

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

С.М.КОРСУН, І.І.ШАПОШНІКОВА

БІОХІМІЯ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ХАРКІВ – 2020

УДК [577.1/612.745.1](075)

К69

проф., к.б.н. Корсун С.М., доц., к.пед.н. Шапошнікова І.І.

Біохімія м'язової діяльності: комплексні контрольні роботи.
Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
фізичного виховання і спорту.

У навчальному посібнику викладено ситуаційні завдання відповідно до навчальної програми за кредитно-модульною системою дисципліни «Біохімія м'язової діяльності». Ситуаційні завдання, що запропоновані в навчальному посібнику, допоможуть студентам самостійно перевірити свої знання, внести своєчасні корективи у самопідготовку.

Для студентів закладів вищої освіти фізичного виховання і спорту.

Рецензенти: **О.О. Коновалова**, к.б.н., доцент, зав. кафедри валеології Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна,
В.А. Друзь, д.б.н., професор кафедри олімпійського і професійного спорту Харківської державної академії фізичної культури.

Затверджено Вченою радою ХДАФК, протокол № 6 від 22 червня 2020 року.

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Біохімія м'язової діяльності» у системі підготовки спеціалістів у вищих навчальних закладах фізичного виховання і спорту серед комплексу медико-біологічних дисциплін займає важливе місце. При вивченні дисципліни «Біохімія м'язової діяльності» студенти одержують знання про хімічні основи життєдіяльності організму, особливості обміну речовин при м'язовій діяльності. Тренеру і педагогу, фізичному терапевту у спорті знання біохімії м'язової діяльності необхідні для ефективної організації тренувального процесу, здійснення контролю за змінами функціонального стану спортсменів, для оцінки і охорони здоров'я людини, правильного вибору і використання відновлювальних засобів.

Прикладні біохімічні дослідження у спорті відіграють важливу роль у вивченні процесів адаптації організму до фізичних навантажень, у пошуку ефективних засобів і методів підвищення працездатності, регламентації спортивної роботи і відпочинку, відбору для занять спортом, оцінці рівня тренуваності, розробці шляхів реабілітації після стомлення чи спортивних травм.

У зв'язку з цим при підготовці спеціалістів в галузі фізичного виховання і спорту на базовому етапі студенти повинні одержати глибокі знання з біохімії м'язової діяльності, що дозволить успішно вирішувати питання їх практичної діяльності.

Запропонований навчальний посібник призначений для самостійного контролю студентами рівня засвоєння вивченого матеріалу з дисципліни «Біохімія м'язової діяльності». Використання також дасть змогу викладачам із мінімальними затратами часу визначити й оцінити знання студентів.

Ситуаційні завдання, розроблені згідно зі змістовими модулями програми дисципліни «Біохімія м'язової діяльності» і включають 3 моделюючі елементи практичної діяльності тренера. Вони направлені

на розвиток творчого мислення і здібностей формувати принципи і напрямки їх розробки, а також вміння оцінювати і трактувати отримані знання для рішення завдань.

Важливі передумови успішного виконання ситуаційних завдань - це глибокі знання основ біохімії, біохімії м'язової діяльності і суміжних дисциплін, придбаних на лекціях, практичних заняттях, а також в результаті самостійного вивчення матеріалу, викладеного в базовому підручнику і спеціальній літературі.

Навчальний посібник допоможе студентам закріпити пройдений курс, коректувати отримані знання і реалізувати свої здібності для рішення конкретних ситуаційних завдань.

1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЯ М'ЯЗІВ ТА М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що скорочувальна діяльність м'язів обумовлена структурою та хімічними властивостями сполук, що входять до складу м'язового волокна. Які біохімічні зміни відбуваються у м'язах при систематичному тренуванні різної спрямованості?

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати загальну характеристику хімічного складу м'язової тканини.
2. Охарактеризувати білки м'язів
3. Дати характеристику біохімічних змін у м'язах під впливом тренування.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Специфічною функцією м'язів є забезпечення рухливої функції - скорочення та розслаблення. У зв'язку з виконанням цієї важливої функції хімічний склад м'язової тканини має деякі специфічні особливості.

70-80% маси м'язів складає вода, 20-26% сухий залишок. Характерним для м'язів є висока кількість білків 16,5-20,9 %. Це пояснюється тим, що крім білків, які входять до складу інших клітин, у м'язах є специфічні скорочувальні білки, що складають 45% усіх білків м'язової тканини.

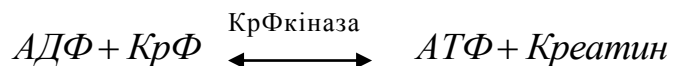
З небілкових речовин до складу м'язів входять ліпіди. У м'язах є нейтральні жири, холестерин, фосфоліпіди та інші сполуки ліпідної

природи. Ліпіди входять до складу як міофібрил, так і сполучної тканини м'язів. Нейтральні жири (тобто тригліцериди) м'язів містяться між окремими м'язовими волокнами і відіграють роль резервного жиру.

До азотистих екстрактивних речовин м'язів належать різні амінокислоти, АМФ, АДФ, АТФ, ГТФ, УТФ, ІТФ, ЦТФ, креатин, креатинфосфат, креатинін, карнозин, карнітин та ряд інших продуктів.

З цих речовин є такі, що мають особливо велике значення для обміну і функцій м'язів. До них належать переважно АТФ, АДФ і креатинфосфат.

Креатинфосфат утворюється в реакції між АТФ і креатином та каталізується ферментом креатинфосфокіназою В результаті зазначеної реакції фосфор і енергія, яка була в макроергічному зв'язку АТФ, переноситься на креатин (К) і зосереджується в макроергічному зв'язку креатинфосфату (КрФ). Під час роботи м'язів фосфор (і енергія) з креатинфосфату може переноситись на АДФ, внаслідок чого синтезується АТФ. Таким чином, ця реакція є одним з джерел синтезу АТФ у м'язах:



До безазотистих екстрактивних речовин м'язів належать в основному вуглеводи та продукти їх обміну. Найбільше в м'язах глікогену, причому вміст його залежить від стану м'язів, режиму харчування та інших причин. У м'язах завжди є гексозофосфорні, тріозофосфорні ефіри, молочна і піровиноградна кислоти та інші проміжні продукти гліколізу і аеробного обміну вуглеводів.

У м'язах виявлено майже всі ті мінеральні речовини, які є в інших тканинах.

З катіонів у м'язах є калій, натрій, кальцій, магній, фтор, а також у невеликих кількостях мідь, марганець, цинк тощо, з аніонів – найбільше фосфорної і соляної кислот. Взагалі, м'язи характеризуються високим вмістом калію, фосфору і сірки

Різні іони, що є в м'язах, відіграють важливу роль у підтриманні сталості реакції середовища, осмотичних процесів, а також спричиняють певний специфічний вплив. Наприклад, іони натрію підвищують збудливість м'яза; іони калію, кальцію і магнію потрібні для процесів скорочення та розслаблення м'язів

2. Складові частини м'язового волокна скелетних м'язів (міофібрили, саркоплазма, сарколема) містять ряд білків, які різняться своїми фізико-хімічними і біологічними особливостями. За допомогою екстрагування сольовими розчинами можна вилучити всі розчинні білки, які входять до складу м'язової плазми (саркоплазми), і міофібрил. У залишку будуть нерозчинні білки сарколеми та інших частин м'язів, що мають загальну назву строми.

Сарколемна мембрана, яка бере участь у передачі нервового імпульсу міофібрилам, містить велику кількість різноманітних білків ферментів. У сарколемі виявлено різні типи АТФ-ази: Ca^{2+} – АТФ-ази і $Mg^{2+} + Na^{2+} + K^{+}$ – АТФ-ази (так звані транспортні АТФ-ази).

До білків саркоплазми м'язового волокна належать, міоген, міоглобін, міоальбумін, глобуліни. Міоглобін належить до хромопротеїдів і подібно до гемоглобіну сполучається з киснем і значною мірою забезпечує процес дихання м'язів, чим інтенсивніше м'язи працюють, тим більше в них міоглобіну.

Міоглобін, зосереджений у внутрішній частині м'язової тканини, тобто там, де тиск кисню дуже малий. Проте в зв'язку із здатністю цього хромопротеїду активно сполучатися з киснем (його спорідненість з киснем в 5 разів вища, ніж у гемоглобіну) у м'язовій тканині створюється значний резерв кисню на випадок нестачі кисню.

До скоротливих білків міофібрил належать міозин, актин, актоміозин, тропоміозин, тропонін та актиніни.

Міозин – це фібрилярний або ниткоподібний білок. Вміст його у скелетних м'язах найбільший (близько 55 % всіх білків м'язів). Складається він із довгої фібрилярної частини (хвоста) та кулькоподібної голівки, яка знаходиться під певним кутом до фібрилярної частини й утворює поперечні виступи. На голівках знаходяться два центри взаємодії з актином та зв'язку з АТФ, де постійно відбувається розпад її молекули до АДФ та H_3PO_4 .

Біля голівки міозину знаходиться **фермент АТФаза**, який каталізує реакцію розпаду АТФ до АДФ і H_3PO_4 з виділенням енергії. Молекули міозину зібрані у пучки (товсті нитки) так, що голівки виступають і здатні контактувати з 6-актиновими нитками.

Актин – це глобулярний білок, молекули якого здатні об'єднуватися (полімеризуватися) й утворювати тонку нитку. Тонкі нитки актину складаються із 2 спіральних ниток полімеризованого актину та фіксуючого їх білка **тропоміозину**.

В окремих місцях актинових ниток знаходиться Ca^{2+} -залежний регуляторний білок **тропонін**, який закриває центри взаємодії актину з міозином у стані спокою та відкриває їх на початку скорочення м'яза, коли збільшується вміст вільного кальцію у волокні, з яким він з'єднується.

До складу строми входять сполучнотканинні білки м'язових волокон, нервів, стінок судин і сухожиль. Серед них є такі білки, як колаген, еластин, нейрокератин та деякі інші.

3. Під впливом тренування у м'язах відбуваються зміни у їх хімічному складі та морфологічній будові. Під впливом тренування у м'язах підвищується активність тканинних дегідрогеназ, каталази та багатьох інших ферментів. Завдяки активації аеробних процесів посилюється синтез речовин, необхідних для роботи м'яза, в тому числі глікогену, АТФ, креатинфосфату та деяких інших біосубстратів. Під впливом тренування значно прискорюється утворення білків у м'язах,

збільшується маса міозину і зменшується кількість жиру, що робить м'яз більш працездатним.

Серед усіх біохімічних перетворень у м'язах, пов'язаних з їх тренуванням, важливу роль відіграє збільшення в них вмісту АТФ, креатинфосфату та інших нестійких фосфорних сполук (ГТФ, ІТФ), що є джерелами енергії для м'язової роботи. Тренування не тільки посилює окислювальновідновні процеси в м'язах, а й сприяє перебудові їх обміну в бік посилення аеробних процесів, які є більш ефективними, ніж гліколіз.

Цим значною мірою пояснюється те, що треновані м'язи можуть виконувати більш тривалу і напружену роботу при витрачанні менших ресурсів і при меншому нагромадженні молочної кислоти порівняно з м'язами нетренованими.

Особливості біохімічних змін у м'язах під впливом тренування певною мірою залежать від характеру його. Так, при тренуваннях на швидкі, але короткочасні напруження (біг на 100м, підняття штанги тощо) м'язи працюють ефективніше переважно за рахунок гліколізу. При тренуванні на тривалі навантаження (наприклад, біг на 5 - 10 км) м'язами ефективніше використовується енергія аеробного обміну. Тренування позитивно впливає на весь організм, а ефективність його, в свою чергу, теж залежить від стану організму.

Підвищення вмісту креатину і креатинфосфату в м'язах при тренуванні зумовлено інтенсивністю синтезу креатину в нирках та печінці. Таким чином, поповнення м'язів цими речовинами пов'язано з функціями нирок і печінки. Ріст м'язової тканини, збільшення її маси залежать від збільшення кількості води і мінеральних речовин у них, а це пов'язано із загальною динамікою водно-сольового обміну.

Підвищення процесів біосинтезу білків та інших речовин в м'язах приводить до морфологічних змін у м'язових волокнах: збільшується кількість міофібрил, а також число нервових контактів з сарколемою,

збільшується кількість мітохондрій, завдяки чому підвищуються аеробні енергетичні можливості м'язів. Все це сприяє збільшенню м'язової маси, особливо це характерно для м'язів, які несуть високі фізичні навантаження.

ЗАВДАННЯ:

Визначити зв'язок хімічного складу і структурної організації м'язів з їх функцією і пояснити послідовність біохімічних процесів у м'язах при їх скороченні і розслабленні.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Визначити особливості структурних компонентів м'язового волокна і їх роль в обмінних процесах, що забезпечують можливість виконання м'язової роботи.
2. Властивості та структурна організація скоротливих білків
3. Механізм м'язового скорочення і розслаблення. Послідовність біохімічних процесів у м'язах при їх скороченні і розслабленні

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. М'язи складаються з пучків м'язових волокон, які можна розглядати як великі клітини, що містять усі характерні для клітин компоненти, а також специфічні скоротливі нитки – **міофібрили**. Волокна покриті складною мембраною – **сарколемою**, що має декілька шарів, у тому числі внутрішню мембрану, яка безпосередньо покриває цитозоль (внутрішній вміст) м'язового волокна,

Сарколемна мембрана бере участь в передачі нервового імпульсу міофібрилам, які знаходяться всередині кожного волокна.

Сарколема виконує різні функції, в тому числі:

- кріпить волокно до сухожилля;

- забезпечує обмін речовин між волокном та позаклітинним середовищем;
- бере участь в утворенні та функціонуванні нервово-м'язового з'єднання;
- забезпечує регенерацію м'язових волокон у разі їх пошкодження шляхом стимуляції розвитку клітин-сателітів.

Сарколема має такі властивості:

- напівпроникність для різних речовин, що створює різницю концентрації іонів Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- усередині м'язового волокна та поза ним;
- електрозбудливість – здатність утворювати електричний потенціал дії під час надходження нервового імпульсу завдяки швидкій зміні концентрації іонів натрію та калію у волокні та поза ним;
- здатність передавати збудливість (електричні імпульси) по всій довжині волокна;
- містить транспортні системи: білки-канали та насоси (Na^+ , K^+ – АТФ-залежний насос, Ca^{2+} – АТФ-залежний насос), за допомогою яких регулюється вміст іонів усередині м'язового волокна та підтримується електричний потенціал спокою та дії.

Таким чином, сарколема забезпечує не лише обмін речовин між волокном та навколишнім середовищем, а й процес збудження волокна.

Міофібрили - це довгі спеціалізовані органели м'язової клітини, які виконують функції скорочення. Кожна міофібрила складається з паралельних ниток (філаментів) двох типів - товстих і тонких, які розташовуються в ній гексагонально, тобто кожний товстий філамент оточений шістьма тонкими. Структурний зв'язок між філаментами міофібрил здійснюється тільки регулярно розташованими «поперечними містками». При скороченні і розслабленні тонкі філаменти міофібрил

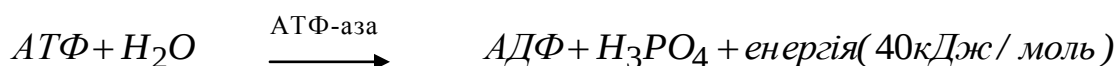
ковзають вздовж товстих і не змінюють своєї довжини. Товсті нитки головним чином складаються з білка міозину, а тонкі - з актину.

Весь внутрішній простір м'язового волокна заповнений саркоплазмою. В саркоплазмі знаходиться Т-система і саркоплазматичний ретикулум, який відіграє важливу роль у проведенні нервового імпульсу від сарколеми до міофібрил, а також у транспортуванні поживних речовин. Саркоплазматичний ретикулум безпосередньо зв'язаний з скороченням і розслабленням м'язу, регулюючи визволення кальцію з своїх елементів і зворотний його транспорт в м'язовому волокні. По Т-системі передаються зміни електричного потенціалу поверхневої мембрани елементам ретикулуму, що приводить в них до звільнення іонів Ca^{2+} , які поступають до фібрил і запускають процес м'язового скорочення.

Між міофібрилами у саркоплазмі розташовуються мітохондрії - «енергетичні станції» м'язових волокон, вони мають ферменти окислювальних процесів, які здійснюють утворення головного джерела енергії м'язового скорочення - АТФ.

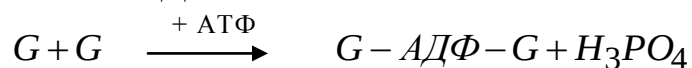
2. Скоротливий білок міозин - це основна складова частина міофібрил. Міозин фібрилярний білок з великою молекулярною масою. Молекула міозину довга (160 нм) та тонка (2 нм) з стовщенням на одному кінці - голівкою (4 нм). Міозин містить в собі два однакових поліпептидних ланцюга, які мають конфігурацію α -спіралі. За допомогою протеолітичних ферментів (трипсину) молекула міозину розщеплюється на дві субодиниці, або мономери: важкий (H - мероміозин) і легкий (L - мероміозин).

Міозин має властивість ферменту аденозинтрифосфатази (АТФ-ази), що розщеплює АТФ на АДФ і неорганічну фосфорну кислоту:



При цій реакції вивільняється значна кількість енергії. Отже, білок, що є основою скорочення м'яза, сам каталізує процес вивільнення енергії, яка потрібна для м'язової роботи.

Актин - другий найважливіший скоротливий білок. Молекулярна маса його становить близько 70000. Подібно міозину, актин існує також у вигляді димеру з молекулярною масою 140000. Актин може перебувати у трьох формах: мономерній (глобулярній), димерній (глобулярній) і полімерній (фібрилярній, F -актин). Мономерний глобулярний (G) актин зв'язаний з АТФ. Мономери актину розщеплюють АТФ і з'єднуються в димери, які містять АДФ:



З димерів побудована подвійна спіраль полімерного фібрилярного F- актину. Перетворення глобулярного актину у фібрилярний відбувається в присутності іонів K^+ і Mg^+ . У живих м'язах має перевагу фібрилярний актин. Утворення спайок між актином і міозином можливо при розриві частини зв'язків між мономерами актину, які розташовуються у сусідніх ланцюгах подвійної спіралі. Актин володіє здібностями зв'язувати іони кальцію. F - актин активує АТФ - азу міозину, що створює рушійну силу, яка викликає ковзання тонких і товстих ниток відносно одна одної.

Міозин активно сполучається з актином, внаслідок чого утворюється комплекс актоміозин. Саме цей комплекс і зумовлює функції м'язів. У молекулі актоміозину актин і міозин можуть бути в різних співвідношеннях. Однак найбільш стійкий комплекс утворюється в тих випадках, коли на одну молекулу актину припадає три молекули міозину. Актomioзин за своїми властивостями відрізняється як від актину, так і від міозину і за різних умов (осадження, розчинення) поводить як новий індивідуальний білок. Важливо підкреслити пі, що актоміозин, як і міозин, має властивості ферменту АТФ-ази, проте на

відміну від міозину активується іонами магнію. Дуже характерною і біологічно важливою особливістю актоміозину є його властивість стискуватись (скорочуватись) під впливом АТФ при наявності іонів калію і магнію. У процесі скорочення витісняється вода і зменшується об'єм частинок актоміозину. Ці зміни відіграють важливу роль у процесах скорочення м'язів. Крім цих білків до скоротливої системи м'язів належать регуляторні білки, які локалізовані в тонких (актинових нитках) - тропоміозин В і тропонін, складений з трьох субодиниць: С, Т, І. Тропоміозин В має нитяну спіралізовану структуру і розташовується у борозенці спірального ланцюга F -актину. Тропонін зв'язаний з тропоміозином В і може утворювати комплекси з актином і міозином. Комплекс тропоміозин В - тропонін називають розслаблюючим білком, тому що він зв'язаний з процесом розслаблення скороченої фібрили.

У м'язах у стані спокою тропонін з'єднується з актином і блокує його активні центри. Ця блокада знімається після вбирання тропоніном іонів кальцію.

В міофібрилах є також невелика кількість α і β - актинів.

3. В основі м'язового скорочення лежить поздовжнє переміщення міозинових та актинових філаментів відносно один одного без зміни довжини самих філаментів. Зв'язок між філаментами здійснюється за допомогою «поперечних містків» - голівок міозину які виступають з поверхні міозинового філаменту і можуть взаємодіяти з актином.

Переміщення актинової нитки вздовж міозинової - процес, який потребує - затрати енергії. Сполукою, хімічна енергія якого може бути безпосередньо перетворена в механічну роботу м'язового скорочення, є АТФ. Таке перетворення енергії відбувається при розщепленні АТФ під дією ферментативного центру АТФ-ази міозину. Енергія при цьому передається міозину, який змінює свою внутрішню структуру і здійснює механічну роботу.

В стані спокою м'язів, АТФ сполучена з міозином, однак розщеплення АТФ АТФ-азою міозину не відбувається і спайки між міозином та актином не утворюються. Цьому протидіє зв'язування іонів кальцію білком, який входить у склад саркоплазматичного ретикулуму. АТФ в м'язах знаходиться в іонізованому стані у вигляді аніонів ATP^{-4} (вільна) і Mg ATP^{-2} (зв'язана з міозином). АТФ приєднується до міозину на деякому віддаленні від центру АТФ-ази, який також заряджений негативно. Поки цей заряд не буде нейтралізовано іонами Ca^{++} , АТФ не може взаємодіяти з центром АТФ-ази і розщеплюватись. У такому стані міозин не еластичний, м'язи розслаблені. Утворенню спайок міозину з актином у стані спокою протидіє і комплекс тропоміозину з тропоніном, який має (зарахунок тропоніну) великий негативний заряд і блокує активні центри актину.

Стимулом для включення складного механізму м'язового скорочення є нервовий імпульс, який передається руховим нервом на м'язову клітину, швидко розповсюджується через сарколему і викликає на кінці рухового нерва (синапсу) вивільнення ацетилхоліну - хімічного посередника (медіатора) у передачі нервового збудження. Ацетилхолін, який виділяється на поверхню мембрани м'язового волокна, збільшує проникність її для іонів Na^{+} та K^{+} і зумовлює перерозподіл іонів (деполяризацію). Внаслідок цього виникають імпульси, які поширюються вздовж мембрани і викликають збудження м'яза. Деполяризація супроводжується виникненням різниці потенціалів між зовнішньою та внутрішньою поверхнями мембрани, яка є необхідною умовою передачі збудження і вивільнення певної кількості АТФ, яка може взаємодіяти з активними АТФ-азними групами міозину. Іони Na^{+} спрямовуються всередину м'язового волокна, нейтралізуючи негативний заряд на внутрішній поверхні сарколеми.

В момент деполяризації сарколеми деполяризується і зв'язана з нею Т-система м'язового волокна. Через те, що Т-система контактує з усіма міофібрилами волокна, електричний імпульс розповсюджується одночасно на всі його саркомери, де відбувається взаємне накладання актинових і міозинових ниток. Зміни у Т-системі зразу ж передаються тісно прилягаючим до неї мембранам саркоплазматичного ретикулуму, що викликає збільшення їх проникності, внаслідок чого відбувається вивільнення кальцію в саркоплазму і міофібрили. Іони кальцію приєднуються до тропоніну внаслідок чого він втрачає свій заряд, змінюється конформація всього тропоміозин - тропонінового комплексу і відкриваються активні центри актину, здатні з'єднатися з міозином, утворюючи комплекс актоміозин. Таким чином, електростатичне відштовхування тонких і товстих фібрил робить спроможним при участі Ca^{++} виникнення спайки між актином і міозином. $Mg \cdot ATP^{2-}$ сполучена з міозином у розслабленому м'язі в присутності Ca^{++} взаємодіє з центром АТФ-ази міозину і розщеплюється. Вивільнена при цьому енергія використовується для скорочення спайки між активними центрами міозинових і актинових ниток. Розвивається напруження, яке приводить до взаємного переміщення цих ниток і укорочення м'язового волокна.

Після закінчення дії рухового імпульсу відбувається зворотний транспорт іонів Ca^{++} в саркоплазматичний ретикулум концентрація його між філаментами актину і міозину падає і м'язові волокна втрачають здібність утворювати актоміозин, укорочуватися і розвивати тягнуче напруження в присутності АТФ. З приходом нового нервового імпульсу весь цикл повторюється. Один цикл скорочення забезпечує незначне укорочення м'язового волокна. Повне м'язове скорочення - результат багатьох таких послідовних циклів, в яких поєднуються взаємодія між білками міофібрил і АТФ, конформаційні зміни білка,

перетворення і використання енергії. Все це разом створює можливість виконання м'язом його специфічної функції.

2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що енергія, яка необхідна для м'язового скорочення утворюється при гідролізі АТФ. Чим пояснити, що м'язове навантаження може відбуватися тривалий час, тоді як наявних запасів АТФ у м'язах вистачає дня роботи 0,5 - 1 сек?

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Виділити основні процеси ресинтезу АТФ при м'язовій діяльності.
2. Визначити субстрати, які є джерелами енергії в процесах ресинтезу АТФ
3. Вказати послідовність включення процесів ресинтезу АТФ в енергетичне забезпечення м'язової діяльності в залежності від потужності та тривалості.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Енергія, яка необхідна для м'язового скорочення, забезпечується гідролізом АТФ. Гідроліз АТФ' відбувається за рівнянням:



Запаси АТФ в м'язовому волокні складають 0,4 - 0,5 % від ваги м'язів, їх вистачає на 0,5-1 сек. роботи з субмаксимальною інтенсивністю. Наявність широкого круга процесів, які споживають

енергію при м'язовій роботі, обумовлюють високу швидкість її вистачання. Тому одночасно з гідролізом АТФ іде її ресинтез (відновлення), що підтримує кількість АТФ в м'язах на постійному рівні. Ресинтез АТФ при м'язовій діяльності може відбуватися в анаеробних і аеробних процесах.

Можна виділити три основні анаеробні процеси ресинтезу АТФ:

- креатинфосфокіназна реакція (алактатний анаеробний процес) - ресинтез АТФ відбувається за рахунок перефосфорилювання між креатинфосфатом і АДФ;

- гліколіз (лактатний анаеробний процес) - ресинтез АТФ відбувається по ходу ферментативного анаеробного розщеплення вуглеводів з утворенням кінцевого продукту - молочної кислоти;

- міокіназна реакція при якій ресинтез АТФ відбувається за рахунок дефосфорилювання деякої частини АДФ.

Анаеробні процеси ресинтезу АТФ включають меншу кількість хімічних реакцій ніж аеробні, і не залежать від поставки кисню.

Аеробний процес - основний механізм ресинтезу АТФ, що практично повністю забезпечує в звичайних умовах енергетичні потреби організму. При аеробному ресинтезі АТФ енергія для м'язової роботи утворюється в основному за рахунок циклу Кребса, сполученого з біологічним окисненням.

2. Субстратами креатинфосфокіназної реакції ресинтезу АТФ є запаси креатинфосфату в м'язах, гліколізу - глікоген м'язів, глюкоза, яка утворюється з м'язового глікогену чи переноситься в м'язи кров'ю. До субстратів аеробного окиснення належать: утворена в процесі гліколізу піровиноградна кислота (ПВК), глікоген м'язів і печінки, жирні кислоти, амінокислоти. ПВК та жирні кислоти окислюються у формі ацетил-КоА і вступають в цикл Кребса, метаболіти якого також являються субстратами окиснення. При тривалій роботі використовуються також кетонові тіла.

3. При виконанні будь якої м'язової роботи діють усі механізми ресинтезу АТФ, хоч внесок кожного з них в її енергетичне забезпечення залежить від потужності та тривалості вправ.

Послідовність включення та значення різних шляхів ресинтезу АТФ в енергозабезпеченні роботи залежать від тривалості та потужності м'язової роботи: перші 2-3 сек. роботи максимальної потужності розщеплюється тільки АТФ, потім від 3 до 20 сек ресинтез АТФ відбувається за рахунок креатинфосфату м'язів, через 30 - 40 сек. роботи з максимальною інтенсивністю і роботи субмаксимальної потужності, основна доля енергії утворюється за рахунок анаеробного гліколізу подальше збільшення тривалості роботи підвищує значність в енергозабезпеченні аеробного механізму ресинтезу АТФ.

ЗАВДАННЯ:

Обґрунтувати особливості процесів ресинтезу АТФ в енергетичному забезпеченні різних м'язових вправ та фактори, які визначають швидкість їх розвитку, максимальну потужність, метаболічну ємкість та ефективність.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1 Охарактеризувати показники аеробного та анаеробного процесів ресинтезу АТФ.

2. Дати загальну характеристику анаеробних процесів ресинтезу АТФ при м'язовій діяльності.

3. Охарактеризувати аеробний процес ресинтезу АТФ при м'язовій діяльності.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. До показників, які дозволяють оцінювати і характеризувати процеси ресинтезу АТФ належать:

- **максимальна потужність** – це швидкість утворення АТФ у даному механізмі. Вона лімітує інтенсивність виконуваної роботи;

- **метаболічна ємність** – це загальна кількість АТФ, яка ресинтезується у даному механізмі енергоутворення за рахунок запасів енергетичних субстратів і лімітує обсяг виконаної роботи;

- **швидкість розгортання процесу** – це час, за який даний механізм виходить на максимальну потужність від початку роботи;

- **ефективність** – це кількість енергії, яка накопичується (акумулюється) в молекулах АТФ по відношенню до всієї енергії, що виділяється. Велика частина енергії (> 50 %) речовини чи метаболічного процесу розсіюється у вигляді тепла. Ефективність механізму ресинтезу АТФ – це той показник, поліпшення якого свідчить про високий ступінь організації та регуляції метаболізму. За рахунок великої ефективності енергетичного процесу зростає економічність виконаної роботи;

- **термодинамічна ефективність** - це доля енергії, яка перетворюється у механічну роботу. В механічну роботу перетворюється 40-49% (0,4%) енергії, вивільненої при розщепленні АТФ;

- **метаболічна ефективність** - це та частина енергії, виділеної у ході хімічних перетворень, яка фіксується в макроергічних фосфатних зв'язках АТФ.

Механічна ефективність - кількісно характеризує здібність організму використовувати енергію хімічних зв'язків різних енергетичних джерел для забезпечення м'язової роботи. Вона розраховується як добуток термодинамічної ефективності і метаболічної.

2. Існує три **анаеробні механізми** ресинтезу АТФ, які мають велику потужність цього процесу і можуть забезпечити енергією виконання фізичних вправ великої інтенсивності:

- креатинфосфокіназний (алактатний);

- гліколітичний (лактатний);
- міокіназний (аденілаткіназний).

Анаеробні процеси ресинтезу АТФ перевершують аеробні процеси по швидкості розгортання і характеризуються більш високою максимальною потужністю. Однак їх метаболічна ємкість, яка залежить від запасів креатинфосфату (КрФ), глікогену, а також від стійкості організму до дії продуктів анаеробного обміну (молочної кислоти) значно поступають аеробному процесу по метаболічній ємкості. Креатинфосфатна реакція першою включається в процес ресинтезу АТФ в момент початку м'язової роботи і протікає з максимальною швидкістю поки не будуть значно вичерпані запаси КрФ в м'язах. Ця реакція виконує роль своєрідного «енергетичного буфера», який забезпечує сталість кількості АТФ в м'язах при різких перепадах в швидкості її використання.

Кількість КрФ в м'язах приблизно в 3 рази перевищує кількість АТФ. Загальні запаси фосфогенів забезпечують утворення енергії в кількості майже 840 кДж/кг м'язової тканини, достатньому для підтримування зусиль максимальної потужності на протязі 10-15 с. Швидкість розщеплення КрФ в працюючих м'язах знаходиться в прямій залежності від інтенсивності вправи, що виконується, чи величини м'язового напруження. Найвища потужність, яку може забезпечити креатинфосфатна реакція, складає майже 3,70 кДж/кг ваги тіла за хвилину. В перші секунди після початку роботи, поки концентрація КрФ в м'язах висока, активність креатинфосфатної реакції підтримується на високому рівні. Тільки після того, як запаси КрФ в м'язах будуть вичерпані приблизно на 1/3 (на це іде 5-6 с) швидкість цієї реакції починає зменшуватися, і в процес ресинтезу АТФ все більше вступає гліколіз і дихання. Це відбувається при збільшенні тривалості роботи: на 30-й секунді швидкість реакції зменшується наполовину, на 3-й хвилині вона складає лише близько 1,5 % від початкового значення.

Креатинфосфокіназна реакція відбувається і у зворотному напрямку у мітохондріях куди швидко дифундує креатин і взаємодіє з АТФ, яка там постійно синтезується за рахунок аеробного механізму. КрФ із мітохондрій знову надходить до міофібрил. Таким чином **КрФ виконує роль енергетичного буфера та носія енергії**. У зв'язку з цим у практиці спорту, фізичної терапії і клініки використовуються фармакологічні препарати креатину чи креатинфосфату для нормалізації або поліпшення енергетичного обміну в скелетних м'язах, серці тощо.

Під час виконання вправ переважає пряма КрФ реакція, яка приводить до утворення АТФ і креатину, але як тільки робота завершується і в м'язі з'являється надлишок АТФ, підсилюється зворотна реакція, в якій відновлюються запаси КрФ до істотного рівня. Оскільки більша частина АТФ, яка необхідна для обороту креатинфосфокіназної реакції, утворюється в процесах окиснення, то ресинтез КрФ частково може відбуватися і в ході тривалої роботи в аеробних умовах. Креатинфосфокіназна реакція складає біохімічну основу локальної м'язової витривалості. Вона грає рішучу роль в енергетичному забезпеченні короткочасних вправ максимальної потужності, таких як біг на короткі дистанції; стрибки, метання, важкоатлетичні вправи і інші.

При адаптації організму до інтенсивних та силових фізичних навантажень у м'язах збільшується вміст КрФ у 1,5–2 рази та активність ферментів його обміну, що підвищує швидкісні та силові здатності людини.

Якщо інтенсивна робота триває більше 10–15 с, то енергозабезпечення її відбувається за рахунок іншого анаеробного **механізму гліколітичного ресинтезу АТФ**, який характерний більшою мірою для скелетних м'язів. Цей механізм також називають гліколізмом та глікогенолізмом.

В процесі гліколізу запаси глікогену м'язів і глюкоза, яка поступає в клітини з крові, розщеплюються ферментативним шляхом до молочної кислоти. На заключній стадії гліколізу, проміжні макроергічні сполуки – дифосфогліцерина і фосфопіровиноградна кислоти - передають багату енергією фосфатну групу на АДФ і приводять таким чином до ресинтезу АТФ. Гліколіз має невелику ефективність, приблизно половина всієї вивільненої енергії перетворюється в тепло і може бути використана при роботі.

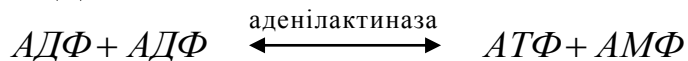
Максимальна потужність гліколізу складає близько 2,50 кДж/кг.хв. Це декілька нижче, ніж потужність креатинфосфатної реакції, але в 2-3 рази вище потужності аеробного процесу. Найбільшої швидкості гліколіз досягає вже на 20-30-й секунді після початку роботи, а в кінці 1-й хвилини роботи стає основним джерелом знову ресинтезуємої АТФ. Однак швидке вичерпання відносно невеликих запасів глікогену в м'язах і зниження активності ферментів гліколізу під впливом утвореної молочної кислоти і зниження внутрішньоклітинного рН приводять до падіння швидкості гліколізу з підвищенням тривалості вправ. На 15-й хвилині від початку роботи швидкість гліколізу складає тільки половину від початкового значення.

Метаболічна ємкість гліколізу, яка визначається запасами глікогену у скелетних м'язах і роботою буферних систем, стабілізуючих величину внутрішньоклітинного рН, забезпечує підтримку заданої потужності вправ в інтервалі від 30 сек до 2,5 хв. Значить, ємкість цього процесу на порядок (більш ніж в 10 раз) вище ємкості креатинфосфокіназної реакції.

Гліколіз грає значну роль при напруженій м'язовій діяльності в умовах недостатнього забезпечення тканин киснем: він служить біоенергетичною основою швидкісної та силової витривалості, є переважним джерелом енергії при виконанні вправ тривалістю від 30 до 2,5 хвилин (біг на 200 – 400м, плавання на 100 и 200 м, велогонки на

короткі дистанції і інші); за рахунок гліколізу здійснюються тривалі прискорення по ходу вправ і на фініші дистанції.

Міокіназна реакція ресинтезу АТФ відбувається у м'язах при значній кількості АДФ



Це спостерігається при виразному м'язовому стомленні, коли швидкість процесів, які приймають участь в ресинтезі АТФ, не урівноважує швидкості розщеплення АТФ. З цієї точки зору міокіназна реакція є аварійний механізм, що забезпечує ресинтез АТФ в умовах, коли його неможливо здійснювати іншими засобами.

3. Аеробний процес ресинтезу АТФ характеризується високою ефективністю, великою метаболічною ємкістю, широким колом субстратів окислювання (вуглеводи, ліпіди, продукти білкового обміну), відсутністю накопичення в організмі токсичних продуктів обміну. Однак, багатостадійність цього процесу, складний шлях транспорту кисню до працюючих органів і обмежені можливості систем, що забезпечують цей транспорт, обмежують аеробний процес ресинтезу АТФ по максимальній потужності.

Поряд з цим, аеробний процес має низьку швидкість розгортання. У нетренованих осіб процес аеробного ресинтезу АТФ досягає своєї максимальної потужності тільки через 3-4 хвилини після початку напруженої м'язової роботи. Найбільша швидкість ресинтезу АТФ в аеробному процесі у осіб з високим рівнем тренуваності, виконуючих розминку, досягається тільки к кінцю першої хвилини інтенсивної м'язової роботи. Друга особливість аеробного процесу полягає у тому, що і при максимальній потужності в одиницю часу в ньому утворюється АТФ менше, ніж витрачається за цей же час при інтенсивній фізичній роботі.

Загальний вихід енергії при аеробному процесі більш ніж в 10 раз перевищує зміни вільної енергії при гліколізі. Ефективність перетворення енергії в аеробних умовах складає 55-60%.

Сумарна ємкість аеробного процесу дуже велика, що пояснюється багатьма субстратами, які використовуються в аеробному ресинтезі АТФ. На відміну від гліколізу, метаболічна ємкість якого значно обмежується накопиченням надлишку молочної кислоти в організмі, кінцеві продукти аеробних процесів - CO_2 і H_2O - не викликають значних змін внутрішнього середовища і легко виводяться з організму.

Швидкість процесів аеробного утворення енергії швидко підвищується з підвищенням тривалості вправ до 5-6 хв, і мало змінюється при великій тривалості. При виконанні вправ більше 10 хвилин зміни загальної енергопродукції цілком визначаються швидкістю аеробного утворення енергії.

3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ В ОРГАНІЗМІ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що м'язова діяльність викликає в організмі різноманітні біохімічні зміни. Проаналізувати особливості і зміни обміну речовин, хімізму органів і тканин при м'язовій діяльності.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1.Охарактеризувати зміни в обміні речовин, які спрямовані на енергозабезпечення роботи.

2.Як змінюється секреція гормонів при м'язовій діяльності?

3.Як змінюються процеси синтезу при м'язовій діяльності?

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. М'язова діяльність приводить до багатьох змін обміну речовин, хімізму органів і тканин. Зміни відбуваються не тільки у м'язах та органах безпосередньо пов'язаних з забезпеченням фізичної роботи, але і в багатьох органах і тканинах. Удосконалюються нервова і гормональна регуляція обміну речовин. Підсилюється транспорт кисню в організм до працюючих органів і тканин.

При м'язовій діяльності збільшується швидкість реакцій розщеплення АТФ, активізуються процеси анаеробного і аеробного ресинтезу АТФ.

Участь анаеробних процесів в енергозабезпеченні роботи м'язів приводить до зниження запасів креатинфосфату, який використовується в перші секунди роботи і глікогену м'язів.

При тривалих вправах починає використовуватися і глікоген печінки, так як запасів глікогену м'язів виявляється недостатньо. В м'язах і крові збільшується кількість продуктів анаеробного обміну: креатин, неорганічний фосфат, молочна кислота. З підвищенням тривалості роботи в енергозабезпеченні м'язів збільшується використання продуктів розпаду жирів - жирних кислот і кетонових тіл. Таким чином, посилюється мобілізація енергетичних ресурсів організму, що приводить до підвищення кількості в крові глюкози, жирних кислот, гліцерину, кетонових тіл.

Тривала напружена м'язова робота викликає підсилення розпаду білків і підвищення в крові продуктів білкового обміну (сечовини).

Таким чином, під впливом фізичних вправ відбуваються значні зміни обміну: підвищення рівня процесів окиснення, витрати енергетичних запасів м'язів (глікоген, тригліцериди), посилюється мобілізація резервних поживних речовин організму (жирні кислоти, гліцерин з жирової тканини, глюкоза з глікогену печінки), надходження їх в кров та доставка до м'язів та інших інтенсивно працюючих органів.

2. Перехід від стану відносного спокою до інтенсивної м'язової діяльності супроводжується стимуляцією енергетичного метаболізму. Швидкість цього переходу та ефективність використання енергетичних джерел: визначається швидкістю включення регуляторних механізмів та тривалістю збереження їх підвищеної функціональної активності. М'язова діяльність характеризується підсиленням синтезу гормонів і підвищенням їх кількості в крові.

Гормональні впливи при м'язовій діяльності не обмежуються стимуляцією продукції того чи іншого гормону. Висока фізична активність і спортивна результативність визначаються складною діяльністю «ендокринних ансамблів». В залежності від потужності фізичного навантаження в регулюванні обмінних процесів беруть участь різні «ендокринні ансамблі». Так, при навантаженнях, які пов'язані з різким підвищенням потоку нервових імпульсів від центральної нервової системи, підсилюється діяльність гіпоталамусу і гіпофізу, що приводить до підвищення секреції кортиколіберину і меланоліберину, вазопресину, адренкортикотропину, меланотропину і ліпотропіну, посилюється вивільнення адреналіну, норадреналіну, кортизолу і альдостерону. Наслідком роботи такого «ансамблю гормонів» є посилене використання креатинфосфату та гліколітичного окиснення вуглеводів в ресинтезі АТФ.

При роботі невеликої потужності зростає утворення ряду ліберинів в гіпоталамусі, тіреотропіну, лютеотропіну, фоліотропіну, соматотропіну, гормонів щитовидної залози, андрогенів, глюкагону і соматостатіну, в той час, як утворення інсуліну знижується. Це приводить до підсилення використання не тільки вуглеводів, а також і ліпідів. При м'язовій діяльності відносна недостатність функції того чи іншого ендокринного органу стає явною. Люди, у яких є ендокринні хвороби не можуть показувати високих спортивних результатів.

Ефективність м'язової діяльності визначається складністю гормональних впливів. Але для стимулювання обмінних процесів цього недостатньо. Необхідно підвищувати потенціальні можливості функціонування ендокринних органів. М'язова діяльність сприяє підвищенню цих можливостей, що виявляється в гіпертрофії залоз внутрішньої секреції.

3. При виконанні інтенсивної м'язової роботи значно підсилюються процеси катаболізму, що забезпечує організм енергією.

Процеси синтезу потребують значних енерговитрат, тому в період роботи вони призупиняються. Після закінчення роботи відбувається переключення енергетичного обміну на забезпечення різних процесів анаболізму: компенсування витрачених енергетичних субстратів, структурних білків, білків-ферментів і синтез багатьох інших важливих для організму речовин.

Напружене м'язове тренування може забезпечити будь-яку перевагу анаболізму ряду речовин в організмі над їх катаболізмом. Це приводить до накопичення скоротливих білків, енергетичних субстратів та інших речовин важливих для виконання роботи.

Це накопичення залежить від навантаження та інших особливостей самого тренування. Особливо перевага анаболізму виявляється на початкових етапах тренування.

ЗАВДАННЯ:

Обґрунтувати яким чином впливають: загальна кількість м'язів, що бере участь у роботі, режим діяльності м'язів, інтенсивність та тривалість роботи на глибину змін метаболічних процесів при м'язовій діяльності.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику біохімічних змін при локальній та глобальній роботах.
2. Охарактеризувати біохімічні зміни при статичному та динамічному режимах діяльності м'язів.
- 3 Охарактеризувати біохімічні зміни в організмі при роботі максимальної, субмаксимальної, великої та помірної зонах відносної потужності.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1 Особливості енергетичного обміну і характер біохімічних змін при м'язовій діяльності визначаються участю різної кількості м'язових груп у роботі. В залежності від кількості м'язів, що приймають участь у роботі її підрозділяють на локальну (якщо в роботі бере участь менше 1/4 усіх м'язів тіла), регіональну і глобальну (якщо в роботі бере участь 3/4 усіх м'язів тіла).

Глобальна робота (ходьба, біг, плавання, лижні гонки) викликають великі біохімічні зміни в усіх органах і тканинах організму. Локальна робота (спуск курка при стрільбі, переставлення шахових фігур) може викликати зміни в працюючих м'язах, але в організмі взагалі біохімічні порушення будуть невеликі. Регіональна робота (елементи різних гімнастичних вправ та інші) викликає більш значні біохімічні зміни, ніж локальна. Чим більше локальна м'язова робота при однаковому обсязі зовнішньої роботи, тим більше доля анаеробних реакцій в її енергетичному забезпеченні. Глобальна робота викликає посилення діяльності дихальної та серцево-судинної систем, м'язи при її виконанні краще забезпечуються киснем, тому в енергетичному забезпеченні більше доля аеробних реакцій ресинтезу АТФ.

2. Значний вплив на характер та глибину біохімічних змін при м'язовій діяльності виявляє режим діяльності м'язів (статичний та динамічний).

Статичний режим роботи м'язів знижує швидкість кровообігу, внаслідок чого затруднюється постачання м'язів киснем, поживними речовинами, знижується швидкість усунення продуктів обміну. Біохімічні зміни при такій роботі пов'язані більше з участю анаеробних процесів ресинтезу АТФ.

При динамічному режимі роботи забезпечується значно краще постачання тканин киснем. При такій роботі велика доля участі аеробного виробництва енергії. Для відпочинку після статичної роботи потрібен не спокій, а динамічна робота.

3. Робота в зоні максимальної потужності забезпечується в основному за рахунок АТФ і КрФ, частково - за рахунок гліколізу. Мобілізація глікогену печінки не відбувається і кількість глюкози у крові під час роботи не змінюється у порівнянні з рівнем спокою. Кисневий борг може складати 95-97 % від кисневого попиту.

Енергетичне забезпечення роботи в зоні субмаксимальної потужності здійснюється за рахунок анаеробних процесів в основному за рахунок гліколізу. Робота завершується на фоні найбільших порушень гомеостазу: лактацидемія, ацидоз (зниження рН до 6,8 -6,9 в крові високотренованих спортсменів), гіпоглікемія, зниження запасів глікогену в м'язах і печінці. Кисневий борг складає 75-94 % від кисневого попиту.

В зоні великої потужності основне значення мають аеробні джерела енергії при достатньо великому рівні розвитку гліколізу. Доля анаеробних процесів швидко знижується з підвищенням тривалості роботи. Кисневий борг невеликий і складає до 10 - 5 % від кисневого попиту. Підвищується рівень цукру в крові за рахунок інтенсивного

витрачання глікогену печінки. При більш тривалій роботі використовуються як джерела енергії резервні ліпіди

Робота помірної зони потужності характеризується практично повним аеробним енергозабезпеченням і здібністю до тривалого виконання. Анаеробні процеси можуть грати деяку роль тільки у передстартовому стані, на старті. Джерелами енергії можуть бути вуглеводи і ліпіди, проміжні продукти обміну речовин, кількість яких під кінець роботи знижується. При тривалій роботі відбуваються значні зміни у білковому обміні: знижується кількість структурних білків - ферментів, хромопротеїдів, нуклеопроетидів. Відмічається велика втрата організмом води та мінеральних солей.

Кисневий борг невеликий і складає до 10 % від кисневого попиту.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що при виконанні тривалих фізичних навантажень розвивається стан стомлення. Пояснити залежність біохімічних змін і механізмів розвитку стомлення від характеру м'язової діяльності.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Визначити поняття стану стомлення і причини його виникнення.
2. Які біохімічні зміни відбуваються при стомленні в центральній нервовій системі, м'язах і інших органах.
3. Охарактеризувати біохімічні зміни в організмі при стомленні в залежності від потужності і тривалості м'язової діяльності.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Під стомленням розуміється викликане роботою тимчасове зниження працездатності. Воно є захисною реакцією організму, охороняючою від надмірних біохімічних змін, які при продовженні

роботи могли б стати необоротними і привели б до небезпечних для здоров'я і навіть життя наслідкам.

Стомлення представляє собою порушення якої-небудь ланки в єдиній взаємозв'язаній системі органів і фізіологічних функцій, які забезпечують виконання певного виду роботи.

Стомлення зв'язане з більшим чи меншим вичерпанням резервних можливостей організму продовжувати роботу. Причини виникнення стомлення багатобразні і в сучасний час до кінця не виявлені. Надто розрізняються по структурі, напруженості *т* характеру фізичні навантаження, які приводять до стомлення. В більшості випадків стомлення розглядається як комплексне явище, при якому причиною зниження працездатності може бути вихід із строю якого-небудь одного компонента в складній взаємозв'язаній системі органів і функцій, що забезпечують виконання роботи, чи порушення взаємозв'язку між ними.

В залежності від умов м'язової діяльності і індивідуальних можливостей організму роль провідного фактора у розвитку стомлення може приймати на себе будь-який орган чи функція, можливості яких в певний момент роботи стають неадекватними вимогам навантаження.

Через те першопричиною стомлення, може стати і зниження енергетичних ресурсів організму, і зменшення активності ключових ферментів внаслідок пригнічення дії продуктів метаболізму тканин, і порушення цілісності функціонуючих структур внаслідок недостатності їх пластичного забезпечення, і зміни нервової чи гормональної регуляції функції, і багато інше.

2. В залежності від інтенсивності і тривалості роботи стомлення може розвиватись швидко чи наростати повільно. Тому розрізняють дві форми стомлення : швидко розвинуте і повільно наростаюче. В обох випадках стомлення виникають біохімічні зміни в м'язах, які характеризуються зниженням АТФ, креатинфосфату і глікогену, однак ці зміни неспецифічні. Обидві форми стомлення по біохімічним змінам,

які відбуваються в м'язах і головному мозку нетотожні, хоча і мають загальні риси. Це зниження кількості АТФ, креатинфосфату і глікогену, і підвищення рівня АДФ (хоча, в мозку воно менш значне і короткочасне). Специфічним для обох форм стомлення в м'язах є зниження активності АТФ-ази міозину і можливостей виділення і вбирання іонів Ca^{++} саркоплазматичним ретикулумом - параметрів, які безпосередньо зв'язані із скороченням і розслабленням м'язи. До цих змін приєднується і порушення проводимості в нервово-м'язовому синапсі, що пояснюється утрудненням ресинтезу ацетилхоліна із-за недостатчі АТФ як джерела енергії.

При стомленні м'язів значно швидше, ніж у нестомлених м'язах, відбувається розщеплення глікогену і пригнічуються процеси дихання. Останнє, зокрема, виявляється у швидкому нагромадженні молочної кислоти і значно слабшому окисненні її порівняно з умовами тренування.

У стомлених м'язах підвищується концентрація аміаку, головним чином за рахунок дезамінування аденілової кислоти і розщеплення глютаміну. В умовах стомлення послаблюється функція печінки щодо утворення парних сполук, збільшується концентрація молочної кислоти в крові тощо. Розвиток стомлення, як і ефективність тренування, залежать від стану всього організму, його обміну і функцій, особливо від нервової системи. При стомленні пригнічується діяльність залоз внутрішньої секреції, що приводить до зменшення вироблення гормонів і до зниження активності ряду ферментів. Понад усе це виявляється на міофібрилярній АТФ-азі, яка контролює перетворення хімічної енергії в механічну роботу. При зниженні швидкості розщеплення АТФ в міофібрилах автоматично зменшується і потужність виконання роботи. У стані стомлення зменшується активність ферментів аеробного окиснення і порушується сполучення реакцій окиснення з ресинтезом АТФ. Для підтримки необхідного рівня АТФ відбувається другоразове

посилення гліколізу, що супроводжується закисленням внутрішнього середовища і порушенням гомеостазу. Підвищений катаболізм білків приводить до збільшення кількості сечовини в крові.

3. При інтенсивній короточасній роботі в зоні максимальної потужності стомлення може бути пов'язане з неспроможністю центрального механізму організації і координації рухів такого темпу. Можливі порушення синаптичної передачі на рівні - рухове закінчення - м'язове волокно внаслідок остаточної деполяризації електрозбуджених мембран і розвитку парабіозу. Запаси фосфагенів, які визначені у м'язах, сумарно можуть бути просторово недоступними для скоротливих білків і роботи іонних насосів з різних секторів клітини.

По мірі збільшення тривалості роботи поряд з біохімічними змінами в центральній нервовій системі все більш значимими стають зміни в працюючих м'язах, крові і внутрішніх органах.

Робота субмаксимальної потужності на 40-80 % покривається за рахунок анаеробних процесів, зокрема гліколізу. Робота завершується на фоні найбільших змін у гомеостазі, значної лактацидемії, ацидозу (до рН 6,8 - 6,9 у крові високотренованих спортсменів), гіпоглікемії, зниження запасів глікогену у м'язах і печінці, зниження ударного об'єму серця. Основну роль у виникненні стомлення бачать в загальних і місцевих (у працюючих м'язах) змінах обміну і в неможливості організму компенсувати далі значні порушення гомеостазу.

При роботі великої потужності перевершує аеробний шлях енергозабезпечення (75-97%) і ефективність його залежить в основному від стану кардіореспіраторного апарату і здібності організму довго компенсувати наростаючі зміни кислотно-лужного становища, гіпоглікемію (енергетичний голод мозку), порушення терморегуляції.

Робота помірної потужності характеризується практично повним аеробним енергозабезпеченням і можливістю довчасного виконання. Стомлення у цьому випадку може бути обумовлено сумою причин

зниження вуглеводного резерву і порушення живлення мозку, накопичення метаболітів і погіршення функцій мітохондрій, порушення терморегуляції і здібності стійко регулювати і підтримувати гомеостатичні механізми. З вичерпанням цієї здібності, в тому числі резервів кардіореспіраторної системи, і зв'язане припинення роботи.

При довгочасній роботі суттєву роль у розвитку стомлення може грати порушення гормональної регуляції обміну речовин і фізіологічних функцій, посилення катаболізму структурних білків, втрата, перерозподіл в організмі води і мінеральних сполук.

4. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯ М'ЯЗОВОЇ РОБОТИ.

ЗАВДАННЯ:

Згідно того, що в період відновлення біохімічні зміни, які виникли у м'язах і інших органах під час виконання вправ поступово ліквідуються, проаналізувати особливості загальної направленості біохімічних змін в організмі у період відновлення після фізичних навантажень.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати обґрунтування гетерохронізму відновлення.
2. Дати визначення, що таке термінове і відставлене відновлення.
3. Пояснити виникнення фази суперкомпенсації (надвідновлення).

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. В період відпочинку після роботи біохімічні зміни, які виникли у м'язах і інших органах під час виконання вправ поступово ліквідуються.

Найбільш виразні зміни відбуваються у сфері енергетичного обміну. Вони полягають в тому, що в ході роботи у м'язах знижується кількість субстратів енергетичних процесів (КрФ, глікогену, а при тривалій роботі і ліпідів) і підвищується кількість продуктів внутрішньоклітинного метаболізму (АДФ, АМФ, H_3PO_4 , молочної кислоти, кетонових тіл і інші).

Накопичення продуктів «робочого» метаболізму і посилення гормональної активності стимулюють окисні процеси в тканинах в період відпочинку після роботи, що сприяє відновленню запасів енергетичних речовин у м'язах, приводить до норми водно-електролітний баланс організму і забезпечує індуктивний синтез білків в органах, підданим дії навантаження.

Процеси відновлення, які виникають у період відпочинку після м'язової діяльності відбуваються з різною швидкістю і завершуються у різний час - явище гетерохронізму.

Швидше всього відновлюються резерви O_2 і креатин-фосфату у працюючих м'язах, потім запаси глікогену м'язів і глікогену печінки (від 12 до 48 годин). В останню чергу відновлюються резерви жирів і зруйновані під час роботи білкові структури (від 12 до 72 годин).

2. В залежності від загального напрямку біохімічних змін в організмі і часу, необхідного для їх повернення до норми, умовно виділяють два типа відновлених процесів - термінове і відставлене відновлення.

Термінове відновлення відбувається в перші 0,5 - 1,5 години відпочинку після роботи, воно зводиться до усунення накоплених під час вправ продуктів анаеробного розпаду креатину і лактату та оплати утвореного O_2 -боргу.

Відставлене відновлення розповсюджується на довгі години відпочинку після роботи. Воно полягає в посиленні процесів

пластичного обміну і в відновленні порушеної під час вправ іонної і ендокринної рівноваги в організмі.

Основними біохімічними процесами, що складають відставлене відновлення є синтези глікогену, жирів і білків. Синтез глікогену протікає в м'язах і печінці. Синтезується глікоген головним чином з глюкози, яка поступає в організм з їжею. Час відновлення в організмі запасу глікогену 24-36 год.

Синтез жирів відбувається в жировій тканині. Для відновлення запасу жиру необхідно 36-48 год.

Синтез білків в основному відбувається в м'язовій тканині. Частина амінокислот (незамінних) обов'язково повинна поступати з їжею. Максимальний час синтезу білків 48-72 год.

В період відставленого відновлення завершується синтез зруйнованих під час роботи структурних і ферментних білків.

Відставлене відновлення також включає і відновлення зруйнованих внутрішньоклітинних структур. Це стосується міофібрил, мітохондрій, різних клітинних мембран. Це тривалий процес. Він потребує 72-96 год.

Всі біохімічні процеси, що складають відставлене відновлення відбуваються з споживанням енергії, джерелом якої є АТФ, що синтезується за рахунок тканинного дихання. Тому для фаз відставленого відновлення характерне декілька підвищене споживання кисню, але не таке виражене, як при терміновому відновленні.

3. Інтенсивність протікання процесів відновлення і терміни заповнення енергетичних запасів організму залежать від інтенсивності їх витрачання під час виконання вправ. Інтенсифікація процесів відновлення приводить до того, що в певний момент відпочинку після роботи запаси енергетичних сполук перевищують їх доробочий рівень. Це явище називається суперкомпенсацією або надвідновленням.

Надвідновлення проходить: після фази значного перевищення істотного рівня кількість енергетичних сполук поступово повертається до норми. Чим більше витрата енергії при роботі, тим швидше відбувається ресинтез енергетичних сполук і тим значніше перевищення істотного рівня у фазі суперкомпенсації. Слід підкреслити, що це правило має обмеження. При надмірно напруженій роботі, пов'язаної з дуже великими витратами енергії і накопленням продуктів розпаду, швидкість процесів відновлення може знизитися, а фаза суперкомпенсації буде досягнута в більш пізніші строки і визначена в меншій мірі.

Тривалість фази суперкомпенсації за часом залежить від загальної тривалості виконання роботи і глибини викликаних нею біохімічних змін в організмі. Після потужної короткочасної роботи ця фаза настає швидко і швидко завершується. Наприклад, при відновленні запасів глікогену у м'язах, вона виявляється через 3-4 години і завершується через 12 годин після роботи. Після тривалої роботи помірної потужності суперкомпенсація глікогену виявляється тільки через 12 годин і триває на протязі 48-72 годин після роботи. Причини суперкомпенсації пов'язані з підвищеною концентрацією гормонів в період відпочинку після роботи і індукцією ними синтезу білків - ферментів, контролюючих процеси відновлення енергетичних сполук.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що під час м'язової діяльності виникають підвищені потреби у кисні. Дати характеристику періоду відпочинку з точки зору оплати кисневого боргу.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

- 1.Визначити механізм виникнення кисневого боргу.
- 2.Типи кисневого боргу.

3.Усунення кисневого боргу.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. При переході від стану спокою до інтенсивної м'язової діяльності потреби у кисні підвищуються. Деякий час після закінчення роботи потреби у кисні продовжують залишатися підвищеними у порівнянні з рівнем спокою, цей відновлюючий надлишок кисневого споживання одержав назву кисневого боргу (O_2 -борг). Кисневий борг завжди більше кисневого дефіциту, чим більше інтенсивність та тривалість роботи, тим значніша ця різниця.

В період відновлення після м'язової роботи, коли в організмі є достатня кількість субстратів біологічного окиснення, рівень кисневої потреби залежить від кількості вільної АТФ. Субстратами окисних енергетичних перетворювань є накоплені під час роботи метаболіти: молочна кислота, янтарна кислота, α -гліцерофосфат, глюкоза, жирні кислоти. Деяка частина кисню, що надмірно споживається у період відпочинку витрачаються на відновлення запасів його в міоглобіновому депо. При роботі різного характеру різні фактори з'являються головними в утворенні O_2 -боргу. Наприклад, при виконанні короткочасних вправ рішучу роль в утворенні O_2 -боргу грає ресинтез КрФ і АТФ, а з підвищенням навантаження підвищується значення ресинтезу глікогену, відновлення іонної рівноваги та інших процесів.

2. Алактатний кисневий борг (швидкий компонент - O_2 -боргу) спрямований на синтез макроергів - АТФ та креатинфосфату, ресатурацію міоглобіну, відновлення складу O_2 у рідинах тіла, забезпечення підвищеної легеневої вентиляції, а також циркуляції у початковій стадії періоду відновлення.

Лактатний кисневий борг (повільний компонент O_2 -боргу) використовується частково на окиснення певної долі молочної кислоти,

а головним чином на окиснення ліпідів - основних джерел енергії в період відновлення, в тому числі і для процесів глюконеогенезу з лактату та інших попередників глюкози.

В період відновлення інтенсивно усувається підвищений рівень молочної кислоти (лактату). Частина її використовується як джерело енергії в процесі окиснення до CO_2 і H_2O , частина перетворюється в глюкозу і глікоген, а частина виділяється з сечею і потом.

Перетворення лактату в глюкозу носить назву глюконеогенезу. Головні функції глюконеогенезу у період відновлення - це утилізація накопиченої під час роботи молочної кислоти і ресинтез вуглеводів - глюкози, з якої потім утворюється глікоген. Основними джерелами глюконеогенезу у період відпочинку являються : лактат, гліцерин і амінокислоти. Цей етап відновлення називається вуглеводним відновленням.

Нормалізація у крові і тканинах продуктів жирового обміну (кетонових тіл, вільних жирних кислот) відбувається більш повільно. Етап жирового відновлення характеризується посиленням ліпогенезом в печінці і жировій тканині. В останню чергу відновлюються білки. Етап білкового відновлення називається анаболічним відновленням.

3. Після роботи, в якій можливо установа стійкого становища, зниження потреби O_2 відбувається швидко: O_2 -борг наполовину сплачується за 27-30 с, повністю - за 3-5 хв. При більш інтенсивній роботі у процесі зниження потреби - O_2 визначаються 2 фази - початкове швидке зниження та більш тривалий процес повернення до рівня спокою. Терміновий компонент кисневого боргу зменшується наполовину за 15-25 хв., а ліквідується повністю за 1,5-2 години.

ЗАВДАННЯ:

Визначити біохімічні шляхи підвищення працездатності спортсменів за допомогою факторів харчування.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати загальні основи харчування спортсменів.
2. Визначити біохімічні шляхи підвищення працездатності спортсменів, враховуючи особливості їх харчування.
3. Дати характеристику засобів прискорення відновлюючого періоду за допомогою факторів харчування.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. При харчуванні людина забезпечує організм джерелами енергії та пластичними речовинами. Енергетична функція у харчуванні належить в першу чергу вуглеводам і жирам, пластична - білкам. Крім того, харчування повинно забезпечувати організм вітамінами, водою та різними мінеральними елементами, які приймають активну участь в обміні речовин і підтримують нормальне осмотичне та електролітичне співвідношення в крові і тканинах. В харчуванні людини кількість білків, жирів і вуглеводів повинно співвідноситись як 1:1:4, а для спортсменів - 1:0,8:4. Харчування спортсменів у порівнянні з харчуванням людей, які не займаються спортом повинно відрізнятися меншою кількістю жирів. Це співвідношення основних органічних речовин повинно зберігатися при будь-якій загальній величині добової калорійності харчування. Калорійність харчування людей повинна залежати від енерговитрат організму.

Розпізнавальною особливістю харчування спортсменів є підвищена потреба у вітамінах, що пов'язано з використанням вітамінів на будову ферментів, кількість яких в тканинах під впливом тренування

підвищується. При заняттях фізичною культурою та спортом підвищується також потреба в мінеральних речовинах.

Харчування спортсменів вирішує і спеціальні завдання. Це підвищення фізичної працездатності, прискорення процесів відновлення, удосконалення механізмів адаптації до систематичних фізичних навантажень. Тому при організації харчування спортсменів необхідно враховувати специфіку спортивної діяльності:

- енерговитрати у спортсменів змінюються в залежності від виду спорту, етапу підготовки чи змагань;

- збалансованість харчування за окремими компонентами (білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини) відрізняється в залежності від спеціалізації спортсмена;

- режими харчування спортсменів підбираються в залежності від напрямку та тривалості тренувальних занять, умов змагань та інше;

- використання спеціальних продуктів підвищеної біологічної цінності для швидкого відновлення, зростання м'язової маси і підвищення силових якостей спортсмена;

- врахування індивідуальних особливостей спортсмена, стан його метаболізму, травної системи та інших параметрів.

2. Для підвищення працездатності спортсменів необхідно враховувати особливості харчування спортсменів в різні періоди підготовки: при тренуванні, змаганні, у відновлюючий період, на дистанції.

Харчування в період тренування залежить від циклу тренування, напрямку і тривалості щоденних тренувань, виду спорту, спеціалізації спортсмена, його індивідуальних особливостей.

В підготовчий період тренування, коли відбуваються адаптаційні зміни, велике значення має збалансованість харчування по всім показникам. Особливе значення приділяється вживанню з їжею біологічно цінного білка. В цей період з метою підсилення

тренувального ефекту може змінюватися співвідношення основних компонентів їжі. Велике значення має вибір кратності приймання їжі і вживання спеціальних продуктів підвищеної біологічної цінності. Це пов'язано з великими енерговитратами і часом виконання тренувальних навантажень.

В силових та швидко-силових видах спорту в період тренування на перший план виходить вживання білків. Вони впливають на ефективність тренування, на підвищення м'язової маси в ході тренування. Відсоток білків в силових видах спорту складає 20 % від загального енергоспоживання, в швидкісних видах спорту - 16-18 %.

Доля жирів в раціоні харчування спортсменів цих видів спорту знижена і не повинна перевищувати 30 % від загального енергоспоживання.

Білкова їжа повинна поступати в організм в 5-6 прийомів на протязі дня. Перехід з 3-х кратного на 5-кратне харчування приводить до підвищення спортивних результатів. Для підсилення синтезу білків-ферментів необхідна вітамінізація організму. Їжа повинна мати вітаміни, які підсилюють біосинтез білка і прискорюють розвиток сили.

Вживання вуглеводів в силових видах спорту знижено і складає 45-50 % від загального енергоспоживання.

В швидко-силових видах спорту доля вуглеводів в раціоні харчування підвищується до 50-55 %.

В видах спорту на витривалість в період тренування підвищуються запаси глікогену у м'язах і печінці, кількість м'язових волокон, мітохондрій, білків-ферментів. Для підвищення запасів глікогену треба вуглеводний напрямок харчування і знижена кратність прийому їжі (до 3 разів в день). Це сприяє більш швидкої адаптації до фізичних навантажень на витривалість. Вуглеводи повинні складати не менш 60% від загального енергоспоживання. При цьому підвищується вживання вітаміну В₁, який регулює обмін вуглеводів. Доля жирів знижена і не

повинна перевищувати 21%. Кількість білків рекомендується не менш 2-2,7 г/кг в день. При тренуванні на витривалість витрачається багато рідини та мінеральних речовин. Після тренування їх необхідно компенсувати у вигляді вітамінно-мінеральних напоїв.

Фізичні навантаження пригнічують травлення і всмоктування споживчих речовин. Тому їжа повинна мати легкозасвоювані білки та інші речовини.

Харчування в період змагань повинно бути звичайним для спортсмена.

Головною метою харчування у передзмагальний період є достатній поступ енергії і води в організм спортсмена. Зменшується кількість жирів, що вживаються. Жир затримує їжу в шлунку, а підвищення обсягу їжі стимулює роботу шлунку. Не слід вживати концентровані джерела цукру за 1,5 год. до старту, так як він пригнічує всмоктування рідини в кров з шлунку.

Харчування на дистанції спрямовано на поповнення енергії, відновлення водно-мінерального балансу, забезпечування від різкого зниження глюкози у крові. Продукти, які використовуються на дистанції, повинні легко всмоктуватися в кров, не підсилювати відділення сечі. Це можуть бути водні розчини глюкози, мінеральних солей і вітамінів С, В₁, В₂. Можуть використовуватися розбавлені соки (1:4 або 1:6), а також спеціальні вітамінно-мінеральні напої.

3. У період відновлення організм потребує компенсування витраченої рідини, поступу незамінних речовин, необхідних для процесів синтезу, а також енергетичних субстратів.

Їжа, що використовується в перші години після закінчення роботи, особливо тривалої та напруженої, повинна складати легкозасвоювані низькомолекулярні споживчі речовини. Це можуть бути енергетичні субстрати: глюкоза, фруктоза, сахароза, продукти ЦТК: янтарна,

лимонна та інші органічні кислоти, з білкових продуктів - комплекси амінокислот та білкове печиво, шоколад чи сухе молоко.

Поповнення вітамінами, а також збільшення їх кількості для адаптаційного підвищення синтезу здійснюється шляхом використання полівітамінних комплексів.

В період напружених тренувань, під час змагань прискорити відновлення організму спортсмена, поповнити енерговитрати та забезпечити пластичні процеси завдяки звичайному харчуванню дуже важко. Тому для спортсменів розроблені продукти підвищеної біологічної цінності. Ці продукти мають високу калорійність та специфічний напрямок - білковий, вуглеводний, жировий чи вітамінно-мінеральний.

ЗАВДАННЯ:

На основі знання про вихідні речовини, що використовуються у процесах ресинтезу основних енергетичних джерел та структурних компонентів клітин, дати обґрунтування використання різних харчових речовин для стимуляції відновлюючих процесів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати особливості обміну речовин у відновлюючий період після фізичних навантажень.

2. Визначити залежність харчування від характеру діяльності людини.

3. Визначити біохімічні шляхи підвищення працездатності спортсменів та прискорення відновлюючого періоду за допомогою факторів харчування.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Період відновлення характеризується: підсиленням процесів окиснення проміжних продуктів обміну, підвищенням швидкості утворення кінцевих продуктів обміну, синтезу та накопичення енергетичних речовин, підсиленням процесів біосинтезу білків. Здійснюється процес ліквідації кисневого боргу. Повернення показників обміну до вихідного рівня відбувається за рахунок аеробного ресинтезу АТФ. Для обміну речовин періоду відновлення характерно те, що різні види обміну відновлюються в різний час. Це явище - гетерохронність відновлення. Наприклад, визначено, що у м'язах після роботи найскоріше відновлюються запаси креатинфосфату, потім глікогену, ліпідів. Найпізніше відновлюються білки.

Для обміну речовин відновлюючого періоду характерно переваження анаболічних процесів над катаболічними, що при визначених умовах приводить до таких змін обміну, яких не було до ; фізичної роботи (суперкомпенсація). Серед органів та тканин найшвидше відновлюються процеси у головному мозку, пізніше у м'язах, потім у нирках.

Продукти харчування впливають на фізіологічну та біохімічну адаптацію організму до м'язової діяльності, тому правильно організоване харчування сприяє підвищенню працездатності, усуненню стомлення та прискоренню відновлення після фізичних навантажень, нормалізації обміну речовин в організмі.

2. Потреби людини в продуктах харчування залежать від фізичного стану організму, фізичних навантажень. Енергетична цінність харчів повинна компенсувати добові витрати енергії організмом. Вживання в її складі білків, жирів, вуглеводів повинно обмежуватися їх загальною кількістю та рівнем співвідношення. Різні види спорту характеризуються неоднаковими витратами енергії, тому потребують для спортсменів різних по енергетичній цінності та складу харчових

раціонів. Співвідношення білків, жирів, вуглеводів повинно бути 1:(0,7 - 0,8):4. Важливою особливістю харчування спортсменів є більш високі норми вживання вітамінів та мінеральних речовин, що впливають на підвищення активності ферментів, ресинтезу АТФ, підтримку високого лужного резерву крові. Спортивна діяльність людини потребує також чіткого режиму харчування та набору в раціоні високоякісних харчових продуктів.

3. У зв'язку з виконанням спортсменами тривалих навантажень організм потребує підвищені потреби у цукрі, які рекомендується приймати тільки перед великими спортивними навантаженнями. Цукор необхідно приймати у складі суміші в комбінації з солями фосфорної, лимонної кислот, вітамінами та іншими речовинами, які сприяють підвищенню працездатності та прискоренню відновлюючих процесів.

Введення в організм фосфатів сприяє підвищенню швидкості розпаду глікогену, підвищеному синтезу креатинфосфату та позитивно впливає на процеси окисного фосфорилування, а ці фактори підвищують працездатність.

Підвищувати працездатність спортсменів можливо введенням в їх раціон деяких амінокислот (глутамінової кислоти, метіоніну). Треба вживати підвищену кількість повноцінних та легкозасвоюваних білків тваринного походження та білків рослинного походження (вівса, гречки, пшениці). Такі білкові харчові продукти є особливо цінними у харчуванні спортсменів під час відпочинку після великих тренувальних навантажень і змагань.

Метіонін використовується в процесах синтезу креатину, холіну, ацетилхоліну, він стимулює розпад нейтрального жиру. Такою ж дією володіє вітамін В₁₅, активізує процес утилізації кисню, полегшує перенесення організмом гіпоксії, тому його вживають при акліматизації спортсменів до умов високогір'я. В₁₅ регулює жировий обмін, припиняє

ожиріння печінки, підвищує працездатність та сприяє скорішому відновленню запасів глікогену у період відпочинку.

Вітаміни B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, E, C, A підвищують працездатність та прискорюють процеси відновлення завдяки участі в процесах окиснення.

Підвищити працездатність шляхом підсилення процесів аеробного окиснення можна також, вживаючи глютамінову, лимонну та яблучні кислоти, які також сприяють прискоренню відновлюючих процесів.

В спортивній практиці для харчування спортсменів приймаються додаткові харчові препарати.

ЗАВДАННЯ:

Обґрунтувати необхідність вживання вуглеводів після напруженої м'язової діяльності.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати будову та біологічне значення вуглеводів в організмі.

2. Визначити особливості обміну вуглеводів в тканинах організму при напруженій м'язовій діяльності та обґрунтувати необхідність вживання вуглеводів після закінчення роботи.

3. Визначити, які з вуглеводних харчів і чому рекомендується використовувати.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. По відношенню до гідролізу вуглеводи відносяться до: простих – моносахариди, які не гідролізуються, та складних – полісахариди, олігосахариди, дисахариди.

Основними простими вуглеводами являються глюкоза та фруктоза, рибоза та дезоксирибоза. В продуктах харчування широко

розповсюджені дисахариди: особливо сахароза і лактоза. З полісахаридів найбільш розповсюджені в рослинах: крохмаль – основний полісахарид і целюлоза, в організмі людини - глікоген. Ці складні вуглеводи побудовані з великої кількості молекул глюкози, їх загальна формула $(C_6H_{10}O)_n$.

Глікоген синтезується з глюкози і депонується в організмі людини. Найбільша його кількість знаходиться в печінці та м'язах. При надлишку вільної глюкози в крові, кількість глікогену в тканинах підвищується тому, що молекули глюкози приєднуються до глікогену і відкладаються про запас. При невивільненні глюкози в крові молекули глюкози відщеплюються і транспортуються до різних тканин. Кількість глюкози в крові величина постійна, норма $4-6 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$.

В організмі людини вуглеводи являються основним енергетичним матеріалом. Вони забезпечують біля 50 % енергетичних потреб організму. Енергія звільнюється при окисненні молекул глюкози та глікогену в клітинах організму та накопичується в молекулах АТФ (хімічна енергія) чи у вигляді тепла. Вивільнення енергії відбувається в процесах анаеробного (гліколізу) та аеробного окиснення вуглеводів. Крім енергетичної ролі вуглеводи виконують в організмі пластичну роль.

2. Особливостями вуглеводного обміну в тканинах організму при напруженій м'язовій роботі є процес підсилення вивільнення глюкози з депо (розпад глікогену у печінці) і процеси її анаеробного та аеробного окиснення в тканинах. В скелетних м'язах в першу чергу використовуються для енергетичних потреб свої запаси вуглеводів (глікоген) і лише тільки після їх вичерпання відбувається окиснення глюкози печінкового походження.

Без додаткового поступу вуглеводів з харчами, під час роботи запаси вуглеводів в печінці використовуються вже через 1-2 год. Внаслідок цього, в крові знижується кількість глюкози нижче норми.

Розвивається стан гіпоглікемії, що погано відображається на діяльності ЦНС та інших системах організму, де глюкоза - важливий енергетичний матеріал.

Для передбачення необоротних змін в організмі, особливо в мозку, необхідно передбачити різке зниження глюкози в крові. Організм має механізми відновлення запасів вуглеводів за рахунок їх синтезу з речовин неуглеводної природи (наприклад, з лактату). Прискорити, процес відновлення рівня глюкози в крові можливо завдяки введенню вуглеводів з продуктами харчування. Це часто практикується в спорті під час виконання тривалої роботи, або після її завершення.

3.Відразу після завершення м'язової роботи для нормалізації рівня глюкози в крові, прискорення відновлення вуглеводних запасів в печінці та скелетних м'язах рекомендується використовувати прості вуглеводи, такі як глюкоза і фруктоза. Ці вуглеводи не піддаються хімічним перетворенням в шлунково-кишковому тракті. Вони швидко всмоктуються в кров, надходять до тканин організму та прискорюють процес відновлення. Тому часто використовують напої, соки, які містять багато вуглеводів.

5. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ФАКТОРИ СПОРТИВНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.

ЗАВДАННЯ:

Визначити фактори, що обумовлюють спортивну працездатність.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати аеробні і анаеробні фактори спортивної працездатності.
- 2 Охарактеризувати біохімічні показники рівню розвитку аеробних і анаеробних факторів спортивної працездатності.
3. Як впливає спеціалізоване тренування на рівень розвитку аеробних і анаеробних факторів?

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Серед провідних біохімічних факторів, що визначають спортивну працездатність найбільш важливими з'являються біоенергетичні (аеробні і анаеробні) можливості організму. В залежності від інтенсивності та характеру енергозабезпечення, роботу запропоновано розподіляти на декілька категорій: а) анаеробну (алактатну) зону потужності навантажень; б) анаеробну (гліколітичну) зону; в) зону змішаного анаеробно-аеробного забезпечення (переважають анаеробні процеси); г) зону змішаного аеробно-анаеробного забезпечення (переважають аеробні процеси); д) зону аеробного забезпечення.

Анаеробна робота максимальної потужності (10-20 сек.) виконується в основному на внутрішньо клітинних запасах фосфогену (креатинфосфат + АТФ). Кисневий борг малий, має алактатний характер і повинен компенсувати ресинтез витрачених макроергів. Значного накопичення лактату не відбувається.

Робота субмаксимальної потужності в залежності від темпу та тривалості знаходиться в зонах анаеробного (гліколітичного) і анаеробно-аеробного енергетичного забезпечення. Провідним стає вклад анаеробного гліколізу, що приводить до накопичення великих внутрішньоклітинних концентрацій лактату, закисленню середовища, розвитку дефіциту НАД і аутоінгібіруванню процесу.

При роботі великої потужності перевищує аеробний шлях енергозабезпечення (75-98%).

Робота помірної потужності характеризується практично повним аеробним енергозабезпеченням її можливістю тривалого виконання від 1 год. до багатьох годин в залежності від конкретної потужності.

2. Показниками, що характеризують рівень анаеробних систем є величини алактатного і лактатного кисневого боргу.

Інформативними показниками глибини гліколітичних анаеробних змін є максимальна концентрація молочної кислоти в крові, показники активної реакції крові (рН) і порушень буферних основ.

Для оцінки рівня розвитку аеробних механізмів енергозабезпечення використовується визначення максимального споживання кисню - найбільшого споживання кисню за одиницю часу, яке може бути досягнуто в умовах напруженої м'язової роботи. Максимальне споживання кисню має інтегральний характер, так як здібність виробляти енергію у аеробних процесах визначається спільною діяльністю багатьох органів і систем організму, відповідних за утилізацію, транспорт та використання кисню. В видах спорту, де основним джерелом енергії є аеробний процес, поряд з потужністю велике значення має ємкість. Як показник ємкості використовується час утримання максимального кисневого споживання. Для цього разом з величиною максимального споживання кисню визначається величина «критичної потужності» - найменшої потужності вправи, при якій досягається максимальне споживання кисню.

3. Тренувальне навантаження залишає після себе визначений слід, тому кожне наступне тренування, навіть близьке за інтенсивністю та тривалістю виявляє кілька іншу дію на обмін речовин в організмі спортсмена. Ще більшу різноманітність відповідної реакції можливо спостерігати, якщо навантаження відрізняється своїми

характеристиками, причому може спостерігатися не тільки підсумовування позитивної дії, але і негативна взаємодія.

Позитивні чи негативні взаємодії тренувальних навантажень різної інтенсивності необхідно враховувати, щоб одержати найбільший ефект за одне тренувальне заняття.

Обґрунтовані такі можливі сполучення різних за напрямком тренувальних навантажень на протязі одного заняття:

- 1) алактатна анаеробна взаємодія + гліколітична анаеробна взаємодія;
- 2) алактатна анаеробна взаємодія + аеробна взаємодія;
- 3) лактатна анаеробна взаємодія (в невеликому обсязі) + аеробна взаємодія;
- 4) аеробна взаємодія (в невеликому обсязі) + алактатна анаеробна взаємодія.

Важливо, щоб послідовність взаємодій зберігалася. Тренувальний ефект в першому випадку буде анаеробний, гліколітичний, при другому та третьому сполученні будуть розвиватися механізми забезпечення аеробної працездатності, в четвертому - алактатні анаеробні.

В тих випадках, коли досягнення позитивної взаємодії тренувальних ефектів від впливу навантажень різного напрямку на протязі одного тренувального заняття досягнути не вдається, заняття будуються за принципом однонаправленої взаємодії (основну частину заняття складають навантаження одного виду тренувальної взаємодії).

Принципи позитивної взаємодії розповсюджуються на фактори та умови, в яких здійснюється процес тренування. Так, на тренувальний ефект справляє значний вплив характер харчування, кліматичні фактори, фізіотерапевтичні засоби. Достатньо широку популярність для підвищення ефекту тренування одержало перебування в умовах середньогір'я

6. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ АДАПТАЦІЇ ПРИ М'ЯЗОВІЙ РОБОТІ.

ЗАВДАННЯ:

Визначити закономірності адаптаційних біохімічних змін в процесі тренування і обґрунтувати використання біологічних принципів тренування для оптимізації тренувального процесу.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Визначити біологічні принципи, які покладені в основу оптимальної структури тренувального процесу.
2. Проаналізувати використання у тренувальному процесі принципів надобтяження і специфічності.
3. Проаналізувати використання у тренувальному процесі принципів оборотності дії, позитивної взаємодії, послідовної адаптації і циклічності.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Спортивне тренування - це процес спрямованої адаптації організму до впливу фізичних навантажень. Встановлені основні закономірності розвитку адаптації до впливу фізичних навантажень в процесі тренування. Ці закономірності звичайно формулюються як біологічні принципи спортивного тренування. Найбільше значення для оптимальної побудови тренувального процесу мають такі принципи:

- принцип надобтяження;
- принцип специфічності;
- принцип оборотності дії;
- принцип позитивної взаємодії;
- принцип послідовної адаптації;
- принцип циклічності.

2. Згідно принципу надобтяження виражені адаптаційні зміни в організмі можуть бути досягнуті лише в тому випадку, якщо фізичні навантаження, що використовуються в процесі тренування в достатній мірі обтяжують тренувальну функцію і тим самим стимулюють її розвиток. Підвищена інтенсивність функціонування (гіперфункція) провідних систем чи органів при навантаженні створює стимул для підсилення синтезу нуклеїнових кислот і білків, утворюючих ці органи та системи, і приводить до розвитку необхідних структурних та функціональних перебудов в організмі.

Величина фізичних навантажень, яка викликає адаптацію, не залишається постійною, вона помітно збільшується в процесі тренування. Тому, для того, щоб забезпечити необхідний стимул для поліпшення працездатності, величина навантажень повинна поступово підвищуватися разом з ростом тренуваності спортсмена.

Принцип специфічності полягає у тому, що найбільші адаптаційні зміни під впливом тренування відбуваються в тих органах і функціональних системах, на які падає основне фізичне навантаження. У відповідності з характером та величиною вибраного навантаження в організмі формується домінуюча система, гіперфункція якої стає відповідальною за розвиток адаптації.

Ця система, що найбільш навантажується, одержує певну перевагу в пластичному і енергетичному забезпеченні перед іншими органами і системами, які безпосередньо не зв'язані з виконанням даного навантаження.

В процесі тренування надмірна по своїй напруженості адаптація до конкретного виду навантаження в певний момент часу може викликати виснаження функціональних резервів домінуючої системи і ослабити функціонування інших систем, які безпосередньо не пов'язані з реакцією на навантаження (цей стан визначається як перетренування). Тому, для того, щоб досягти ефективної та багатосторонньої адаптації організму

до тих факторів, які проявляють свою дію в умовах даного виду спорту необхідно поряд з виборністю тренуючої дії на провідні (домінантні) функції, забезпечувати регулярну зміну її напрямку.

3. Принцип оборотності дії свідчить про те, що адаптаційні зміни в організмі, які викликані тренуванням прохідні. Після закінчення дії навантаження чи при перерві в тренуванні, позитивні структурні і функціональні зміни в домінуючій системі поступово зменшуються, поки зовсім не зникнуть.

Найбільш наочно цей принцип проявляється у відставленому тренувальному ефекті, який спостерігається після закінчення дії фізичного навантаження. Наприклад, викликані дією фізичного навантаження зміни у сфері енергетичного обміну швидко повертаються до істотного рівня, і в певний момент перевищують його (фаза суперкомпенсації). По завершенні фази суперкомпенсації показники енергетичного обміну поступово приходять до норми. На основі цієї закономірності відновлених процесів було показано, що для розвитку адаптації в процесі тренування повторні навантаження повинні задаватися у фазі суперкомпенсації. Принцип оборотності дії повністю застосовний і у випадку кумулятивних тренувальних ефектів. Висока працездатність, яка досягається на протязі довготривалого періоду тренування, знижується після завершення його, чи при зниженні його напруженості.

У принципі позитивної взаємодії відображена та обставина, що кумулятивний ефект, який виникає після багаторазового повторення навантажень, не являється складанням деякого числа термінових і відставлених тренувальних ефектів. Якщо результат такого складання тренувальних ефектів від послідовно виконуваних навантажень приводить до підсилення адаптаційних змін в організмі, то має місце позитивна взаємодія; якщо кожне наступне навантаження знижує ефект від попереднього, то взаємодія вважається негативною; якщо наступне

навантаження не відображається значним чином на тренувальному ефекті від попереднього навантаження має місце нейтральна взаємодія. Ефективна адаптація на протязі тривалого періоду тренування може бути досягнута тільки при позитивній взаємодії між окремими навантаженнями. На тренувальний ефект можуть впливати і неспецифічні фактори тренування, харчування, використання фізіотерапевтичних та фармакологічних методів, біокліматичні фактори і інші.

Використання додаткових факторів з метою посилення адаптації до фізичних навантажень може бути успішним лише в тому випадку, якщо специфічні ефекти цих факторів будуть позитивно взаємодіяти з тренувальними ефектами навантажень.

Принцип послідовної адаптації витікає з фактів гетерохронізму біохімічних змін в організмі, які виникають при тренуванні.

Так, при терміновому тренувальному ефекті після одноразової дії фізичного навантаження адаптаційні зміни в сфері енергетичного обміну виявляються насамперед з боку алактатної анаеробної системи, потім гліколізу, а найбільш повільна реакція відмічається з боку аеробних процесів окиснення. В період відновлення після завершення дії фізичного навантаження швидко досягається суперкомпенсація кількості КрФ у м'язах, потім глікогену і, нарешті, ліпідів і білків. В процесі довгочасової адаптації першими змінюються показники потужності енергетичних процесів, потім енергетичної ємкості і лише на завершальній стадії - показники енергетичної ефективності.

Принцип циклічності свідчить, що адаптаційні зміни в організмі при тренуванні носять фазний характер і ці коливання у швидкості розвитку адаптації з боку провідних функцій мають різну амплітуду і довжину хвилі. Щоб створити необхідний стимул для розвитку адаптації, тренувальні ефекти декількох навантажень (чи тренувальних занять) повинні бути підсумовані по певним правилам і представляти

завершений цикл дій на провідні функції. Для повної адаптації до такого циклу тренувальних дій, його треба повторювати багаторазово на протязі деякого періоду тренування, в якому вирішується поставлене завдання підготовки спортсмена. З таких циклів тренування, які послідовно змінюють один одного від стану до стану відповідно з закономірним розвитком адаптації, в окремих функціях складаються більш великі цикли, розділяючи моменти участі спортсменів в найбільш відповідальних змаганнях сезону.

ЗАВДАННЯ:

Згідно з біохімічними особливостями взаємодії тренувальних ефектів повторних навантажень, дати біохімічне обґрунтування правильного співвідношення роботи та відпочинку в процесі тренування.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати біохімічну характеристику фаз адаптації до м'язової діяльності.
2. Визначити особливості біохімічних змін в організмі в період «термінового», «відставленого» і «кумулятивного» тренувальних ефектів.
3. Дати біохімічне обґрунтування «позитивного» та «негативного» тренувальних ефектів і «стабілізації спортивної форми». Визначити їх роль в тренувальному процесі.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. З біологічної точки зору спортивне тренування слід розглядати як процес направленої адаптації (приспосовування) організму до дії фізичних навантажень. Фізичні навантаження, які використовуються у тренуванні, виконують роль головного стимулу, викликаючого

адаптаційні зміни в організмі. Направленість і величина біохімічних змін, які відбуваються у відповідь на використанні навантаження, визначають тренувальний ефект. Ступінь дії фізичного навантаження на організм залежить від вибраного дозування його основних характеристик: інтенсивності і тривалості вправи, що виконується, числа повторів вправ, величини пауз відпочинку між ними, характеру відпочинку і типу використаних вправ. Зміни кожної із перерахованих характеристик фізичного навантаження викликають строго визначені біохімічні зміни в організмі, а спільна їх дія приводить до значних перебудов обміну речовин, що виражається у зміні так названих метаболічних станів організму. Метаболічні стани організму зв'язані з проявленням активності багатьох внутрішньоклітинних ферментних систем і визначаються великим числом перемінних факторів. В умовах напруженої м'язової діяльності зміни метаболічних станів організму визначаються в основному змінами у сфері енергетичного обміну. В залежності від того яке джерело енергії переважає при м'язовій діяльності виділяють:

- стійкий стан - з переважним посиленням аеробного обміну;
- нестійкий стан - з змішаним аеробно-анаеробним характером енергетичного обміну;
- стан виснаження - при максимальному посиленні анаеробного гліколізу;
- стан максимальної анаеробної працездатності, при якому зміни в сфері енергетичного обміну визначаються переважно змінами в анаеробному алактатному процесі.

Адаптація організму до дії фізичних навантажень носить фазний характер. В залежності від характеру і часу реалізації адаптаційних змін в організмі і в обміні речовин виділяються два етапи адаптації:

- етап термінової адаптації;
- етап багаточасової (хронічної) адаптації.

Етап термінової адаптації - це безпосередня відповідь організму на одноразову дію фізичного навантаження. Вона реалізується на основі готових, сформованих раніше біохімічних механізмів і зводиться переважно до змін енергетичного обміну і пов'язаних з ним функцій вегетативного обслуговування.

Етап багаточасової адаптації охоплює великий проміжок часу. Він розвивається поступово (на основі багаторазової реалізації термінової адаптації), як результат підсумовування слідів повторюваних навантажень і пов'язаний з виникненням в організмі структурних і функціональних змін, які помітно збільшують його адаптаційні можливості. Структурні і функціональні основи багаточасової адаптації формуються завдяки активації під впливом навантажень генетичного апарату функціонуючих клітин і посиленню в них синтезу специфічних білків. Це приводить до росту скоротливих структур у м'язах, підвищенню ефективності її функціонування і більш досконалому енергозабезпеченню.

2. Згідно з фазовим характером протікання процесів адаптації до фізичних навантажень (термінові і довгочасові адаптаційні процеси) в теорії і практиці спорту виділяють три різновидності тренувального ефекту: терміновий, відставлений і кумулятивний.

Терміновий тренувальний ефект - це біохімічні зміни, які відбуваються в організмі під час виконання різних фізичних навантажень і в період термінового відновлення (0,5-1 год. після закінчення навантаження), коли відбувається ліквідація кисневого боргу, утвореного під час роботи.

Відставлений тренувальний ефект включає біохімічні зміни, які відбуваються на пізніх фазах відновлення. В цей період відбувається відновлення енергетичних джерел і прискорений синтез білків, які були витрачені при роботі, зміни гормональної активності. Центральним

явищем відставленого ефекту тренування є суперкомпенсація енергетичних джерел і структурних компонентів клітин.

Кумулятивний тренувальний ефект включає біохімічні зміни, які виникають як результат поступового підсумовування слідів багатьох навантажень термінових і відставлених ефектів. Вони складаються в підвищенні в організмі спортсменів рівня енергетичних субстратів (КрФ, глікогену, ліпідів), збільшенні кількості структурних білків і ферментів, гемоглобіну, міоглобіну, підвищення ємкості буферних систем. Відбувається структурна перебудова організму, яка має в своїй основі біохімічні зміни. Так, збільшуються розміри серця і капілярна сітка у м'язах і органах, які беруть участь в забезпеченні м'язової роботи, підвищується кількість мітохондрій в клітинах. Кумулятивні зміни носять значно виражений специфічний характер. Найбільш значні вони в тих органах, які приймають активну участь у виконанні певного виду роботи. При правильно побудованому тренуванні кумулятивні зміни забезпечують підвищення функціональних можливостей організму і «економізацію» відповідної реакції організму на навантаження. Кумулятивний тренувальний ефект виявляється у прирості показників працездатності і поліпшенні спортивних досягнень.

3. Для одержування стійких адаптаційних змін обміну і підвищення функціональних можливостей деяких органів та систем, всього організму тренувальні навантаження повинні повторюватися. Ефект після повторних навантажень буде виявлятися тільки при їх раціональному сполученні з періодом відпочинку.

Так, якщо повторні навантаження будуть пред'являтися тоді, коли специфічні зміни обміну ще не досягли істотного рівня, то під їх впливом будуть відбуватися подальші зміни обміну і їх вираженість буде з кожним разом підвищуватися. Внаслідок такого сполучення навантажень та відпочинку, відбувається виснаження функціональних можливостей організму, можуть виникнути неспецифічні зміни, які

приведуть до стомлення. Однак, не дивлячись на це, така організація тренування часто використовується у спортивній практиці, особливо перед змаганнями. Суть такого метода, названого інтервальним, складається у тому, що виконання наступних тренувальних навантажень у фазі неповного відновлення досягається або шляхом збільшення наступних навантажень при незмінних інтервалах відпочинку, або шляхом зменшення інтервалів відпочинку при постійному навантаженні. Цей метод тренування використовується з метою більш повної адаптації організму спортсмена до всіляких біохімічних і фізіологічних змін у період змагань.

Повторні навантаження можуть проводитися в період, коли слід від попереднього навантаження повністю ліквідувався, тобто досягнуто стану, який був до наступного тренування. При такому сполученні навантажень та відпочинку, якщо вони практикуються систематично, буде стабільно підтримуватися досягнутий рівень тренованості (фізичної працездатності). Такий варіант сполучення навантажень та відпочинку використовується в практиці оздоровчої культури, а також в спорті, коли по визначених причинах (змагальний період, переключення на тактичну або технічну підготовку в ігрових видах спорту і таке інше) не ставиться завдання подальшого підвищення досягнутого рівня тренованості.

Підвищення функціональних можливостей (рівня тренованості) досягається тоді, коли повторні навантаження по часу збігаються з фазою суперкомпенсації. В цьому випадку раз від разу буде спостерігатися приріст показників обміну з відповідним підвищенням функціонального рівня тренувальної функції.

В межах окремих тренувальних занять і мікроциклів використовують повторні навантаження (тренування), коли не спостерігається повного відновлення, що приводить до визначеного зниження показників провідної функції. Відпочинок між окремими

мікроциклами забезпечує досягнення суперкомпенсації провідної функції, тому з повторенням наступного мікроциклу підвищується тренувальний ефект. В зв'язку з тим, що тренувальний ефект залежить від сполучення повторного навантаження з фазою суперкомпенсації, важливо, щоб вона була достатньо визначеною та тривалою.

Організація правильного співвідношення періоду роботи і періоду відпочинку в процесі тренування сприяє швидкому розвитку спритності, силі і витривалості спортсменів.

ЗАВДАННЯ:

Визначити біохімічні зміни в тренованому організмі, при розтренуванні та перетренуванні.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику біохімічних змін тренованого організму.
2. Дати характеристику біохімічних змін при роз тренуванні.
3. Дати характеристику біохімічних змін при перетренуванні.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. М'язова діяльність приводить до багатьох змін обміну речовин, хімізму органів і тканин

У м'язах під впливом тренування підвищується кількість скорочувального білка - міозину, тому в процесі тренування підвищується здібність м'язів до гідролізу АТФ, тобто до мобілізації хімічної енергії і перетворення її у механічну енергію м'язового скорочення. У м'язах підвищуються запаси джерел енергії, необхідних для ресинтезу АТФ - креатинфосфату, глікогену, ліпідів, значно підвищується активність ферментів, які нормалізують як аеробні окисні процеси, так і анаеробний гліколіз.

Під впливом тренування підвищується у м'язах кількість міоглобіну завдяки чому підвищується резерв кисню у м'язах. Також у м'язах підвищується кількість білків м'язової стромы, що сприяє покращанню процесу розслаблення м'язів.

Значні біохімічні зміни під впливом тренування відбуваються в печінці, де підвищується кількість глікогену, зростає активність ряду ферментів вуглеводного, білкового та жирового обмінів.

В підшкірній жировій клітковині та легенях зростає активність ліпаз, внаслідок чого організм не тільки набуває великі запаси джерел енергії, але і можливість швидко та енергійно мобілізувати їх при роботі та швидко відновлювати в період відпочинку.

Для біохімічних змін, які відбуваються в серці характерно підвищене утворення білків, зростає кількість міоглобіну, підвищується інтенсивність окисних процесів.

В крові збільшується кількість гемоглобіну та число еритроцитів, внаслідок чого підвищується її киснева ємкість. Значно підвищуються і буферні властивості крові, що забезпечує можливість більш тривалої підтримки гомеостазу організму в процесі інтенсивної м'язової діяльності.

У кістках скелету, які несуть найбільше навантаження відмічається потовщення кісток, за рахунок підвищення кількості кісткового білка, та підвищення складу мінеральних елементів.

Виконання фізичних вправ пов'язано із значним збільшенням теплопродукції, що в свою чергу приводить до змін водно-сольового обміну води і мінеральних речовин в організмі, витрачання води, витрачання та перерозподілу в організмі мінеральних солей та іонів.

2. Відомо, якщо спортсмен навіть тимчасово перестає тренуватися, його працездатність поступово знижується. Причина зниження працездатності - це те, що вправа являється постійно діючим

подразливим фактором, який підтримує досягнутий, рівень адаптації організму до м'язової діяльності.

Після того, як спортсмен перестає тренуватися, починається новий процес адаптації - адаптація до зниженої м'язової активності.

Різні якості рухової діяльності знижуються не одночасно і не в однаковій ступені. Найбільш швидко витрачаються швидкісні якості - знижується працездатність у відношенні вправ максимальної та субмаксимальної потужності. Витривалість до довгої роботи середньої та помірної потужності зберігається найбільш довго.

Силові якості, які придбані в результаті тренування знижуються після його закінчення пізніше, чим швидкісні.

Раніше знижується сила, що більше проявляється в динамічних вправах, ніж в статичних.

По закінченню тренувань, в першу чергу, повертається до істотного рівня кількість креатинфосфату, потім інтенсивність гліколізу і кількість глікогену, ще пізніше - кількість міозину, і в останню чергу - інтенсивність аеробних окисних процесів. Таким чином, найбільш швидко розвиваються і найбільш довго зберігаються біохімічні основи витривалості до тривалої роботи. Біохімічні основи швидкості та швидкісної витривалості розвиваються найбільш повільно і найбільш короткий час зберігаються після закінчення тренування.

Розвиток сили в процесі тренування і зберігання її при розтренуванні займає проміжне положення.

3. Якщо тренувальні навантаження не компенсувати достатнім відпочинком і відповідним харчуванням, то стан тренуваності легко може перейти в стан перетренування. При перетренуванні перш за все порушуються процеси аеробного окиснення, пізніше - знижується інтенсивність гліколізу, при великому перетренуванні - знижується кількість глікогену у м'язах. Тому у стані перетренування загальна та швидкісна витривалість страждає в більшій мірі, ніж швидкість і сила.

7. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ШВИДКІСНО-СИЛОВИХ ЯКОСТЕЙ СПОРТСМЕНІВ.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що швидкісно-силові якості спортсменів розвиваються у процесі цілеспрямованих спортивних тренувань. Дати біохімічне обґрунтування методів розвитку швидкісно-силових якостей спортсменів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику біохімічним і структурним факторам, які визначають виявлення м'язової сили і швидкості.
2. Охарактеризувати біохімічні та структурні зміни в м'язах та нервових волокнах при тренуванні з використанням швидкісно-силових вправ.
3. Дати біохімічне обґрунтування методів розвитку швидкісно-силових якостей спортсменів.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Важливими фізичними якостями людини, що виявляють при м'язовій діяльності є швидкісно-силові якості, які залежать від біохімічних, фізіологічних та морфологічних особливостей організму спортсменів, особливостей їх психіки, технічної та тактичної підготовки.

Сила характеризується мірою напруження, яке розвивають м'язи при скороченні, та знаходиться у прямій залежності від кількості в них скоротливих білків актину та міозину, в свою чергу, забезпечуючих кількість скоротливих структур - міофібрил та їх активних центрів, при взаємодії яких відбувається скорочення волокна та розвиток в ньому напруження.

Велике значення з біохімічних факторів сили має АТФ-азна активність міозину, яка визначає здібність до мобілізації енергії, важливу роль грає також довжина саркомеру і м'язового волокна в цілому, а також особливості виникнення і проведення хвилі збудження в нервових та м'язових волокнах. Крім того, сила залежить від швидкості ресинтезу АТФ і нагромадження у м'язах креатинфосфату і глікогену.

Швидкість характеризується здібностями людини здійснювати рухові дії в мінімально короткий час. Виявлення швидкості зв'язано з утворенням цілої системи умовних рефлексів, а також формуванням високої рухливості процесів збудження та гальмування нервової системи, що забезпечує швидку зміну скорочення та розслаблення різних груп м'язів.

Біохімічні фактори виявлення швидкості в більшості такі, як і сили: велика кількість скоротливих білків та висока активність міозину, як ферменту, що розщеплює АТФ. Велике значення має здібність до швидкого ресинтезу АТФ, в креатинфосфокіназній реакції, концентрація іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} та можливість їх швидкого зв'язування та вивільнення. Важливим біохімічним фактором швидкісно-силових якостей виявляється також кількість швидко та повільно скоротливих волокон у м'язах. Білі швидкі (анаеробні) та червоні повільні (аеробні) волокна різняться не тільки на зовнішній вигляд, а і по характеру метаболізму. Червоні м'язові волокна значно постачаються кров'ю, містять багато мітохондрій, мають високу активність гексокінази на низьку активність фосфорілази і АТФ-ази міозину - вони володіють високою здібністю до аеробного окиснення.

Білі м'язові волокна недостатньо постачаються кров'ю, мають небагато мітохондрій, володіють низькою активністю гексокінази та високою активністю фосфорілази та АТФ-ази міозину. В зв'язку з тим, що величина максимальної швидкості скорочення м'язів прямо пропорційна відносній АТФ-азній активності, у швидко

скоротливих білих волокнах, де АТФ-азна активність міозину велика, ця величина значно вище, ніж у повільно скоротливих червоних волокнах. Максимальне значення швидкісно-силових якостей досягається при найбільш високій концентрації вольового зусилля. При цьому забезпечується оптимальне збудження в моторних центрах і підтримання максимальної частоти імпульсації в рухових нервах, при якій в роботу включається найбільше число рухових одиниць.

У ході спортивного тренування з використанням силових вправ (штанга) і вправами швидкісно-силового характеру (біг, плавання і інші) підвищується здібність працюючих м'язів до максимального напруження і до збільшення швидкості м'язового скорочення. Це приводить до збільшення скоротливих білків м'язів і збільшення м'язової маси, а разом з цим і сили. Кількість у міофібрилах м'язів білка актину значно змінюється під впливом тренування і знаходиться у лінійній залежності від загальної кількості креатину. Обидва показники - кількість актину і загальна концентрація креатину у м'язах - можуть бути використані при контролі за розвитком м'язової сили і прогнозуванні рівня спортивних досягнень у швидкісно-силових вправах.

У ході тренування при виконанні вправ швидкісно-силової направленості у м'язах поліпшується АТФ-азна активність міозину, підсилюється синтез скоротливих білків, підвищуються процеси анаеробного алактатного та лактатного (гліколізу) ресинтезу АТФ, останнє може призводити до зниження алактатних анаеробних резервів (КрФ), і в м'язах накопичується велика кількість вільного креатину, помітно посилюється утворення молочної кислоти в результаті гліколізу.

3. В зв'язку з тим, що структурні фактори швидкісно-силових здібностей людини (довжина саркомерів у міофібрилах, кількість швидко та повільно скоротливих волокон у м'язах) генетично обумовлені і не змінюються в процесі індивідуального розвитку під

впливом тренування, то основними методами для розвитку і поліпшення швидкісно-силових якостей спортсменів повинні бути вправи, які направлені на підсилення синтезу скоротливих білків у м'язах і підвищення АТФ-азної активності міозину.

В швидкісно-силових видах спорту для рішення цих завдань використовуються два основних метода: метод максимальних зусиль і метод повторних найбільших вправ.

Метод максимальних зусиль – це метод, в якому для тренування здібностей до максимального прояву швидкісно-силових якостей застосовуються вправи, близькі по біодинамічній структурі до змагальних чи самі змагальні вправи. Вони виконуються з найбільшою мобілізацією на виявлення максимального зусилля, з невеликим числом повторень і нерегламентованими інтервалами відпочинку, достатніми для відновлення і повторної мобілізації на максимальне зусилля (як правило, 1,5-2 хв).

Найбільший обсяг вправ з максимальним виявленням сили, швидкості чи потужності визначається критичною концентрацією КрФ у м'язах (приблизно 1/3 від загальної алактатної анаеробної ємкості), нижче якої вже неможливо підтримувати максимальну швидкість ресинтезу АТФ. За рахунок цієї кількості КрФ можна виконати безперервно до 5-6 повторень таких вправ. При доволіно дозованих інтервалах відпочинку в одному тренувальному занятті можна 10-12 раз повторювати вправи без помітного зниження максимальної потужності. При великому числі повторень розвивається локальне стомлення, яке приводить до порушення координації рухів і зниженню потужності. Зниження кількості КрФ в працюючих м'язах нижче критичного рівня супроводжується посиленням гліколізу, накопиченням молочної кислоти і різким падінням внутрішньоклітинного рН. Під впливом цих змін у внутрішньоклітинному середовищі відбувається пригнічення міозинової АТФ-ази і як наслідок - падіння максимальної потужності

вправи. Отже, тренувальну роботу необхідно припинити, як тільки виявляється виразне зниження максимальної потужності чи значні зміни кількості молочної кислоти і показників кислотно-лужної рівноваги крові.

Метод повторних найбільших вправ направлений на посилення синтезу скоротливих білків і збільшення м'язової маси. Для цього може бути використано широке коло вправ, які в достатній мірі навантажують вибрану групу м'язів. Величина опору, який можна подолати, як правило не перевищує 70 % від максимальної ізометричної сили. Вправи виконуються з більшим числом повторень до відказу.

При величинах опору, які складають більш 50 % від максимальної ізометричної сили, кровотеча через м'яз різко зменшена, що супроводжується появою локальної гіпоксії. В цих умовах (дефіцит аеробної енергопродукції) значно вичерпуються алактатні анаеробні резерви (КрФ), і в м'язах накопичується велика кількість вільного креатину, помітно посилюється утворення молочної кислоти – наслідок гліколізу. Із-за дефіциту макроергічних речовин при виконанні великого обсягу роботи відбувається розпад м'язових білків і накопичення продуктів їх розпаду (низькомолекулярних пептидів, амінокислот і інших). Продукти розпаду білків, як і вільний креатин, є індукторами білкового синтезу в період відпочинку після швидкісно-силової роботи, коли відновлюється нормальне забезпечення тканин киснем і посилюється доставка до них живильних речовин. Накопичення молочної кислоти при найбільшій роботі і викликані цим зміни внутрішньом'язового осмотичного тиску сприяють затриманню у м'язах міжклітинної рідини, багатой на живильні речовини. При систематичному повторенні таких тренувань в м'язах значно збільшується кількість скоротливих білків і зростає загальний обсяг м'язової маси.

Правильне сполучення і послідовність застосовування обох методів в процесі тренування можуть забезпечити високий рівень розвитку швидкісно-силових якостей спортсменів.

ЗАВДАННЯ:

Виходячи з основних механізмів ресинтезу АТФ в м'язах обґрунтувати біохімічні основи швидкісно-силових якостей спортсменів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику механізмів ресинтезу АТФ при м'язовій діяльності.
2. Визначити біохімічні основи швидкісно-силових якостей спортсменів.
3. Дати біохімічне обґрунтування основних методичних прийомів, що використовуються для удосконалювання швидкісно-силових якостей спортсменів.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Реакції ресинтезу АТФ в організмі відбуваються за участю кисню – аеробно і при недостатньому забезпеченні киснем – анаеробно.

До анаеробних механізмів ресинтезу АТФ належать креатинфосфокіназна реакція, реакції гліколізу (анаеробного окиснення вуглеводів) і міокіназна реакція. Основним шляхом аеробного ресинтезу АТФ є реакції окисного фосфорилування. Всі аеробні та анаеробні реакції ресинтезу АТФ використовуються в організмі постійно, як у стані спокою, так і при м'язовій діяльності. Однак співвідношення їх інтенсивності і впливу у загальний енергетичний обмін неоднакові при різних функціональних станах. В стані спокою перевищують аеробні процеси. При м'язовій роботі кисневий попит організму задовольняється

неповністю і тому поряд з аеробними процесами підвищується роль анаеробних процесів. При дуже короткочасних і інтенсивних швидкісно-силових навантаженнях анаеробні механізми ресинтезу АТФ в м'язах стають провідними. При тривалій роботі на витривалість перевищують аеробні процеси.

2. Біохімічною основою для розвитку сили та швидкості м'язів і організму взагалі є підвищення в процесі тренування кількості скоротливих білків м'язів та їх АТФ-азної активності, а також розвитку анаеробних систем ресинтезу АТФ в основному за рахунок креатинфосфатного механізму.

Біохімічною основою витривалості до тривалої роботи є максимальний розвиток в процесі тренування аеробних систем енергозабезпечення організму та значне підвищення його енергетичних запасів, в першу чергу, глікогену в печінці та м'язах, фосфоліпідів. При інших видах спеціальної витривалості поряд з аеробним компонентом важливу роль грає лактатний (гліколіз) і алактатний (креатинфосфатний) компоненти витривалості.

3. Основними методами для удосконалювання швидкісно-силових якостей спортсменів повинні бути вправи, які спрямовані на підсилення синтезу скоротливих білків у м'язах і підвищення АТФ-азної активності міозину. З цією метою для розвитку максимальної сили в тренуванні використовуються короткочасні фізичні вправи з великим обтяжуванням (від 75-80 % до найбільших та близько до найбільших навантажень). Для розвитку швидкості м'язів використовуються вправи, які належать до максимальної зони потужності з тривалістю роботи від 3-5 до 10-20 сек. На відміну від силових навантажень, вправи на розвиток швидкості, завдяки більшій тривалості роботи, діють на мобілізацію креатинфосфатного, а також гліколітичного ресинтезу АТФ, приводять до більш значних енерговитрат.

8. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИТРИВАЛОСТІ СПОРТСМЕНІВ.

ЗАВДАННЯ:

Дати біохімічне обґрунтування найбільш ефективним методам тренування різних компонентів витривалості на основі біохімічних особливостей, які визначають їх виявлення.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Визначити поняття витривалості і її компонентів в залежності від систем енергозабезпечення.
2. Охарактеризувати біохімічні фактори різних компонентів витривалості.
3. Обґрунтувати вибір методів для тренування різних компонентів витривалості.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Витривалість - фізична якість спортсмена, яка значно визначає загальний рівень його працездатності, що може виявлятися у формі тривалої роботи на заданому рівні потужності до перших ознак стомлення, а також як зниження працездатності при стомленні, що в кінці кінців приводить до припинення роботи. Витривалість вимірюється часом роботи, виконаної до відказу (найбільший час - t).

З біохімічної точки зору витривалість визначається відношенням величини енергетичних резервів, доступних для використання, до швидкості витрачання енергії при виконанні даного виду вправ:

$$\text{Витривалість}(t, \text{ хв }) = \frac{\text{Запаси енергії(Дж)}}{\text{Швидкість витрачання енергії(Дж / хв)}}$$

тобто витривалість визначається часом функціонування з заданою інтенсивністю до повного вичерпання наявних енергетичних ресурсів.

Конкретне виявлення витривалості завжди носить специфічний характер, який залежить від використання в якості джерел енергії різних метаболічних процесів, і визначається тими властивостями організму, які припиняють виникнення в ньому змін, що викликають стомлення, і забезпечують стійкість організму до біохімічних змін, які виникають при роботі. Головними такими властивостями організму є властивості, які визначаються можливостями систем енергозабезпечення. В зв'язку з трьома основними процесами ресинтезу АТФ (анаеробний алактатний процес, анаеробний гліколітичний процес і аеробний), визначають три основних компонента витривалості: алактатний, гліколітичний і аеробний. Всі ці компоненти вносять свій вклад у виявлення будь-якого специфічного виду витривалості, однак один з них грає головну роль, і визначення такого головного компонента важливо для правильного вибору тренувальних засобів і методів.

2. До біохімічних факторів, які визначають виявлення алактатного компонента витривалості належать запаси креатинфосфату в працюючих органах і економічність їх витрачання при роботі, яка в свою чергу, визначається ефективністю спортивної техніки. Важливу роль у виявленні алактатного компоненту витривалості грає також стійкість ферментів алактатної анаеробної системи (АТФ-ази міозину і креатинфосфокінази) в умовах накопичення продуктів анаеробного розпаду.

Біохімічними факторами гліколітичного компонента витривалості є вуглеводні ресурси організму (зокрема глікоген м'язів), економічність їх витрачання, активність ферментів гліколізу, а також компенсаторні реакції, які забезпечують здібність продовжувати роботу в умовах швидко наростаючих анаеробних змін в організмі. Велике значення компенсаторних реакцій організму для протікання гліколітичних процесів при м'язовій діяльності зв'язане з утворенням молочної кислоти, яка викликає закислення середовища, що приводить до

зниження активності ферментів, особливо АТФ-ази і фосфофруктокінази. Отже, для гліколітичного компоненту витривалості першорядне значення мають можливості буферних систем організму, які володіють здібністю зв'язувати молочну кислоту, а також стійкість ферментів до змін рН внутрішнього середовища.

Біохімічними факторами, що визначають виявлення аеробного компоненту витривалості, який представлений у роботі невеликої потужності, але тривалій є величини мобілізуємих при такій роботі енергетичних резервів організму (вуглеводів, ліпідів, білків), швидкість функціонування і стійкість систем, що забезпечують доставку кисню до робочих органів, а також кількість і активність ферментів аеробного обміну.

Хоча витривалість, як і інші рухові якості людини залежить від багатьох факторів, біохімічні особливості організму грають у виявленні витривалості найбільш значну роль.

3. В зв'язку з тим, що показники витривалості залежать від аеробних і анаеробних енергетичних можливостей спортсменів, то тренування витривалості повинно насамперед орієнтуватися на підвищення цих біоенергетичних властивостей організму.

В тренуванні, направленому на розвиток алактатного анаеробного компоненту витривалості, частіше всього використовують методи повторної і інтервальної роботи («інтервальний спринт»). Основна мета такого тренування - добитися максимального витрачання алактатних анаеробних резервів в працюючих м'язах і підвищити стійкість ключових ферментів алактатної анаеробної системи (міозинової АТФ-ази і саркоплазматичної креатинфосфокінази) в умовах накопичення продуктів анаеробного розпаду (АДФ, H_3PO_4 , молочної кислоти і інші). Вирішити це завдання можна лише шляхом великого числа повторень короткочасних (10-15 с) вправ високої інтенсивності (90-95% від W_{max}). При методі повторного тренування витривалості, коли застосовують

вправи максимальної потужності, паузи відпочинку між ними повинні забезпечити достатньо повне відновлення витрачених при роботі алактатних анаеробних резервів, тобто повинні відповідати часу оплати швидкої фракції O_2 -боргу і складати не менше 2,5 - 3 хв.

Для розвитку гліколітичного анаеробного компоненту витривалості можуть бути використані методи найбільшої одноразової роботи, повторної і інтервальної роботи. Вибрані характеристики вправ повинні забезпечити найбільше посилення анаеробних гліколітичних процесів в працюючих м'язах. Таким вимогам відповідає виконання найбільших зусиль в інтервалі від 30 сек. до 2,5 хв. Щоб виконати необхідний обсяг роботи, достатній для закріплення тренувального ефекту, інтервальна робота з короткими паузами відпочинку виконується серіями по 3-4 повторення, розділеними 10-15 хвилинним відпочинком, який необхідний для відновлення працездатності після найбільшої анаеробної роботи.

В тренуванні, направленому на розвиток аеробного компоненту витривалості використовуються методи одноразової, безперервної, повторної і декілька варіантів інтервальної роботи.

Щоб забезпечити достатню дію на аеробний обмін при використанні методів одноразової безперервної і повторної роботи, загальна тривалість вправи повинна складати не менше 3 хв., достатніх для входження і виходу на стаціонарний рівень споживання O_2 . В одноразовій безперервній роботі обсяг навантаження, який викликає відповідні адаптаційні перебудови в організмі, складає, як правило, не менше 30 хв. Інтенсивність виконуємої вправи при одноразовій безперервній роботі повинна забезпечити значну інтенсифікацію аеробних процесів в тканинах. Виконання такої роботи потребує значного напруження кардіореспіраторної системи, відповідальної за доставку O_2 працюючим м'язам. По ходу роботи безперервно

збільшуються показники вентиляції легенів і ЧСС. Відбуваються достатньо значні зміни кров'яного тиску.

Реакція з боку систем вегетативного обслуговування в певній мірі залежить від збільшення показників анаеробного обміну. В зв'язку з тим, що рівень навантаження вище порогу анаеробного обміну, по ходу виконання вправи значно посилюється виділення «неметаболічного надлишку» CO_2 і накопичення молочної кислоти в крові. Кваліфіковані спортсмени можуть виконувати такого виду безперервну роботу на протязі 2,5-3 годин.

Напруженість реакції з боку систем аеробного обміну у відповідь на безперервну довгочасну роботу помітно збільшується при перемінному режимі вправ. Причини цього легко зрозуміти при аналізі динаміки біохімічних змін при повторному виконанні вправ, які викликають максимальне збільшення аеробного метаболізму в тканинах. При кожному повторенні інтенсивної вправи, тривалість виконання якої перевищує період впрацювання, рівень споживання O_2 швидко збільшується на початку вправи, а далі підтримується максимальним до кінця роботи. Загальна тривалість вправи повинна приблизно відповідати часу підтримування максимуму споживання O_2 , що як правило, складає від 3 до 6 хв. Повторення таких серій змушує організм постійно працювати у режимі переключення, то на впрацювання (на початку виконання вправ), то на відновлення (в паузах відпочинку). Такі різкі перепади в рівні аеробного метаболізму служать значним стимулом для удосконалювання діяльності систем вегетативного обслуговування. Отже, як повторна, так і перемінна робота в даному режимі найкраще сприяє підвищенню аеробної потужності і аеробної ефективності.

Найбільш виражену дію на аеробний обмін виявляють спеціальні режими інтервальної роботи. Наприклад, коли чергуються відносно короткочасні періоди вправи (від 30 до 90 с) з інтервалами відпочинку

однакової тривалості. Така робота створює достатній стимул для розгортання аеробних процесів в тканинах, і особливо для поліпшення циркуляторних показників (викликає виражену гіпертрофію серця).

Ефективним засобом підвищення показників аеробної потужності служить інтервальне тренування на коротких відрізках. Відома модифікація інтервального тренування на коротких відрізках під назвою «міоглобінове інтервальне тренування». В ньому використовуються дуже короткі (не більше 5-10с.) періоди вправ, які чергуються з такими ж короткими паузами відпочинку. Інтенсивність вправи достатньо висока, але не максимальна (вправи виконуються вільно, без напруження). В короткі періоди роботи витрачаються внутрішньом'язові запаси O_2 , зв'язані з міоглобіном, але вони швидко заповнюються в коротких паузах відпочинку. Ця робота може виконуватися у великому обсязі з підтриманням високого рівня споживання O_2 . Найбільше вона сприяє розвитку аеробної ефективності.

Високого рівня розвитку витривалості можна досягнути лише при одночасному удосконалюванні всіх її основних компонентів за допомогою комплексу різноманітних засобів і методів, які забезпечують виборчу дію на відповідні функції і якості спортсмена.

9. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНИХ ЗМІН В ОРГАНІЗМІ ПРИ ЗАНЯТТЯХ РІЗНИМИ ВИДАМИ СПОРТУ.

ЗАВДАННЯ:

Враховуючи специфіку особливостей обміну речовин при заняттях різними видами спорту, дати характеристику біохімічних змін в організмі на прикладі занять легкою атлетикою.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Особливості біохімічних змін в організмі при заняттях різними видами спорту.
2. Особливості обміну речовин в максимальній та субмаксимальній зонах потужності на прикладі легкої атлетики.
3. Особливості обміну речовин в зонах великої та помірної потужності на прикладі легкої атлетики.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ

1. Всі спортивні вправи поділяють на циклічні і ациклічні. Перші характеризуються повторністю фаз рухливості і різняться по відносній потужності роботи, характеру рухів в середовищі, в якому виконується вправа. До них належать такі види спорту: легка атлетика, плавання, лижний спорт, велоспорт тощо.

Ациклічним вправам характерна відсутність повторності фаз. Це короткочасні, однократні рухи максимальної та субмаксимальної потужності (стрибки, метання, гімнастичні вправи) чи вправи, що виконуються в перемінних умовах, коли характер і потужність руху весь час змінюються (спортивні ігри, одноборства).

Біохімічні зміни, що витікають в організмі при заняттях різними видами спорту, поряд з визначеною різноманітністю, виявляють визначену схожість. Це обумовлено включенням однакових метаболічних процесів, що забезпечують енергією працюючі м'язи. Участь різних механізмів в енергетичному забезпеченні роботи і обумовлені їх діяльністю біохімічні зміни в організмі визначаються рядом факторів, в той, чи іншій мірі представлених в цих видах спорту. До числа цих факторів належать режим діяльності м'язів (статичний, динамічний, змішаний), кількість м'язів, що беруть участь у роботі, потужність та тривалість роботи, кількість повторних вправ, тривалість та характер відпочинку між повтореннями.

Найбільш важливими факторами, що визначають характер та глибину біохімічних змін в організмі в циклічних видах спорту є потужність та тривалість вправ. Різниця в енергетичному забезпеченні вправ різної потужності та тривалості покладена в основу розподілу циклічних видів спорту на зони потужності.

Спортсменам ациклічних видів спорту треба володіти великим рівнем розвитку 3^x механізмів енергозабезпечення.

2. Вправи циклічних видів спорту, які по своїй потужності та тривалості належать до однієї зони потужності, характеризуються схожістю біохімічних змін.

Найбільш наочне представлення про біохімічні зміни в організмі при виконанні вправ різних зон потужності можна одержати при аналізі легкоатлетичного бігу.

Вправи максимальної зони потужності (біг на 100 і 200 м).

Через короткочасність роботи при її виконанні в організмі не відбуваються значні зміни. Основний механізм енергозабезпечення при бігу на 100 м креатинфосфатний, при бігу на 200 м значну роль грає і гліколіз. Після роботи найбільші концентрації лактату в крові виявляються на 5-10 хв. відновлюючого періоду і досягають 100-150 мг %.

Підвищується легенева вентиляція, споживання кисню, серцеві скорочення. Після роботи виникає значна величина кисневого боргу.

Відновлення після роботи відбувається швидко і завершується до 35-40 хв. відновлюючого періоду.

Кумулятивні біохімічні зміни в організмі при тренуванні вправами максимальної зони потужності: накопичення креатинфосфату, глікогену м'язів, підвищення активності АТФ-ази, креатинфосфокінази, ферментів, гліколізу, підвищення кількості скоротливих білків.

Вправи субмаксимальної зони потужності (біг 400, 800, 1000,1500 м).

Основним механізмом енергозабезпечення є гліколіз, але важливу роль грає креатинфосфатний та аеробний процеси.

Для цієї зони потужності характерно найбільше накопичення лактату (до 250 мг %).

Підвищується цукор в крові, але через короткочасність роботи це підвищення не дуже значне. Кисневий борг складає - 90-50%.

Тривалість відновлюючого періоду від 1 до 2 годин.

В процесі тренування спортсменів вправами субмаксимальної потужності особливу увагу треба приділяти удосконаленню анаеробних шляхів ресинтезу АТФ, а також адаптації спортсменів до значного підвищення кислотності.

Вправи великої зони потужності.

Біг на 10000 м відноситься до вправ великої потужності, який продовжується 20-30 хв. Основним механізмом енергозабезпечення є аеробний процес, але роль гліколізу ще велика.

Підвищується рівень цукру в крові за рахунок інтенсивного витрачання глікогену печінки. При більш тривалій роботі використовуються резервні ліпіди.

Максимальне споживання кисню у кваліфікованих спортсменів підтримується практично на протязі всієї роботи.

Тривалість відновлюючого періоду після бігу на дистанції від 6-12 год. до доби.

Тренування вправами великої потужності спрямовано на розвиток аеробного та гліколітичного шляхів енергозабезпечення, підвищення кисневої ємності крові і м'язів, підвищення рівню глікогену печінки та м'язів, внутрішньом'язових резервних ліпідів та активності ферментів аеробного обміну.

Вправи помірної зони потужності.

Біг на (15, 20, 30 км). Виконується в умовах стійкої рівноваги між кисневою потребою організму та споживанням кисню. Основний

механізм енергозабезпечення - аеробний. Анаеробні процеси можуть грати деяку роль тільки при стартовому розгоні, на старті

Анаеробні зміни незначні, величина кисневого боргу невелика. Робота завершується в стійкому стані.

Як джерела енергії використовуються вуглеводи та ліпіди, проміжні продукти обміну речовин, кількість яких під кінець роботи знижується.

При тривалій роботі відбуваються значні зміни у білковому обміні: знижується кількість структурних білків, білків-ферментів, хромопротеїдів, нуклеопроїдів.

При бігу на тривалі дистанції можуть відбуватися значні зміни гормональної діяльності.

Відновлюючий період після бігу на тривалі та надтривалі дистанції продовжується до трьох і більше доби. Кумулятивні біохімічні зміни при тренуванні на дистанціях зони помірної потужності забезпечують підвищення можливостей аеробного механізму перетворення енергії. Особливо підвищується кількість глікогену в м'язах, ліпідів, що легко мобілізуються, міоглобін у м'язах, кількість ферментів аеробного обміну. Значно підвищуються розміри серця, кількість м'язових капілярів, поліпшується регуляція діяльності серцево-судинної та дихальної систем.

Біохімічні зміни при вправах інших циклічних видів спорту принципово не відрізняються від змін при легкоатлетичному бігу на дистанціях відповідних зон потужності. Але специфіка виду спорту може накладати на ці зміни відбиток, який впливає в основному на глибину біохімічних змін.

ЗАВДАННЯ:

Біохімічні зміни, що пов'язані з м'язовою діяльністю відбуваються в організмі спортсмена не тільки під час виконання вправ, але і за деякий час до їх початку. Пояснити, завдяки чому можливо нормалізувати передстартові зрушення в організмі з метою забезпечення оптимального стану організму і досягнення значних спортивних результатів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати обґрунтування біохімічних змін, що виникають в організмі в передстартовому стані.
2. Пояснити від чого залежить рівень передстартових реакцій.
3. Дати характеристику розминки. Пояснити, які фактори треба враховувати для забезпечення оптимального стану організму і досягнення великих спортивних результатів.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Передстартові зміни мають умовно-рефлекторний характер. В передстартовому стані відбувається підсилення діяльності ряду залоз внутрішньої секреції, зокрема, мозкової речовини наднирків. Особливо підсилюється синтез адреналіну. Під його впливом активізується процес розпаду глікогену у печінці, мобілізація депонованого жиру, підвищується активність ферментів, зокрема ферментів енергетичного обміну. В крові підвищується кількість енергетичних субстратів: глюкози, вільних жирних кислот, кетонових тіл. Підсилюється діяльність серцево-судинної та дихальної систем, підвищується кількість гемоглобіну в крові за рахунок виходу з депо багатой еритроцитами крові. Все це забезпечує споживання організмом кисню, підвищує кисневу ємкість, поліпшує забезпечення тканин киснем та енергетичними субстратами.

2. Передстартові зміни в організмі знаходяться у відповідності з наступною роботою та відповідають їм по характеру та глибині. Чим більш важкою є наступна робота, тим глибше біохімічні зміни в передстартовому стані.

Рівень передстартових реакцій організму залежить від віку та статі спортсменів. Більш значні передстартові зміни спостерігаються в організмі підлітків та жінок у зв'язку з чим їм не рекомендується виконувати роботу з високим емоційним напруженням.

Крім того, величина передстартових змін може залежати від рівня підготовленості спортсмена, типу його нервової діяльності, а також особливостей проведення змагань.

Таким чином, передстартовий стан слід розуміти як сформовану сукупність біохімічних змін в організмі людини, що виникла в процесі постійного тренування визначеним видом фізичних вправ і приводить до формування умовних рефлексів на роботу, що виконувалась. Тому всі передстартові зміни в організмі виникають як слід регулюючої дії кори головного мозку.

Величина передстартових біохімічних змін в організмі залежить від рівня збудження центральної нервової системи. Надмірне, так, як і недостатнє, нервове збудження перед навантаженням не може забезпечити утворення рухового навику в корі головної мозку, і тим самим - нормальної працездатності організму.

Передстартові зміни в організмі, особливо відповідні наступній роботі, слід розглядати як явище позитивне. Вони готують організм до наступної роботи. При недостатньо виражених передстартових змінах організм виявляється погано підготовленим до роботи. Надмірні біохімічні зміни можуть привести до виснаження залоз внутрішньої секреції, витрачання енергетичних субстратів та іншим змінам, результатом яких може бути зниження працездатності та спортивного результату.

3. Розминка може виявляти нормалізуючий вплив на передстартові зміни у організмі. При недостатньо глибоких змінах енергійно виконана розминка буде сприяти поглибленню біохімічних змін, приведенню їх у більшу відповідність з наступною роботою. При надмірно високих змінах розминка повинна бути помірної інтенсивності, більш спокійною, що забезпечить нормалізацію біохімічних змін в організмі і дозволить запобігти післядії надмірної реакції.

Біохімічні зміни в крові, які настають під впливом спортивних вправ індивідуальні. Вони залежать від характеру реагування спортсмена на навантаження в умовах тренувань та змагань.

Індивідуальність біохімічних змін в організмі спортсмена в залежності від характеру його реагування на навантаження свідчить про необхідність індивідуалізації як тренування, так і передтренувальної та передзмагальної розминок.

ЗАВДАННЯ:

Виходячи з важливості біохімічної адаптації організму до гірських умов, дати обґрунтування гірської підготовки, як ефективного засобу підвищення функціональних можливостей організму спортсменів для успішного виступу в рівнинних умовах.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Біохімічні особливості акліматизації організму до гірських умов.
2. Охарактеризувати вибір оптимальної висоти для гірської підготовки
3. Охарактеризувати яким вимогам повинна відповідати система побудови річної підготовки спортсмена, де рівнинна підготовка зв'язана з гірською.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. На висоті тиск знижується, знижується парціальний тиск кисню, що в свою чергу, приводить до зниження насиченості гемоглобіну киснем. Залежність між парціальним тиском кисню і насиченістю киснем має складний характер. Спочатку зниження pO_2 не супроводжується різким зменшенням насиченості гемоглобіну киснем. При зниженні pO_2 наполовину приблизно 80 % гемоглобіну ще насичено киснем. На висоті 2000 м над рівнем моря парціальний тиск складає 120 мм рт. ст. При цьому декілька знижується насиченість крові киснем. При м'язовій роботі знижується кількість кисню, який надходить до працюючих м'язів, що приводить до зниження аеробних можливостей, зменшується працездатність в першу чергу, у вправах, де частина аеробного енергозабезпечення складає значний відсоток.

Зниження аеробних можливостей в середньогір'ї приводить до того, що роль анаеробних механізмів енергозабезпечення при деяких видах напруженої роботи підвищується.

Анаеробні можливості в умовах середньогір'я практично не знижуються. Спортивні результати у вправах переважно анаеробної спрямованості також не знижуються. До таких видів роботи належать зокрема вправи циклічних видів спорту тривалістю до 1 хвилини.

Завдяки зниженню концентрації CO_2 в крові порушується кислотно-лужна рівновага організму в лужну сторону, що в свою чергу, сприяє підвищенню лактатних анаеробних можливостей.

Адаптація організму спортсмена при тренуванні до середньогір'я виражається з однієї сторони, в підсиленні діяльності органів та систем, відповідальних за споживання, транспорт та використання кисню в організмі, з другої - відбувається підвищення анаеробних можливостей, які компенсують недостатнє надходження кисню в організм. Зміни відбуваються як на рівні організму, так і на рівні клітини. Підсилюється

діяльність серцево-судинної та дихальної систем, поліпшується регуляція їх діяльності. Відбувається зростання кількості еритроцитів в крові, що підвищує дихальну поверхню крові.

Підвищується концентрація гемоглобіну. У м'язах підвищується кількість міоглобіну, кількість та активність ферментів аеробного обміну.

В основі підвищення анаеробних можливостей лежить підвищення у м'язах концентрації креатинфосфату, глікогену, кількості та активності ферментів гліколізу, підвищення буферних можливостей організму, збільшення резервної лужності та деяких інших змін.

Підсилюється процес синтезу білків.

2. Ефективність побудови гірської підготовки, при якій спортсмени проживають в середньогір'ї та низькогір'ї, а тренуються у високогір'ї, відмічають фахівці різних країн світу.

На висотах 3500-4000 м у висококваліфікованих спортсменів, достатньо адаптованих до високогірських умов, відбуваються різке порушення динамічної та просторово часової структури рухів, робота в цих умовах може привести до порушення спортивної техніки, змін раціонального взаємозв'язку рухливих та вегетативних функцій.

На великій висоті значно знижуються можливості організму до ефективної регуляції діяльності серцево-судинної та дихальної систем.

Підвищення висоти приводить до збільшення частини анаеробного процесу енергозабезпечення при виконанні стандартного навантаження, що обов'язково повинно враховуватись при виборі раціональної інтенсивності виконання тренувальних вправ. Слід зазначити, що показники концентрації лактату і рН крові високоефективні при оцінці функціональних можливостей спортсменів, їх реакції на навантаження.

Виконання стандартного навантаження на різних висотах свідчить, що з підвищенням висоти підйому, концентрація лактату у м'язах при виконанні 60-хвилинної роботи значно підвищується, що не так чітко

проявляється у рівнинних умовах. В той же час концентрація у м'язах інших речовин, що забезпечують енергозабезпечення роботи (АТФ, АДФ, КрФ, глікоген), не дуже змінюється, що є наслідком високої здібності кваліфікованих спортсменів до мобілізації різних шляхів енергозабезпечення на різних висотах.

Ефективність підготовки в низькогір'ї в деяких видах спорту може бути більш значною у порівнянні з тренуванням в середньогір'ї та високогір'ї. До таких видів спорту слід віднести вільну і греко-римську боротьбу, спортивні ігри та інші.

Вибір оптимальної висоти для гірської підготовки повинен, в основному, визначатися специфікою видів спорту.

Результати наукових досліджень доводять, що бігуни на тривалі дистанції періодично можуть тренуватися на висоті 3500-4000 м. Для бігунів на середні дистанції, ковзанярів найбільш підходить висота 1600-2200 м. Спортсмени, що спеціалізуються в швидкісно-силових складнокоординаційних та ігрових видах спорту використовують для гірської підготовки висоту 1200-1600 м. Підбір висоти з урахуванням специфіки видів спорту дозволяє з достатньою ефективністю використовувати перевагу природного гіпоксичного тренування, і в той же час забезпечити необхідні умови для підтримки та удосконалення тих сторін спортивної майстерності, для яких значний рівень гіпоксії може бути негативним фактором.

3. Основні елементи ефективної системи побудови річної підготовки спортсменів, де рівнинна підготовка зв'язана з гірською:

1. Тривалість, загальна кількість та періодичність тренувальних зборів, що проводяться в гірських умовах.

2. Оптимальні висоти, на яких слід проводити тренування в гірських умовах.

3. Акліматизація спортсменів при тренуванні в горах і реакліматизація після повернення в рівнинні умови.

4. Загальний обсяг та направленість роботи, динаміка навантажень на протязі року, а також в різних циклах рівнинної та гірської підготовки.

5. Використання циклів гіпоксичного тренування в умовах рівнинної підготовки.

6. Вплив специфіки видів спорту на використання тренування в природних та удаваних гіпоксичних умовах.

Нераціональне планування гірської підготовки, що здійснюється без врахування індивідуальних особливостей спортсменів, рівня їх підготовленості та інше може привести до відсутності позитивного тренувального ефекту, чи зниженню функціональних можливостей організму.

10. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ І СПОРТОМ З ОСОБАМИ РІЗНОГО ВІКУ.

ЗАВДАННЯ:

Відомо, що для правильної побудови занять фізичною культурою та спортом з особами різного віку необхідно знати особливості організму людини в різні вікові періоди. З врахуванням вікових особливостей дати обґрунтування методики занять фізичною культурою та спортом з особами різного віку.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Біохімічне обґрунтування методики фізичного виховання та спортивних тренувань в дитячому та підлітковому віці.

2. Біохімічні зміни, що лежать в основі визначення функціональних можливостей старіючого організму.

3. Біохімічне обґрунтування . позитивного впливу систематичних занять фізичними вправами та спортом на здоров'я та працездатність людини в різні вікові періоди.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. В підлітковому організмі інтенсивність білкового синтезу та інших біологічних синтезів значно вища, ніж у дорослих, тому і енергетичні витрати у них на пластичні процеси більше, ніж у дорослих, а на м'язову діяльність значно нижче. У дітей та підлітків серцево-судинна та дихальна системи у спокою функціонують з більшим напруженням, ніж у дорослих, що обмежує можливість аеробного енергетичного забезпечення м'язової роботи. Можливості анаеробного забезпечення м'язової діяльності на здібність виконувати роботу в умовах кисневого боргу у дітей також менше, ніж у дорослих.

Для дітей і підлітків характерна також низька стійкість до підвищених концентрацій продуктів анаеробного метаболізму, недостатня досконалість систем, регулюючих обмінні процеси при роботі, а саме: мала стійкість у діяльності залоз внутрішньої секреції, надто висока рухливість у діяльності регулюючих механізмів ЦНС. Всі ці особливості обумовлюють швидке стомлення підліткового організму при виконанні інтенсивних вправ, погану переносимість багаточасової безперервної і тривалої монотонної роботи.

2. Характерною особливістю старіючого організму є зниження інтенсивності пластичного обміну на фоні загального зниження інтенсивності обміну речовин. Інтенсивність окисних процесів як аеробного окиснення, так і гліколізу, у старіючому організмі також знижується, що значно обмежує працездатність у цьому віці. Змінюється обмін ліпідів, вони гірше утилізуються організмом. В крові підвищується кількість холестерину, β -ліпопротеїдів. Для старіючого організму характерно погіршення нервової та гормональної регуляції

обмінних процесів. Відбуваються хімічні зміни у кістковій тканині, зв'язках, кровоносних судинах, які приводить до зниження їх міцності та еластичності. Вплив м'язової діяльності на підлітковий організм сприяє процесам розвитку та росту, а на старіючий організм затримці вікової інволюції.

3. Для правильної побудови занять фізичними вправами та спортом з особами різного віку необхідно знати особливості організму людини в різні вікові періоди. Енергія, яка утворюється в організмі розподіляється між енергетичним забезпеченням функцій, зокрема, м'язовою діяльністю (функціональний обмін), і пластичними процесами, наперед всього, синтезом різних білків (пластичний обмін). У зрілої людини (20-40 років) ці сторони обміну у стані спокою врівноважені. При м'язовій роботі підвищується доля функціонального обміну та скорочується доля пластичного обміну. Під час відпочинку зменшується доля функціонального обміну і різко підвищується доля пластичного.

В підлітковому організмі доля функціонального обміну менше, ніж у дорослих. При м'язовій діяльності доля функціонального обміну у дітей підвищується, але не так значно, як у дорослих, а на пластичні процеси витрачається менше енергії, ніж в стані спокою, але все ж достатньо багато. Під час відпочинку пластичний обмін значно підсилюється.

В старіючому організмі у порівнянні з дорослими, енергопродукція знижена на рахунок обох сторін обміну. При м'язовій діяльності доля пластичного обміну ще більш скорочується. Під час відпочинку доля пластичного обміну значно підвищується. Суть позитивного впливу м'язової діяльності на організм визначається саме в підсиленні пластичного обміну під час відпочинку. Різниця між підлітковим та старіючим організмом лише в тому, що в першому випадку виконання фізичних вправ сприяє процесам росту і розвитку, а у другому - затримці вікової інволюції.

Тому дуже важливо правильно підібрати фізичні навантаження, щоб вони були достатньо ефективними для впливу на процеси обміну речовин, і разом з тим посильні для підліткового та старіючого організму і не викликали стомлення .

Найбільш підходять для дітей і підлітків, як і для літніх людей порівняно короткочасні різноманітні швидкісні вправи (доступні даній віковій групі), які не потребують великих силових зусиль і проявлення швидкісної витривалості, що виконуються повторно, з достатніми інтервалами відпочинку. У перші роки занять фізичною культурою і спортом з дітьми і підлітками слід переважно удосконалювати аеробні можливості, створити базу загальної фізичної підготовленості.

Для людей похилого віку, як і для дітей і підлітків характерна легка загальмованість мобілізації вуглеводів при м'язовій діяльності. Одноманітні, нудні фізичні вправи, як правило, викликають у них зниження рівня глюкози в крові, а це зменшує ефективність фізичних вправ. На позитивний емоціональний фон занять суттєво впливає також фактор середовища (проведення занять в добре оформленому залі, лісі, парку).

11. ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ. БІОХІМІЧНИЙ. КОНТРОЛЬ ПРИ ЗАНЯТТЯХ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ І СПОРТОМ.

ЗАВДАННЯ:

При комплексному дослідженні функціонального стану спортсменів необхідно використовувати біохімічний контроль. Яким основним вимогам повинна відповідати організація служби біохімічного контролю в спорті?

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Сформулювати мету та основні завдання біохімічного контролю в спорті, визначити основні показники та об'єкти біохімічного контролю. Обґрунтувати необхідність проведення біохімічних досліджень в динаміці з урахуванням функціонального стану спортсменів.

2. Яким вимогам повинні задовольняти біохімічні методи досліджень, що використовуються в спорті?

3. Чим визначається вибір тестуючих фізичних навантажень для проведення біохімічного контролю спортсменів в лабораторії та на спортивній арені?

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Основною метою біохімічного контролю в спорті є багатоспрямоване вивчення закономірностей біохімічної адаптації організму спортсмена до інтенсивних тренувальних та змагальних навантажень.

Найбільш важливими завданнями, які вирішуються з урахуванням даних біохімічного обстеження є:

- відбір та допуск до тренувань і змагань;
- оцінка реакції організму на тренувальні та змагальні навантаження;
- визначення рівня тренуваності;
- виявлення ознак нестерпності підвищених фізичних навантажень, перетренування;
- оцінка швидкості та рівня відновлення.

Діагностика тренуваності та працездатності спортсмена, оцінка ефективності впливу тренувальних навантажень на організм пов'язані між собою, тому потребують розкриття механізмів біохімічної адаптації організму на окремих тренувальних заняттях, в мікро- та макроциклах,

на різних етапах річного циклу та багаторічного тренування взагалі. У зв'язку з цим, біохімічні дослідження проводять в динаміці, з врахуванням трьох основних функціональних станів спортсмена:

- відносний спокій,
- м'язова діяльність - робота,
- відпочинок - (відновлюючий період).

«Терміновий» ефект тренування оцінюється по змінам біохімічних показників обміну речовин, які відбуваються безпосередньо під час м'язової діяльності і залишаються на досягнутому рівні короткий час після її закінчення (1-3 хвил.).

«Відставлений» ефект тренування оцінюється по динаміці біохімічних процесів, що відбуваються в організмі у відновлюючий період. Відмітною рисою цього періоду є фаза суперкомпенсації речовин і відновлення організму. «Кумулятивний» ефект тренування визначається адаптаційними біохімічними змінами в організмі на достатньо тривалому етапі тренування. Найбільш інформативними для оцінки «термінового», «відставленого» і «кумулятивного» ефектів тренування є біохімічні показники енергетичного обміну організму (глюкоза, лактат, піровиноградна кислота, тригліцериди, жирні кислоти, амінокислоти, кетонів тіла).

Як об'єкти біохімічного контролю, в спорті найбільш часто використовують кров та сечу спортсменів. В крові визначають показники вуглеводного обміну (глюкозу, лактат, піруват), ліпідного (жирні кислоти, кетонів тіла) та білкового обміну (сечовина), досліджуються також показники кислотно-лужної рівноваги: величина рН, буферна ємність крові, кількість гемоглобіну та інші речовини.

В сечі визначаються речовини, які відображають гормональний статус організму, забезпеченість його вітамінами. Іноді використовують для аналізу такі об'єкти як слина та піт.

2. Вибір методів визначається завданнями майбутнього обстеження. Вимоги до біохімічних методів контролю в спорті відрізняються від аналогічних досліджень в клінічній біохімії і спортивній медицині. Вони повинні бути не тільки надійні та інформативні, вони не повинні нести спортсменам психологічних травм при взятті біопроб для аналізу, бути безхворобними, обмежуватися мікрокількістю досліджених речовин, забезпечувати швидку обробку (10-15 хвил.). З цією метою випускається спеціальне лабораторне обладнання, прилади та набори хімреагентів для мікро-експрес-аналізу. («Глюкотест» - для виявлення глюкози, «Біофан» - для визначення білка). Методи, що використовуються повинні забезпечувати оцінку динаміки провідних біохімічних процесів, з врахуванням специфічності навантаження по характеру, ємкості та тривалості роботи.

Вибір методів біохімічного обстеження має важливе значення, тому що вони можуть різнитися точністю і вірогідністю. Останнім часом у практиці спорту, особливо при самоконтролі функціонального стану організму, широко використовуються експрес-методи визначення багатьох (близько 10) різних біохімічних показників у плазмі крові та сечі за допомогою спеціальних діагностичних смужок. Основані вони на здатності певної речовини (глюкози, білка, вітаміну С, кетонів, сечовини, гемоглобіну, нітратів і ін.) реагувати з нанесеними на індикаторну смужку реактивами і змінювати її колір. Звичайно наноситься крапля досліджуваної крові чи сечі на індикаторну смужку "Глюкотесту", "Пентафану", "Меді-тесту" чи інших діагностичних тестів і за 1 хв. її колір порівнюється з індикаторною шкалою даного тесту чи вимірюється глюкометром, лактометром чи рН-метром.

У практиці спорту широко використовується під час біохімічного обстеження лабораторна система LP-400, за допомогою якої можна швидко та точно визначити в крові до 60 різних біохімічних показників.

Одні і ті самі біохімічні методи та показники можуть використовуватися для вирішення різних завдань. Так, визначення вмісту лактату в крові використовується для оцінки рівня тренуваності, спрямованості й ефективності застосовуваної вправи, а також під час відбору людей для занять окремими видами спорту, оцінки впливу засобів фізичної реабілітації чи оздоровчої фізичної культури.

Організація і проведення біохімічного обстеження включає час місце, вибір досліджуваних біохімічних показників, вони мають бут надійними – повторюватися під час багаторазового контрольного обстеження та інформативними – відображати сутність досліджуваного процесу.

У кожному конкретному випадку визначаються різні біохімічні показники обміну речовин. Більшість біохімічних показників у тренуваних і нетренуваних людей у стані спокою мало різняться, тому для виявлення тренуваності обстеження слід проводити перед та після виконання стандартних чи граничних фізичних вправ, які добираються залежно від поставленої мети дослідження.

3. Успішне вирішення проблем біохімічного контролю в спорті потребує уважного відбору тестуючих фізичних навантажень (тестів) для оцінки спеціальної працездатності спортсменів. Тести, що використовуються повинні проявляти значний вплив на провідні для даного виду спорту функції організму. По характеру впливу на обмін речовин вони повинні відповідати, або максимально наближатися до впливу змагальних навантажень. Серед лабораторних тестів найбільш розповсюдженими є різні види велоергометричних навантажень, степ-тестів, комбіновані медичні функціональні проби, деякі імітаційні вправи, що виконуються спортсменами в стандартних умовах. До спеціальних тестів відносяться дозовані фізичні навантаження, що відповідають даному виду спорту: біг, плавання, контрольні вправи, стандартні комбінації фізичних вправ та програма тренувальних завдань

різного характеру. Ці навантаження проводяться в природних умовах тренувань та змагань.

ЗАВДАННЯ:

Вам треба дати оцінку ходу відновлюючого періоду після змагань, які біохімічні показники та методи біохімічного контролю Вам треба використовувати ?

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати особливості обміну речовин у відновлюючому періоді після фізичних навантажень?
2. Обґрунтувати необхідність одержання даних про стан відновлюючих процесів. Визначення яких біохімічних показників треба рекомендувати для цієї мети?
3. Охарактеризувати динаміку змін біохімічних показників, які використовуються для контролю процесів відновлення організму після фізичних навантажень.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1.Період відновлення характеризується усуненням змін, які виникли під час роботи, підсиленням окиснення проміжних продуктів обміну, відбувається синтез та накопичення енергетичних речовин, підсилюється процес біосинтезу білків. Період відновлення характеризується підвищеним рівнем окисних процесів, підвищеним використанням кисню, так як відбувається ліквідація кисневого боргу. Повернення показників обміну до вихідного рівня відбувається за рахунок аеробного ресинтезу АТФ. Для обміну речовин періоду відновлення характерно те, що різні показники обміну відновлюються гетерохронно (різночасово). В м'язах швидше всього відновлюються

запаси креатинфосфату, потім глікогену, ліпідів, в останню чергу - білків. Найпізніше нормалізується баланс АТФ.

Другою особливістю обміну речовин відновлюючого періоду є те, що для цілого ряду показників обміну характерно не тільки відновлення до істотного рівня, а також подальше підвищення -суперкомпенсація, яке спостерігається деякий час. Потім слід від впливу навантаження ліквідується, показники обміну повертаються до вихідного рівня.

Таким чином, для обміну речовин відновлюючого періоду характерно перевага анаболічних процесів над катаболічними, що при деяких умовах приводить до таких змін обміну, які не відмічалися до фізичної роботи (суперкомпенсація).

2. Швидкість нормалізації змін, що виникають після роботи, поряд з іншими біохімічними показниками (рівень лактату в крові, наприклад) характеризує стан тренуваності. Свідчення про стан відновлюючих процесів необхідні для раціональної побудови тренувального процесу, обґрунтованого чергуванням навантажень і відпочинку, передумови перетренування. Для оцінки стану відновлення найбільш інформативними біохімічними показниками є рівень сечовини в крові, який визначають найбільш часто для цієї мети. Вибір цього показника пояснюється тим, що внаслідок гетерохронності відновлюючих процесів, нормалізація білкового обміну відбувається повільно і сечовина - кінцевий продукт білкового обміну залишається підвищеною не тільки на протязі деякого часу після навантаження, а й після великих по обсягу і інтенсивності навантажень і більш довгочасно (до 24 і більше годин). Динаміка енергоутворення пов'язана з процесами катаболізму білків і динаміка кількості в крові сечовини - кінцевого продукту цих процесів, при фізичних навантаженнях дозволяє судити про швидкість протікання відновлюючих процесів в організмі після попередніх м'язових навантажень.

3. Біохімічні дослідження при оцінці відновлення проводять в основному в умовах спокою, звичайно це обстеження вранці, після достатнього сну, натщесерце. В спокої у спортсменів в крові рівень кількості сечовини $3,3 - 5,8 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (норма $2,5 - 8,3 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$). При фізичних навантаженнях, адекватних можливостям спортсмена, рівень сечовини практично не змінюється. Але при великому стомленні в тканинах значно підсилюється катаболізм білків і окиснення амінокислот, що приводить до підвищення рівня сечовини з крові до $9,9 - 13,3 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і більше. Якщо цей рівень сечовини в крові зберігається, після нічного відпочинку, це свідчить про незакінчене відновлення організму і потребує корекції тренувального процесу. Нормалізація рівня сечовини вказує на успішне відновлення організму після важкого фізичного навантаження змагань. У високо тренованих спортсменів біохімічні зміни в організмі при стандартних фізичних навантаженнях менш значні, а при змагальних більш глибокі, ніж у малотренованих. Процеси, відновлення у них відбуваються більш ефективно, і розглянуті біохімічні показники крові нормалізуються швидше. Метод визначення сечовини в крові проводиться в біохімічній лабораторії.

ЗАВДАННЯ:

Виходячи з біоенергетичних факторів, що визначають спортивну працездатність, визначити які показники аеробних та анаеробних процесів енергозабезпечення м'язів доцільно використовувати в біохімічному контролі для тестування функціонального стану тренуваності спортсменів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику основних механізмів енергозабезпечення організму і послідовність їх включення при м'язовій діяльності різної потужності та тривалості.

2. Визначити біохімічні показники рівня розвитку аеробних та анаеробних складових спортивної працездатності.

3. Обґрунтувати вибір тестуючих навантажень з врахуванням можливостей використання різних процесів енергозабезпечення.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. В процесі біохімічного контролю, особливо для тестування рівня функціонального стану та тренованості організму, важливо вибирати адекватні тести, показники та методи їх використання. Функціональний стан організму та його тренованість є багатофакторними якостями, які залежать від рівня розвитку багатьох органів і систем. Але в більшості видів спорту можна виділити функцію, рівень якої в найбільшій мірі виражає спортивну майстерність.

В багатьох видах спорту рівень розвитку процесів енергетичного обміну відноситься до числа важливіших факторів, які визначають спортивний результат, забезпечують високий рівень працездатності на тренуваннях і велику швидкість відновлюючих процесів.

Існують три основних механізми енергозабезпечення організму: креатинфосфатний (алактатний, анаеробний), гліколітичний (лактатний, анаеробний) і аеробний. Участь цих процесів в енергетичному забезпеченні м'язової роботи визначається потужністю та тривалістю роботи.

В циклічних видах спорту, де кожна вправа виконується з максимальною для даної тривалості інтенсивністю, визначають 4 зони потужності: максимальну, до якої належать вправи тривалістю до 20 сек.; субмаксимальну - з тривалістю від 20 сек. до 5 хвил.; велику - з тривалістю вправ від 5 до 30 хвил.; помірну - до якої належать види м'язової роботи, тривалістю понад 30 хвил.

У вправах, які відносяться до максимальної зони потужності, провідну роль грає алактатний анаеробний механізм

енергозабезпечення, в субмаксимальній - лактатний, у вправах великої та помірної потужності - аеробний.

Незалежно від того, який з механізмів є провідним в даному виді, доцільно досліджувати рівень розвитку аеробних процесів. Але, якщо аеробні процеси не грають рішучої ролі при виконанні даної роботи, вони є базою для розвитку інших механізмів енергозабезпечення, визначають швидкість відновлюючих процесів в організмі.

2. Для інтерпретації біохімічних показників в індивідуальній динаміці, а також у порівняльному аспекті необхідні розробки системи біохімічних змін досліджених показників. Для цього необхідно показати значущість кожного показника в своєму механізмі енергозабезпечення, а також у взаємному зв'язку з іншими процесами метаболізму.

Наявність алактатного та лактатного кисневого боргу характеризує рівень анаеробних систем. Інформативними показниками глибини анаеробних порушень є максимальна концентрація молочної кислоти в крові, показники активної реакції середовища (рН) та порушення буферних основ.

При виконанні навантажень субмаксимальної потужності концентрація лактату в крові спортсмена може підвищуватися до $25 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і більше ($0,8-1,2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ - норма), а рН крові знижується до 7,0 і нижче (норма 7,4). В цих випадках накопичення лактату і пов'язаний з ним ацидоз, можуть бути одним з головних факторів, що лімітують спортивну працездатність.

Для оцінки рівня розвитку аеробних механізмів енергоутворення використовується визначення максимального вживання кисню - найбільшого кисневого вживання за одиницю часу, яке може бути досягнуто в умовах напруженої м'язової роботи. Визначають парціальний тиск O_2 , насиченість крові киснем її кисневу ємність. Найбільш простим методом оцінки кисневої ємності крові (у здорових

людей) являється визначення концентрації гемоглобіну, а також його загальної кількості.

Глюкоза є основним енергетичним субстратом анаеробного гліколізу і аеробного окиснення. Кількість глюкози в крові спортсменів може підвищуватися або знижуватися в залежності від характеру м'язової роботи. При короткочасних спортивних навантаженнях спостерігається той чи інший рівень підвищення кількості глюкози в крові, при дуже тривалих, як правило, відбувається його зниження. У малотренованих спортсменів зниження кількості глюкози, в крові можуть викликати і короткочасні навантаження максимальної інтенсивності.

Вихідні нормативні концентрації глюкози в крові складають від 3,3 до 5,5 ммоль·л⁻¹. Показники, одержані нижче 3,3 ммоль·л⁻¹, зазначають недостатнє відновлення цього енергетичного субстрату. Тому в раціоні харчування спортсменів необхідно підвищувати кількість вуглеводів в харчах.

Підвищення концентрації глюкози від 5,5 ммоль·л⁻¹ і вище характерно при стресових реакціях в організмі.

3. Найбільш інформативними є показники, які реєструються при виконанні тестуючих навантажень, і викликають близьку до граничної активацію відповідних процесів перетворення енергії. При цьому слід враховувати, що анаеробні процеси високої специфічності в найбільшій мірі включаються в енергетичне забезпечення тільки того виду діяльності, в якому спортсмен пройшов спеціальне тренування. Це означає, що для оцінки можливостей використання анаеробних процесів енергозабезпечення роботи, наприклад, у велосипедистів найбільш підходять велоергометричні тести, у бігунів - біг.

Велике значення для виконання можливостей використання різних процесів енергозабезпечення мають: потужність, тривалість та характер тестуючої вправи, яка використовується, наприклад, для оцінки рівня

розвитку алактатного анаеробного механізму найбільш підходять короткочасні вправи (20-30с), що виконуються з максимальною інтенсивністю. Найбільші зміни, пов'язані з участю гліколітичного анаеробного механізму енергозабезпечення роботи виявляються при виконанні вправ тривалістю 1-8 хвил., з граничною для цієї тривалості інтенсивністю. Прикладом може бути робота, яка складається з 2-4 вправ, тривалістю приблизно 1 хвил., що виконується через однакові або скорочувальні інтервали відпочинку. Кожна повторна вправа повинна виконуватися з найбільш можливою інтенсивністю. Стан аеробних та анаеробних процесів енергозабезпечення м'язової роботи можливо охарактеризувати за допомогою тестів з поступовим підвищенням навантаження.

ЗАВДАННЯ:

Однією з важливіших задач біохімічного контролю в спорті є діагностика тренуваності та спортивної працездатності. Дати оцінку рівня тренуваності по аналізу динаміки змін молочної кислоти в крові при стандартному навантаженні.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати закономірності динаміки змін лактату при м'язовій діяльності різної потужності, визначити нормативні показники зон роботи різної інтенсивності.

2. Дати аналіз взаємозв'язку змін концентрації лактату в крові, які відбуваються при виконанні визначених фізичних навантажень, з рівнем функціональної підготовленості спортсменів.

3. Охарактеризувати методику оцінки рівня тренуваності по кількості молочної кислоти при стандартному навантаженні в лабораторії.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Молочна кислота (лактат) - кінцевий продукт гліколізу. Рівень молочної кислоти в крові дозволяє судити про співвідношення процесів аеробного окиснення і анаеробного гліколізу. Підсилення останнього в працюючих м'язах приводить до підвищення кількості молочної кислоти в крові. Переключення організму під час м'язової діяльності з анаеробного гліколізу на аеробне окиснення супроводжується зниженням молочної кислоти.

В період відпочинку після роботи зміни кількості молочної кислоти в крові характеризують швидкість відновлення працездатності. Кількість молочної кислоти в крові спортсмена при фізичних навантаженнях може служити досить надійним критерієм анаеробних енергетичних процесів і дозволяє оцінити режим роботи спортсмена по зонам потужності.

Кількість молочної кислоти в нормі $1 - 2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. При фізичній роботі кількість молочної кислоти підвищується. Ці зміни залежать не тільки від тривалості і потужності роботи, а також від стану здоров'я і тренуваності спортсменів, що досліджуються.

Встановлено, що динаміка концентрації лактату в крові при м'язовій роботі піддається визначеним закономірностям. Відмічено, що між потужністю роботи, що виконується та кількістю молочної кислоти в крові існує визначений взаємозв'язок. При напруженій роботі кількість молочної кислоти, що утворюється знаходиться в прямій залежності від потужності та тривалості вправи. Під час тривалих вправ інтенсивність утворення лактату в крові підвищується тільки на початкових стадіях роботи. Показано, що при короткочасних вправах найбільш висока концентрація лактату в крові досягається пізніше на 4-10 хвилини відновлюючого періоду. Після досягнення максимальної величини концентрація лактату в крові знижується.

По змінам рівня лактату в крові в залежності від потужності роботи виділені нормальні показники зон роботи різної інтенсивності:

1-а зона - аеробно-відновлююча робота, спрямована на усунення недоокиснених продуктів обміну, які утворилися під час попередньої роботи. В цьому випадку зміни біохімічних показників лежать в межах норми. Концентрація лактату від 1 до 3,0 ммоль·л⁻¹.

2-а зона - аеробно-тренувальна робота, спрямована на стабілізацію та економізацію аеробної працездатності. Концентрація лактату - 3,5-4,5 ммоль·л⁻¹.

3-я зона - змішана з аеробною спрямованістю роботи, спрямована на підвищення рівня максимального споживання кисню (ЄМК). Концентрація лактату від 5,5 до 7,5 до ммоль·л⁻¹.

4-а зона - змішана з анаеробною спрямованістю роботи, спрямована на розвиток швидкісної витривалості. Концентрація лактату від 8 до 10 ммоль·л⁻¹.

5-а зона - змагально-специфічна робота, спрямована на розвиток швидкісних якостей. При цьому спостерігаються зміни біохімічних показників в крові до індивідуально-переносних величин. Концентрація лактату від 11 ммоль·л⁻¹ до максимуму індивідуального.

2. Аналіз існуючої літератури дозволяє систематизувати дані, що відображають взаємозв'язок змін концентрації лактату крові, які відбуваються при виконанні визначених фізичних навантажень, з рівнем функціональної підготовленості спортсменів.

Про підвищення рівня тренуваності, може свідчити:

- зниження рівня лактату в крові при виконанні стандартних навантажень (пояснюється підвищенням долі аеробних реакцій в енергозабезпеченні);

- підвищення потужності роботи при одночасному підвищенні лактату (пояснюється удосконаленням анаеробних процесів енергозабезпечення);

- підвищення потужності роботи при незмінному чи зниженому рівні після робочої кількості лактату, що свідчить про економізацію енерговитрат.

Слід підкреслити, що зріст спеціальної працездатності особливо виразний при виконанні поступово зростаючого навантаження. Таким чином, оцінка метаболічної реакції і порівняння її з величиною виконаної роботи є достатньо інформативною при навантаженнях специфічного характеру. Наряду з цим, аналіз показників змагальної діяльності є найкращим критерієм для виявлення максимальних енергетичних можливостей організму спортсмена (рівня активації аеробних та анаеробних процесів).

Про відсутність зростання підготовленості може свідчити:

- відсутність змін метаболічної реакції на навантаження при зниженні потужності роботи;
- різке підвищення кількості лактату в крові при збереженні постійної потужності роботи.

Необхідно відмітити, що значне ацидозне зрушення крові є одним з факторів, що лімітує спортивну працездатність.

Таким чином, зміна концентрації молочної кислоти в крові після виконання фізичних вправ залежить від стану тренованості людини. Тому за змінами її вмісту в крові визначають ступінь тренованості організму, його анаеробні гліколітичні спроможності, що важливо під час відбору спортсменів, а також максимальну потужність аеробного механізму енергоутворення та перебіг процесів відновлення організму після фізичної роботи.

3. Оцінити рівень тренованості по підвищенню рівня молочної кислоти в крові при стандартному навантаженні можливо в лабораторії. Для цього у 2-х досліджуваних беруть кров з пальця до навантаження, потім вони виконують однакове стандартне навантаження, що зростає кожну хвилину поступово з 50 ват до 250 чи 350 ват (в залежності від

спеціалізації, але обов'язково однаково для двох). Після роботи молочна кислота виходить в кров поступово, досягаючи максимуму на 3 - 7-й хвилині після її закінчення. Тому саме в цей час її визначають.

ЗАВДАННЯ:

При комплексному дослідженні функціонального стану спортсменів необхідно використовувати біохімічний контроль. По яким біохімічним показникам можна виявити ознаки непереносності підвищених фізичних навантажень і перетренування.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Охарактеризувати основні показники, які можна використовувати для біохімічної діагностики нестерпності підвищених фізичних навантажень та перетренування.
2. Описати зміни цих показників при м'язовій роботі та інших становищах організму.
3. Дати характеристику методів визначення цих показників.

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. З метою біохімічної діагностики непереносності підвищених фізичних навантажень і перетренування найбільш часто аналізують кров, сечу, в яких визначають різні показники обміну, але найбільш інформативними вважаються сечовина, глюкоза та патологічні речовини. До патологічних речовин відносять звичайні речовини організму, що виявляються в інших біологічних розчинах. Наприклад, міоглобін при його виявленні в крові і сечі. Білок, глюкоза, креатин, підвищена кількість кетонових тіл в сечі також відносять до патологічних речовин. При дослідженні спортсмена в стані спокою в крові і сечі патологічні речовини не повинні виявлятися. По зміні кількості глюкози в крові - основної енергетичної речовини анаеробного

та аеробного ресинтезу АТФ можна судити про мобілізацію та рівень використання основних вуглеводних джерел енергії організму. В нормі, в спокою в крові знаходиться $3,3 - 5,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ глюкози.

Сечовина - кінцевий продукт розпаду білків. Рівень сечовини в крові відображає стан азотного, і в першу чергу, білкового обміну, нормалізація якого в період відновлення займає найбільший час. У спокою в крові знаходиться $3,5-6,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ сечовини, в сечі - 20-30 г/за добу.

2. Ці показники біохімічного контролю можуть змінюватися від характеру виконання фізичних навантажень, а також в залежності від специфіки харчування і наявності в організмі патологічних речовин.

Патологічні речовини:

Білок виявляється в сечі після дуже значних фізичних навантажень, тиску і при переохолодженні, при хворобі нирок. Якщо виявлення білка в сечі не пов'язано з хворобою нирок, то при повторних спостереженнях через 1-2 дні (при усуненні передбачаємої причини) його не виявляють.

Ацетон, який належить до кетонових тіл, в сечі визначається в спортивній практиці при тривалих та напружених навантаженнях, як наслідок різкою підсилення мобілізації жирних кислот в результаті використання резервних вуглеводів. Виявлення ацетону в сечі може спостерігатися при порушенні вуглеводного та жирового обмінів, а також при порушеннях співвідношення основних речовин, що засвоюються в раціоні харчування в дні змагань та великих по обсягу тренувань. Поряд з цим можна виявити підвищення кількості кетонових тіл в крові і видихаємому повітрі.

Глюкоза в сечі виявляється при надмірному вживанні моно - і дисахаридів, при підвищеному нервово-емоційному напруженні, наприклад, в передстартовому стані (надмірне виділення адреналіну), іноді після дуже напружених тренувальних та змагальних

навантаженнях. В клінічній практиці, найбільш часто у хворих сахарним діабетом.

Міоглобін - білок саркоплазми м'язової тканини при підвищених фізичних навантаженнях може виявлятися в крові і сечі.

Креатин в сечі визначається тільки у дітей, а у дорослих в нормі в сечі він відсутній і виявляється при дистрофії м'язів, при перетренуванні.

Помірне підвищення рівня глюкози в крові свідчить про адекватні можливості прилаштованих систем організму до навантаження. При дуже стомлюючих навантаженнях може спостерігатися гіпоглікемія та зниження рівню глюкози до $2,5 - 2,7 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. При значному збудженні (велике короткочасне фізичне напруження, емоційний стрес) кількість глюкози в крові може значно збільшуватися до $8-9 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$.

Рівень сечовини в крові при фізичних навантаженнях адекватних можливостям спортсмена, практично не змінюється, але при значному стомленні в тканинах дуже підсилюється катаболізм білків і окиснення амінокислот, що приводить до підвищення кількості сечовини в крові до $9,9-13,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і більше. Збереження цього рівню сечовини в крові, взятої натщесерце, після нічного відпочинку, свідчить про перетренування і потребує корекції тренувального процесу.

3. Біохімічна діагностика перетренування найбільш складна, вибір залежить від того, які органи та системи можуть зазнавати змін (міокард, скелетні м'язи, нервова система). З цією метою в крові та сечі в основному визначають патологічні речовини і деякі специфічні обмінні проби, характерні для змін в тому чи іншому органі. Для цього використовують методи експрес-аналізу: «Глюкотест» - визначення глюкози в сечі, «Біофан» - наявність білка в сечі «Пентафан» – визначення кетонових тіл, глюкози, білка, рН. Кількість сечовини та глюкози в крові визначається за допомогою наборів хімічних реактивів, і проводяться в лабораторії.

ЗАВДАННЯ:

Визначити по яким показникам вуглеводного і білкового обмінів можливо охарактеризувати функціональний стан спортсмена, їх нормативність і методи визначення.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати характеристику основних показників вуглеводного і білкового обмінів, які використовуються для оцінки функціонального стану організму при заняттях спортом і фізичною культурою.

2. Як змінюються показники вуглеводного і білкового обмінів при виконанні м'язової роботи?

3. Якими доступними методами їх можливо визначити?

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. При використанні біохімічного контролю визначають показники вуглеводного обміну, які відображають стан систем енергоутворення, і змінюються в залежності від потужності роботи.

Основними показниками вуглеводного обміну є: глюкоза, піруват, ферменти їх обміну.

Глюкоза - основний енергетичний субстрат анаеробного ресинтезу АТФ. Кількість глюкози в крові ($3,3 - 5,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), в сечі в нормі глюкоза відсутня.

Лактат і піруват - являються недоокисненими продуктами окиснення вуглеводів в анаеробних умовах (лактат) і аеробних (піруват). Вони відображають який з механізмів окиснення вуглеводів підключається до енергозабезпечення м'язів. В спортивній практиці визначають величину лактату в крові, яка відображає ступінь підключення гліколізу до енергозабезпечення м'язової роботи. В стані відносного спокою концентрація лактату в крові - $1-1,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (15-30 мг%).

Накопичення її в крові співпадає з посиленням утворенням у м'язах і може досягати у спортсменів $30 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ за умови виснаження. Кількість молочної кислоти більша у венозній крові, ніж в артеріальній. Після виконання інтенсивної роботи вміст її у крові може зростати у нетренованої людини до 5 - 6 (13) $\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ у тренованої – до 20 $\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і вище.

Під час контролю ефективності тренувального процесу доцільно визначати рівень молочної кислоти у крові після виконання стандартних фізичних навантажень на різних етапах цього процесу. Зниження вмісту молочної кислоти у крові від одного етапу тренувань до іншого свідчить про підвищення рівня тренованості, а підвищення – про його неефективність.

Якщо виявляються великі концентрації молочної кислоти в крові після виконання роботи субмаксимальної потужності, то це свідчить про високий рівень тренованості або збільшення метаболічної ємності гліколізу та більшу стійкість гліколітичних ферментів до закиснення середовища.

Показники білкового обміну: гемоглобін крові, сечовина крові, наявність білка в сечі.

Гемоглобін – білок еритроцитів, який транспортує кисень і вуглекислий газ в крові, забезпечує доставку кисню до тканин. Його концентрація в крові у чоловіків 140-160 мг %, у жінок - 120-140 мг %. Від наявності гемоглобіну в крові залежить киснева ємність крові і аеробний механізм енергозабезпечення тканин.

Сечовина - продукт розпаду білків і дезамінування амінокислот.

У результаті чого утворюється токсичний аміак (NH_3), який у печінці перетворюється на нетоксичну сечовину. З печінки сечовина надходить у кров і виводиться із сечею.

Концентрація сечовини в крові у нормі індивідуальна – у межах, 3,5–6,5 $\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$.

2 Показники вуглеводного і білкового обмінів в крові і сечі можуть змінюватися від кількості та характеру фізичного навантаження, а також залежать від специфіки харчування і наявності в організмі патологічних процесів.

Кількість глюкози може бути підвищеною чи зниженою в залежності від потужності роботи, що виконується, емоційного стану та інших факторів. В сечі глюкоза виникає при значному емоційному стані (перед стартом), при харчовій перенасиченості, а також при захворюваннях сахарним діабетом (при порушенні функції підшлункової залози, що синтезує інсулін).

Кількість лактату в крові зростає при виконанні анаеробної роботи субмаксимальної потужності. У висококваліфікованих спортсменів при виконанні роботи максимальної потужності кількість її в крові підвищується до $20 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, що вказує на більші гліколітичні резерви організму. При виконанні стандартного фізичного навантаження кількість лактату буде вище в крові менш тренованої людини.

Кількість гемоглобіну в крові незначно підвищується при тренуванні на витривалість.

З ростом рівня тренованості спортсменів у видах, спрямованих на витривалість, концентрація гемоглобіну в крові в жінок зростає в середньому до $130\text{--}150 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, у чоловіків – до $160\text{--}180 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Збільшення вмісту гемоглобіну в крові деякою мірою відображає адаптацію організму до фізичних навантажень на витривалість та умов гіпоксії.

У разі інтенсивних тренувань, а також за нераціонального харчування відбувається руйнування еритроцитів крові і зниження концентрації гемоглобіну до $90 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ і нижче, що розглядається як залізодефіцитна "спортивна анемія". У такому випадку треба змінити програму тренувань, а у раціоні харчування збільшити вміст білків, заліза і вітамінів групи В, або використати феровмісні препарати.

Сечовина в крові підвищується при виконанні інтенсивного фізичного навантаження і нормалізується на наступний ранок, якщо процеси розпаду білків не перевершують процеси синтезу. Вона може збільшуватися у разі значного надходження білків з їжею до $7-8 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, за умов порушення видільної функції нирок – до $16-20 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, а також після виконання тривалої фізичної роботи за рахунок посилення катаболізму білків – до $9 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і більше.

У практиці спорту цей показник широко використовується для оцінки перенесення спортсменом тренувальних і змагальних фізичних навантажень, перебігу тренувальних занять, але найчастіше для контролю процесів відновлення організму після фізичних тренувань. Для одержання об'єктивної інформації концентрацію сечовини визначають наступного дня після тренування ранком натщесерце, тобто через 12 год після роботи. Якщо виконане фізичне навантаження адекватне функціональним можливостям організму і відбулося відносно швидке відновлення метаболізму, то вміст у крові вранці буде у нормі. Якщо вміст сечовини вранці залишається вище норми, то це свідчить про недовідновлення організму або його стомлення.

Білок в сечі може виявитися після виконання максимального та субмаксимального фізичного навантаження, особливо силового характеру.

У здорової людини білок у сечі не міститься. Виявлення його (протеїнурія) можлива при захворюванні нирок (нефрозі), пошкодженні сечових шляхів, а також при надлишковому надходженні білків з їжею чи після м'язової діяльності анаеробної спрямованості. Це пов'язано з порушенням проникності клітинних мембран нирок через закиснення середовища організму і виходу білків плазми в сечу. При цьому може спостерігатися помутніння сечі під час відстоювання. За величиною концентрації білка в сечі після виконання фізичної роботи можна визначити її потужність. Так, після виконаної роботи в зоні великої

потужності концентрація білка становить 0,5 %, а у зоні субмаксимальної потужності може досягати 1,5 %.

Креатинін у сечі утворюється у м'язах у процесі розпаду креатинфосфату. Добове виділення його із сечею відносно постійне для кожної людини і залежить від м'язової маси тіла у чоловіків воно становить 18–32 мг·кг⁻¹ на добу, у жінок – 10-25 мг·кг⁻¹. За вмістом креатиніну у сечі можна побічно оцінити швидкість креатинфосфокіназної реакції, а також м'язову масу тіла.

Креатин у нормі у сечі дорослих людей відсутній. Виявляється він у разі перетренування і патологічних змін у м'язах, тому наявність креатину у сечі може використовуватися як тест для виявлення реакції організму на фізичні навантаження.

3. Біохімічні показники в сечі можливо визначити в домашніх умовах при самоконтролі здоров'я експрес-методами біохімічного аналізу, вони ґрунтуються на використанні специфічного для кожного біохімічного показника індикатора - діагностичної смужки. Це такі тести, як «Біофан» - наявність білка в сечі, «Пентафан» - наявність глюкози, білка, кетонів, рН і вітамінізації по вітаміну С. Лактат, гемоглобін, сечовина в крові визначаються в біохімічній лабораторії з використанням хімічних реактивів.

ЗАВДАННЯ:

Проаналізувати рівень тренуваності спортсменів і адекватність фізичних навантажень функціональним можливостям організму по динаміці змін сечовини в крові.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Дати визначення сечовини в крові, як інтегральному біохімічному показнику напруженості та переносності навантаження.

2. Дати аналіз взаємозв'язку порушень сечовини в крові з величинами тренувальних навантажень, які отримують спортсмени у ході тренувального процесу.

3. Які ще показники біохімічного контролю можуть використовуватися для оцінки стомлення після фізичних навантажень?

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ:

1. В результаті реакції дезамінування амінокислот утворюється аміак, який знешкоджується в печінці шляхом синтезу сечовини в циклі послідовних реакцій - орнітіновому циклі синтезу сечовини.

Сечовина - це основний кінцевий продукт білкового обміну. Сечовина не шкідлива для організму речовина, виводиться з організму головним чином нирками та потовими залозами. Накопичення сечовини в крові надає уявлення про ступінь включення амінокислот, які знаходяться у вільному виді в м'язових клітинах і крові, в процесі енергозабезпечення.

Динаміка енергоутворення пов'язана з процесами катаболізму білків і динаміка змін у кількості в крові сечовини при фізичних навантаженнях дозволяє судити про швидкість протікання відновлюючих процесів в організмі після попередніх напружених м'язових навантаженнях.

2. Чим менше адаптований організм до м'язової діяльності, тим до більш значного утворення сечовини приводить ця діяльність. Підсилення білкового і азотного катаболізму має місце не тільки під час м'язової діяльності, але зберігається будь-який час і в періоді відпочинку. Останнє також залежить від ступені адаптованості організму, і у більш тренуваних спортсменів нормалізується значно швидше. Відповідно цьому, швидше нормалізується і рівень сечовини в крові.

Сечовина крові являється інтегральним показником переносності навантажень, що виконуються за день. Визначення її рівня в крові вранці у стані спокою натщесерце, дозволяє оцінити взагалі переносність тренувальних навантажень попереднього дня чи цілого мікроциклу, якщо дослідження проводиться після дня відпочинку.

Рівень сечовини в крові (у стані спокою вранці натщесерце) у здорової людини характеризується постійною кількістю і складає від 3 до 6,5 ммоль·л⁻¹, у високотренованих спортсменів - до 7 ммоль·л⁻¹. Під впливом різних фізичних навантажень кількість сечовини підвищується від 10 до 100 % від вихідного рівня. Якщо навантаження адекватно функціональним можливостям організму спортсменів, тоді до ранку наступного дня рівень сечовини в крові нормалізується повністю, або знижується. Якщо він залишається підвищеним, це свідчить про те, що після нічного відпочинку повної реституції не сталося. При щоденному виконанні великих фізичних навантажень, не компенсуємих достатнім відпочинком, кількість сечовини в крові вранці у стані спокою натщесерце все більш підвищується.

Ще значніше підвищення рівню сечовини в крові вранці натщесерце у стані спокою при тренуванні в умовах середньогір'я. Під впливом тренування в умовах середньогір'я (2000 м над рівнем моря) кількість сечовини в крові (у стані спокою вранці натщесерце) до 7-го дня підвищується. Але по мірі акліматизації і адаптації спортсменів до роботи в гірських умовах воно до 14-го дня нормалізується, незважаючи на підвищення навантаження.

Дослідження динаміки ранкової кількості сечовини в крові на протязі тренувальних добових циклів показало можливість трьох типів реакції:

- I) збереження постійного рівня на протязі всього циклу;
- II) підвищення в перші дні циклу з повною нормалізацією до кінця його;

III) підвищення рівня сечовини на протязі всього циклу.

I і II типи реакції являються сприятливими. Але I - свідчить про недостатню величину навантаження, II - про те, що навантаження було досить великим, але організм в ході циклу тренування добре до нього адаптувався, III - про наявність того чи іншого ступеню перенавантаження і про те, що наступний добовий цикл тренування спортсмен починає в стані неповного відновлення. При контролі за ходом тренувального процесу можливо обмежитися виявленням рівню сечовини в крові вранці у стані спокою натщесерце, спочатку, в середині і в кінці добового циклу. В особливо серйозних ситуаціях рекомендується проводити дослідження кожен день.

3. Для оцінки стомлення після фізичних навантажень найбільш часто аналізують кров, сечу, в яких визначають різні показники обміну, найбільш інформативними є сечовина, глюкоза та патологічні речовини. Білок виявляється в сечі після значних фізичних навантажень. Якщо виявлення білка в сечі не пов'язано з хворобою нирок, то при повторних спостереженнях через 1-2 дні (при усуненні передбачаємої причини) його не виявляють.

Ацетон в сечі визначається в спортивній практиці при тривалих та напружених навантаженнях як наслідок різкого підсилення мобілізації жирних кислот в результаті використання резервних вуглеводів. Поряд з цим, можливо виявити підвищення кількості кетонових тіл в крові і видихуваному повітрі.

Глюкоза у сечі може з'явитися при надмірному вживанні моно - і дисахаридів, при підвищеній нервово-емоційній напруженості, наприклад, передстартовому стані, після дуже напружених тренувальних та змагальних навантаженнях.

Креатин в сечі визначається тільки у дітей, а у дорослих в нормі він відсутній і виявляється в сечі при перетренуванні.

Міоглобін - білок саркоплазми м'язової тканини, при підвищених фізичних навантаженнях може визначатися в крові і сечі.

При обстеженні спортсменів у стані спокою патологічні речовини в крові і сечі не повинні виявлятися.

Глюкоза крові - основний енергетичний матеріал для анаеробного та аеробного ресинтезу АТФ. В нормі у спокою в крові знаходиться 3,3-5,5 ммоль·л⁻¹ глюкози. Зниження рівню глюкози в крові (до 2,5-2,7 ммоль·л⁻¹) свідчить про стомлення та перенапруження.

Рівень сечовини в крові при фізичних навантаженнях, адекватних можливостям спортсмена, практично не змінюється, але при стомленні в тканинах значно підсилюється катаболізм білків і окислення амінокислот, що приводить до підвищення кількості сечовини в крові до 9,9 - 13,5 ммоль·л⁻¹ і більше. Збереження цього рівню сечовини в крові, взятої натщесерце, після недостатнього відпочинку свідчить про перетренування і потребує корекції тренувального процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабенюк Ю.Д., Остапченко Л.І., Скопенко О.В. Біохімія: терміни і номенклатура ферментів: Навчальний посібник. - К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 356 с.
2. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – К. : «Олимпийская література», 2000. – 504 с.
3. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калинський М.І. Біохімія людини. – Тернопіль: «Укрмедкнига», 2002.- 744 с.
4. Губський Ю.І. Біологічна хімія. – Київ-Тернопіль: «Укрмедкнига», 2000. – 508 с.
5. Клінічна біохімія: підручник / Д.П. Бойків, Т. Бондарчук, О.Л. Іванків та ін., за ред. О.Я. Склярова. – К: «Медицина», 2006. – 432 с.
6. Корсун С. М. Основи біохімії м'язової діяльності / С. М. Корсун. – Харків, 2003. – 105 с.
7. Мешищен І.Ф., Пішак В.П., Григор'єва Н.П. Основи клінічної біохімії.- Чернівці: «Медик», 2000.- 164 с.
8. Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессо, П. Л. Гринхафф. Пер. с англ. В.Л. Смутьского. – К. : «Олимпийская литература», 2001. – 230 с.
9. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності / Г. А. Осипенко. – К. : НУФВСУ «Олімпійська література», 2007. – 194 с.
10. Остапченко Л. І., Андрійчук Т.Р., Бабенюк Ю.Д. та н.. Біохімія: підручник. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2012. — 796 с.
11. Остапченко Л.І., Скопенко О.В. Біохімія в схемах і таблицях: Навчальний посібник. –К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004 .– 128 с.
12. Практикум з біологічної хімії / Бойків Д.П., Іванків О.Л., Кобилінська

Л.І. та ін. / за ред. О.Я. Склярова. - К.: Здоров'я, 2002. - 298 с.

13. Біологічна хімія / В. Ф. Вороніна, Н. М. Десенко [та ін.] – Х : «Основа», 2000. – 608 с.

14. Вілмор Дж. Х. Фізіологія спорту : Пер. з англ.. / Дж. Х. Вілмор, Д. Л. Костілл. – К. : «Олімпійська література», 2003. – 656 с.

15. Допинг и эргогенные средства в спорте / под общ. ред. В. Н. Платонова. – К. : «Олимпийская литература», 2003. – С. 109– 245.

16. Клінічна біохімія / за ред. О. П. Тимошенко. – К. : «Професіонал», 2007. – 292 с.

17. Корсун С. М., І. І. Шапошнікова, Я. В. Суворова. Вітаміни як компоненти харчування людини. Методичні рекомендації для студентів - Харків : 2010. – 64 с.

18. Мак-Комас А.Дж. Скелетные мышцы. Строение и функции / А. Дж. Мак-Комас. – К. : «Олимпийская литература», 2001. – 408 с.

19. Метаболизм в процессе физической деятельности / под ред. М. Харгривса. – К. : «Олимпийская литература», 1998. – 287 с.

20. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение / В. Н. Платонов. – К. : «Олимпийская литература», 2004. – 808 с.

21. Платонов В. Н Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и её практическое применение. – К.: «Олимпийская литература», 2013. – 624 с.

22. Уильямс М. Эргогенные средства в системе подготовки спортсменов / М. Уильямс. – К. : «Олимпийская литература», 1997. – 256 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
1. Змістовий модуль. Біохімія м'язів та м'язового скорочення	5
2. Змістовий модуль. Біоенергетичні процеси при м'язовій діяльності	17
3. Змістовий модуль. Біохімічні зміни в організмі при м'язовій діяльності.	25
4. Змістовий модуль. Біохімічні закономірності відновлення після м'язової роботи.	35
5. Змістовий модуль. Біохімічні фактори спортивної працездатності. .	50
6. Змістовий модуль. Біохімічні закономірності адаптації при м'язовій роботі.....	54
7. Змістовий модуль. Біохімічні основи швидкісно-силових якостей спортсменів.	66
8. Змістовий модуль. Біохімічні основи витривалості спортсменів.	73
9. Змістовий модуль. Особливості біохімічних змін в організмі при заняттях різними видами спорту.	78
10. Змістовий модуль. Біохімічне обґрунтування методики занять фізичною культурою і спортом з особами різного віку.	89
11. Змістовний модуль. Біохімічний контроль при заняттях фізичною культурою і спортом.	92
Література.	118

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 7.09. Тир. 100 прим. Зам. № 366-21.
Підписано до друку 07.06.2021. Папір офсетний.

Надруковано з макету замовника у ФОП Бровін О.В.
61022, м. Харків, вул. Трінклера, 2, корп.1, к.19. Т. (066) 822-71-30
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видавців та виготовників видавничої продукції серія ДК 3587 від 23.09.09 р.

СТИЛЬ®
Е-ИЗДАТ
ТИПОГРАФІЯ
www.stil-izdat.com