

**Міністерство освіти і науки України
Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського
Факультет фізичної культури і спорту**

Кафедра теорії та методики фізичної культури

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ПРАКТИЧНИХ
ЗАНЯТЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

БІОХІМІЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Ступінь бакалавра

Галузь знань 01 Освіта

Код та найменування спеціальності 014 Середня освіта

Предметна спеціалізація 014.11 Середня освіта (Фізична культура)

Освітні програми: Середня освіта: Фізична культура і спорт: Тренер з видів спорту

Середня освіта: Фізична культура, спортивно-масова робота та туризм

Середня освіта: Фізична культура та Захист Вітчизни

Склав:
викладач кафедри теорії і
методики фізичної культури
Лебедева В.К.

Вступ

Біологічна хімія - це фундаментальна наука, вивчення якої є обов'язковим у системі підготовки майбутніх вчителів фізичного виховання, тому при укладанні “Методичних рекомендацій до практичних занять з біохімії фізичних вправ” для студентів спеціальності 014 Середня освіта предметної спеціалізації 014.11 Середня освіта (Фізична культура)” були враховані як рекомендації типової програми з предмета, так і необхідність створення умов для формування у студентів біохімічного мислення, розвитку основних умінь та навичок оцінки метаболічних процесів в організмі людини в стані спокою та після час фізичних навантажень.

У “Методичних вказівках” викладена вся необхідна інформація для підготовки студентів до практичних занять (питання теми, теоретичний мінімум і рекомендована література), наведені послідовність етапів і методика виконання практичної роботи, тестові контрольні питання.

Дані “Методичні вказівки” допоможуть студентам при підготовці до практичних занять, а також правильно зорієнтують їх у досить великому обсязі наукової інформації при вивченні такої одночасно складної і цікавої науки, як біохімія.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: Будова і фізико-хімічні властивості основних класів сполук, що приймають участь у біохімічних процесах.

Мета: детальніше ознайомитися з органічними сполуками на прикладі вуглеводнів, вивчити їх будову і властивості.

Теоретична частина:

(законспектувати)

Усі хімічні сполуки поділяють на неорганічні (мінеральні) та органічні. Чим вони відрізняються? До складу органічних сполук входять чотири хімічні елементи, які називають органогенними: Гідроген, Оксиген, Нітроген і Карбон. Останній з них значною мірою зумовлює хімічні властивості організмів. Як і інші органогенні хімічні елементи, Карбон здатний утворювати міцні ковалентні зв'язки. Атом Карбону може зв'язуватись з атомами Гідрогену, Нітрогену, Оксигену.

Для вивчення органічних речовин зручно розділити їх на окремі класи відповідно будові або властивостям. Найпростіші органічні сполуки містять тільки два елементи — Карбон і Гідроген, їх називають вуглеводнями (від двох слів — вуглець і водень). У складніших за складом речовинах зазвичай є атоми Оксигену або Нітрогену.

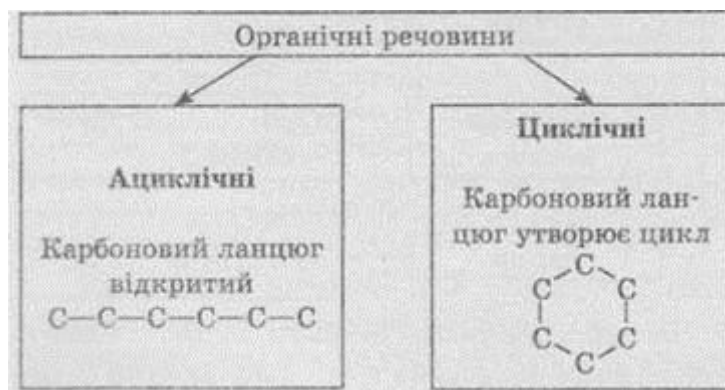


Існують також органічні речовини складнішого складу, які не укладаються в цю схему.

Класифікація органічних сполук за будовою карбонового кістяка

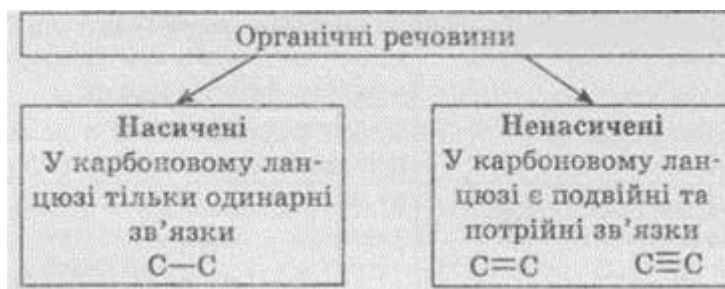
Для складання більш детальної класифікації необхідно звернутися до будови органічних сполук. У другій половині XIX ст. німецький хімік Фрідріх Кекуле встановив, що основою кожної органічної молекули є карбоновий ланцюг, або карбоновий кістяк, що являє собою послідовність хімічно зв'язаних між собою атомів карбону. У багатьох реакціях карбоновий кістяк молекули залишається незмінним.

Карбонові кістяки бувають циклічними — у них карбоновий ланцюг замкнутий у цикл, і відкриті, або ациклічні (приставка а — означає заперечення),— карбоновий ланцюг не замкнутий.



Класифікація органічних сполук за кратністю зв'язків

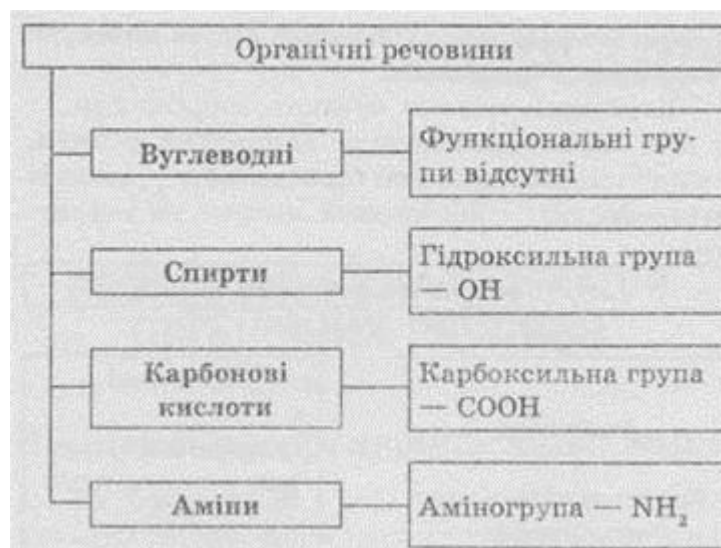
Органічні сполуки можна також розділити за кратністю зв'язку. Сполуки, що містять тільки одинарні зв'язки $C-C$, називають насиченими. Ця назва пов'язана з тим, що вони містять максимально можливе при даному кістяку число атомів Гідрогену, тобто як би насичені Гідрогеном. Сполуки зі зв'язками $C=C$ або $C\equiv C$ називають ненасиченими.



Класифікація органічних сполук за функціональними групами

Хімічні властивості органічних речовин визначаються не тільки будовою карбонового кістяка, але і головним чином видом атомів, які з ним зв'язані. У вуглеводнях карбоновий кістяк з'єднаний тільки з атомами Гідрогену, а в складніших молекулах — з атомами інших елементів або групами атомів, які називають функціональними групами.

Функціональні групи — це активні центри органічних молекул. Саме вони найчастіше перетерплюють хімічні перетворення, тим самим визначаючи багато хімічних властивостей (функцій) органічних сполук. Від функціональних груп залежить належність органічної речовини до того або іншого класу.



Багато органічних молекул містять відразу кілька функціональних груп. Такі сполуки називають поліфункціональними. До них відносять вуглеводи, амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти тощо.

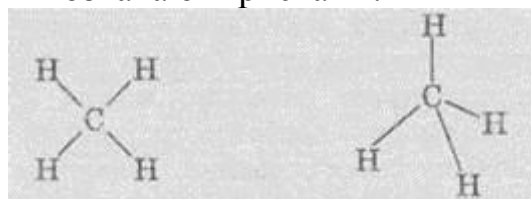
У 1861 році видатний російський учений Олександр Михайлович Бутлеров, спираючись на колосальний експериментальний і теоретичний досвід, сформулював один з основних законів органічної хімії про будову органічних сполук, що з деякими змінами дійшов і до наших днів. Значення теорії будови в органічній хімії можна порівняти хіба що з відкриттям Періодичного закону в неорганічній хімії.

Перший постулат Бутлерова. У молекулах речовин існує певний порядок зв'язування атомів, що називається хімічною структурою, або будовою речовини.

Кожній індивідуальній речовині відповідає одна-єдина певна хімічна структура.

В органічній хімії Карбон завжди перебуває в чотиривалентному стані, тобто може утворювати щонайбільше чотири хімічні зв'язки.

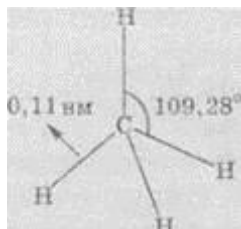
Розгляньмо будову молекули метану CH₄. У цій сполуці ступінь окиснення атома Карбону дорівнює -4, а атомів Гідрогену 4-1. У просторі атоми Гідрогену можуть перебувати в такий спосіб: або в площині у вершинах квадрата, або у вершинах трикутної піраміди, так званого тетраедра. Це можна проілюструвати за допомогою структурних формул, в яких зв'язки між атомами позначають рисками:



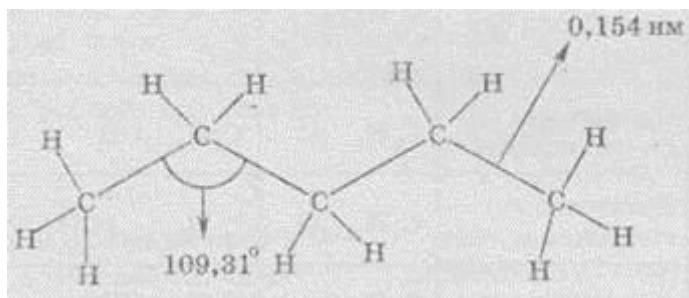
Однак форма квадрата неможлива, тому що через відштовхування атомів Гідрогену один від одного відбуватиметься деформація структури, і насамкінець молекула досягне стану, в якому атоми Гідрогену перебувають у

вершинах тетраедра. При рентгеноструктурному аналізі метану було з'ясовано, що довжина зв'язків С-Н дорівнює 0,11 нанометрів (1 нм дорівнює 10^{-9} метра), а з погляду стереометрії було з'ясовано, що кут \angle HCH дорівнює $109,28^\circ$.

Отже, наочно будову молекули метану можна подати так:



У принципі, і в більш складних органічних молекулах, в яких атоми Гідрогену заміщені різними замісниками, кути й довжини зв'язків будуть прагнути до наведених вище значень, тобто ланцюжок атомів Карбону (довжина С-С зв'язку дорівнює 0,164 нм) буде не лінійним, а зигзагоподібним, з кутом \angle ССС, який приблизно дорівнює 110° . Наприклад, будову молекули пентану C_5H_{12} можна подати так:



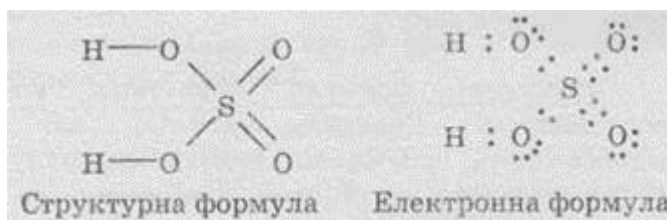
Другий постулат Бутлерова. Хімічні реакційні здатності певних груп атомів суттєво залежать від їхнього хімічного оточення, тобто від того, з якими атомами або групами атомів сусідить певна група.

Формули сполук, якими ми користалися при вивченні неорганічної хімії, відображають тільки кількість атомів того чи іншого елемента в молекулі. Такі формули називають «брутто-формулами», або «молекулярними формулами».

Як впливає з першого постулату Вутлерова, в органічній хімії важлива не тільки кількість тих чи інших атомів у молекулі, а ще й порядок їхнього зв'язування, тобто брутто-формули не завжди доцільно використовувати для органічних сполук. Наприклад, для наочності при розгляді структури молекули метану ми використовували структурні формули — схематичне зображення порядку зв'язування атомів у молекулу. При зображенні структурних формул хімічний зв'язок позначають рискою, подвійний зв'язок — двома рисками тощо.

Електронна формула (або формула Льюїса) дуже схожа на структурну формулу, але в цьому випадку зображають не утворені зв'язки, а електрони, як ті, що утворюють зв'язок, так і ті, що його не утворюють.

Наприклад, уже розглянуту сульфатну кислоту можна записати за допомогою таких формул. Брутто-формула — H_2SO_4 , структурна й електронна формули мають такий вигляд:



Структурні формули органічних сполук

Майже всі органічні речовини складаються з молекул, склад яких виражається хімічними формулами, наприклад CH_4 , C_4H_{10} , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. А яку будову мають молекули органічних речовин? Це питання ставили собі в середині XIX століття засновники органічної хімії — Ф. Кекуле і О. М. Вутлеров. Досліджуючи склад і властивості різних органічних речовин, вони прийшли до наступних висновків:

— атоми в молекулах органічних речовин з'єднані хімічними зв'язками в певній послідовності, відповідно до їх валентності. Цю послідовність прийнято називати хімічною будовою;

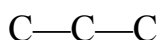
— атоми Карбону у всіх органічних сполуках чотиривалентні, а інші елементи виявляють характерні для них валентності.

Ці положення є основою теорії будови органічних сполук, сформульованої О. М. Вутлеровим в 1861 році.

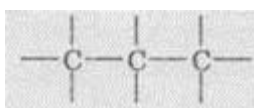
Хімічну будову органічних сполук наочно подають структурними формулами, в яких хімічні зв'язки між атомами позначають рисками. Загальне число рисок, що відходять від символу кожного елемента, дорівнює валентності його атома. Кратні зв'язки зображують двома або трьома рисками.

На прикладі насиченого вуглеводню пропану C_3H_8 розглянемо, як скласти структурну формулу органічної речовини.

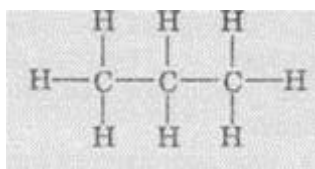
1. Зображуємо карбоновий кістяк. У даному випадку ланцюг складається з трьох атомів Карбону:



2. Карбон чотиривалентний, тому від кожного атома Карбону зображуємо недостатні риси таким чином, щоб поряд з кожним атомом було по чотири риси:



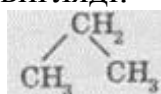
3. Допишуємо символи атомів Гідрогену:



Часто структурні формули записують у скороченому вигляді, не зображуючи зв'язки С — Н. Скорочені структурні формули набагато компактніше, ніж розгорнуті:



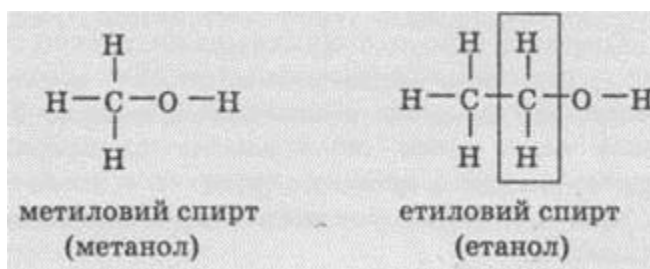
Структурні формули показують тільки послідовність з'єднання атомів, але не відображують просторової будови молекул, зокрема валентні кути. Відомо, наприклад, що кут між зв'язками С в пропані дорівнює $109,5^\circ$. Проте структурна формула пропану виглядає так, начебто цей кут дорівнює 180° . Тому вірніше було б записувати структурну формулу пропану в менш зручному, але у більш правдивому вигляді:



Професійні хіміки використовують такі структурні формули, в яких взагалі не показані ні атоми Карбону, ні атоми Гідрогену, а зображений лише карбоний кістяк у вигляді з'єднаних між собою С — С-зв'язків, а також функціональні групи. Для того щоб кістяк не виглядав однією суцільною лінією, хімічні зв'язки зображують під кутом один до одного. Так, у молекулі пропану C_3H_8 усього два зв'язки С—С, тому пропан зображують двома рисками.

Гомологічні ряди органічних сполук

Розглянемо структурні формули двох сполук одного класу, наприклад спиртів:



Молекули метилового CH_3OH й етилового $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ спиртів мають однакову функціональну групу OH , загальну для всього класу спиртів, але відрізняються довжиною карбонного кістяка: в етанолі на один атом Карбону більше. Порівнюючи структурні формули, можна помітити, що при збільшенні карбонного ланцюга на один атом Карбону склад речовини змінюється на групу CH_2 , при подовженні карбонного ланцюга на два атоми — на дві групи CH_2 тощо.

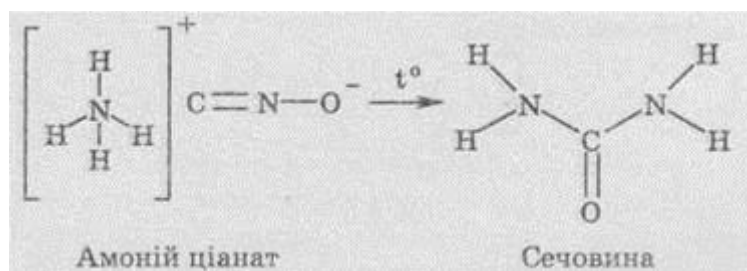
Сполуки одного класу, що мають подібну будову, але відрізняються за складом на одну або кілька груп CH_2 , називають гомологами.

Групу CH_2 називають гомологічною різницею. Сукупність всіх гомологів утворює гомологічний ряд. Метанол і етанол належать до гомологічного ряду спиртів. Усі речовини одного ряду мають подібні хімічні властивості, а їхній

склад можна виразити загальною формулою. Наприклад, загальна формула гомологічного ряду спиртів — $C_nH_{2n+1}OH$, де n — натуральне число.

Третій постулат Бутлерова. Деякі різні речовини мають однакову хімічну формулу, але різну структуру. Таке явище називають ізомерією.

Із проявом ізомерії вперше зіштовхнувся німецький учений Фрідріх Велер. Він розжарював розчин амоній ціанату (NH_4CNO) й одержав сечовину ($(NH_2)_2CO$). Очевидно, що ці дві сполуки мають однакову брутто-формулу N_2H_4CO , але відповідають різним структурним формулам. Амоній ціанат — типова іонна сполука, а сечовина — ковалентна:



Ці дві сполуки є ізомерами, тобто в 1828 році Веллер провів реакцію ізомеризації амоній ціанату. Ізомерія — це дуже розповсюджене явище. З явищем ізомерії значною мірою пов'язане величезне різноманіття органічних сполук. Кількість ізомерів з великою швидкістю зростає при збільшенні кількості атомів Карбону. Наприклад, кількість ізомерів бутану C_4H_{10} дорівнює 2, декану $C_{10}H_{22}$ — 75, а ейкозану $C_{20}H_{42}$ — вже 336 319!

Дайте відповідь на запитання: (письмово)

- 1) Що таке органічні сполуки?
- 2) Назвіть основні види органічних сполук.
- 3) Які відмінності мають органічні сполуки?
- 4) За якими принципами класифікують органічні сполуки?

Сформулюйте **висновок**

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

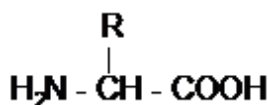
Тема: Загальні властивості амінокислот

Мета: Вивчити загальні властивості амінокислот

Теоретичний мінімум

Усього у світі їх відкрито понад 200. В організмі людини міститься близько 60 амінокислот і їх похідних, але у склад білків входять лише 20. Решта або знаходяться у клітині у вільному вигляді або входять до складу інших небілкових сполук.

Спільною ознакою для всіх амінокислот є наявність карбоксильної та аміної груп. Загальну формулу α -амінокислоти можна зобразити так:



де R- вуглеводневий радикал.

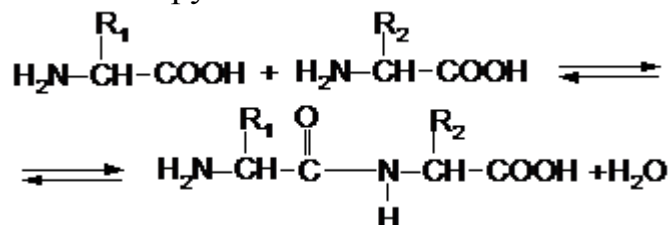
Радикал може бути аліфатичний або циклічний, містити різні функціональні групи.

Амінокислоти - слабкі електроліти, оскільки вони містять групи як кислотного, так і основного характеру, тобто є біполярними йонами. Їх заряд залежить від кількості цих груп і рН середовища.

Амінокислоти проявляють спільні хімічні властивості, пов'язані з наявністю карбоксильної та аміногрупи, а також індивідуальні, зумовлені функціональними групами радикалу. Останні використовуються для ідентифікації окремих амінокислот. Наприклад, взаємодія з азотною кислотою, характерна для похідних бензолу, використовується для визначення фенілаланіну (ксантопротеїнова реакція), а взаємодія сульфідів з йонами свинцю - для визначення цистеїну (реакція Фоля).

Для α -аміногрупи амінокислот характерна чутлива реакція з нінгідриновим реактивом: При нагріванні α -амінокислот з надлишком нінгідринового реактиву утворюється розчинний продукт лілового кольору. Імінокислота пролін дає з нінгідрином продукт жовтого кольору.

Амінокислоти здатні до конденсації при взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти та аміногрупи - іншої:



Утворена сполука називається пептидом, а зв'язок - пептидним. При сполученні двох амінокислот утворюється дипептид, трьох - трипептид, а багатьох - поліпептид. Пептидний зв'язок міцний, він піддається гідролізу тільки при тривалому кип'ятінні в кислому або лужному середовищі. В пептиді виділяють N-кінець, на якому знаходиться вільна аміногрупа, та C-кінець, на якому міститься незаміщена карбоксильна група. Називаючи пептид, назвам всіх амінокислот, крім C-кінцевої, дають суфікс -ил або -іл, а назву останньої не змінюють, наприклад, гліцил-аланін, серил-тирозил-аргінін.

Наявність пептидного зв'язку визначають біуретовою реакцією, характерною для амідів, зокрема, для біурету. Першим біуретову реакцію пептидів вивчав О. Я. Данилевський. Суть її полягає у взаємодії пептидної групи з йонами міді (II) в лужному середовищі з утворенням розчинного комплексу фіолетового кольору. Ця реакція дуже чутлива і використовується як для якісного, так і для кількісного визначення пептидів.

Практична частина

Дослід 1. Визначення наявності аміногруп в амінокислотах за допомогою натрій нітриту та оцтової кислоти.

В одну пробірку наливають 2–3 мл розчину, що досліджується (амінокислота або білок). У другу – стільки ж води (контрольна проба). В обидві пробірки доливають рівний об'єм натрій нітриту, по 1 мл оцтової або сульфатної кислоти. Суміш струшують. Порівнюють інтенсивність утворення бульбашок газоподібного азоту в обох пробірках (поодинокі бульбашки газу в контрольній пробі – нітроген оксид, що утворюється в результаті руйнування нітратної кислоти).

Дослід 2. Виявлення карбоксильної групи в амінокислотах (формальне титрування) методом Серенса (якісне визначення).

Наявність карбоксильної групи в амінокислотах визначають методом, запропонованим Серенсом, згідно з яким аміногрупи зв'язуються формальдегідом. Унаслідок дії цього реактиву на амінокислоту виявляються кислотні властивості карбоксильної групи. Для впливу на амінокислоти формальдегід повинен мати нейтральну реакцію. Тому його нейтралізують перед дослідженням 1% розчином натрій гідроксиду, використовуючи як індикатор фенолфталеїн. Аналогічним чином реакцію амінокислоти або гідролізату білків, що досліджуються, доводять до слабколужної реакції за фенолфталеїном.

Після поєднання обох рідин можна спостерігати зникнення забарвлення внаслідок вивільнення карбоксильної групи від взаємодії з аміногрупою, що була зв'язана з формальдегідом. Якщо відтитрувати кількість іонів Гідрогену в пробі розчином NaOH, можна кількісно визначити вільні аміногрупи. Цей метод, як і реакція Ван-Сляйка, застосовується для дослідження процесу гідролізу білків. В одну пробірку наливають 1 мл розчину амінокислоти або гідролізату білка, у другу – стільки ж формальдегіду. До кожної пробірки додають по 1–2 краплі фенолфталеїну і нейтралізують вміст, додаючи краплями 0,05 н розчин NaOH до слабкорожевого забарвлення. Вміст однієї пробірки переливають до другої. Спостерігають зміну забарвлення.

Дослід 3. Ксантопротеїнова реакція на ароматичне кільце циклічних амінокислот (реакція Мульдера).

При взаємодії з концентрованою нітратною кислотою білки, пептиди, що містять залишки циклічних амінокислот з ароматичними кільцями (фенілаланін, тирозин, триптофан), а також вільні вище вказані амінокислоти нітруються з утворенням динітропохідних жовтого кольору, які при додаванні луку перетворюються на хіноїдні структури, забарвлені в оранжевий колір.

Фенілаланін нітрується важче. Білки, що не містять циклічних амінокислот, не дають ксантопротеїнової реакції.

В одну пробірку наливають 1 мл 1 % -вого розчину яєчного білка, в другу – 1мл 0,1 % -вого розчину тирозину, в третю – 1 % -вого розчину желатини, в четверту – 1 мл 0,1% -вого розчину гліцину. Додають до всіх пробірок по 1 мл концентрованої нітратної кислоти і обережно нагрівають до появи жовтого забарвлення. Потім пробірки охолоджують під струменем водопровідної води, додають краплинами 20 % розчин натрію гідроксиду, доки не почнеться зміна забарвлення. Дають пояснення результатам досліду в кожній пробірці, порівнюють забарвлення і записують хімізм реакції.

Дослід 4. Кількісне визначення α -аміногруп формольним титруванням
Кількісне визначення α -аміногруп можливо виконувати одночасно з визначенням карбоксильних груп титруванням, тому що кількість карбоксильних груп еквівалентна кількості пов'язаних з формальдегідом α -аміногруп.

Готують 2 колби об'ємом 100 мл. До однієї вносять 40 мл розчину, який досліджується, до другої – 40 мл дистильованої води. Додають по 10 крапель розчину фенолфталеїну та розчин 0,05 н NaOH до появи ледве помітного рожевого забарвлення. Потім до обох колб додають по 10 мл формальної суміші та титрують з бюретки розчином гідроксиду натрію до появи ледь помітного рожевого забарвлення. Колір контролю та розчину, який досліджується, повинен бути однаковим.

Масову концентрацію амінокислот (мг/мл) розраховують за формулою:

$$C = (A-B)fQ/V,$$

де А і В – об'єми розчину гідроксиду натрію, що пішов на титрування проби та контролю відповідно (мл);

f – коефіцієнт поправки на титр 0,05 моль/л розчину гідроксида натрію;

Q – маса амінокислот, що еквівалентна 1 мл 0,05 моль/л розчину гідроксида натрію (0,7 мг);

V – об'єм розчину амінокислоти, що був взятий для аналізу.

Контрольні питання:

1. Які функціональні групи характерні для всіх амінокислот?
2. Чим зумовлені буферні властивості амінокислот?
3. Який тип зв'язку між амінокислотами характерний для білку?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема: Визначення енергетичного балансу організму методом непрямой калориметрії

Мета роботи: ознайомитись з методами непрямой калориметрії та навчитись виконувати розрахунки обміну енергії у різних станах організму (стан спокою, після фізичного навантаження).

Практична частина

Дослід. 1. Визначення частоти дихання

Для визначення частоти дихання покласти руку на нижню частину грудної клітки або верхню частину живота і кожний вдих чи видих (обидві фази) вважати за один дихальний рух. Частоту дихання розрахувати за 1 хвилину в стані спокою (ЧДд).

Досліджуваному пропонується виконати 10...20 присідань в середньому темпі: за 1 с присісти, за наступну – встати, або виконати 60 стрибків. Видихати під час присідання. Після виконання завдання визначити частоту дихання за 1 хвилину (ЧДр). Визначити відсоток збудження по формулі:

$$\text{ЧД} = \frac{(\text{ЧДр} - \text{ЧДд})}{(\text{ЧДд})} \cdot 100,$$

де ЧДр – частота дихання після роботи, ЧДд – частота дихання до роботи. Оціночні орієнтири: після 20 присідань або 60 стрибків ЧД збільшується на 50-100 %.

Дослід 2. Визначення витрати енергії при виконанні фізичних вправ методом непрямой калориметрії

Визначення об'єму повітря при вдиху та видиху у стані спокою та після виконання фізичних вправ (згідно дослід 1) провести за допомогою приладів – спірометру або капнометру.

2.1. Порядок використання спірометру.

1. Встановити чистий одноразовий мундштук на спірометр.
2. Зробити глибокий вдих.
3. Затримати дихання та видихнути рівномірно з зручною швидкістю.
4. Видихання продовжити доки не закінчиться видих.
5. Повторити процедуру ще раз.

2.2. Хвилиний об'єм дихання за допомогою капнометру вимірюється у такому порядку.

1. Вимірювання проводять сидячи. Ніс закривається пальцями.
2. Встановити чистий одноразовий мундштук. Дихання ротом звичайне природне.
3. Початок дихання фіксується включенням секундоміру або замірюванням часу по годиннику.
4. Момент наповнення камери визначається візуально.
5. Вимірювальну процедуру повторюють два рази, вибираючи середнє значення.

За результатами вимірювання об'ємів повітря під час вдихів та видихів у стані спокою та після виконання фізичних вправ розрахувати витрати енергії організму спортсмена методом непрямой калориметрії (приклад 1) за 10 хвилин.

Вважати, що повітря містить у своєму складі при вдиху 20 % O₂ і 0,03 % CO₂; а під час видиху - відповідно 13-17 % O₂ і 5-8 % CO₂. Зробити висновок про енергетичні затрати організму під час виконання фізичних вправ.

Задача 1.

Спортсмен при бігу на середні дистанції видихає за 1 хв 95 л повітря, у якому міститься 14 % кисню, 6 % вуглекислого газу. Яка витрата енергії спортсмена за 7 хв дистанції?

Задача 2.

Визначити витрату енергії людини в стані м'язового спокою, якщо за 10 хв він видихає 60 л повітря, у якому міститься 15 % кисню і 5 % вугле- кислого газу.1

Задача 3.

Людина у стані повного спокою за 1 хвилину вдихає 0,24 л кисню, в видихує – 0,19 л вуглекислого газу. Скільки відсотків кисню використовується в процесі утворення вуглекислого газу?

Задача 4.

За нормальних умов людина вдихує 3,1 м³ повітря. Обчислити масу цього повітря.

Оформіть висновок

Контрольні запитання

1. Якими методами вивчають енергетичний баланс організму?
2. Дати визначення поняттю «дихальний коефіцієнт».
3. Дати визначення поняттю «калориметричний еквівалент кисню».
4. Що досліджують за допомогою спірометрів?
5. Для яких вимірювань застосовують капнометри?
6. Який склад повітря при вдиху та під час видиху?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема: Перекисне окислення ліпідів. Буферні системи організму

Мета: розглянути біохімічні передумови стомлення при м'язовій роботі

Теоретична частина

Будь-яка м'язова діяльність людини потребує певних витрат енергії АТФ, відновлення якої в організмі здійснюється різними шляхами, що залежать від характеру і тривалості виконуваної роботи. Відповідно до класифікації В.С. Фарфеля фізичні вправи можна розділити на чотири типи: *максимальної, субмаксимальної, великої і помірної потужності*. Граничний час вправ максимальної потужності складає 15–20 с, субмаксимальної – від 20 с до 2–3 хв., великої – до 30 хв. і помірної – до 4–5 годин. При цьому з неоднаковою інтенсивністю використовуються різні сполуки (в основному джерела енергії), що призводить до певних змін біохімічного складу організму.

Як відомо, виконання будь-якої фізичної роботи починається в умовах недостатньої забезпеченості організму киснем.

При виконанні вправ максимальної потужності (біг на 100–200 м) кисневий запит може складати 7–14 л, а кисневий борг – 6–12 л, що складає 90–95 % кисневого запиту. Це свідчить про те, що організм спортсменів, виконуючи подібні навантаження, засвоює за час роботи кількість кисню, яка дорівнює 5–10 % загальної його потреби. Решта кисню, якого не вистачає, засвоюється після роботи. Цілком зрозуміло, що відновлення використаної енергії при цьому буде здійснюватися тільки анаеробним шляхом (за рахунок креатинфосфату і частково реакцій гліколізу). Тому при інтенсивному м'язовому навантаженні в м'язах, крім аміни співвідношення АТФ/АДФ на користь АДФ, спостерігається різке підвищення вмісту креатину, креатиніну (продукту розпаду креатину). При виконанні таких вправ швидкість гліколізу ще не досягає своїх найвищих значень, тому вміст молочної кислоти в м'язах незначний, а отже, мало змінюється і кількість глюкози, не відбувається мобілізація глікогену.

Інтенсивне використання АТФ у процесі виконання вправ призводить до пригнічення пластичних процесів. При виконанні більш короткочасних фізичних вправ (стрибки, штанга, гімнастичні вправи й ін.) ресинтез енергії здійснюється в основному креатинфосфатним шляхом, тому помітного підвищення рівня молочної кислоти в м'язах не спостерігається.

При виконанні вправ субмаксимальної потужності (біг на 400, 800 м і т. п.) енергетичне забезпечення відбувається в основному за рахунок гліколізу. Кисневий борг у цьому разі найбільший і складає біля 90 % кисневого запиту, який за такої роботи може досягати від 20 до 40 л. У м'язах у результаті високої інтенсивності гліколізу у великій кількості накопичується молочна кислота, збільшується вміст продуктів обміну білків, значно знижується рівень глюкози і глікогену. Більш тривале виконання фізичних вправ субмаксимальної потужності (біг на 1500 м) характеризується активним підключенням аеробного шляху відновлення енергії. При цьому організм спортсменів задовольняє свою потребу в кисні майже наполовину. З включенням аеробного ресинтезу АТФ у м'язовій тканині підвищується активність ферментів окиснювального фосфорилування, збільшується вміст проміжних сполук циклу Кребса і кінцевих продуктів повного окиснення вуглеводів. При виконанні фізичних

вправ максимальної і субмаксимальної потужності внаслідок нестачі АТФ може спостерігатися переважний розпад фосфоліпідів мітохондріальних мембран, набрякання мітохондрій, яке призводить до роз'єднання процесів окиснювального фосфорилування, що різко знижує його продуктивність.

Вправи великої потужності (біг 3000, 5000 мит. п.) забезпечуються енергією в основному за рахунок реакцій аеробного процесу, але ще при достатньо високому рівні розвитку гліколізу. Частка анаеробних процесів у енергозабезпеченні роботи швидко знижується в міру її тривалості. При такій роботі кисневий запит може досягати 90–150 л, а кисневий борг – 8–12 л, що складає біля 7–13 %. Вміст молочної кислоти в м'язах у цьому разі буде незначним.

Найбільш інтенсивні вправи помірної потужності (біг на наддовгі дистанції) відбуваються практично повністю в аеробних умовах. При цьому встановлюється відповідність між потребою організму в кисні і його надходженням. Кисневий запит може досягати 500–1500 л, а кисневий борг не перевищує 3–5 л (1 % кисневого запиту). Анаеробний ресинтез АТФ використовується організмом тільки на початку роботи, а також при підвищенні її потужності на дистанції (біг на підйом, прискорення, фініш). Тому при тривалих помірних навантаженнях вміст молочної кислоти в м'язах буде мінімальним. У працюючих м'язах використовуються всі запаси вуглеводів, різко зменшується кількість резервного жиру, відбувається розпад м'язових білків.

При фізичній діяльності особливо великі навантаження припадають на *серце*, яке здатне збільшувати свою працездатність до крайніх меж – 230–240 скорочень за хвилину. Серцевий м'яз пронизаний густою сіткою кровоносних капілярів, через які надходить кров, збагачена киснем, тому окиснення речовин у міокарді відбувається тільки аеробним шляхом.

У стані спокою основними джерелами енергії для серцевого м'яза є жирні кислоти, кетоніві тіла і глюкоза, які переносяться кров'ю. При фізичному навантаженні міокард починає посилено поглинати з крові й окиснювати молочну кислоту.

При використанні для роботи міокарду його енергетичних джерел (АТФ, креатинфосфату, глікогену) їх вміст у серці майже не змінюється, що свідчить про миттєве відновлення цих сполук.

Печінка – другий головний орган організму людини, у якому синтезуються ферменти, макроергічні джерела енергії, фосфо-ліпіди і розщеплюється основна кількість глікогену і жирних кислот відповідно до глюкози і кетонівих тіл, якими постачаються всі тканини.

При тривалій діяльності м'язів (марафонський біг) у печінці підвищується утворення сечовини з аміаку – кінцевого продукту обміну білків (процес детоксикації), а також спостерігається тимчасове відкладення жиру (ожиріння печінки), що перешкоджає накопиченню глікогену. Його можна попередити включенням у дієту спортсменів харчових продуктів, які містять ліпотропні речовини – холін, метіонін і ін.

Рухова активність людини супроводжується значними біохімічними змінами в головному мозку, основна частина яких відбувається за рахунок енергетичного обміну.

На початку роботи, а також короткочасних дуже потужних вправ підвищується в крові концентрація глюкози. Це відбувається завдяки високій швидкості мобілізації глікогену і меншому використанню глюкози м'язами. При роботі в умовах стійкого стану вміст її в крові майже такий, як і в стані спокою, тому що швидкість надходження в кров і швидкість використання глюкози м'язами практично однакові. При тривалій роботі концентрація глюкози в крові часто зменшується нижче рівня спокою, через те що запас глікогену печінки і швидкість його мобілізації знижуються, а потреба м'язів у глюкозі продовжує залишатися високою.

Вміст глюкози в крові залежить також від емоційного стану організму. Сильне емоційне збудження, як правило, викликає різке посилення надходження глюкози в кров, що пов'язано з певною регулюючою дією нервової системи і підвищеним виділенням гормонів адреналіну і норадреналіну.

Одним з основних біохімічних показників крові, які віддзеркалюють інтенсивність гліколітичного процесу в м'язах, є концентрація молочної кислоти. Вона має здатність швидко дифундувати з працюючих м'язів у кров, але подальше доокиснення її під час напруженої роботи відбувається повільно. Тому вміст молочної кислоти в крові залежить від швидкості її утворення в м'язах. Остання ж обставина безпосередньо пов'язана з потужністю виконуваної роботи. У стані спокою концентрація молочної кислоти в крові складає 0,1–0,2 г/л. З початком виконання вправ утворення молочної кислоти в м'язах і надходження її у кров різко зростає. Хоча помітне збільшення її концентрації в крові виявляється не відразу, а через кілька хвилин після початку виконання вправ.

Під час виконання легкої і помірно важкої роботи з рівнем кисневого запиту біля 50 % від максимального споживання кисню підвищення кількості молочної кислоти в крові невелике (до 0,4–0,5 г/л). При виконанні вправ з рівнем кисневого запиту 50–85 % приріст її досягає вже 1–1,5 г/л. Порівняно швидко збільшується концентрація молочної кислоти в перші 2–10 хв. роботи, а потім залишається на тому ж рівні або знижується. Таким чином, максимальна кількість молочної кислоти в крові виявляється на початку роботи. Після інтенсифікації діяльності органів дихання і кровообігу швидкість утворення молочної кислоти дорівнює швидкості її усунення шляхом доокиснення.

Під час виконанні вправ з кисневим запитом більш 85 % від максимального споживання концентрація молочної кислоти в крові постійно збільшується і може досягати максимальних значень не під час роботи, а на 2–10 й хвилині після її виконання, тобто у відновному періоді. Таке явище може бути зумовлене

уповільненою дифузиею цієї речовини в кров при роботі, а також використанням енергії гліколізу для ресинтезу креатинфосфату після роботи.

Максимальна концентрація молочної кислоти в крові добре тренованого спортсмена може досягати 2–2,5 г/л без помітного шкідливого впливу. Великі кількості молочної кислоти здійснюють несприятливий вплив, тому подальше посилення гліколізу не відбувається.

Молочна кислота при дисоціації утворює значну кількість іонів H^+ , частина яких зв'язується буферними системами м'язових клітин і крові. Як тільки буферна ємність систем вичерпається, відбувається зсув реакції середовища в кислу сторону. У цьому процесі беруть участь і інші кислоти, такі, як карбонатна, фосфатна, піровиноградна, проте найбільший внесок в утворенні іонів H^+ і закисленні середовища належить молочній кислоті. Виявлено, що між концентрацією молочної кислоти і рН крові існує обернено пропорційна залежність.

Зменшення рН викликає серйозні зміни в організмі. Так, при зниженні рН більш ніж на 0,2 одиниці порівняно з рівнем спокою зменшується активність багатьох ферментів клітин і крові. У першу чергу знижується активність ключового ферменту гліколізу фосфофруктокінази, у результаті чого знижується загальна швидкість цього процесу. Зменшення рН призводить також до порушення діяльності нервових клітин і розвитку в них охоронного гальмування. При цьому погіршується передача збудження з нерва на м'яз, знижується АТФ-азна активність міозину, унаслідок чого падає швидкість розщеплення АТФ.

У стані спокою рН крові складає 7,35–7,40. За умови м'язової роботи він може знижуватися до 7,0. Треновані спортсмени витримують зниження рН до 6,8, проте при цьому може спостерігатися нудота, запаморочення і сильні болі в м'язах.

Серед буферних систем крові, що зв'язують іони H^+ молочної кислоти, головну роль відіграє гідрокарбонатна. Надлишок молочної кислоти викликає розкладання цієї системи відповідно до рівняння:



У результаті цієї реакції утворюється надлишок CO_2 , який називають «*неметаболічним*», тому що утворення його не пов'язано з процесами біологічного окиснення. Визначаючи цей не-метаболічний CO_2 повітрі, що видихається, можна оцінити рівень гліколізу в працюючих м'язах.

При виконанні роботи змінюється в крові вміст жирних кислот і кетонових тіл, звичайно, в обернено пропорційній залежності відносно до кількості глюкози і молочної кислоти: використання їх зростає в міру збільшення тривалості роботи. Значно знижується в крові вміст фосфоліпідів, тому що їх ресинтез відстає від активного споживання цих сполук м'язами, печінкою, серцем.

У процесі виконання фізичних вправ змінюється також білковий склад крові. Загальна концентрація білка в плазмі крові зростає при короткочасних силових навантаженнях (за рахунок білків-ферментів, що виходять із працюючих клітин). При цьому змінюється співвідношення між різними білками. Збільшується кількість продуктів білкового розпаду. За умов

тривалої роботи, коли змінюється проникність мембран, кількість білка в крові збільшується настільки, що можлива поява його в сечі.

У процесі тривалої виснажливої роботи зростає в крові рівень аміаку, у 4–5 разів збільшується вміст сечовини.

Стомлення – це стан організму, що виникає внаслідок тривалої і напруженої діяльності і характеризується зниженням працездатності. Це нормальний для організму стан, який відіграє захисну роль. Стомлення попереджає про настання несприятливих біохімічних і функціональних зрушень, що виникають під час роботи, і для запобігання їх автоматично знижується інтенсивність м'язової роботи. Воно являє собою найважливішу спортивну і соціальну проблему, оскільки віддалення порогу втомлюваності сприяє покращенню спортивних результатів, поліпшенню виробничої, побутової працездатності і т. п.

Розрізняють чотири типи стомлення: а) *розумове*, яке виникає при тривалій розумовій роботі (гра в шахи й ін.); б) *сенсорне* – стомлення органів чуття, яке виникає при стрільбі, швидкісному гірсько-лижному спуску, слаломі й ін.; в) *емоційне*, що виникає при роботі з високим емоційним підйомом (спортивні ігри); г) *фізичне*, що настає при тривалій напруженій фізичній діяльності.

Залежно від кількості м'язів, охоплених фізичним стомленням, воно може мати локальний (не більш 1/3 усіх м'язів), регіональний (від 1/3 до 2/3) і глобальний, або загальний (більш 2/3 усіх м'язів), характер.

Локальне (місцеве) стомлення настає в основному після швидкісної роботи максимальної інтенсивності, супроводжується порушенням біохімічного стану працюючих м'язів, зниженням надходження до них ацетилхоліну і може бути переборено вольовим зусиллям людини.

При *регіональному і глобальному* стомленні в організмі порушуються функції органів дихання, кровообігу, накопичується

велика кількість проміжних продуктів обміну речовин, що значною мірою знижує працездатність людини, а в деяких випадках порушує координацію його рухів.

При *фізичному* стомленні, викликаному тривалою м'язовою діяльністю, в організмі людини (навіть у стійкому стані) відбуваються серйозні біохімічні зміни. Знижується концентрація АТФ у нервових клітинах і порушується синтез ацетилхоліну в синапсах, у результаті чого порушується формування рухових імпульсів і передача їх до працюючих м'язів центральною нервовою системою. Сповільнюється швидкість перетворення електричного сигналу в хімічний у синаптичній щілині, розвивається захисне охоронне гальмування, пов'язане з утворенням ГАМК. Якщо цей процес відбувається в невеликій ділянці кори головного мозку, то настає локальне стомлення (почуття втоми руки, окремої групи м'язів). При більш широкому поширенні процесу виникає почуття загальної втоми.

При стомленні пригнічується діяльність залоз внутрішньої секреції, результатом чого є зменшення продукції гормонів і активності багатьох ферментів. У першу чергу знижується активність міозинової АТФ-ази, яка

контролює перетворення хімічної форми енергії в механічну роботу. Зниження швидкості розщеплення АТФ у міофібрилах автоматично призводить до зменшення потужності виконуваної роботи. У стані стомлення падає активність ферментів аеробного окиснення, що призводить до роз'єднання реакцій окиснювального фосфорилування, пов'язаних з ресинтезом АТФ. Розвивається гіпоксія, і для підтримки необхідного рівня АТФ відбувається нове (повторне) посилення гліколізу, що призводить до підвищення рівня молочної кислоти. Як наслідок цього відбувається закислення внутрішніх середовищ організму і порушення гомеостазу. Різко пригнічується використання ліпідів і синтез фосfolіпідів, послаблюється мобілізація вуглеводів. У результаті активного розпаду білків і амінокислот у крові значно підвищується рівень сечовини.

При стомленні в працюючих м'язах вичерпуються запаси креатинфосфату, глікогену, накопичуються молочна кислота, кетонів тіла і відзначаються різкі зміни внутрішньоклітинного середовища. При цьому порушується регуляція тих процесів, які пов'язані з енергозабезпеченням м'язів, порушується діяльність систем легеневого кровообігу.

Причини стомлення при м'язовій роботі на цей час інтенсивно вивчаються. Переважно його розглядають як комплексне явище, при якому причиною зниження працездатності може бути порушення діяльності якоїсь однієї ланки в складній взаємозалежній системі органів і функцій, які забезпечують виконання роботи, або порушення між ними взаємозв'язку. Залежно від індивідуальних особливостей організму й умов виконуваної роботи причиною розвитку стомлення може стати такий рівень діяльності будь-якого органу, можливості якого у певний момент роботи не відповідають вимогам навантаження. З огляду на це першопричиною стомлення може стати і зниження енергетичних ресурсів організму, і зниження активності ключових ферментів через пригнічуючий вплив продуктів метаболізму, і порушення цілісності функціонуючих структур через припинення пластичного обміну, і зміна нервової або гормональної регуляції функцій, і багато інших причин. Тому встановити ту ланку, яка у кожному конкретному випадку є першопричиною розвитку стомлення, може точний біохімічний аналіз результатів виконаної роботи.

Якщо розглядати це питання в цілому, то, як правило, в процесі інтенсивної короткочасної роботи основною причиною стомлення є розвиток охоронного гальмування в центральній нервовій системі через порушення співвідношення АТФ/АДФ на користь АДФ, а також зниженням активності АТФ-ази міозину під впливом продуктів обміну, які накопичилися у працюючих м'язах. Під час відносно помірної і тривалої роботи основними причинами стомлення є вичерпання внутрішньом'язових запасів глікогену або накопичення продуктів неповного окиснення жирів, а також зниження збуджуваності м'язів.

Останнім часом наукові дослідження показують, що стомлення пов'язане не стільки зі станом м'язів, скільки зі станом центральної нервової системи.

Стомлення людини може бути віддалене за допомогою різних стимуляторів, що збуджують нервову систему (кофеїну й ін.) У деяких країнах з метою зняття почуття втоми у професійному спорті широко використовують допінги – препарати, що стимулюють функцію нервової системи (навіть під час стомлення). У результаті цього охоронне гальмування знижується, організм таким чином позбавляється важливої захисної реакції, і при подальшій роботі виникають значні біохімічні зміни, які є небезпечними для життя.

Контрольні питання:

1. Охарактеризуйте біохімічні фактори стомлення при виконанні короткочасних вправ максимальної й субмаксимальної потужності.
2. Охарактеризуйте біохімічні фактори стомлення при виконанні тривалих вправ великої й помірної потужності

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: Біохімічні основи відновлення

Мета: розглянути основні механізми відновлення

Теоретична частина

У ході процесів відновлення після м'язової роботи виділяються три фази: термінове, віддалене і довгострокове відновлення. Фаза термінового відновлення охоплює перші 30 хв після закінчення вправи і пов'язана з відновленням внутрішньом'язових ресурсів АТФ і креатинфосфату, а також з поверненням алактатного компонента кисневого боргу. У фазі віддаленого відновлення, що продовжується від 0,5 до 6-12 год після закінчення вправи, відбувається відновлення витрачених вуглеводних і жирових резервів, повернення до початкового стану водно-електролітної рівноваги організму. У фазі довгострокового відновлення, яке може продовжуватися до 2-3 діб, посилюються процеси протеїносинтезу і відбуваються формування і закріплення в організмі адаптаційних зсувів, викликаних виконанням вправи. Кожна фаза відновлення має свої особливості в динаміці виникаючих метаболічних процесів.

Явище суперкомпенсації Після припинення наступає відновлення, яке носить фазний характер включно з фазою неповного відновлення, надмірного відновлення та повного відновлення. Інтенсивність протікання відновних процесів і терміни заповнення енергетичних запасів організму залежать від інтенсивності їх витрачання під час виконання вправи (правило Енгельгардта). Інтенсифікація процесів відновлення призводить до того, що в

певний момент відпочинку після роботи запаси енергетичних речовин перевищують їх вихідний рівень. Це явище отримало назву суперкомпенсації. Уперше така закономірність була встановлена в минулому сторіччі К. Вейгертом і названа законом суперкомпенсації, який формулюється таким чином. Будь-яка біохімічна система, виведена зі стану динамічної рівноваги, повертається до нього, проходячи фазу надлишкового, переважаючого вихідний рівень відновлення хімічних і функціональних потенціалів. Дане явище не тривке і залежить від енергосубстрату, який витрачався під час роботи. Причини явища суперкомпенсації пов'язані з підвищенням концентрації гормонів анаболічної дії в період відпочинку після роботи і індукцією ними синтезу білків-ферментів, контролюючих процеси відновлення енергетичних ресурсів в скелетних м'язах.

Контрольні питання:

1. Біохімічна характеристика процесів відновлення при м'язовій діяльності
2. Фазний характер відновленн

Рекомендована література:

1. Биохимия: Учебное пособие для институтов физической культуры/ Под ред. В.В.Меньшикова, Н.И.Волкова. – М.: Физкультура и спорт. – 1986. – 503 с.
2. Волков Н. И. и др. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийский спорт. – 2000. – 503 с.
3. Михайлов С. С. Спортивная биохимия. – М.: Советский спорт. – 2006. – 260 с.
4. Яковлев Н.Н. Биохимия спорта. – М.: Физкультура и спорт. – 1974. – 288 с.
5. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія. – К.: Вища школа. – 1995. – 536 с.
6. Буховец С.В. Упражнения по биологической химии: Учебное пособие. – М.: Просвещение. – 1969. – 310 с.
7. Вишнеvsька Л.В. Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з біохімії та біохімії спорту (для студентів факультету фізичного виховання та спорту). – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2004. – 54 с.
8. Копильчук Г.П., Волощук М.М. Біохімія. – Чернівці: Рута. – 2004. – 224 с.
9. Кучеренко Н.Е. Биохимия: Практикум. – К.: Вища школа. – 1998. – 104 с.
10. Строев Е.А., Макарова В.Г. Практикум по биологической химии: Учебное пособие. – М.: Высшая школа. – 1986. – 174 с.
11. Пустовалова Л.М. Практикум по биохимии – Ростов-на-Дону: Феникс. – 1999. – 544 с.
12. Филиппович Ю.Б. и др. Практикум по общей биохимии: Учебное пособие. – М.: Просвещение. – 1975. – 311 с.
13. Шевряков М.В., Яковенко Б.В., Явоненко О.Ф. Практикум з біологічної хімії: Навчально-методичний посібник для студентів біологічних

спеціальностей і факультетів фізичного виховання і спорту вищих навчальних закладів. – Суми: ВДТ Університетська книга. – 2003. – 204 с.

14. Явоненко О.Ф., Яковенко Б.В. Біохімія. – Суми: Університетська книга. – 2002. – 401 с.

15. www.fizkult-ura.com

16. www.sport-health.com.ua

17. www.biology.com.ua