. Валін – метаболізується в печінці та використовується в мязовому скороченні. Гістидин – бере участь в утворенні лейкоцитів, еритроцитів та поглинає ультрафіолетове випромінювання. Нестача лізину може призвести до зменшення синтезу протейну, основного субстрату мязів та сполучних тканин. Разом з вітаміном С бере участь в утворенні L-карнітину основної речовини, яка допомагає використовувати кисень м'язам. Зростання кісток, завдяки виробленню колаген відбувається завдяки лізину. Триптофан. Попередник нейромедатора серотоніну, має седативний ефект. Стимулює вироблення гормону росту.

Аланін. Основний компонент сполучної тканини. Головний посередник в глюкозоаланіновому циклі, що дозволяє м'язам та інших тканин отримувати енергію з амінокислот. Важливий для правильного функціонування імунної системи.

Аспарагінова кислота. Для перетворення вуглеводів з виробленням

енергії для мязової діяльності використовується аспаргінова кислота. Завдяки цієї кислоти утворюється імуноглобуліни та антитіла. Після тренування дана кислота бере участь в процесах зменшення рівня аміаку.

В зміцненні сполучної тканини та підсиленні антиокислювальних процесах в організмі бере участь цистин. Також використовується для зменшення больових відчуттів при травмах при запаленні.

Глутамінова кислота - потенційне джерело енергії. Важлива кислота для обмінних процесів в головному мозку і для обміну інших амінокислот. Для кращої роботи імунної системи використовується глутамін. Для нирок і кишечника, коли обмежене надходження калорій є основним джерелом енергії.

Амінокислота гліцин є частиною структури гемоглобіну та ферментів, які беруть участь у утворенні енергії. Бере участь в утворенні глюкагону, який в свою чергу впливає на глікоген.

Основним складовим елементу колагену, який входить до складу опорно-рухової системи є пролін. Важливою кислотою, яка використовується для утворення енергії є серин. Важливий для функціонування нервової та імунної систем. Таурин – в організмі діє, як нейротрансмітер в деяких ділянках центральної нервової системи та сітківки ока [7, 33, 36, 39, 44, 48].

Показники сечі в оцінці білкового обміну. У здорової людини в нормі білок відсутній в сечі. Протеїнурія (наявність в сечі) відзначається при захворюванні нирок (нефроз), ураженні сечових шляхів, а також після фізичного навантаження анаеробної спрямованості. Через ацидоз (закислення середовища організму) порушується проникність клітинних мембран нирок, що призводить до виходу білків плазми в сечу. За цим показником можна судити про потужність виконаної фізичної роботи. При роботі в зоні великої потужності концентрація білка в сечі становить 0,5%, а в зоні субмаксимальної потужності може вирости до

1,5% [5, 43].

**Креатинін** утворюється в м'язах в процесі розпаду креатинфосфата. Також надходить до м'язової тканини з печінки де він власне і синтезується. Тут креатин, фосфорилізується, перетворюючись до креатинфосфату – це одна із основних макроергічних сполук, що бере участь в перенесенні енергії між мітохондріями та міофібрилами. Креатинін на відміну від сечовини, не реабсорбується тому виводиться нирками досить добре, що знайшло застосування в пробі Реберга-Тареева – це один з діагностичних методів визначення креатиніну в сечі.

Концентрація креатиніну в крові - величина постійна і мало залежить від внутрішніх та зовнішніх чинників. Вміст креатиніну в крові закономірно підвищується при нирковій недостатності, що має велике значення для її діагностики.

Добове виділення його з сечею постійне для даної людини і залежить від м'язової маси тіла. За вмістом креатиніну в сечі можна побічно оцінити швидкість креатинфосфокіназної реакції, а також вміст м'язової маси тіла. За кількістю креатиніну, що виділяється з сечею, визначають вміст худой м'язової маси тіла:  $\text{худа маса тіла} = 0,0291 * \text{креатинін сечі (мг*доб}^{-1}) + 7,38$ .

За літературними даними відомо, що збільшення концентрації креатиніну після виконання фізичного навантаження зумовлено використанням в енергетичному обміні креатин-фосфату. Підвищення тренуваності веде до більш економної витраті креатин-фосфату, і вміст креатиніну в крові зростає в меншій мірі. Ці дані можна інтерпретувати як результат постійних занять спортом, який призвів до більш значного виходу креатин-фосфату з саркомерів м'язових клітин та, ймовірно, нарощування м'язової маси на тлі незначного, але достовірного зменшення концентрації транспортної форми енергії - глюкози. Але зустрічається і зменшення креатиніну, особливо у людей які не займаються спортом професійно. Автори пояснюють це низькою

метаболічною активністю скелетних м'язів як в спокої, так і після навантаження, що може вказувати на переважання механізму анаеробного гліколізу при отриманні енергії анаеробним шляхом [8, 12, 43, 49].

**Креатин** утворюється з фосфоркреатина ферментом креатинкіназою. Наявність такого енергетичного запасу зберігає рівень АТФ / АДФ у тих клітинах, де необхідні високі концентрації АТФ. Синтезується в печінці, підшлунковій залозі та нирках з амінокислот аргініну, гліцину та метіоніну. Фосфоркреатинкіназна система працює в клітині, як внутрішньоклітинна система передачі енергії від депо, де енергія запасається у вигляді АТФ (мітохондрія і реакції гліколізу в цитоплазмі) туди, де потрібна енергія (міофібрили в разі м'язового скорочення). Особливо велика кількість креатину міститься в м'язовій тканині, де він грає важливу роль в процесах енергетичного обміну. Тяжкий, високоінтенсивний тренінг призводить до дефіциту фосфоркреатина. Саме цим пояснюється фізичне стомлення, яке наростає від вправи до вправи і досягає піку до кінця тренування. Визначення його в сечі може використовуватися як тест для виявлення перетренованості і патологічних змін в м'язах. Специфічною ознакою гіпоксії в еритроцитах будь-якого походження – є збільшення концентрації креатину, що свідчить про збільшення числа молодих клітин, тобто про стимуляцію еритропоезу (в молодих еритроцитах його вміст в 6-8 разів перевищує таке в старих) [4, 22, 28, 39, 49].

## ВИСНОВКИ

Білки є найголовнішими у забезпеченні життєдіяльності людини, тому що з ними пов'язані основні властивості живого організму: подразливість, ріст, розвиток, рух, травлення, транспорт речовин, захист, пристосування та ін. Від наявності білків у різних тканинах та сталості (нативності) їх складної структури залежить їхня морфологічна будова, метаболічні особливості та функціональна активність. Отже, білки є головними носіями життя.

Під час фізичних тренувань у скелетних м'язах, інших органах активується біосинтез білка на різних його етапах (генному, рибосомальному). Це й зумовлює подальшу адаптацію організму до фізичних навантажень. Важлива роль у адаптативному біосинтезі білків належить гормонам. Активується синтез білка андрогенами, кортикостероїдами, соматропіном та інсуліном.

У спортивній практиці та реабілітації використовуються різні фармакологічні препарати, які прискорюють біосинтез білка на різних його етапах, їх називають анаболіками. Вони бувають екзогенні (надходять до організму) та ендогенні (утворюються у процесі метаболізму), незаборонені та заборонені для використання у спорті (допінги)

Контроль за процесами стомлення і відновлення (невід'ємними компонентами спортивної діяльності) необхідний для оцінки переносимості фізичного навантаження і виявлення стану перетренованості; часу відпочинку, після фізичних навантажень; ефективності засобів підвищення працездатності. Терміни відновлення після важких тренувань не є чітко детермінованими і залежать від характеру навантаження і ступеня виснаження систем організму під її впливом.



Катаболічні процеси, що відбуваються в організмі людини при виконанні фізичного навантаження будь-якої потужності, ускладнюють синтез білків навіть після припинення їх виконання. Тому після м'язової діяльності фіксується підвищення кількості білка в плазмі крові що призводить до підвищення колоїдно-осмотичного тиску плазми, накопичення води в судинному руслі і як наслідок підвищення артеріального тиску, що необхідно для м'язової діяльності.

Креатинін - кінцевий продукт метаболізму креатіну, який синтезується з трьох амінокислот - аргеніну, гліцину, метіоніну. Креатинін, з'єднуючись з АТФ, утворює креатинфосфат - найважливіше джерело енергії для м'язового скорочення. У процесі використання енергії органічного фосфату утворюється креатинін. Так, в організмі спортсменів, що займаються швидкісно-силовими видами спорту, посилена роль креатинфосфокіназного механізму утворення енергії, що дозволяє розглядати це як біохімічні маркери термінової адаптації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы организма / Н.А. Агаджанян. М.: Физкультура и спорт, 1983. - 176 с.
2. Агаджанян Н.А. Адаптация, интенсификация обучения и состояние здоровья студентов / Н.А. Агаджанян, А.Е. Северин, Н.В. Ермакова и др. // Вестник РУДН (Медицина Физиология). - 2005. - № 2 (30). - С. 6-15.
3. Агаджанян Н.А. Резервы нашего организма / Н.А. Агаджанян, А.Ю. Катков. М.: Знание, 1990. - 240 с.
4. Анисимов, А. А. Основы биохимии [Текст]: учеб. для студентов спец. ун-тов / А. А. Анисимов . - М.: Высш. шк., 1996. - С. 551.
5. Бауман Э. Роль спорта в увеличении физической активности населения / Э. Бауман, С. Титзе, П. Ойа // Профилактическая медицина. – 2014. – 17, № 1. – С. 49–54.
6. Боднар А. Особливості змін електролітів у крові жінок 18-21 років під час занять різними видами фітнесу / Боднар А., Головченко І., Міненко О., Петренко О. // Фізична активність, здоров'я і спорт, №3(29), 2017. - С. 3-13
7. Бутова О.А. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани / Бутова О.А., Масалов С.В. // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. - 2011. - № 1. - С. 123-128.
8. Бышевский, А. Ш. Биохимия для врача [Текст] / А. Ш. Бышевский, О.А. Терсенов. - Екатеринбург: Издательско-полиграфическое предприятие "Уральский рабочий", 1994. - С. 25-31.
9. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / А.А. Виру. – Л. : Наука, 1981. – С. 39-41.
10. Волков Н.И. Биохимия / Н.И. Волков. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – С. 320-330.

11. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. – М.: Олимпийская литература, 2000. - 503с.
12. Головченко І.В. Особливості змін ферментів амінотрансфераз в крові жінок 18-21 років в умовах використання різних видів фітнесу / Головченко І.В., Боднар А.І., Чабан І.О., Міненко О.В. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт», № 147 (1), 2017. – С 79-85.
13. Гнетова А. Спортивная медицина / А. Гнетова, Л. Потанич: пер. с англ. - М.: Терра-Спорт, 2003. - С. 159.
14. Горохов Н.М. Изменение активности отдельных ферментов сыворотки крови у спортсменов разных специализаций при выполнении кратковременной физической нагрузки / Горохов Н.М., Тимошенко Л.В. // Теория и практика физической культуры, 2007 (<http://naukarus.com/izmenenie-aktivnosti-otdelnyh-fermentov-syvorotki-krovi-u-sportsmenov-raznyh-spetsializatsiy-pri-vypolnenii-kratkovremenn>
15. Горшкова Н.Е. Влияние мышечной и пищевой нагрузок на показатели сыворотки крови спортсменов, тренирующихся в разных энергетических режимах: автореферат кандидат биологических наук: спец. 03.03.01 «Физиология» / Горшкова Наталья Евгеньевна – Курган, 2012. - 24с.
16. Гурская А.И. Активность ферментов сыворотки крови у спортсменов-женщин в зависимости от уровня функциональной подготовки / Гурская А.И. (<https://lib.vsu.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/9797/122-124.pdf?sequence=1>)
17. Дембо А. Г. Врачебный контроль в спорте / А.Г. Дембо. - М.: Медицина, 1988. - С. 159.

18. Дубровский В.И. Спортивная медицина / Дубровский В.И. - М.: «ВЛАДОС», 2002. – 512 с.
19. Ермолаева Е.Н. Индикаторы повреждения при физических нагрузках различной интенсивности / Ермолаева Е.Н., Кривохижина Л.В. // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 1-9. - С. 1815-1821.
20. Иорданская Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования) [Текст]: монография / Ф. А. Иорданская. – М. : Советский спорт, 2011. – 142 с.: ил.)
21. Иорданская Ф.А. Мужчина и женщина в спорте высших достижений (проблемы полового диморфизма): монография / Ф.А. Иорданская. - М. : Советский спорт, 2012. - 256 с..
22. Исаев А.П. Стратегии адаптации человека / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Т.В. Потапова. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2003. - 248 с.
23. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. М.: МЕДПресс-информ, 2004. - 920 с.51
24. Кассиль Г.Н. Гуморально-гормональные механизмы при спортивной деятельности / Г.Н. Кассиль, И.Л. Вайсфельд, Э.Ш. Матлина, Г.Л. Шрайберг. - М.: Наука, 1978. - 304 с.
25. Косяков К.С. Клиническая биохимия / Косяков К.С. // Медицина, 1967.
26. Лопатина А.Б. Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсменов как показатель адаптационных процессов / Лопатина А.Б. // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта – 2014 - №2 (31) - С117-122

27. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. - М.: Медицина, 1988.
28. Милашюс К.М. Использование биохимических показателей организма высококвалифицированных спортсменов для определения их адаптации / К.М. Милашюс // *Biologija*. 1995. - № 1-2. - С. 185.
29. Михайлов С.С. Спортивная биохимия / Михайлов С.С. - М.: Советский Спорт, 2013. - 348 с.
30. Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Мохан Р., Глессон М., Гринхафф П.Л. - Киев: Олимпийская литература, 2001.
31. Назаренко Г.И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г.И. Назаренко, А.А. Кишкун. М.: Медицина, 2002. - 544 с.
32. Никулин Б.А. Пособие по клинической биохимии: учебное пособие. / Никулин Б.А. - М.: Изд-во «ГЭОТАР-Медиа», 2007. - 256 с.
33. Осипенко, Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту / Г. А. Осипенко. – Київ : Олімпійська література, 2007. – 200 с.
34. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / Платонов В.Н. - К.: Олимпийская литература, 2004. - 808 с
35. Рогозкин В.А. Генетические маркеры физической работоспособности человека / Рогозкин В.А., Назаров И.Б. Казаков В.М. // *Теория и практика физической культуры*. - 2000. - №12. - С.34-36.
36. Солодков А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / Солодков А.С, Сологуб Е.Б. - М.: Олимпия Пресс, 2005. - 528с.

37. Сонькин, В. Д. Метаболические и гомеостатические факторы мышечной работоспособности [Текст] / В. Д. Сонькин // Всерос. конф. - Пушино, 1996. - С. 50-51.
38. Тарасенко А.А. Современные проблемы физкультурно-оздоровительной деятельности в сфере фитнеса / А.А. Тарасенко, В. И. Осик, О.Г. Лызарь и др. // Физическая культура, спорт - наука и практика. - 2014. - № 3. - С. 71-76. 15.
39. Ткачук В.А. Клиническая биохимия: учебное пособие / В.А. Ткачук - М.: ГЭОТАР-медиа, 2008. - 264 с.
40. Ушакова Г.А. Гравидарный гомеостаз (гомокинез), методологические подходы и методы исследования / Г.А. Ушакова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 2 – С. 38-41.
41. Фомин Н.А. Физиологические основы двигательной активности / Н.А. Фомин, Ю.Н. Вавилов. - М.: Физкультура и спорт, 1991. - С. 41-109.
42. Хайдарлиу С.Х. Функциональная биохимия адаптации / С.Х. Хайдарлиу. - Кишинев: Штиинца, 1984. - С. 272.
43. Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, П. Дж. Сомеро. - М.: Мир, 1988. - С. 568.
44. Христова Т. Е. Влияние физических нагрузок на обмен веществ и гормональный статус людей с разным соматотипом / Христова Т. Е. // Физическое воспитание студентов 6, 2012, с 132-136.
45. Цыганенка А.Я. Клиническая биохимия / Цыганенка А.Я., Жуков В.И., Мясоедов В.В., Завгородний Н.В. - М.: Триада-Х., 2002. - 496 с.
46. Чиркин А.А. Лабораторные показатели состояния обмена веществ в зависимости от активности креатинфосфокиназы у мужчин-спортсменов / Чиркин А.А., Степанова Н.А., Гурская А.И., Тетерев А.Г., Деркач И.Н., Цецохо А.В. // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. - 2014. - № 4. - С. 57-63.

47. Habig W.H. Glutathione S-transferases (rat and human) / Habig W.H., Jakoby W.B. // *Methods Enzymol.* – 1981. Vol. 77. – P. 218–231.
48. Hiramatsu K., Asaba Y., Takeshita S., Nimura Y., Tatsumi S., Katagiri N., Niida S., Nakajima T., Tanaka S., Ito M., Karsenty G., Ikeda K.(2007) *Endocrinology*, 148, 2708-2715
49. Lepers R., Martin A et al. Changes in the neural and contractile properties of the quadriceps muscle after a prolonged cycling exercise: - Pap. 25 e *Congres de la Societe de biomecanique et al. He Congres de la Societe canadiene de biomecanique*, Montreal, 23 26 aout, 2000. *Arch. // Physiol. and Biochem.* - 2000. - 108. - № 1 2. - P. 152.
50. Thayer R, Collins J., Noble E. G, Taylor A. W. A decade of aerobic endurance training: Histological evidence for fibre type transformation. // *Sports Med. and Phys. Fitness.* - 2000. - 40. - № 4. - P. 284-289.