

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Голяка С.К.,
Возний С.С.**

Фізіологічні основи фізичної культури та спорту

Навчально-методичний посібник для студентів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів

ХЕРСОН - 2015

УДК 612.06:796/799
ББК 75.Оя73

Голяка С.К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту: авчально-методичний посібник для студентів. / **С.К.Голяка, С.С.Возний.** – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2015. – 230 с.

Навчально-методичний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів різних форм навчання; розроблений на основі навчальної програми та планів з дисципліни «фізіологічні основи фізичної культури та спорту». Зміст навчально-методичного посібника складається з двох частин: теоретичні основи фізичних вправ та лабораторний практикум. В першій частині розкривається теоретичний матеріал з дисципліни, а саме вивчення загальних закономірностей фізіології фізичних вправ, нервової системи і рухового апарату людини та їх роль у забезпеченні м'язової діяльності, фізіологічних особливостей вегетативних систем забезпечення, обміну речовин та енергозабезпечення м'язової діяльності, фізіологічні основи розвитку фізичних якостей, вікові особливості їх розвитку, фізіологічних закономірності оздоровчої фізичної культури.

Посібник може бути розрахований на широке коло читачів: студентів, які навчаються у ВУЗі та фахівців, які працюють в даній області, а також всім бажаючим, хто хоче знати особливості функціонування свого організму під час виконання фізичних вправ.

***Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів
Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист №1/11-9315 від 17.06.2014)***

Рецензенти:

Лизогуб В.С. – директор Науково-дослідного інституту фізіології ім. Михайла Босого, завідувач кафедри анатомії та фізіології людини і тварин Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького, доктор біологічних наук, професор.

Ровний А.С. – доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор кафедри гігієни і фізіології людини Харківської державної академії фізичної культури,.

© Голяка С.К., Возний С.С., 2015

© Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2015

ПЕРЕДМОВА

Серед дисциплін медико-біологічного профілю курс «Фізіологічні основи фізичної культури та спорту» займає одне з найважливіших місць для підготовки студентів факультету фізичного виховання і спорту. Основним змістом цього курсу є фізіологія м'язової діяльності людини, зокрема спортивної діяльності, так як вона являється біологічною основою фізичного виховання та спорту. М'язова діяльність пов'язана, як правило, з межевим або майже позамежним напруженням ведучих фізіологічних систем, що забезпечують її діяльність. Однією із задач фізіології фізичних вправ є надання кількісної характеристики фізіологічних реакцій окремих систем і всього організму для різних видів фізкультурно-оздоровчої та спортивної діяльності. Отже, метою даного курсу є формування у студентів знань з біологічних основ фізичного виховання і спорту, а також набуття ними основних вмінь та навичок оцінки функціонального стану організму людини у зв'язку із впливом фізичних навантажень.

Навчально-методичний посібник призначений для студентів факультету фізичного виховання та спорту різних форм навчання, і розроблений з урахуванням навчальних програм і планів дисципліни «Фізіологічні основи фізичної культури та спорту». Необхідність подібного посібника зумовлена деякими причинами. По-перше, щоб полегшити студенту задачу з пошуком сучасних уявлень щодо основних понять та визначень з даної дисципліни, з цією метою пропонуються основні фізіологічні закономірності перебігу занять м'язовою діяльністю з урахуванням сучасних досягнень науки. По-друге, наявність подібного посібника дозволить студентам при слуханні лекційних курсів більше уваги приділяти не записуванню визначень і термінів, а зосередити увагу на доказовому матеріалі.

У навчально-методичному посібнику матеріал представлений у вигляді двох розділів. У першому розділі розглядаються теоретичні питання фізіології фізичних вправ з врахуванням вікових особливостей тих хто займається ними, зокрема розглядаються основні закономірності адаптаційних процесів організму під час м'язової діяльності, особливості систем руху, забезпечення та регуляції організму людини під час занять фізичними вправами. Другий розділ присвячений практичним засадам вивчення фізіології фізичних вправ. В ньому запропоновані методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт з даної дисципліни.

Таким чином даний посібник може бути розрахований на широке коло читачів: студентів, які навчаються у ВУЗі та фахівців, які працюють в даній області, а також всім бажаючим, хто хоче знати особливості функціонування свого організму під час виконання фізичних вправ.

ЧАСТИНА 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Розділ 1. Загальні закономірності фізіології фізичних вправ.

Розділ 2. Нервова система і руховий апарат людини та їх роль у забезпеченні м'язової діяльності.

Розділ 3. Фізіологічні особливості вегетативних систем забезпечення м'язової діяльності.

Розділ 4. Обмін речовин та енергозабезпечення м'язової діяльності.

Розділ 5. Фізіологічні основи розвитку фізичних якостей. Вікові особливості їх розвитку.

Розділ 6. Фізіологічні закономірності оздоровчої фізичної культури.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФІЗІОЛОГІЇ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

1.1. ВВЕДЕННЯ. ЦІЛІ, ЗАВДАННЯ ТА РОЗВИТОК ФІЗІОЛОГІЇ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Фізіологія – наука про функції, тобто про життєдіяльність органів, систем органів та про організм вцілому. Вона вивчає закономірності, що лежать в основі життєво важливих процесів, які якісно відрізняють живе від неживого.

На сучасному етапі фізіологія володіє величезним фактичним матеріалом. Це призвело до того, що від фізіології, як цілісної науки про функції організму, відокремились і стали самостійними декілька наукових напрямків. Серед них самостійними гілками фізіології стали й фізіологія фізичних вправ та вікова фізіологія.

Фізіологія фізичної культури та спорту вивчає зміни структур і функцій організму під впливом термінових та довгочасних фізичних навантажень. Вона вивчає фізіологічну адаптацію організму до стресу термінового навантаження при заняттях фізичними вправами та адаптацією до хронічного стресу тривалого навантаження під час фізичного тренування (А.С.Ровний, В.С.Язловецький, 2005).

Як відомо, будова та функції будь-якого органу нерозривно пов'язані. Неможна пізнавати функції організму, його органів, тканин та клітин, не знаючи їх будови. Тому в основі фізіологічних наук лежать морфологічні науки, зокрема анатомії людини, гістології, цитології, динамічної морфології тощо.

В свою чергу фізіологія фізичних вправ, як самостійна наука може поділятися на окремі наукові гілки, зокрема фізіологію фізичної культури та фізіологію спорту. Обидві ці науки, як складові фізіології фізичних вправ застосовують її концепції у процесі занять фізичними вправами з оздоровчою метою, а також для поліпшення спортивної діяльності.

Дуже важливим є вивчення занять фізичною культурою та спортом різних категорій населення, як у віковому, так і у статевому аспекті. Відповідно фізіологія фізичних вправ також вивчає закономірності вікової фізіології.

Вікова фізіологія вивчає особливості життєдіяльності організму в різноманітні періоди онтогенезу, функції органів, систем органів та організму вцілому по мірі його росту та розвитку, своєрідність цих функцій на кожному віковому етапі.

Перший підручник з фізіології фізичних вправ «Фізіологія фізичної вправи» був написаний 1889 році Фернандо Ла Гранжем, але фундаментальну спробу систематичного викладення фізіологічної характеристики видів спорту зробив радянський вчений О.М.Крестовніков у посібнику «Фізіологія спорту».

Вивчення ролі і значення фізіологічних систем при м'язовій діяльності займалася велика плеяда науковців. Зокрема вивченню впливу фізичних вправ на м'язову систему та розвиток фізичних якостей займалися М.В.Зімкін, Я.М.Коц, В.С.Фарфель Н.А.Фомін та ін.; на нервову систему, аналізаторів і керування рухами Н.А.Бернштейн, А.С.Ровний та ін.; на серцево-судинну

систему О.Г.Дембо, В.Л.Карпман, М.М.Амосов та ін.; на дихальну систему В.М. Волков, О.Б.Гандельсман, Л.Я.Євгенєва та ін.; ендокринну систему А.А. Віру та ін., вікових та статевих особливостей при заняттях оздоровчою фізичною культурою та спортом А.В.Коробков, А.А.Маркосян, Ю.А.Єрмолаєв, М.М.Амосов, Г.Л.Апанасенко та ін.; втоми під час рухової діяльності Ю.І. Данько, В.В.Розенблат та ін.

Результати багатьох різнопланових фізіологічних досліджень, що пов'язані з фізіологією фізичних вправ, лягли в основу раціоналізації навчання та тренування спортсменів, а також фізичного виховання людей різного віку і статті.

Фізіологія фізичних вправ, як і фізіологія взагалі, - наука експериментальна, тому основним методом вивчення механізмів і закономірностей впливу фізичних вправ на організм людини є експеримент.

До експериментальних методів дослідження можна віднести наступні:

- Спостереження;
- Метод графічної реєстрації фізіологічних процесів;
- Метод реєстрації біоелектричних потенціалів;
- Метод електричного подразнення органів та тканин;
- Біохімічні та біофізичні методи;
- Радіометрія, телеметрія тощо.

Дослідження фізіологічних функцій організму людини на фізичне навантаження можна здійснювати у польових та лабораторних умовах.

Під час польових умов не завжди можна отримати абсолютно точні параметри. Тому, на допомогу цьому способу обов'язково проводять лабораторні вимірювання, що в свою чергу дозволить отримати точнішу інформацію.

В лабораторних умовах найчастіше використовують для діагностики фізіологічних функцій під час навантаження деякі різновиди ергометрів.

Ергометр – є прилад який дозволяє контролювати (стандартизувати) та вимірювати кількість і інтенсивність фізичної роботи, що виконується людиною. Найбільш розповсюдженими є велоергометри, тредбани та інші.

Велоергометри – це найбільш придатні прилади для оцінки змін субмаксимальної фізіологічної реакції перед тренуванням та після нього у обстежуваних, маса тіла котрих не змінюється. Опір на велоергометрі не залежить від маси тіла. Тривалий час велоергометри були основними приладами, котрі використовувалися під час тестування, і нині їх широко застосовують, які під час досліджень, так і у клініці. У велоергометрах звичайно використовується один з чотирьох видів опору: механічне тертя, електричний опір, опір повітря та гідравлічний опір.

Тредбани – ергометри на яких досягають більш високих пікових показників майже усіх вимірюваних фізіологічних перемінних, таких як частота серцевих скорочень (ЧСС), вентиляція легень та максимальне споживання кисню.

Тредбани є ергометрами вибору. На відміну від більшості велоергометрів

інтенсивність роботи на тредбанах не потрібно контролювати: якщо обстежуваний не підтримує швидкість, що дорівнює швидкості руху стрічки, тоді обстежуваний просто «зійде» з нього.

Основні принципи тренувальних навантажень

1. Принцип індивідуальності. У людей неоднакова здатність адаптуватися до тренувальних навантажень. Спадковість відіграє головну роль у визначенні того, як швидко і якою мірою організм адаптується до тренувальної програми. За виключенням монозиготних близнюків, немає двох осіб, які мають абсолютно однакові генетичні характеристики. Тому адаптація різних людей до однієї і тієї ж самої програми навантажень буде різною. Коливання інтенсивності клітинного розвитку, обміну речовин, а також нервової та ендокринної регуляції також обумовлюють значні індивідуальні відмінності. Саме ці відмінності пояснюють, чому в одних людей спостерігаються значні поліпшення після занять за даною програмою тренувальних навантажень, а в інших після такої ж програми поліпшення є мінімальними або взагалі його немає. Саме тому будь-яка програма тренувальних навантажень має ураховувати специфічні потреби та здатності окремих спортсменів. Це є принцип індивідуальності.

2. Принцип припинення тренувальних навантажень (систематичності). Відомо, що регулярні фізичні навантаження підвищують здатність м'язів продукувати більше енергії та менше стомлюватися. Так само тренувальні заняття, спрямовані на розвиток витривалості, поліпшують здатність людини виконувати більший обсяг роботи протягом більш тривалого періоду часу. Однак, якщо людина припинить тренування, то рівень її підготовленості помітно знизиться. Все, чого вона досягла внаслідок тренування, втратиться. Цей принцип припинення тренувальних навантажень породив популярний вислів «використайте, бо втратите». Тренувальна програма має включати план збереження досягнутого.

3. Принцип прогресивного перевантаження (поступовості). Два важливих поняття — перевантаження та прогресивне тренування — є основою усіх видів тренування. Відповідно до принципів прогресивного перевантаження, всі тренувальні програми мають включати ці два компоненти. Наприклад, щоб збільшити силу м'язів, їх слід перевантажувати. Це означає, що навантаження має перевищувати звичайне. Прогресивне силове тренування має на увазі, що зі збільшенням сили м'язів для подальшого її стимулювання необхідна пропорційно більша величина опору.

Наприклад, візьмемо молодого чоловіка, котрий може виконати лише 10 повторень жиму на лаві ваги 68 кг, перш ніж досягне стану стомлення. Через 1-2 тижні силових тренувань він зможе збільшити число повторень до 14-15 (вага та ж сама). Потім, збільшивши вагу на 2,3 кг, він зможе виконати 8-10 повторень. Продовжуючи тренування, він знову збільшить кількість повторень і протягом наступних 1-2 тижнів буде підготовлений для того, щоб додати ще 2,3 кг до ваги снаряда. Таким чином здійснюється прогресивне збільшення ваги, котру піднімають. Так само можна прогресивно збільшити тренувальний обсяг (інтенсивність і тривалість) під час анаеробних та аеробних тренувань.

Найпоширенішими є наступні види тренувальних програм:

1. силове тренування; 2. інтервальне тренування; 3. неперервне тренування; 4. колове тренування;

Багаторічний процес фізичного виховання та спортивного тренування може бути успішно здійснений при умові чіткого контролю вікових особливостей розвитку людини, рівня її підготовленості, специфіки вибраного виду спорту, особливостей розвитку фізичних якостей та формування рухових навичок.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Зміст та завдання фізіології фізичних вправ.
2. Зв'язок фізіології фізичних вправ з іншими науками.
3. Роль вітчизняних вчених у розвитку фізіології фізичних вправ.
4. Основні методи фізіологічних досліджень.
5. Методи дослідження функцій організму людини при виконанні фізичних вправ.
6. Охарактеризуйте основні принципи тренувальних навантажень: індивідуальності, систематичності та поступовості.

1.2. ФІЗІОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ СПОРТИВНОЇ ТА ОЗДОРОВЧОЇ СПРЯМОВАНОСТІ

З точки зору фізіології сукупність неперервно пов'язаних один з одним рухових дій (рухів), що спрямовані на досягнення певної цілі (вирішення рухової задачі) є *вправою*.

Значна кількість фізичних, в тому числі і спортивних, вправ обумовлюють необхідність їх класифікації.

При фізичній систематизації м'язової роботи в якості класифікаційних ознак виділяють обсяг активної роботи м'язової групи, тип м'язових скорочень, силу та потужність скорочень м'язів, енерговитрати (Б.И.Ткаченко, 1994).

В залежності від обсягу працюючих м'язів виділяють:

- *локальні* навантаження, при яких активуються менше 1/3 всієї м'язової маси тіла (стрільба з лука, пістолета, певні гімнастичні вправи тощо);
- *регіонарні*, коли скорочуються від 1/3 до 2/3 всієї м'язової маси (гімнастичні вправи, що виконуються тільки м'язами рук та поясу верхніх кінцівок, м'язами тулуба тощо);
- *глобальні*, у здійсненні яких задіяні більше 2/3 всієї м'язової маси тіла (біг, веслування, їзда на велосипеді тощо).

У відповідності з типом скорочення основних м'язів, що здійснюють виконання заданої роботи, виділяють:

- *статичні* напруження (збереження фіксованого положення тіла, деякі вправи у гімнастів, стійка «стрілка» та інші);
- *динамічні* напруження (ходьба, біг, їзда на велосипеді, плавання та інші).

При класифікації фізичних вправ за силою скорочення ведучих м'язових

груп слід врахувати дві залежності: «сила-швидкість» та «сила-витривалість» м'язового скорочення.

При динамічному скороченні сила, що проявляється зворотно пропорційно вкороченню м'язів: чим більша швидкість, тим менше проявляється сила. Інше формулювання цієї залежності: чим більше зовнішнє навантаження, тим нижче швидкість вкорочення і тим більше проявляється сила, і навпаки, чим менше зовнішнє навантаження, тим вища швидкість рухів і менше проявляється сила м'язів. Залежність «сила-витривалість» м'язових скорочень виражається в тому, що чим більша сила (або потужність) скорочень м'язів, тим коротша їх межа витривалість. За цією класифікацією фізичні вправи можна розділити на три групи:

Силового характеру - основні м'язові групи, що приймають участь в роботі, розвивають максимальні або майже максимальні напруження в статичному або динамічному режимі, при малій швидкості руху в умовах більшого зовнішнього опору.

До *швидкісно-силових* відносять такі види роботи, при якій ведучі м'язові групи проявляють відносно велику силу (30-50% від максимальної) і швидкість скорочення (30-60% від максимальної швидкості скорочення).

При роботі на *витривалість* активні м'язи розвивають не дуже великі за силою та швидкістю скорочення, але здатні виконувати їх протягом тривалого часу (декількох хвилин до багатьох годин).

Фізичні вправи за показниками енерговитрат зазвичай поділяють на: *легкі, помірні, важкі та дуже важкі* фізичні навантаження.

За потужністю, що розвиває людина під час виконання різних видів спортивних вправ, виділяють роботу *максимальної потужності* (час виконання до 20-30 с), *субмаксимальної потужності* (від 20-30 с до 3-5 хв), *великої потужності* (від 3-5 хв до 30-40 хв) та *відносно помірної потужності* (більше 30-40 хв). Ці зони потужності являються загальними для всіх циклічних вправ.

У відповідності із загальною кінематичною характеристикою вправ, тобто характеру зміни структури рухів у часі всі фізичні вправи поділяють на **циклічні та ациклічні**.

Циклічні вправи

У відповідності із відносним навантаженням анаеробного (алактацидна та гліколітична системи) та аеробного (киснева, окислювальна системи) характеру циклічні вправи можна розділити на анаеробні та аеробні [див. табл.1](Я.М.Коц, 1986).

Анаеробні вправи. Виділяють три групи анаеробних вправ:

- 1) *максимальної анаеробної потужності* (анаеробна потужність);
- 2) *білямаксимальної анаеробної потужності* (змішаної анаеробної потужності);
- 3) *субмаксимальної анаеробної потужності* (анаеробно-аеробної потужності).

Вправи максимальної анаеробної потужності - це вправи з майже виключно анаеробним характером енергозабезпечення працюючих м'язів: анаеробний компонент в загальній енергопродукції складає від 90 до 100%. Він

забезпечується енергетичною алактацидною системою АТФ+КФ при якій участь гліколітичної системи не значна. Рекордна максимальна анаеробна потужність, що розвивається видатними спортсменами під час спринтерського бігу досягає 120 ккал/хв. До таких вправ відносять: спринтерський біг до 100 м, спринтерська велогонка на треці, плавання на дистанцію 50 м та інші.

Таблиця 1.

**Енергетична та ергометрична характеристика циклічних вправ
(за Я.М.Коц, 1986)**

Анаеробні циклічні вправи							
Потужність	Анаеробний компонент енергопродукції, % від загальної енергопродукції	Співвідношення трьох енергетичних систем, %			Головні енергетичні субстрати	Рекордна потужність, кДж/хв	Рекордна тривалість при бігу, с
		Фосфатгенна+лактацидна	Лактацидна+киснева	Киснева			
Максимальна анаеробна	90-100	95	5	-	АТФ+КФ	503	До 10
Білямаксимальна анаеробна	75-85	70	20	10	АТФ+КФ М'язовий глікоген	418	20-50
Субмаксимальна анаеробна	60-70	25	60	15	М'язовий глікоген	167	60-120
Аеробні циклічні вправи							
Потужність	Споживання кисню, % від VO ₂ max	Співвідношення трьох енергетичних систем, %			Головні енергетичні субстрати	Рекордна потужність, кДж/хв	Рекордна тривалість, хв
		Фосфатгенна+лактацидна	Лактацидна+киснева	Киснева			
Максимальна аеробна	95-100	20	55-40	25-40	М'язовий глікоген	105	3-10
Білямаксимальна аеробна	85-90	10-5	20-15	70-80	М'язовий глікоген, жири та глюкоза	84	10-30
Субмаксимальна аеробна	70-80	-	5	95	М'язовий глікоген, жири та глюкоза крові	71	30-120
Середня аеробна	55-65	-	2	98	Жири, м'язовий глікоген та глюкоза крові	58	120-240
Мала аеробна	50 і менше	-	-	100	Жири, м'язовий глікоген та глюкоза крові	50 і менше	Більше 240

Вправи білямаксимальної анаеробної потужності - це вправи змішаної анаеробної потужності, з переважанням анаеробного енергозабезпечення працюючих м'язів. Анаеробний компонент у загальній енергопродукції складає 75-85% за рахунок АТФ+КФ, і в більшій мірі, за рахунок гліколітичної енергетичних систем. Рекордна білямаксимальна анаеробна потужність у бігу – в межах 50-100 ккал/хв. Можлива тривалість таких вправ у видатних спортсменів коливається від 20 до 50 с. До змагальних вправ відносяться: біг на дистанції 200-400 м, плавання до 100 м, біг на ковзанах на 500 м та інші.

Вправи субмаксимальної анаеробної потужності – це вправи з переважанням анаеробного компоненту енергозабезпечення працюючих м'язів. У загальній енергопродукції організму він досягає 60-70% і забезпечується переважно за рахунок гліколітичної (лактацидної) енергетичної системи. В енергозабезпеченні цих вправ значна частка належить також і кисневій (окиснювальній, аеробній) енергетичній системі. Рекордна потужність у бігових вправах складає приблизно 40 ккал/хв. Можлива тривалість змагальних вправ у видатних спортсменів – від 1 до 2 хв. До змагальних вправ відносяться: біг на 800 м, плавання на 200 м, біг на ковзанах на 1000 та 1500 м, велотрек на 1000 м та інші.

Аеробні вправи. Виділяють п'ять груп аеробних вправ:

- 1) вправи максимальної аеробної потужності (95-100% максимального споживання кисню ($\text{VO}_2 \text{ max}$));
- 2) вправи білямаксимальної аеробної потужності (85-90 % $\text{VO}_2 \text{ max}$);
- 3) вправи субмаксимальної аеробної потужності (70-80 % $\text{VO}_2 \text{ max}$);
- 4) вправи середньої аеробної потужності (55- 65 % $\text{VO}_2 \text{ max}$);
- 5) вправи малої аеробної потужності (50 % від $\text{VO}_2 \text{ max}$ і менше).

Вправи максимальної аеробної потужності – це вправи, в яких переважає аеробний компонент енергопродукції, що складає від 60-70 %. Дистанційне споживання кисню складає близько 100 % від індивідуального $\text{VO}_2 \text{ max}$. Основним енергетичним субстратом при виконанні цих вправ служить м'язовий глікоген, який розщеплюється як аеробним, так анаеробним шляхом (з утворенням молочної кислоти). Тривалість подібних вправ – 3-10 хв. До змагальних вправ цієї групи відносяться: біг на 1500 та 3000 м, біг на 3000 та 5000 на ковзанах, плавання на 400 та 800 м, академічне веслування (класичні дистанції), велотрек на 4 км.

Концентрація лактату (солі молочної кислоти) після виконання вправи досягає 15-25 ммоль/л у зворотній залежності від тривалості вправи, і в прямій – від кваліфікації спортсмена (спортивного результату).

Вправи білямаксимальної аеробної потужності (з дистанційним споживанням кисню 85-95 % від індивідуального $\text{VO}_2 \text{ max}$) – це вправи, при виконанні яких до 90 % всієї енергопродукції забезпечується окислювальними (аеробними) реакціями у робочих м'язах. У якості субстратів окиснення використовуються в більшості випадків вуглеводи, чим жири (дихальний коефіцієнт близько 1,0). Головну роль відіграють глікоген працюючих м'язів, і в меншому ступені – глюкоза крові (на другій половині дистанції). Рекордна тривалість вправ до 30 хв. До цієї групи відносяться: біг на 5000 та 10000 м,

плавання на 1500 м, біг на лижах до 15 км на ковзанах 10 км. Концентрація лактату в крові після виконання вправи у висококваліфікованих спортсменів становить близько 10 ммоль/л.

Вправи субмаксимальної аеробної потужності (з дистанційним споживанням кисню 70-80 % від індивідуального $\dot{V}O_2 \max$) – це вправи, при виконанні яких більше 90 % всієї енергії утворюється аеробним шляхом. Окислювальному розщепленню підлягають в дещо більшому ступені вуглеводи, ніж жири (дихальний коефіцієнт 0,85-0,90). Основним енергетичним субстратом служать глікоген м'язів, жири працюючих м'язів та крові і (по мірі тривалості роботи) глюкоза крові. Рекордна тривалість вправ – до 120 хв. В цю групу входять: біг на 30 км і більше (включаючи марафонський біг), лижні гонки на 20-50 км, спортивна ходьба до 20 км. Концентрація лактату в крові не перевищує 4 ммоль/л.

Вправи середньої аеробної потужності (з дистанційним споживанням кисню 55-65% від індивідуального $\dot{V}O_2 \max$) – це вправи, при виконанні яких майже вся енергія працюючих м'язів забезпечується аеробними процесами. Основним енергетичним субстратом служать жири працюючих м'язів і крові, вуглеводи відіграють відносно меншу роль (дихальний коефіцієнт близько 0,8). Тривалість вправ декілька годин. До цих вправ відносяться: спортивна ходьба на 50 км, лижні гонки на надтривалі дистанції (більше 50 км).

Вправи малої аеробної потужності (з дистанційним споживанням кисню 50% і менше від індивідуального $\dot{V}O_2 \max$) – це вправи, при виконанні яких практично вся енергія працюючих м'язів забезпечується за рахунок окислювальних процесів, в яких використовуються головним чином жири і в меншому ступені вуглеводи (дихальний коефіцієнт менше 0,8). Вправи такої відносної фізіологічної потужності можуть виконуватися протягом багатьох годин. Це відповідає побутовій діяльності людини (ходьба) або вправи в системі занять масовою чи лікувальною фізичною культурою.

Ациклічні вправи

Ациклічні змагальні вправи на основі їх кінематичних та динамічних характеристик можна розділити на 1) вибухові, 2) стандартно-перемінні, 3) нестандартно-перемінні та 4) інтервально-повторні.

Вибухові вправи. До цих вправ відносяться стрибки та метання. Групу стрибків складають стрибки у легкій атлетиці (у довжину, у висоту, потрійний, із жердиною), стрибки на лижах з трампліна та стрибки з трампліна у воднолижному спорті, стрибки у воду, легкоатлетичні метання: диска, списа, молота, штовхання ядра).

Характерною особливістю вибухових вправ є наявність одного або декількох акцентованих короткочасних зусиль великої потужності, що поєднують велику швидкість всьому тілу або верхнім кінцівкам зі спортивним знаряддям.

Стандартно-перемінні вправи – це змагальні вправи в спортивній та художній гімнастиці і акробатиці (крім стрибків), у фігурному катанні на ковзанах та на водних лижах, у синхронному плаванні. Для цих вправ характерне об'єднання в непереривний, фіксований, стандартний ланцюг

різноманітних складних дій (елементів), кожна з яких являється закінченою самостійною дією і тому може вивчатися окремо та входити як компонент в різні комбінації.

Нестандартно-перемінні (ситуаційні) вправи включають всі спортивні ігри та спортивні єдиноборства, а також всі різновидності гірськолижного спорту. Протягом виконання цих вправ різко і нестандартним чином чергуються періоди з різним характером та інтенсивністю рухової діяльності - від короткочасних максимальних зусиль вибухового характеру (прискорень, стрибків, ударів) до фізичного навантаження відносно невисокої інтенсивності, навіть до повного відпочинку (хвилинні перерви у боксерів, борців, зупинки у грі, періоди відпочинку між таймами в спортивних іграх).

Інтервально-повторні вправи – це вправи до яких відносяться змагальні, а також комплексні тренувальні вправи, які складені із стандартної комбінації різноманітних чи однакових елементів, що розділені періодами повного або часткового відпочинку. До цих вправ відносяться тренувальні вправи з повторним пробіганням (пропливанням) певних відрізків дистанції на великій швидкості, що чергуються з періодами повного або часткового відпочинку. Прикладом є біатлон, спортивне орієнтування тощо.

Фізичні вправи оздоровчого характеру

За ступенем впливу на організм всі види оздоровчої фізичної культури (залежно від структури рухів) можна розділити на дві великі групи:

- *Циклічні вправи* — це такі рухові акти, у яких тривалий час постійно повторюється той самий закінчений руховий цикл. До них відносяться ходьба, біг, ходьба на лижах, їзда на велосипеді, плавання, веслування тощо.

- *В ациклічних вправах* структура рухів не має стереотипного циклу й змінюється в ході їхнього виконання. До них відносяться гімнастичні та силові вправи, стрибки, метання, спортивні ігри, єдиноборства. Ациклічні вправи впливають на функції опорно-рухового апарата, у результаті чого підвищуються сила м'язів, швидкість реакції, гнучкість і рухливість у суглобах, лабільність нервово-м'язового апарата.

До видів з переважним використанням ациклічних вправ можна віднести гігієнічну й виробничу гімнастику, заняття в групах здоров'я й загальної фізичної підготовки (ЗФП), ритмічну й атлетичну гімнастику, гімнастику за системою «хатха-йога», аеробіку, шейпінг, пілатес тощо.

Серед вправ циклічного характеру найбільш розповсюдженими та популярними є оздоровча ходьба та біг, широко використовується ходьба на лижах та оздоровче плавання.

Знання особливостей впливу на організм різних видів циклічних вправ дозволяє правильно вибрати оздоровчі програми залежно від стану здоров'я, віку й рівня фізичної підготовленості. Для більш різнобічного впливу на організм, виключення монотонності занять і адаптації до звичного фізичного навантаження протягом багаторічних тренувань доцільно тимчасове переключення з одного виду циклічних вправ на інший або ж використання їх у сполученні.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Розглянути основні види фізіологічної класифікації фізичних вправ.
2. Класифікація фізичних вправ за обсягом працюючих вправ.
3. Особливості циклічних та ациклічних видів спорту.
4. Який критерій лежить в основі класифікації циклічних видів спорту на анаеробні та аеробні види?
5. Охарактеризуйте види фізичних вправ анаеробного характеру.
6. Охарактеризуйте види фізичних вправ аеробного характеру.
7. Особливості ациклічних видів спорту.
8. Дайте характеристику оздоровчих фізичних вправ.

1.3. ДИНАМІКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТАНІВ ОРГАНІЗМУ ПІД ЧАС М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Під час тренувальних занять та змагань в змінах функціонального стану організму людини виділяють три стани: *передстартовий, основний та відновлювальний* (Б.И.Ткаченко, 1994).

Передстартовий стан. У передстартовому стані, що виникає за декілька хвилин або годин до початку змагань, зростають частота серцевих скорочень, систолічний об'єм та хвилиний об'єм кровообігу, підвищується артеріальний тиск, зростають легенева вентиляція, енерговитрати, температура тіла.

Передстартові зміни функцій являються умовно-рефлекторними реакціями. Вони підготовлюють організм в цілому до майбутньої роботи та прискорюють процеси впрацювання. Обумовлені ці зміни підсиленням діяльності симпато-адреналової системи, про що свідчить підвищення концентрації норадреналіну та адреналіну в крові ще до початку роботи.

В залежності від характеру змін фізіологічних функцій і емоційного статусу спортсмена виділяють три різновиди передстартових станів:

- **перший** характеризується помірним емоційним збудженням і забезпечує високий спортивний результат (стан «бойової» готовності);
- **для другого** характерне підвищення збудження центральної нервової системи (ЦНС) під впливом якого працездатність може як збільшуватися, так і зменшуватися (стан «передстартової лихоманки»);
- **третій вид** станів відрізняється переважанням гальмівних процесів, що призводять, як правило, до зниження спортивного результату (стан «передстартової апатії»).

Зміни стану організму при розминці. *Розминка* – комплекс спеціальних вправ, що виконуються перед тренуванням або змаганням і що сприяє прискоренню процесу впрацювання та підвищенню працездатності.

Фізіологічні ефекти розминки різноманітні:

- вона підвищує збудливість і активність сенсорних, моторних та вегетативних центрів;
- підсилює діяльність ендокринних залоз, створюючи тим самим умови

для більш ефективної регуляції вегетативних та моторних функцій при наступній роботі;

- підвищується температура тіла і, особливо, працюючих м'язів, завдяки чому збільшується активність ферментів, відповідно, швидкість біохімічних реакцій в м'язових волокнах, збудливість та лабільність м'язів, підвищується швидкість їх скорочення.

Розминка підсилює роботу систем, що забезпечують транспорт кисню до працюючих м'язів. Зростає легенева вентиляція, швидкість дифузії кисню із альвеол в кров, хвилиний об'єм кровообігу, розширюються артеріальні судини скелетних м'язів, збільшується венозне повернення крові, підвищується (завдяки збільшенню температури тіла) інтенсивність дисоціації оксигемоглобіну в тканинах.

Розминка спортсмена буває загальною та спеціальною. Загальна розминка складається з вправ, що здатні підвищити збудливість центральної нервової системи, температуру тіла, активізувати систему транспорту кисню. Спеціальна частина розминки за своєю структурою повинна бути якомога ближчою до характеру майбутньої діяльності.

Стан основної роботи поділяється на три окремих періоди: впрацювання, основний стан (стійкий стан) та втома (стомлення).

Впрацювання. Поступове збільшення працездатності людини на початку виконання спортивних вправ називається *впрацюванням*. В цей час відбувається перебудова нейрогуморальних механізмів регуляції рухів і вегетативних функцій на новий більш напружений режим діяльності з покращенням координації рухів.

Швидкість підсилення діяльності фізіологічних систем під час впрацювання неоднакова. Руховий апарат, що володіє відносно високою збудливістю і лабільністю, на новий робочий рівень налаштовується швидше, чим вегетативні системи. Так, наприклад, під час інтенсивного бігу максимальна швидкість руху досягається вже на 5-6с. В той же час розширення артеріальних судин м'язів відбувається за 60-90 с, а ЧСС, систолічний об'єм та хвилиний об'єм кровообігу досягають максимальних величин тільки через 1,5-2 хв. Навіть при роботі максимальної аеробної потужності необхідний рівень споживання кисню досягається лише через 2-3 хв.

У зв'язку з тим, що транспорт кисню підсилюється поступово, на початку будь-якої роботи скорочення м'язів здійснюється, в основному, в анаеробних умовах. Різниця між потребою організму в кисню під час періоду впрацювання і його реальним потребам називається **кисневим дефіцитом**. При неважких навантаженнях дефіцит кисню перекривається ще під час фізичних вправ, а при важких навантаженнях дефіцит кисню ліквідується тільки після завершення роботи і є складовою частиною загального кисневого боргу.

Швидкість зміни фізіологічних функцій під час впрацювання залежить від інтенсивності (потужності) роботи, що виконується. Чим більша потужність, тим швидше відбувається підсилення діяльності серцево-судинної та дихальної систем. При однакових за характером і потужністю вправах

впрацювання відбувається тим швидше, чим вище рівень тренуваності людини.

Стан фізіологічних функцій при основній роботі. Після закінчення періоду впрацювання при тривалій аеробній роботі виникає стійкий стан протягом якого працездатність і показники фізіологічних функцій, що забезпечують транспорт кисню, змінюються несуттєво. При роботі максимальної та субмаксимальної потужності період стійкого стану відсутній, так як ця робота відбувається за короткий час, постійне зростання частоти серцевих скорочень, систоличного об'єму кровообігу і, відповідно, споживання кисню не встигає досягнути стійких показників.

Розрізняють справжній та хибний стійкі стани фізіологічних функцій при роботі. *Справжній стійкий стан* характеризується високою узгодженістю роботи рухового апарату і вегетативних систем, що приймають участь у її забезпеченні:

- функції серцево-судинної та дихальних систем не досягають своїх межових величин;
- ресинтез макроергічних фосфорних сполук відбувається за рахунок аеробних окислювальних реакцій;
- споживання кисню, як правило, нижче максимально можливих для людини величин;
- сіль молочної кислоти (лактат) майже не накопичується у м'язах, що забезпечує збереження кислотно-основної рівноваги у рідинних середовищах організму.

При *хибному стійкому стані* споживання кисню людини або близько до максимально можливої для нього величини, або навіть дорівнює їй, але потреба м'язів в кисні все ж повністю не задовільняється. Поступово в організмі утворюється і зростає кисневий борг. З метою поповнення недостатнього споживання кисню легенева вентиляція, частота серцевих скорочень та хвилинний об'єм кровообігу збільшується і досягає максимально можливих величин. Нестача кисню призводить до підвищення частки анаеробних процесів у забезпеченні м'язів енергією. У результаті цього, в м'язах і у крові зростає концентрація молочної кислоти. Відбувається зрушення рН крові у кислий бік. Таким чином, при хибному стійкому стані відносна стабільність фізіологічних функцій протягом роботи обумовлена не відповідністю їх рівнів замовленням організму для забезпечення роботи необхідної потужності, а неможливістю їх подальшого зусилля.

Стомлення (втома) – функціональний стан людини, що тимчасово виникає під впливом тривалої або інтенсивної роботи і призводить до зниження її ефективності (Дж.Вілмор, Д.Костілл, 2003).

До основних причин виникнення стомлення можна віднести наступні:

- 1) «втома» енергетичних систем;
- 2) накопичення проміжних продуктів метаболізму;
- 3) «втома» нервової системи;
- 4) порушення скоротливого механізму м'язових волокон.

Жоден з цих параметрів окремо не може пояснити усі аспекти стомлення. Наприклад, хоча відсутність необхідної кількості енергії може призвести до зниження здатності м'язів продукувати фізичні зусилля, енергетичні системи самі по собі не можуть бути причиною виникнення усіх форм стомлення. Так, відчуття стомлення, котрого ми часто зазнаємо наприкінці робочого дня, не має нічого спільного з наявністю АТФ. Стомлення може виникати і під дією стресу, довколишніх умов, що змінюють гомеостаз. На багато питань щодо стомлення доки ще не отримано відповідей.

Причини виникнення стомлення

Вичерпання запасів креатинфосфату (КФ). Відомо, що креатинфосфат використовується в анаеробних умовах для відновлення багатою енергією АТФ у міру її витрачення, отже, для підтримання запасів АТФ в організмі. Після вичерпання запасів КФ здатність організму швидко поновлювати запаси використаної АТФ суттєво порушуються. Використання АТФ триває, але спроможність системи АТФ-КФ поновлювати використовувану АТФ значно зменшується, і у результаті рівні АТФ також знижуються. У стані виснаження можуть бути вичерпані запаси як КФ, так і АТФ.

Щоб затримати виникнення стомлення, спортсмену необхідно контролювати інтенсивність зусиль, виходячи з найоптимальнішої швидкості виконання фізичної вправи, щоб не допустити передчасного вичерпання запасів КФ та АТФ. Якщо початкова швидкість дуже висока, то запаси КФ та АТФ швидко зменшуються, що призведе до раннього стомлення та неспроможності зберігати швидкість на заключних стадіях дистанції. Тренування і досвід дозволяють спортсмену знаходити оптимальну швидкість, котра забезпечується найефективнішим використанням АТФ та КФ протягом усієї м'язової діяльності.

Вичерпання запасів глікогену. Підтримання рівнів АТФ забезпечується також аеробним та анаеробним розщепленням м'язового глікогену. Швидкість вичерпання запасів м'язового глікогену залежить від інтенсивності фізичного навантаження. Збільшення інтенсивності призводить до зниження рівня м'язового глікогену. Під час бігу на спринтерські дистанції, наприклад, м'язовий глікоген витрачається у 35-40 разів швидше, ніж при ходьбі. Наявність м'язового глікогену може бути обмежувальним чинником навіть за середніх зусиль. Для задоволення високої потреби м'яза в енергії під час фізичного навантаження необхідне постійне надходження глікогену.

Вичерпання запасів глікогену у повільноскоротних (ПС) та швидкісноскоротних (ШС) волокнах залежить від інтенсивності фізичного навантаження. ПС волокна першими залучаються при невисокій інтенсивності фізичного навантаження. Зі збільшенням інтенсивності починають включатися і ШС волокна.

Вичерпання запасів глікогену та глюкози крові. Один лише м'язовий глікоген нездатний забезпечити достатньої кількості вуглеводів при фізичних навантаженнях, що тривають декілька годин. Значну кількість енергії під час фізичних навантажень, котрі потребують виявлення витривалості, забезпечує глюкоза, що надходить у м'язи з кров'ю. Запаси глікогену в печінці

розщеплюються, що забезпечує постійне надходження глюкози у кров. У перші моменти виконання вправи для утворення енергії необхідно відносно небагато глюкози крові, однак пізніше внесок глюкози в утворення енергії значно збільшується. Щоб забезпечити адекватне споживання глюкози м'язами, із збільшенням тривалості фізичного навантаження печінці доводиться розщеплювати усе більше й більше глікогену.

Запаси глікогену у печінці обмежені, і вона не може швидко розщеплювати глюкозу з інших субстанцій. Отже, коли споживання м'язами глюкози перевищує утворення її печінкою, рівні глюкози крові знижуються. Не маючи можливості отримати достатню кількість глюкози з крові, м'язи змушені більш інтенсивно використовувати свої резерви глікогену, що прискорює вичерпання його запасів у м'язах і призводить до раннього виникнення стомлення.

Проміжні продукти метаболізму та стомлення

Багато вчених вважають, що головною причиною стомлення та виснаження при усіх видах фізичних навантажень є молочна кислота. Молочна кислота акумулюється у м'язовому волокні тільки під час короткочасного м'язового зусилля високої інтенсивності. У марафонців, наприклад, рівні її після забігу можуть бути майже такими, як у стані спокою, незважаючи на крайній ступінь стомлення. Як уже відмічалось, виникнення стомлення у марафонців зумовлене недостатнім енергетичним забезпеченням, а не надлишком молочної кислоти.

У спринтерів (бігунів, плавців, велосипедистів) під час змагань спостерігається швидка акумуляція молочної кислоти. Однак наявність молочної кислоти сама по собі не є причиною стомлення. Якщо вона не виводиться, то розщеплюється, перетворюючись на лактат, і веде до акумуляції йонів водню, що, у свою чергу, призводить до підкиснення м'язів і насамкінець — до ацидозу.

Результати у видах спорту короткої тривалості та високої інтенсивності м'язової діяльності такі, як біг і плавання на спринтерські дистанції, багато у чому залежать від інтенсивності гліколізу. У спортсменів, які займаються цими видами спорту, утворюється велика кількість лактату та H^+ у м'язах. На щастя, клітини та рідини організму мають буферні системи, такі, як бікарбонат, котрі зводять до мінімуму негативний вплив H^+ . Якщо б не було таких буферів, то H^+ призвів би до зниження рН до 1,5 та порушення життєдіяльності клітини. Завдяки буферним системам організму концентрації H^+ залишаються невисокими навіть під час виснажливих фізичних навантажень. Тому м'язовий рН знижується від показника, характерного для стану спокою — 7,1 до 6,6-6,4 у стані виснаження.

Однак подібні змінення рН негативно впливають на утворення енергії та м'язові скорочення. Внутрішньоклітинний рН нижчий за 6,9 гальмує дію важливих гліколітичних ферментів, що сповільнює інтенсивність гліколізу та утворення АТФ. При рН 6,4 вплив H^+ припиняє подальше розщеплення глікогену, викликаючи різке зниження рівня АТФ і насамкінець — стомлення. Окрім того, H^+ може витіснити Ca^{2+} з волокон, втручаючись у процес сполучення поперечних містків актину та міозину і знижуючи скоротливу

здатність м'язів. Багато учених вважають, що низький м'язовий рН є головним чинником, котрий лімітує м'язову діяльність, а також основною причиною виникнення стомлення під час короткочасних максимальних фізичних навантажень.

Відновлення після виснажливого фізичного навантаження спринтерського характеру рівня м'язового рН відбувається протягом 30-35 хв. Навіть при відновленому рівні рН концентрації лактату у крові та м'язах можуть залишатися підвищеними. Однак спортсмен може продовжувати виконувати вправу з відносно високою інтенсивністю навіть при показникові м'язового рН нижче за 7,0 та рівні лактату крові вище за 6-7 ммоль/л, тобто такому, що у 4-5 разів перевищує рівень у стані спокою.

Нервово – м'язове стомлення

До цього часу ми розглядали у межах м'язів чинники, котрі можуть бути причиною виникнення стомлення. Однак ряд даних вказує, що за певних обставин стомлення може виникати внаслідок нездатності активувати м'язові волокна, що є функцією нервової системи. Нервовий імпульс передається по кінцевій пластинці рухового нерва до м'яза, щоб активувати м'язову мембрану та змусити саркоплазматичний ретикулум виділяти кальцій. У свою чергу, кальцій, з'єднуючись із тропоніном, ініціює м'язове скорочення.

Стомлення може виникнути на кінцевій пластинці рухового нерва м'яза, запобігаючи передачі нервового імпульсу до мембрани м'язового волокна. Вона може бути пов'язана з одним або кількома такими процесами:

- виділенням або синтезом ацетилхоліну — нейромедіатора, що переключає нервовий імпульс з рухового нерва на мембрану м'яза, кількість котрого може бути знижена;
- холінестераза — фермент, що розщеплює ацетилхолін після того, як той переключив імпульс, може стати гіперактивною, запобігаючи утворенню достатньої концентрації ацетилхоліну для ініціації потенціалу дії;
- активність холінестерази може знизитися (гіпоактивність), внаслідок чого відбудеться надмірне накопичення ацетилхоліну, що паралізує волокно;
- може підвищитися поріг збудження мембрани м'язового волокна;
- деякі субстанції можуть стати на боротьбу з ацетилхоліном за рецептори на мембрані, не активуючи її;
- калій може покинути внутрішньоклітинний простір скоротного м'яза, знижуючи наполовину потенціал мембрани.

Важлива роль при втомі належить процесам, що ЦНС. Діяльність ЦНС, як і інших систем організму, може погіршуватися, як первинно, так і вторинно.

При розумовій роботі, при важких для спортсмена ситуаціях, при боязні суперника і в деяких інших випадках зміни діяльності нервової системи є первинним фактором, що викликає втому. Вторинна діяльність нервової системи пригнічується при збільшенні в крові вмісту недоокислених продуктів обміну речовин, гіпоксії, гіпоглікемії, змін вмісту гормонів в крові тощо. В результат погіршуються програмування та координація рухових та вегетативних функцій, що призводить до зниження продуктивності роботи спортсмена та виникнення відчуття втоми.

Кожна клітина, кожен орган володіє здатність в відомій мірі протидіяти втомі. Але особлива роль в цьому відношенні належить нервовій системі, яка, програмуючи та координуючи всі рухові та вегетативні функції, може варіювати форми координації. Замінюючи в роботі втомлені клітини та органи не втомленими або менш втомленими, підвищуючи ступінь мобілізації ресурсів в працюючих органах та тканинах тощо. Внаслідок цього значно віддаляється момент виникнення втоми та зниження працездатності.

Відновлення фізіологічних функцій після припинення фізичних вправ

Після закінчення фізичної роботи діяльність фізіологічних систем, що забезпечують можливість її виконання, поступово зменшується і досягає доробочого рівня. Цей процес називається *відновленням*, протягом якого кількісні показники роботи систем кровообігу і дихання повертаються до вихідних параметрів, видаляються продукти метаболізму, поповнюються енергетичні субстрати, пластичні речовини, ферменти. В цей період відбувається також процеси, що забезпечують підвищення працездатності організму, тобто мають місце явище суперкомпенсації.

Відновлення кисневого запасу організму, фосфагенів, вуглеводів відображається у підвищеному, в порівнянні з доробочим рівнем, споживанням кисню – кисневому боргу. Процес віддачі кисневого боргу полягає в надлишкових витратах кисню понад рівня спокою за час періоду відновлення. Кисень, що споживається додатково забезпечує організм енергією, що необхідна для здійснення всіх відновлювальних процесів. Швидкість споживання кисню протягом перших 2-3 хвилин після роботи знижується дуже швидко. Це алактатний компонент кисневого боргу, що пов'язаний з використанням кисню на швидке відновлення витрачених при роботі фосфагенів м'язів, зниженого вмісту киснем міоглобіну. Наступне, повільне відновлення швидкості споживання кисню організмом людини протягом 30-60 хвилин – повільний (лактатний) компонент кисневого боргу – пов'язано, в основному, із порівняно повільним усуненням лактату із крові і міжтканинної рідини, що накопичилася там під час важкої м'язової роботи.

Розрізняють наступні закономірності відновлювальних процесів:

- нерівномірність (спочатку відновлення відбувається швидко, а на далі - повільно);
- гетерохронність (не всі фізіологічні функції відновлюються одночасно – раніше за часом відновлюються функції нервово-м'язового апарату, ЧСС, артеріального тиску і значно пізніше за часом функція дихання та формені елементи крові),
- фазність (залежить від обсягу та інтенсивності фізичних навантажень. Раннє відновлення спостерігається після легкої роботи, після важкої роботи – значно пізніше).

Одним із основних засобів відновлення є активний відпочинок, тобто перехід на інший вид діяльності (І.М.Сеченов). До біологічних засобів відновлення можна віднести додаткове вживання вітамінів, вітамінно-мінеральних комплексів, глюкози, повноцінне харчування; також можна

використовувати фізіотерапевтичні процедури, масаж, водні процедури, цілющі сили природи тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Характеристика різних функціональних станів організму під час м'язової діяльності.
2. Охарактеризуйте передстартовий стан організму. Розгляньте роль розминки у прояві передстартових станів організму спортсменів.
3. Охарактеризуйте стан основної роботи: періоди впрацювання, стійкий стан, втома.
4. Охарактеризувати причини виникнення втоми.
5. Що відбувається з фізіологічними функціями організму під час відновлення?
6. Пояснити зв'язок між енергетичними системами та стомленням.
7. Що відбувається під час м'язової діяльності в результаті вичерпання запасів глікогену в м'язах?
8. Яким чином сприяють виникненню стомлення проміжні продукти метаболізму?

1.4. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО АДАПТАЦІЮ ОРГАНІЗМУ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Заняття фізичними вправами та спортом є сильним фактором, який впливає на біологічну й соціальну природу людини. Невміле використання цього корисного фактора, який поліпшує фізичний розвиток людини і сприяє формуванню таких якостей, як сміливість, спритність, сила, витривалість, гнучкість може перетворити його в фактор, що завдає шкоди. У зв'язку з цим потрібно вивчити закономірності в організмі людини, які виникають під впливом занять фізичними вправами.

Для пояснення морфофункціональних змін в організмі під впливом м'язової діяльності існує на перший погляд простий причинно-наслідковий зв'язок:

фізичне навантаження → робоча гіпертрофія → збільшення м'язової маси

Увага вчителів фізичної культури та тренерів іноді спрямована лише на досягнення кінцевого результату: нарощування м'язової маси у своїх вихованців, а разом із нею і силових якостей. При цьому не враховується той факт, що в перебудову втягується не тільки м'язова система, але й усі інші органи й системи в організмі людини. Фактично між причиною (фізичне навантаження) і наслідком (нарощування м'язової маси) стоїть складний ланцюг послідовних взаємних пристосувань різних систем організму до функціональних умов, які змінюються.

Під впливом занять фізичними вправами у м'язовій, кістковій, серцево-судинній та інших системах відбуваються функціональні зміни, що забезпечують пристосування організму до високих тренувальних і змагальних навантажень. Будь-які зміни в одному органі або групі органів, що виникли під

впливом занять фізичними вправами, викликають збалансовану і морфофункціональну перебудову в усіх інших органах і системах організму. Ця взаємообумовленість морфологічних змін в організмі людини відображає сутність біологічного пристосування до фізичних навантажень. Детальніше адаптаційні зміни у функціонуванні систем організму під час фізичного навантаження представлено у наступних розділах.

Важливою властивістю будь-якого організму є підтримання постійності його внутрішнього середовища, яке дістало назву *гомеостаз*. Не дивлячись на те, що всі клітини й тканини постійно поновлюються у процесі життя, тканинний склад внутрішніх органів залишається стабільним. Для забезпечення цієї стабільності еволюція вибрала принцип надлишкової організації. Це виявляється в характерному для організму дублюванні органів і процесів. Парність органів заслуговує особливої уваги, так як у нормальних умовах для обслуговування організму достатньо одного з них. Людина може обійтися однією ниркою, однією легенею. Надлишковість організації страхує організм від випадковостей. Але з цього можна зробити й інший висновок, що стійкість організму набагато більша, ніж йому потрібна. Тому межа фізичних можливостей організму не вичерпується у звичайних ситуаціях, а розрахована ще й на межові навантаження.

Здатність реагувати на екзогенні (зовнішні) фактори й підтримувати постійність внутрішнього середовища є еволюційно виробленим механізмом адаптації живих систем. Пристосування організму до зовнішнього середовища здійснюється тонкою і збалансованою діяльністю багатьох систем організму, які координуються нейрогуморальними механізмами.

У найбільш загальному вигляді під **адаптацією** (від лат. *adaptatio* - пристосування) розуміють здатність усього живого пристосовуватися до умов зовнішнього середовища.

Виділяють *генотипічну* і *фенотипічну* адаптацію.

Генотипічна адаптація, яка лежить в основі еволюції, являє собою процес пристосування до умов середовища популяцій (сукупності осіб одного виду) шляхом спадкових змін і природного відбору.

Фенотипічна адаптація - це пристосувальний процес, який розвивається в окремої особи протягом життя у відповідь на дію різних факторів зовнішнього середовища. Саме цей вид адаптації є предметом численних досліджень, які проводяться в останні десятиліття в різних галузях практичної та наукової діяльності людини.

При визначенні адаптації потрібно враховувати, що вона розуміється і як процес, і як результат:

- адаптація використовується для визначення процесу, при якому організм пристосовується до факторів зовнішнього або внутрішнього середовища;
- адаптація використовується для визначення відносної рівноваги, яка встановлюється між організмом і середовищем;
- під адаптацією розуміють результат пристосувального процесу.

При розгляді адаптації необхідно відмітити два важливих фактори:

- адаптація виникає під впливом подразника, який діє протягом деякого

періоду часу: від декількох хвилин до багатьох поколінь;

- адаптація характеризується адекватністю зрушень в організмі (включаючи й морфологічні) змінам зовнішнього середовища.

Прийнято розрізняти дві стадії адаптації:

перша - функціональна адаптація, яка характеризується розвитком таких адаптаційних реакцій у системах організму, коли пристосування йде на функціональному рівні, а морфологічні зміни незначні й мають поліморфний характер;

друга - морфофункціональна адаптація, яка відповідає такому стану систем, коли поряд із гіперфункцією має місце виражена морфологічна перебудова органів.

Формування довготривалої адаптації

Взаємозв'язок між функцією і генетичним апаратом клітини є ключовою ланкою формування всіх довготривалих адаптаційних реакцій. Усі структурні зміни в органах і тканинах, які є наслідком довготривалої адаптації до фізичного навантаження (від гіпертрофії рухових нейронів до гіпертрофії міокарда та м'язів), протікають за однаковим принципом - шляхом активації синтезу нуклеїнових кислот і білків у клітинах систем організму, які відповідають за адаптацію.

Ефективне функціонування органів і систем організму можливе лише при своєчасному посиленні синтезу структурних і ензимних (ферментних) білків. Пластичне забезпечення функцій безпосередньо пов'язане пластичним резервом клітин і всього організму та полягає в оновленні енергоутворюючих, транспортних і опорних структур клітин. Пластичний резерв клітин визначається стабільністю структурно-організованих білків клітини і можливостями клітини синтезувати нові молекули білків. Можливості синтезу у свою чергу залежать від функції генетичного апарату клітини, а також від забезпечення його енергією та амінокислотам.

Формування довготривалих адаптаційних реакцій проходить **чотири стадії**.

- *Перша стадія* пов'язана з мобілізацією функціональних ресурсів організму людини в процесі виконання тренувальних програм певної спрямованості з метою стимуляції механізмів довготривалої адаптації на основі підсумування ефектів багаторазової повторюваної термінової адаптації.

- У *другій стадії* на фоні зростаючих і систематичних навантажень, які повторюються, відбуваються структурні й функціональні перетворення в органах і тканинах відповідної функціональної системи. У кінці цієї стадії спостерігається необхідна гіпертрофія органів, збалансованість діяльності різних ланцюгів і механізмів, які забезпечують ефективну діяльність функціональної системи в нових умовах.

- *Третя стадія* характеризується стійкою довготривалою адаптацією, виявляється в наявності необхідного резерву для забезпечення нового рівня функціонування системи, стабільності функціональних структур, тісним взаємозв'язком регуляторних і виконавчих органів.

- *Четверта стадія* настає при нераціонально побудованому, переважно

надмірно напруженому тренуванні, неповноцінному харчуванні, неповному відновленні й характеризується виснаженням окремих компонентів функціональної системи (порушуються процеси оновлення структур, загибель окремих клітин і заміщення їх сполучною тканиною, що в результаті призводить до більш або менш вираженої функціональної недостатності). Подібні явища можуть спостерігатися при компенсаторній гіпертрофії серця, печінки, гіперфункції нервових центрів, гіпоталамо-гіпофізарно-наднирничкової системи, при використанні навантажень, що виходять за межі адаптаційних ресурсів організму.

Природно, що раціонально побудований тренувальний процес передбачає перші три стадії адаптації. При цьому варто вказати на те, що протікання адаптаційних реакцій у межах зазначених стадій може відноситися до різних компонентів структури підготовленості спортсмена і змагальної діяльності в цілому. Зокрема, за таким шляхом протікає адаптація як окремих органів (наприклад, серця), функціональних систем (наприклад, системи, що забезпечує рівень аеробної продуктивності), так і формується підготовленість спортсмена у цілому, що виявляється у здатності до досягнення спортивного результату, запланованого на даному етапі спортивного удосконалення.

Ефективний розвиток довготривалої адаптації пов'язаний із систематичним навантаженням, яке висуває високі вимоги до адаптаційної системи. Інтенсивність розвитку довготривалих адаптаційних реакцій визначається величиною однократних навантажень, частотою їх використання і загальною тривалістю тренування. Найбільш ефективно довготривала адаптація розвивається при частому використанні великих і значних навантажень, які висувають високі вимоги до функціональних систем організму.

Важливим елементом довготривалої адаптації є формування в корі головного мозку економічних і стабільних зв'язків. В осіб, добре адаптованих, на відміну від неадаптованих, ці системи не руйнуються при дії різних відволікаючих факторів (високої психічної та емоційної напруги, зовнішніх перешкод, розвитку втоми).

Довготривала адаптація характеризується збільшенням функціональних резервів, які є наслідком структурних перебудов органів і тканин, значною економізацією функцій, підвищенням рухомості та стійкості в діяльності функціональних систем, налагоджуванням раціональних і гнучких взаємозв'язків рухової та вегетативної функцій.

Таким чином, адаптація організму до систематичних фізичних навантажень полягає в метаболічних, функціональних змінах в органах і тканинах організму, у вдосконаленні механізмів нейрогуморальної регуляції функцій. Кінцевим результатом цих змін є функціональні ефекти тренування, які проявляються у підвищенні натренованості організму.

Специфічність реакцій адаптації

При ефективному пристосуванні до певних навантажень, які мають конкретні характеристики, нервові центри, окремі органи й функціональні механізми, які належать до різних анатомічних структур організму, об'єднуються в єдиний комплекс, що і є тією основою, на якій формуються

термінові й довготривалі пристосувальні реакції.

Специфічність термінової і довготривалої адаптації чітко виявляється навіть у використанні навантажень, які характеризуються однаковою спрямованістю, тривалістю, інтенсивністю, а відрізняються тільки характером вправ. При специфічному навантаженні спортсмени показують більш високі функціональні можливості порівняно з неспецифічними навантаженнями.

Важливим моментом забезпечення ефективної адаптації є відповідність між вправами, які використовуються, вимогам конкретного виду спорту. Наприклад, в осіб, які мають структуру м'язової тканини, характерну для спринтерів, але тренуються і виступають як стайєри, у м'язових волокнах спостерігається розширення міжфібрилярних просторів внаслідок набряку й руйнування окремих міофібрил, їх поперечної смугастості, виснаження запасів глікогену, руйнування мітохондрій. Результатом такого тренування часто є некроз м'язових волокон.

Явище перехресної адаптації пов'язане з перенесенням пристосувальних реакцій, набутих у результаті дії одних подразників на дію інших (наприклад, адаптація до м'язової діяльності може супроводжуватися розвитком адаптації до інших подразників, наприклад до гіпоксії, охолодження), що відіграє певну роль для осіб, які тренуються з метою зміцнення здоров'я та поліпшення фізичної підготовленості, не може розглядатися як серйозний фактор, що забезпечує ріст тренуваності у кваліфікованих спортсменів. Навіть у нетренованих осіб приріст фізичних якостей, наприклад сили, як наслідок перехресної адаптації, явно незначний, порівняно з рівнем адаптаційних перебудов унаслідок безпосереднього тренування.

Явище деадаптації, реадаптації, переадаптації

Різке зниження або припинення навантажень, які призвели до адаптації, стимулюють зворотний процес - *деадаптацію*. Процес деадаптації охоплює всі сторони підготовленості спортсмена і розвивається тим швидше, чим коротшим був період формування адаптації. У процесі деадаптації після повного припинення фізичних навантажень аеробні можливості організму та пов'язані з ними пристосування до тривалої роботи згасають відносно швидко, а спеціальні рухові навички зберігаються тривалий час і можуть бути успішно продемонстровані уже детренованою людиною. Максимальне споживання кисню знижується значно повільніше, ніж активність окислювальних ферментів, ці ж ферменти володіють здатністю до швидкої адаптації при відновленні тренування; збільшення або зменшення капіляризації як у процесі адаптації так і деадаптації потребує значно більшого часу порівняно з метаболічною адаптацією.

Зворотний розвиток адаптаційних перебудов протікає нерівномірно: у перші тижні після припинення тренування спостерігається значне зниження функціонального резерву адаптованої системи, в подальшому процес деадаптації сповільнюється. У прихованому вигляді адаптаційні реакції зберігаються тривалий час і служать основою для більш швидкого відновлення втраченого рівня адаптації при початку тренувань після довготривалої перерви порівняно з часом, витраченим на початкове формування адаптації.

Використання надмірних навантажень, які перевищують індивідуальні адаптаційні можливості організму, які потребують надмірної мобілізації структурних і функціональних ресурсів органів та систем, у кінцевому випадку призводить до *переадаптації*, яка проявляється у виснаженні функціональних систем, які несуть основне навантаження.

При раціональній організації тренувального процесу необхідно уникати чергування процесів деадаптації і реадптації, а також тривалої і надмірно затягнутої адаптації до виключно напружених дій. Функціональна система, що довго піддається навантаженням, які стимулюють формування адаптаційних реакцій, може виснажуватися в результаті вичерпання здатності генетичного апарату виробляти нові порції РНК і білка. Це може бути внаслідок односпрямованих навантажень, які надмірно часто повторюються, що свідчить про довготривалий, постійно діючий стрес; частого чергування явищ адаптації і деадаптації, пов'язаного з нераціональним чергуванням навантаження й відпочинку; надмірного використання навантажень, які приводять до адаптації функціональну систему переважно за рахунок гіпертрофії органа, а не за рахунок ефективності її функціонування при помірній гіпертрофії. Серед причин переадаптації необхідно відмітити й невідповідність між обсягом і характером тренувань з одного боку, та енергетичним потенціалом організму з іншого.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення понять «адаптація», «деадаптація», «переадаптація».
2. Що таке генетипічна та фенотипічна адаптація?
3. Охварткеризуйте адаптацію як процес, і як явище.
4. Розглянути основні дві стадії розвитку адаптації.
5. Назвіть стадії формування довготривалих адаптаційних реакцій. Дайте їм характеристику.
6. В чому полягає сутність специфічності реакцій адаптації?
7. В чому відмінність між поняттями «генотипічна» та «фенотипічна» адаптація?

1.5. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ДІТЕЙ І ПІДЛІТКІВ

Загальна схема будови організму людини. Організм людини є складноорганізованою системою численних і тісно взаємопов'язаних елементів, об'єднаних в декілька структурних рівнів. Ці рівні точніше було б називати *рівнями організації*, оскільки вони знаходяться в ієрархічних, тобто в супідрядних, відносинах. В даний час в організмі людини прийнято розрізняти клітинний, тканинний, органний і системний рівень організації.

Найелементарними структурними одиницями людського тіла є клітини, які, об'єднуючись один з одним, утворюють тканини. Тканини, у свою чергу, утворюють різні органи: легені, серце, печінка, шлунок тощо. Об'єднання

анатомічно однорідних органів, що забезпечують будь-які складні акти діяльності, називають фізіологічними *системами*. У організмі людини виділяють наступні фізіологічні системи: крові, кровообігу і лімфообігу, травлення, кісткову і м'язову, дихання і виділення, залоз внутрішньої секреції, або ендокринну, і нервову систему.

Регуляція функцій в організмі. Взаємопов'язана і нормальна життєдіяльність всіх складових частин організму людини можлива тільки за умови збереження відносної фізико-хімічної стійкості його внутрішнього середовища, яке включає три компоненти: кров, лімфу і міжтканинну рідину, що безпосередньо омиває клітини.

Збереження відносної фізико-хімічної стійкості внутрішнього середовища організму, як ми відмічали раніше, називають *гомеостазом*, важливу роль в збереженні цієї постійності відіграє гуморальна і нервова регуляція функцій.

Гуморальна, або рідинна регуляція функцій з'явилася ще на перших етапах еволюції тваринних організмів. Вона була пов'язана із здатністю клітин змінювати інтенсивність процесів життєдіяльності залежно від зміни фізико-хімічних параметрів середовища. Наприклад, змінюючи в крові і міжтканинній рідині концентрацію іонів водню або солей різних металів можна стимулювати або гальмувати процеси життєдіяльності в клітинах і тканинах. Крім того, гуморальна регуляція пов'язана із здатністю окремих клітин синтезувати органічні речовини, що здійснюють значний вплив на хід процесів життєдіяльності в організмі. До таких біологічно активних речовин слід віднести, зокрема, медіатори, або речовини-посередники, що приймають участь практично у всіх життєвих процесах організму людини, і що здійснюють передачу нервового імпульсу з нервових клітин на інші нервові клітини і клітини периферичних органів. Важливе значення в гуморальній регуляції функцій мають також гормони, здатні активувати або гальмувати функціональну діяльність органів і систем.

Істотним недоліком гуморальної регуляції є її «безадресність». Багато біологічно активних речовин розносяться в різні частини організму і змінюють діяльність багатьох органів, незалежно від того, «вигідно» це в даний момент організму чи ні. Для доцільнішої реакції організму на додаток до гуморальної регуляції в процесі еволюції сформувалася *нервова система*, що забезпечує найбільш адекватні і швидкі реакції на будь-які зовнішні дії.

У організмі гуморальна і нервова регуляція функцій тісно взаємозв'язані. З одного боку, існує безліч біологічно активних речовин, здатних робити вплив на життєдіяльність нервових клітин і функцій нервової системи, з іншого — синтез і виділення в кров гуморальних речовин регулюються нервовою системою.

Таким чином, в організмі існує єдина *нейрогуморальна регуляція* функцій, що забезпечує найважливішу особливість організму, - здатність до саморегуляції життєдіяльності. Саме саморегуляція функцій забезпечує підтримку в організмі гомеостазу. Без саморегуляції була б неможлива стабілізація життєвих процесів, а отже, і самоіснування організму.

Основною функцією організму є обмін речовин і енергії з навколишнім

середовищем, такий, що представляє безперервний процес надходження в організм необхідних для його життя речовин і виділення з нього продуктів розпаду. У клітинах і тканинах організму постійно відбуваються процеси синтезу одних речовин та руйнування інших, що супроводжуються поглинанням або виділенням енергії.

Таким чином, обмін речовин складається з двох протилежних, але взаємозв'язаних процесів: синтезу речовин, або **асиміляції**, і процесів їх розпаду, або **дисиміляції**. Єдність цих протилежних процесів обміну речовин є одним з яскравих доказів справедливості діалектичного закону єдності та боротьби протилежностей. Дійсно, в результаті процесів дисиміляції звільняється енергія, необхідна для синтезу в організмі складних речовин і побудови нових клітин, тобто створення матеріалу для подальших процесів дисиміляції.

Ріст та розвиток дитячого організму. Поняття про ріст і розвиток організмів є одним з фундаментальних понять в біології. Під терміном **ріст** в даний час розуміється збільшення довжини, об'єму і маси тіла дітей і підлітків, пов'язане із збільшенням числа клітин і кількості складових їх органічних молекул, тобто кількісні зміни.

Під **розвитком** розуміються якісні зміни в дитячому організмі, що полягають в ускладненні його організації, тобто в ускладненні будови і функцій всіх тканин і органів, ускладненні їх взаємин і процесів їх регуляції.

Ріст і розвиток дитини, тобто кількісні і якісні зміни, тісно взаємопов'язані і обумовлюють один одного. Поступові кількісні зміни, що відбуваються в процесі росту організму, призводять до появи у дитини нових якісних особливостей. Наприклад, формування рухових функцій дитини пов'язане з дозріванням нервово-м'язового апарату, що забезпечує здійснення цих функцій:

- із збільшенням м'язової маси і зміною властивостей м'язовій тканині;
- поліпшенням проведення нервових імпульсів по нервових волокнах від центральних структур головного мозку до м'язів і від м'язів до головного мозку;
- збільшенням кількості міжклітинних зв'язків в підкіркових нервових структурах і корі головного мозку;
- із зростанням числа зв'язків між окремими зонами кори головного мозку, що приймають участь в здійсненні рухових функцій. Так, повільні кількісні зміни призводять до того, що рухи однорічної дитини на відміну від новонародженого набувають вираженого умовно-рефлекторного характеру, тоді як автоматичні рухи новонародженого забезпечуються природженими безумовно-рефлекторними нервовими механізмами.

Якісне вдосконалення рухових функцій дитини, у свою чергу, сприяє кількісному морфофункціональному дозріванню мозкових структур, оскільки внаслідок збільшення рухової активності дитини інтенсивніше відбувається формування нових міжклітинних і міжзональних зв'язків в підкіркових і кіркових утвореннях головного мозку.

Фізичний розвиток дитини є процесом біологічного дозрівання клітин, тканин, органів і всього організму в цілому. Зовні він характеризується

збільшенням розмірів частин тіла дитини і змінами функціональної діяльності його різних органів і систем.

Фізичний розвиток дітей і підлітків вивчають біологічні науки: **вікова фізіологія** - досліджує функціональні особливості організму, що розвивається, **вікова морфологія** – формоутворюючі процеси і структурні зміни організму в перебігу їх індивідуального розвитку. Хімічні процеси і хімічний склад організмів дітей та підлітків є предметом вивчення **вікової біохімії**, а закономірності формування дитячого організму в процесі пренатального розвитку - предметом **ембріології людини**. Матеріальні механізми спадковості, закономірності передачі спадкових властивостей від батьків нащадкам, їх прояв і мінливість в процесі онтогенезу вивчає **генетика людини**. Анатомо-фізіологічні особливості дітей і підлітків є також предметом досліджень **антропології** — науки про походження людини і його рас і проблемах їх сучасної еволюції. Вплив фізичних навантажень на організм дитини, як відомо, **фізіологія фізичних вправ** тощо.

Важливе значення для вивчення фізичного розвитку дітей і підлітків мають медичні науки.

Фізичний розвиток дитини – складний процес морфологічних і функціональних перебудов, який зовні виражається в зміні розмірів тіла, співвідношенні окремих частин тіла між собою і рівня активності функцій дитячого організму У зв'язку з цим темпи фізичного розвитку можуть бути легко оцінені за допомогою антропометричних методик. Важливою умовою для проведення всіх антропометричних визначень є одноманітність вживаних методів, приладів і інструментів. Зазвичай всі дослідження проводять в першій половині дня, в теплом, світлому і добре провітреному приміщенні.

Прийнято виділяти соматометричні ознаки (довжина тіла стоячи і сидячи, маса тіла, окружність грудної клітки тощо), фізіометричні (життєва ємкість легенів, м'язова сила рук і ін.) і соматоскопічні (форма хребта, грудної клітки, ніг, постава, розвиток м'язів і статеве дозрівання).

У сьогоднішній час на підставі обстеження великої кількості дітей і підлітків розроблені усереднені таблиці, що містять антропометричні показники загального фізичного розвитку здорових дітей і підлітків. Всяке істотне відхилення від середніх даних свідчить про порушення фізичного розвитку дитини; часто в основі цих порушень лежать різні захворювання. Отже, антропометричні обстеження дітей і підлітків дозволяють не тільки визначити ступінь фізичного дозрівання, але і дати загальну оцінку стану здоров'я обстежуваної дитини.

Ріст та розвиток всіх органів і фізіологічних систем дітей та підлітків відбувається не одночасно і нерівномірно, тобто гетерохронно.

Перш за все розвиваються і удосконалюються ті органи, функціонування яких життєво необхідне організму. Наприклад, серце функціонує вже на третьому тижні пренатального розвитку, а нирки формуються значно пізніше і вступають в дію тільки у новонародженої дитини.

Гетерохронність розвитку не заперечує його гармонійності, оскільки неоднчасне дозрівання морфофункціональних систем організму дитини

забезпечує йому необхідну їх рухливість, надійність функціонування цілісного організму і оптимальну (гармонійну) взаємодію з умовами зовнішнього середовища, що ускладнюються в процесі розвитку.

Разом з гармонійністю розвитку існують особливі етапи найбільш різких стрибкоподібних анатомо-фізіологічних перетворень. У постнатальному розвитку виділяють три таких «критичних періоди», або «вікових кризи».

Перший критичний період спостерігається у віці від 2 до 3^{1/2} років, тобто в період, коли дитина починає активно рухатися. При цьому різко зростає сфера його спілкування із зовнішнім світом, відбувається інтенсивне формування мови і свідомості. Разом з інтенсивним фізичним і психічним розвитком дитини зростають і виховні вимоги, що в сукупності призводить до напруженої роботи фізіологічних систем її організму, а у разі дуже високих вимог — до їх «поломки». Особливо ранимою виявляється нервова система, її перенапруження приводить до порушення психічного розвитку і появи різних психічних захворювань. За даними медичної статистики, саме в цей період розвитку з'являються більшість психічних захворювань, і тим, хто виховує малюка, ніколи не слід про це забувати. У цей період онтогенезу для батьків і вихователів також важливо прийняти всі можливі заходи за попередженням дитячого травматизму, оскільки близько 40 % смертних випадків при дитячих побутових і транспортних травмах доводяться на перше чотириріччя дитини.

Другий критичний період співпадає з початком шкільного навчання і доводиться на вік 6-8 років. У ці роки в життя дитини входять нові люди — шкільні вчителі і шкільні друзі. Змінюється спосіб всього його життя, з'являється ряд нових обов'язків, знижується рухова активність тощо. Всі ці чинники в сукупності призводять до напруженої діяльності фізіологічних систем організму, тому в цей період адаптації, або пристосування, до шкільних умов знову необхідно особливо дбайливе відношення до дитини з боку школи і батьків.

Вчителям, вихователям і батькам слід також врахувати, що на другий критичний період доводиться найбільша кількість транспортних нещасних випадків, і роз'яснення дітям правил дорожнього руху є важливим чинником попередження транспортних трагедій.

Третій критичний період (пубертатний) пов'язаний із зміною в організмі гормонального балансу, з дозріванням і перебудовою роботи залоз внутрішньої секреції. Зазвичай це відбувається в 11—15 років, тобто в підлітковому віці, який також характеризується підвищено ранимою нервової системи і виникненням багатьох нервових розладів та психічних захворювань.

Акселерація і ретардація у дітей та підлітків. Розвиток дитини є складним процесом і для кожного індивідуума характеризується певними особливостями, що визначаються відмінностями генетичного коду і всією багатоколірною мозаїкою умов людського життя. Саме ці обставини й визначають такий широкий поліморфізм індивідуальностей, але разом з тим при всій різноманітності розвиток включає і ряд загальних закономірностей.

На підставі найбільш типових для кожного віку морфофункціональних особливостей і здійснюється вікова періодизація онтогенезу людини. Разом з

типовим розвитком, характерним для більшості представників даної віково-статевої групи, нерідко зустрічаються різноманітні відхилення, які легко звести до двох основних типів.

1. *Акселерація* розвитку — прискорення фізичного розвитку і функціональних систем організму дітей та підлітків.

2. *Ретардація* розвитку — затримка фізичного розвитку і формування функціональних систем організму дітей та підлітків.

Термін «акселерація» був запропонований в 1935 р. німецьким ученим Е. Кохом, що спочатку означав лише прискорення росту та дозрівання дітей і підлітків ХХ ст. порівняно з темпами росту та дозрівання дітей і підлітків того ж віку кінця ХІХ ст.

В наш час термін «акселерація» вживається в основному в двох значеннях: акселерація епохальна і внутрішньогрупова.

Епохальна акселерація означає прискорення фізичного розвитку сучасних дітей і підлітків порівняно з попередніми поколіннями. Масові обстеження фізичного розвитку дітей різного віку показали, що багато функціональних систем дітей і підлітків значно випереджають хронологію розвитку, типову для них 30—50 років тому. Довжина тіла новонароджених за цей час збільшилася на 2—2,5 см, а їх маса на 0,5 кг. Довжина тіла у п'ятнадцятирічних збільшилася на 6—10 см, а маса — на 3—10 кг (порівняно з підлітками початку ХХ сторіччя). Значно швидше відбувається розвиток деяких відділів скелета і ендокринної системи, що забезпечує й раніше статеве дозрівання (на два роки раніше, ніж це було на початку ХХ сторіччя). Скоротилася тривалість росту: в даний час ріст дівчат і хлопців в середньому закінчується в 16-19 років, а 80 років тому люди досягали максимального росту до 25-26 років.

Існують переконливі докази акселерації розвитку серцево-судинної, дихальної та рухової систем дітей і підлітків, що, можливо, призвело до «омолодження» спортивних рекордів. Акселерація фізичних показників розвитку стимулювала і психічний розвиток, оскільки між фізичним і психічним розвитком існує тісний взаємозв'язок. Можливо, прискорення психічного розвитку обумовлене також науково-технічним прогресом, підвищенням освітнього цензу батьків і вдосконаленням системи народної освіти. В зв'язку з цим правильніше говорити про два типи психічної акселерації: один обумовлений завчасним дозріванням морфофункціональної основи психіки, інший — соціальним прогресом.

Разом з терміном «епохальна акселерація» в сучасній науковій літературі іноді використовують поняття «*вікова тенденція*» і «*епохальні зміни*», які трактуються ширше. Під цими термінами розуміються також багато змін біології сучасної людини: збільшення репродуктивного періоду у жінок, подовження тривалості життя, зміни в характері і розповсюдженні захворювань тощо.

Під *внутрішньогруповою акселерацією* розуміють прискорення фізичного розвитку окремих дітей і підлітків в певних вікових групах. В середньому такі діти складають 13—20 % від загального числа дітей даного віку. Для них характерні високий ріст, велика м'язова сила, значні можливості дихальної

системи. У них значно швидше відбувається статеве дозрівання, раніше закінчується ріст в довжину (зазвичай до 15—17 років) і дещо швидше, як вважають більшість учених, здійснюється психічний розвиток.

Причини акселерації

1. Ефект гетерозису, пов'язаного з широкою міграцією сучасного населення і збільшенням кількості змішаних шлюбів. При цьому потомство першого покоління володіє тимчасовою перевагою у фізичному розвитку.

2. Урбанізація населення (збільшення міського населення) і стимулюючий вплив умов міського життя на темпи фізичного розвитку.

3. Збільшення рівня радіації на Землі, величина якого внаслідок широкого застосування іонізуючих випромінювань і радіоактивних речовин у військових і мирних цілях істотно зросла в порівнянні з тим, що існував раніше природним радіоактивним фоном нашої планети.

4. Поліпшення соціальних і соціально-гігієнічних умов життя населення промислово розвинених країн.

Вікова періодизація

Розвитком дитини є безперервний процес, в якому етапи повільних кількісних змін закономірно призводять до різких стрибкоподібних якісних перетворень структури і функції дитячого організму.

Кожен такий якісний ступінь в індивідуальному розвитку людини характеризується рядом морфофункціональних особливостей, вивчити які — завдання великого кола вчених, оскільки без цих досліджень неможлива дійсно наукова побудова схеми вікової періодизації.

На жаль, сьогодні наші знання біологічних особливостей постнатального розвитку людини ще недостатні і ми поки не в змозі чітко виділити навіть його окремі етапи. Тому проблема вікової періодизації залишається однією з актуальних для всього комплексу наук, що досліджують розвиток людини. Її вирішення чекають медики, гігієністи, фахівці з фізичного виховання, психологи і педагоги.

Таблиця 2.

Вікова періодизація (за А.А.Маркосяном, 1969)

Віковий період	Роки	
	Чоловіча стать	Жіноча стать
Новонароджений	до 10 днів	
Грудний вік (немовля)	10 днів - 1 рік	
Раннє дитинство	1-3 роки	
Перше дитинство	4-7 років	
Друге дитинство	8-12 років	8-11 років
Підлітковий вік	13-16 років	12-15 років
Юнацький вік	17-21 рік	16-20 років
Перший зрілий вік	22-35 років	21-35 років
Другий зрілий вік	36-60 років	36-55 років
Похилий вік	61-74 роки	56-74 роки
Старечий вік	75-90 років	
Довгожителі	91 років і більше	

В даний час запропоновано багато схем поділу на вікові періоди

постнатального розвитку людини. Одна з них, яка найбільш широко застосовується у практичній діяльності фахівців, що мають відношення до дітей та підлітків, представлена вище.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттям «регуляція функцій», «гомеостаз», «рівень організації життя». Види регуляції функцій людського організму.
2. Охарактеризуйте поняття «ріст» та «розвиток» дитячого організму.
3. Назвіть якісні зміни, що відбуваються в організмі людини під час формування рухових якостей.
4. Дайте визначення поняттю «фізичний розвиток». Назвіть основні ознаки антропометричних вимірювань.
5. Назвіть основні критичні періоди в розвитку дитячого організму.
6. Акселерація і ретардація у дітей та підлітків.
7. Причини та наслідки акселерації та ретардації у фізичному розвитку дітей та підлітків.
8. Охарактеризуйте науковий підхід А.А.Маркосяна у виділенні окремих вікових періодів під час постнатального розвитку людини.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1.

1. Апанасенко Г. Л. Фізичний розвиток дітей та підлітків. / Г.Л.Апанасенко. - К.: Здоров'я, 1985. – 59 с.
2. Апанасенко Г.Л. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. / Г.Л.Апанасенко, С.О.Михайлович. – Ужгород: УжНУ, 2004. – 144 с.
3. Безруких М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). / М.М.Безруких, В.Д.Сонькин, Д.А.Фарбер. – М.: Академа, 2003. – 415 с.
4. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420 с.
5. Основы физиологии человека. / Под. ред. Б.И.Ткаченка. - СПб: Наука, 1994. – 400 с.
6. Ровний А.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. / А.С.Ровний, В.С.Язловецький. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
7. Ровний А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Ільїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
8. Спортивная физиология. / Под. ред. Я.Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986.
9. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
10. Физиология человека. / Под ред. Н.В.Зимкина. - М.: Физкультура и спорт, 1975.
11. Фомин Н.А. Физиология человека: Учеб.пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов. / Н.А.Фомин. – М.: Просвещение, 1982. – 320 с.
12. Чижик В.В. Спортивна фізіологія: навчальний посібник для студентів / В.В.Чижик. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2011. – 256 с.

РОЗДІЛ 2. НЕРВОВА СИСТЕМА І РУХОВИЙ АПАРАТ ЛЮДИНИ ТА ЇХ РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

2.1. СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Нервова система впливає на уся фізіологічну діяльність організму людини. Нерви, нервові волокна утворюють своєрідну сітку, по котрій електричні імпульси передаються практично до усіх ділянок тіла, а також приймаються з них. Головний мозок діє як комп'ютер, інтегруючи інформацію, що надходить, відшукуючи потрібну відповідь і потім інструктуючи відповідні частини тіла, як діяти. Таким чином, нервова система забезпечує комунікацію та координацію взаємодій між усіма тканинами організму, а також із зовнішнім світом (Дж.Вілмор, Д.Костіл, 2003).

Нервова система є однією з найскладніших систем організму. Основною структурною одиницею нервової системи є *нервова клітина або нейрон*, а найменшою одиницею, що може виконати функцію нервової системи є *рефлекторна дуга*.

Нейрони складаються з тіла (соми), дендритів та аксона.

Відросток по якому нервовий імпульс направляється до тіла нейрона називається *дендритом* (у більшості випадків їх багато і утворюють дендритне дерево та вони короткі).

Відросток по якому нервовий імпульс направляється від тіла нейрона називається *аксон* (у більшості випадків він один і довгий).

Нервовий імпульс

Нервовий імпульс — електричний заряд — являє собою сигнал, що переходить від одного нейрона до іншого, поки не досягне кінцевого органа, наприклад, групи м'язових волокон, або не повернеться назад у центральну нервову систему.

Насправді утворення нервового імпульсу, його тривалість та закінчення є досить складним фізико-хімічним та фізіологічним процесом. Зупинимось на основних положеннях, що характеризують нервовий імпульс:

1. Мембранний потенціал спокою нейрона – 70 мВ є результатом співвідношенням іонів натрію і калію на поверхні та у середині клітини, обумовлено головним чином дією натрій-калійного насоса у сполученні з високою натрієвою та низкою калійною проникністю мембрани нейрона.

2. Будь-яка зміна, що підвищує позитивний заряд мембранного потенціалу називається *деполяризацією*. Будь-яка зміна, що підвищує негативний заряд називається *гіперполяризацією*. Ці зміни мають місце при відкритих іонних каналах, що дозволяє іонам переміщуватися з однієї ділянки на іншу.

3. При деполяризації мембрани на 15-20 мВ досягається поріг, результатом якого є потенціал дії. Він не виникає, якщо поріг не досягається.

4. Виникнення потенціалу дії включає наступну послідовність явищ:

- підвищення натрієвої проникності внаслідок відкриття натрієвих каналів;
- зниження натрієвої проникності при їх закритті;

- відкриття калієвих каналів та реполяризація.

5. У мієлінізованих нейронах (нейрони, що вкриті мієліновою оболонкою). Імпульс переміщується між перехватами Ранв'є (ділянки потоншення оболонки мієлінізованого нервового волокна). Цей процес – стрибкоподібна провідність – у 5-50 разів вищий, ніж провідність немієлінізованого волокна такого самого діаметру.

6. Нервовий імпульс швидше переміщується по нейронам більшого діаметру.

Зв'язок одного нейрона з іншими здійснюється завдяки потенціалу дії. Після його виникнення нервовий імпульс проходить через увесь аксон, досягаючи закінчень його або синапсів.

Синапс – це ділянка передачі імпульсу з одного нейрона на інший.

Зв'язок між нейроном і м'язовим волокном відбувається у нервово-м'язовому з'єднанні.

Зупинимося на основних положеннях нервово-м'язового з'єднання (пізніше механізм м'язового скорочення, в основі якого, знаходиться нервово-м'язове з'єднання, буде розглянуто у підрозділі 2.2.):

1. Нейрони підтримують зв'язок один з одним за допомогою синапсів.

2. Синапс складається з

- закінчення аксонів пресинаптичного нейрона;

- постсинаптичних рецепторів на дендритах або тілі наступного нейрона;

- простору між двома нейронами (синаптична щілина).

3. Нервовий імпульс спричиняє виділення хімічних речовин, котрі називаються нейромедіаторами, з пресинаптичних закінчень аксонів у синаптичну щілину.

4. Нейромедіатори дифундують через щілину і зв'язуються з постсинаптичними рецепторами.

5. Якщо нейромедіатори приєдналися до рецепторів, то імпульс передано і нейромедіатор після цього або руйнується ферментами, чи повертається у пресинаптичний нейрон для подальшого використання.

6. Приєднання нейромедіатора до постсинаптичних рецепторів відкриває іонні канали у цій мембрані і спричиняє деполяризацію (збудження) або гіперполяризацію (гальмування) залежно від нейромедіатора та рецепторів, з котрими він зв'язаний.

7. Зв'язок нейронів з клітинами м'язу здійснюється у нервово-м'язових з'єднаннях. Вони включають пресинаптичні закінчення аксонів, синаптичну щілину та рецептори на сарколемі м'язового волокна. Нервово-м'язове з'єднання функціонує подібно до синапсу.

8. Ацетилхолін та норадреналін — найважливіші нейромедіатори у регуляції м'язового скорочення.

Центральна нервова система як відомо з курсу анатомії та фізіології людини складається з спинного та головного мозку. Узагальнемо вже відомі відомості будови та функції цих структур у людини.

Центральна нервова система

Спинний мозок складається з сірої речовини, що утворена тілами нейронів

(на поперечному розрізі має вигляд «метелика») та білої речовини (пучків нервових волокон, що забезпечують двостороннє проведення нервових імпульсів). Сенсорні (аферентні) волокна передають нервові сигнали з сенсорних рецепторів (м'язів та суглобів) на верхні рівні ЦНС. Рухові (еферентні) волокна головного мозку та верхньої частини спинного мозку йдуть до органів (м'язів, залоз).

Головний мозок людини складається з численної кількості частин. Його умовно функціонально можна поділити на чотири ділянки:

1) стовбур мозку; 2) мозочок; 3) проміжний мозок; 4) кінцевий мозок

Стовбур мозку складається із довгастого мозку, варолієвого мосту та середнього мозку, і являє собою частину мозку, що з'єднує спинний мозок з головним. Через нього проходять усі сенсорні та рухові нерви, котрі забезпечують обмін інформацією між головним та спинним мозком. Тут беруть початок 10 з 12 пар черепних нервів. У стовбурі також містяться основні автономні регуляторні центри, що контролюють діяльність дихальної та серцево-судинної систем тощо.

Ряд спеціальних нейронів, що утворюють своєрідну сітку та йдуть по усій довжині стовбура — так звана **ретиккулярна формація** — підпадають під вплив і самі впливають практично на усі ділянки ЦНС. Ці нейрони сприяють:

- а) координації функції скелетних м'язів;
- б) підтриманню м'язового тону;
- в) контролю діяльності серцево-судинної та дихальної систем;
- г) визначенню усвідомленого стану (пробудження та сон).

Мозочок знаходиться позаду стовбура мозку. Він з'єднується з багатьма частинами мозку і відіграє важливу роль у контролі багатьох функцій організму, у тому числі у контролі руху, відповідає за висококоординовану діяльність.

Проміжний мозок. Ця ділянка мозку складається в основному з таламуса та гіпоталамуса. Таламус є важливим сенсорним інтегративним центром. До нього надходять усі сенсорні сигнали (за виключенням запахів) і передаються у відповідну ділянку кори головного мозку. Таламус відіграє важливу роль у руховому контролі.

Гіпоталамус, котрий знаходиться безпосередньо під таламусом, забезпечує підтримання гомеостазу, регулюючи всі процеси, що впливають на внутрішнє середовище тіла. Нервові центри тут регулюють:

- автономну нервову систему (і через неї — артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, дихання, травлення, виділення тощо);
- температуру тіла; баланс рідини;
- нейроендокринний контроль;
- емоції;
- відчуття спраги, споживання їжі;
- цикли сну — пробудження.

Кінцевий мозок складається з лівої та правої півкуль, котрі з'єднані одна з одною пучками волокон, що утворюють мозолисте тіло. Кора головного мозку утворює зовнішню частину півкуль, котра відповідає за психічну діяльність. Кору мозку називають сірою речовиною через характерний сірий колір,

обумовлений відсутністю мієліну на тілах нейронів, що знаходяться у цій ділянці. Кора головного мозку є центром свідомості. Тут здійснюється процес мислення, усвідомлюються сенсорні стимули, реалізується довільний контроль рухів.

Кінцевий мозок складається з часток:

- 1) лобна частка — загальний інтелект та руховий контроль;
- 2) скронева частка — слухові сигнали та їх інтерпретація;
- 3) тім'яна частка — загальні сенсорні імпульси та їх інтерпретація;
- 4) потилична частка — зорові імпульси та їх інтерпретація.

Три основні ділянки головного мозку, що представляють для нас найбільший інтерес, про котрі йтиметься далі, це рухова ділянка кори головного мозку — у лобній долі; базальні ядра — у білій речовині; чутлива (аферентна) зона кори головного мозку — у тім'яній частці.

Периферична нервова система

Іншим відділом нервової системи людини є периферична нервова система, яка має два основних відділи: сенсорний та руховий.

Сенсорний відділ передає сенсорну інформацію до ЦНС. Сенсорні (аферентні, чутливі) нейрони беруть початок у кровоносних та лімфатичних судинах, внутрішніх органах, органах чуття, шкіри, а також м'язах та сухожилках.

Сенсорний відділ отримує інформацію від п'яти основних видів рецепторів:

- 1) механорецепторів, котрі реагують на механічну силу (тиск, дотик або розтягнення);
- 2) терморецепторів, що реагують на зміни температури;
- 3) больових рецепторів, що реагують на больові стимули;
- 4) фоторецепторів, що реагують на електромагнітне випромінювання і забезпечують зорове сприйняття;
- 5) хеморецепторів, котрі реагують на хімічні стимули (їжа, запах або зміни концентрацій речовин у крові кисню, діоксиду вуглецю, глюкози, електролітів тощо).

ЦНС передає інформацію в різні ділянки тіла через руховий, або еферентний відділ периферичної нервової системи. Обробивши інформацію, що надійшла з сенсорного відділу, ЦНС вирішує, як на неї реагувати. По найскладнішій сітці нейронів, що йдуть від спинного та головного мозку в усі частини тіла, передаються докладні інструкції в ділянки-мішені, у нашому випадку — у м'язи.

Іншим відділом нервової системи є **автономна або вегетативна нервова система**.

Автономна нервова система, котру часто розглядають як частину рухового відділу ПНС, забезпечує контроль мимовільних внутрішніх функцій. В свою чергу автономна нервова система поділяється на два відділи — це симпатична та парасимпатична нервова системи.

Роль автономної нервової системи можна спостерігати з інформації, що представлена у таблиці 3.

Таблиця 3.

Вплив симпатичної та парасимпатичної нервової системи на різні органи

Орган, система, мішень	Симпатична нервова система	Парасимпатична нервова система
Серцевий м'яз	Збільшує частоту та силу скорочень	Зменшує частоту скорочень
Серце, судини	Розширює судини	Звужує судини
Легені	Розширює бронхи, помірно звужує кровоносні судини	Звужує бронхи
Кровоносні судини	Підвищує артеріальний тиск, звужує судини внутрішніх органів та шкіри, повертаючи кров до серця, розширює судини скелетних м'язів та серця під час м'язової діяльності	Незначний вплив або відсутність впливу взагалі
Печінка	Стимулює виділення глюкози	Відсутність впливу
Клітинний метаболізм	Підвищує інтенсивність обміну	
Жирова тканина	Стимулює ліполіз	
Потові залози	Підсилює потовиділення	
Мозкова речовина надниркових залоз	Стимулює секрецію адреналіну та норадреналіну	
Травна система	Знижує активність залоз та м'язів, звужує сфінктер	Підсилює перистальтику та секрецію залоз, розслаблює сфінктер
Нирки	Звужує судини, зменшує утворення сечі	Відсутність впливу

Рефлекторна діяльність

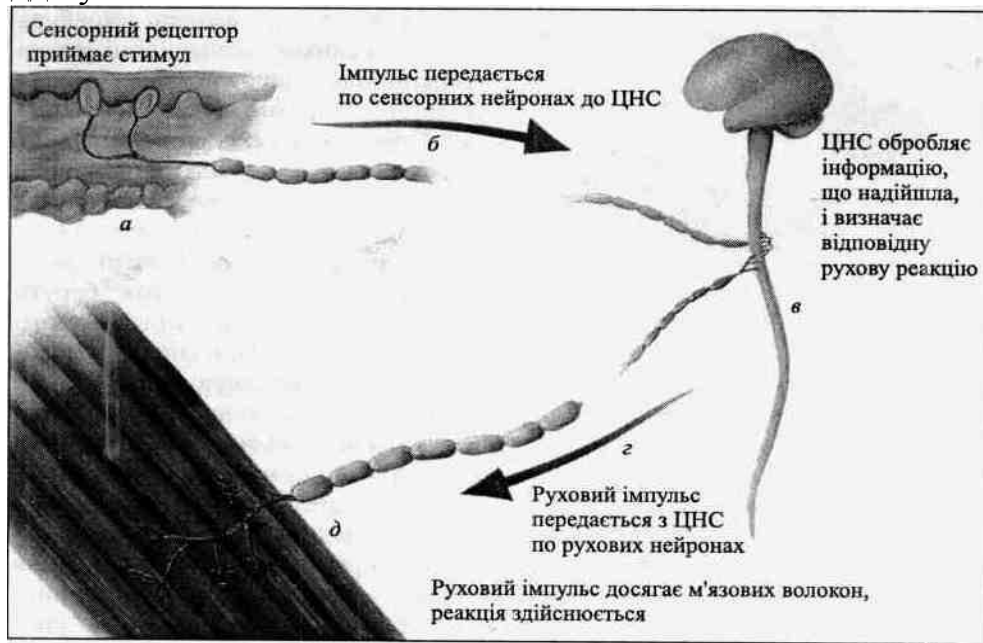
Тепер, коли ми з'ясували компоненти та відділи нервової системи, можемо розглянути, як сенсорний стимул викликає рухову реакцію. Звідки, наприклад, м'язи руки знають, що треба забрати палець від гарячої плити? Як, коли ви вирішили побігти, м'язи суміщають збереження положення тіла та просування його уперед? Виконання цих завдань здійснюється у результаті взаємодії сенсорного та рухового відділів.

Рефлекторний принцип сенсорно-рухової інтеграції показано на рис. 1. Щоб тіло прореагувало на сенсорний стимул, сенсорний та руховий відділи нервової системи мають функціонувати разом у такій послідовності:

- 1) сенсорні рецептори приймають сенсорний стимул (рис. 1, а);
- 2) сенсорний імпульс передається по сенсорних нейронах до ЦНС (рис.1, б);
- 3) ЦНС обробляє сенсорну інформацію, що надійшла, і визначає відповідну рухову реакцію (рис. 1, в);
- 4) сигнали реакції передаються з ЦНС по рухових нейронах (рис. 1, г);
- 5) руховий імпульс передається м'язу (рис. 1, д) і реакція здійснюється.

Відчуття та фізіологічний статус організму визначають сенсорні рецептори. Імпульси внаслідок сенсорного стимулювання передаються через сенсорні нерви у спинний мозок. Досягнувши його, вони «включають» локальний рефлекс на цьому рівні або йдуть у більш високі ділянки спинного мозку або у головний мозок. Сенсорні шляхи до головного мозку можуть перериватися у сенсорних ділянках стовбура мозку, у мозочку, таламусі або корі головного мозку. Ділянка, де закінчуються сенсорні імпульси, називається інтеграційним

центром. Саме тут сенсорний імпульс інтерпретується і передається до рухового відділу.



**Рис. 1. Послідовність подій у сенсорно-руховій інтеграції
Сенсорний імпульс та руховий контроль (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)**

Функції інтеграційних центрів різноманітні:

- сенсорні імпульси, котрі перериваються (закінчуються) у спинному мозку, тут і інтегруються. Реакцією звичайно є простий руховий рефлекс, що являє собою найпростіший тип інтеграції;
- сенсорні імпульси, що закінчуються у нижній частині стовбура мозку, викликають підсвідомі рухові реакції більш високого рівня і більш складні, ніж рефлексивні спинного мозку. Прикладом сенсорного імпульсу цього рівня є постмуральний контроль при пересуванні, перебуванні у положенні сидячи або стоячи;
- сенсорні імпульси, котрі закінчуються у мозочку, також беруть участь у реалізації підсвідомого контролю руху. Це, певно, центр координації, що робить наші дії більш плавними, координуючи дії різних м'язових груп, котрі скорочуються. Мозочок разом з базальними ядрами головного мозку координує усі тонкі і грубі рухи тіла. Без контролю з боку мозочка усі виконувані рухи були б некоординованими і неконтрольованими;
- сенсорні сигнали, що закінчуються у таламусі, досягають рівня свідомості і людина починає розрізняти найрізноманітніші відчуття;
- сенсорні сигнали попадають у кору головного мозку, людина може дискретно локалізувати сигнал. Основна чутлива зона кори головного мозку, що розташована у постцентральної звивині (у тім'яній частці), сприймає загальні сенсорні імпульси від рецепторів шкіри, а також пропріорецепторів м'язів, сухожилків та суглобів. У цій ділянці є «карта» усього тіла. Стимулювання у певній ділянці розпізнається і його точне місцезнаходження одразу ж стає відомим. Таким чином, ця частина головного мозку постійно забезпечує

нас інформацією про все, що нас оточує, та про наш взаємозв'язок з довколишнім середовищем.

Після надходження до ЦНС сенсорного імпульсу одразу ж виникає реакція рухового нейрона незалежно від рівня, на котрому «зупинився» імпульс. Контроль скелетних м'язів здійснюють імпульси, що проводяться руховими (еферентними) нейронами, котрі починаються в одному з трьох рівнів:

- 1) спинному мозку;
- 2) нижніх ділянках головного мозку;
- 3) руховій зоні кори головного мозку.

По мірі переміщення рівня здійснення контролю від спинного мозку до рухової зони кори головного мозку збільшується складність рухів від простих рефлексів до ускладнених рухів, виконання котрих потребує участі розумових процесів. Рухові реакції більш складних рухів, як правило, беруть свій початок у руховій зоні кори головного мозку.

Руховий нейрон закінчується нервово-м'язовим синапсом, який сполучає нервову та м'язові системи викликаючи передачу нервового імпульсу до м'язу. Детальніше механізм м'язового скорочення представлено у підрозділі 2.2.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть і дайте характеристику основним компонентам нервової клітини.
2. Опишіть особливості утворення нервового імпульсу на мембрані нервової клітини.
3. Назвіть структури та функції центральної нервової системи.
4. В чому полягає роль симпатичної та парасимпатичної вегетативної нервової системи?
5. Що таке сенсорно-рухова інтеграція ?
6. Особливості інтеграційних центрів та їх функції
7. В яких структурах ЦНС здійснюється руховий контроль?
8. В чому полягає сутність рефлекторної діяльності під час м'язової роботи?

2.2. СКЕЛЕТНИЙ М'ЯЗ. МЕХАНІЗМ М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ

М'язова система

Скелетний м'яз являє собою складно побудований орган. Скоротлива функція м'язу здійснюється завдяки діяльності м'язових скорочень, які володіють властивістю збудливості і скоротливості; вони складають значну частину маси м'язу. М'язові волокна, що утворюють скелетні м'язи, відносяться до поперечно-позмугованої м'язової тканини.

Зовнішня оболонка м'язу побудована сполучною тканиною, і має назву епімізій. Він охоплює м'яз і надає йому форму. М'яз складається з пучків м'язових волокон, що вкриті також сполучною тканиною. Сполучнотканинна оболонка, що охоплює кожний пучок, називається перимізієм. Під перимізієм розташовуються м'язові волокна, що є окремими м'язовими клітинами. Кожне м'язове волокно також покриває сполучнотканинна оболонка, котра називається

ендомізієм.

М'язове волокно. Діаметр м'язових волокон коливається від 10 до 80 мікрометрів (мкм) і вони практично невидимі неозброєним оком. Більшість із них тягнуться на усю довжину м'яза. Наприклад, довжина м'язового волокна стегна може перевищувати 35 см. Кількість волокон у м'язі значно коливається залежно від його розміру та функції.

Сарколема. Якщо уважно розглядати окреме м'язове волокно, то можна помітити, що воно вкрите плазматичною мембраною — сарколемою.

На кінці кожного м'язового волокна його сарколема з'єднується з сухожилком, прикріпленим до кістки. Сухожилок являє собою щільну сполучнотканинну структуру, котра передає зусилля, що продукується м'язовими волокнами, кісткам, здійснюючі тим самим рух.

Саркоплазма. За допомогою мікроскопа ви можете побачити, що всередині сарколеми м'язове волокно містить послідовно дрібніші субодиниці (рис. 2). Найбільші з них — міофібрили, про котрі йтиметься далі. Міофібрили являють собою паличкоподібні структури, котрі тягнуться на всю довжину волокон. Простір між ними заповнений желатиноподібною рідиною. Це - саркоплазма, рідинна частина м'язового волокна, що є його цитоплазмою. Саркоплазма містить головним чином розчинні білки, мікроелементи, глікоген, жири та необхідні органели. Вона відрізняється від цитоплазми тим, що більшість її клітин містить більшу кількість накопиченого глікогену, а також киснесполучною сполукою — міоглобином, подібним до гемоглобіну.

Поперечні трубочки. Саркоплазму перетинає широка сітка поперечних трубочок (Т-трубочок), котрі є продовженням сарколеми (плазматичної мембрани). Вони взаємоз'єднуються, проходячи серед міофібрил, і забезпечують швидку передачу нервових імпульсів, котрі сприймає сарколема, до окремих міофібрил. Окрім того, трубочки забезпечують надходження до внутрішніх частин м'язового волокна речовин, котрі переносяться позаклітинними рідинами: глюкози, кисню, різних іонів.

Саркоплазматичний ретикулум. У м'язовому волокні також міститься сітка поздовжніх трубочок, котра називається саркоплазматичним ретикулумом (СР). Ці мембранні каналця розташовані паралельно міофібрилам, утворюючи петлі навколо них. СР слугує місцем накопичення іонів кальцію, котрий має велике значення для м'язового скорочення.

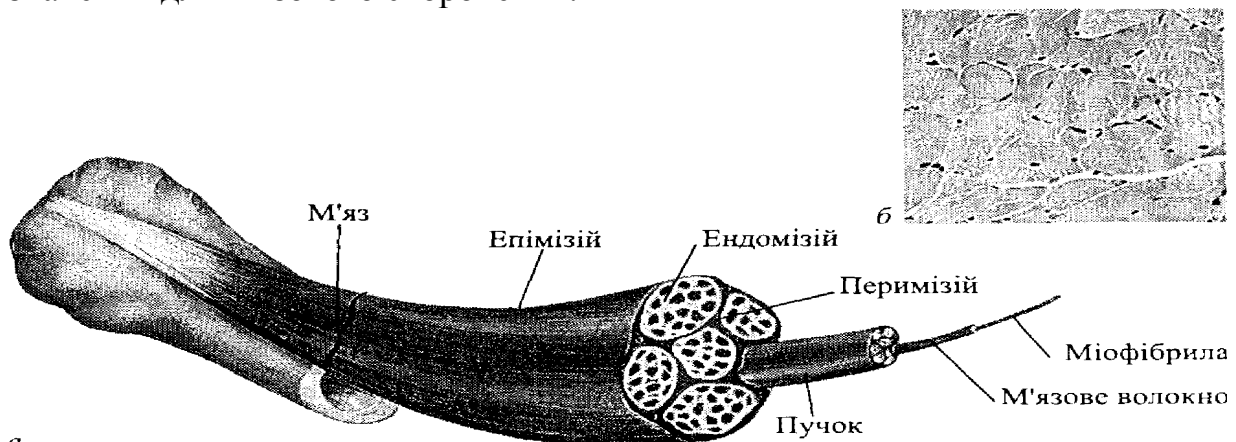


Рис. 2. Будова (а) та поперечний розріз (б) скелетного м'яза
(Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)

Міофібрила. У кожному м'язовому волокні міститься від кількох сотень до кількох тисяч міофібрил. Це скоротливі елементи скелетного м'яза. Міофібрила складається з саркомерів, що мають вигляд довгих ниток.

Смуги та саркомер. Волокна скелетного м'яза під мікроскопом мають характерний смугастий вигляд. Саме тому скелетний м'яз називають також поперечносмугастим. Такі ж смуги є характерними для серцевого м'яза, тому його також можна вважати поперечносмугастим.

Основною функціональною одиницею міофібрили є саркомер. Кожна міофібрила складається з численної кількості саркомерів, кінці котрих з'єднані один з одним біля Z-ліній. Кожний саркомер включає те, що знаходиться між кожною парою Z-ліній, у такій послідовності:

- I-диск (світла ділянка);
- A-диск (темна ділянка);
- H-зона (у середині A-диска);
- решта A-диска
- другий I-диск.

Тонкіші філаменти, що відповідають за м'язове скорочення утворені актином, грубіші — міозином. У кожній міофібрилі поряд розташовуються близько 3000 актинових та 1500 міозинових філаментів. Смуги, характерні для м'язових волокон, є результатом розташування цих філаментів, що ілюструє рис. 3. Світлий I-диск вказує на ділянку саркомера з тонкими актиновими філаментами. Темний A-диск являє собою ділянку, що складається як з грубих міозинових, так і з тонких актинових філаментів. H-зона — центральна частина A-диска, що є видимою тільки тоді, коли саркомер перебуває у спокої. Вона складається виключно з грубих філаментів. Світліше забарвлення H-зони порівняно з сусіднім A-диском обумовлене відсутністю у ній актинових філаментів. H-зону можна побачити тільки коли саркомер розслаблений, оскільки він вкорочується при скороченні й актинові філаменти «втягуються» у цю зону, роблячи її забарвлення таким, як і решта частин A-диска.

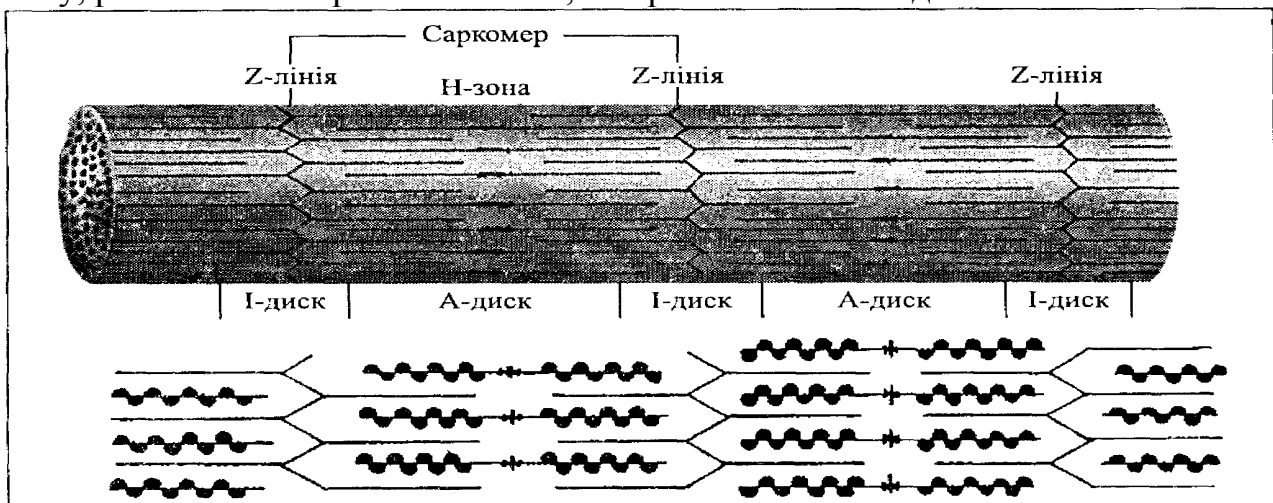


Рис. 3. Основна функціональна одиниця міофібрили — саркомер, котрий

складається із певним чином розташованих актинових та міозинових філаментів (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)

Міозинові філаменти. Хоча і було відмічено, що у кожній міофібрилі міститься близько 3000 актинових та 1500 міозинових філаментів, ці цифри є не зовсім точними. Близько 2/3 білків скелетного м'яза становить міозин. Згадуючи, що міозинові філаменти грубі. Кожний міозиновий філамент утворений приблизно 200 молекулами міозину, розташованими поряд кінцями один до одного (Дж. Вілмор, Д. Костіл, 2003).

Кожна молекула міозину складається з двох сплетених протеїнових пучків. Один кінець кожного пучка утворює, глобулярну голівку, так звану міозинову голівку. Кожний філамент має кілька таких голівок, котрі випинаються вперед і утворюють поперечні містки, що взаємодіють під час м'язового скорочення зі спеціальними активними ділянками на актинових філаментах.

Актинові філаменти. Один кінець кожного актинового філамента входить до Z-лінії, другий протягується до центра саркомера, проходячи між міозиновими філаментами. Кожний актиновий філамент має активну ділянку, до котрої може «прив'язатися» міозинова голівка.

Кожний тонкий, або актиновий, філамент складається з трьох різних протеїнових молекул: актину, тропоміозину та тропоніну.

Актин утворює основу філамента. Окремі актинові молекули є глобулярними і, з'єднуючись разом, утворюють нитки актинових молекул. Дві нитки обвиті одна навколо другої у вигляді спіралі подібні до двох низок перлин, скручених разом. Тропоміозин — це білок, що має форму трубки; він обвиває актинові нитки, заповнюючи заглиблення між ними. Тропонін є складнішим білком, котрий через рівні проміжки прикріплений до ниток актину та до тропоміозину. Складна діяльність тропоміозину та іонів кальцію спрямована на збереження стану розслаблення або розвиток скорочення міофібрили, про які йтиметься далі.

Скорочення м'язового волокна

Кожне м'язове волокно іннервується окремим руховим нервом, що закінчується у середній частині волокна. Окремий руховий нерв та усі волокна, котрі він іннервує, мають назву — рухова одиниця. Синапс між руховим нервом та м'язовим волокном називається нервово-м'язовим синапсом. Саме у ньому здійснюється зв'язок між нервовою та м'язовою системами.

Руховий імпульс. Явища, що спричиняють скорочення м'язового волокна, є дуже складними. Процес, показаний на рис. 4, починається внаслідок збудження рухового нерва. Нервовий імпульс надходить до нервових закінчень аксонів, котрі знаходяться поблизу сарколеми. При надходженні імпульсу ці нервові закінчення виділяють нейромедіатор - ацетилхолін (Ацх), котрий прив'язується до рецепторів сарколеми (рис. 4, а). При достатній його кількості на рецепторах електричний заряд передається по усій довжині волокна. Цей процес називається розвитком потенціалу дії. Розвиток потенціалу дії у м'язовій клітині має відбутися раніше, ніж вона зможе скоротитися.

Роль кальцію. Окрім деполяризації мембрани волокна, електричний

імпульс проходить через усю сітку трубочок волокна (Т-трубочки та саркоплазматичний ретикулум) у внутрішню частину клітини. Надходження електричного імпульсу призводить до виділення значної кількості іонів кальцію з саркоплазматичного ретикулума у саркоплазму (рис. 4, б).

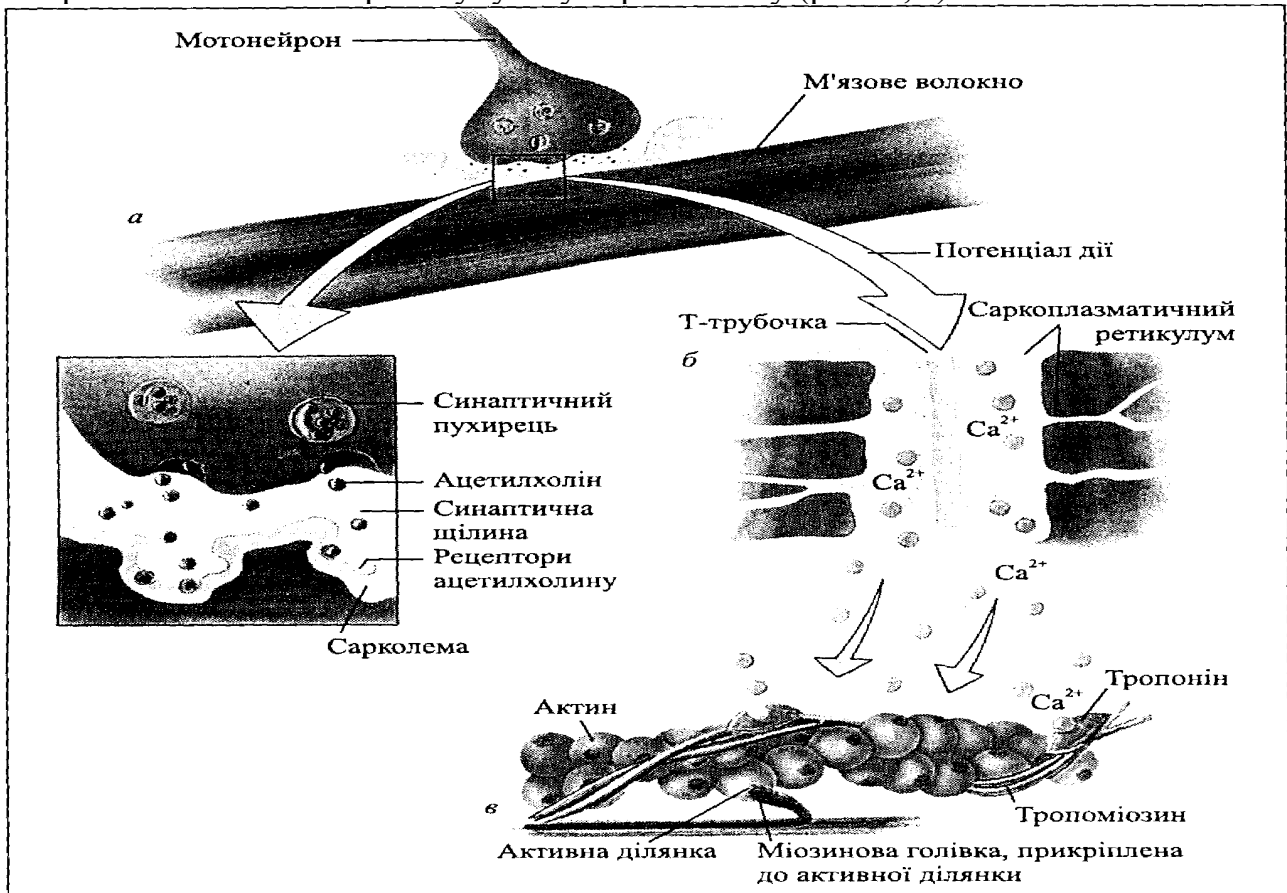


Рис. 4. Послідовність дій, що сприяють здійсненню м'язового скорочення:
а — мотонейрон виділяє ацетилхолін, котрий приєднується до рецепторів, що знаходяться на сарколемі; якщо приєднується достатня кількість ацетилхоліну, то у м'язовому волокні утворюється потенціал дії;
б — потенціал дії «включає» виділення Ca²⁺ з СР у саркоплазму;
в — Ca²⁺ приєднується до тропоніну на актиновому філаменті і тропонін «відтягує» тропоміозин від активних ділянок, дозволяючи міозиновим голівкам прикріпитися до актинового філамента (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003).

Вважають, що у стані спокою молекули тропоміозину знаходяться над активними ділянками актинових філаментів, запобігаючи «прив'язування» міозинових голівок. Після вивільнення іонів кальцію з саркоплазматичного ретикулума вони зв'язуються з тропоніном на актинових філаментах. Вважають, що тропонін, котрий має виражену спорідненість з іонами кальцію, потім починає процес скорочення, «піднімаючи» молекули тропоміозину з активних ділянок актинових філаментів (рис. 4, в). Оскільки тропоміозин звичайно «приховує» активні ділянки, він блокує взаємодію поперечних містків міозину з актиновим філаментом. Але як тільки тропонін та кальцій «піднімають» тропоміозин з активних ділянок, голівки міозину починають прикріплюватися

до активних ділянок актинових філаментів.

Теорія ковзання філаментів. Як скорочуються м'язові волокна? Це явище пояснює так звана теорія ковзання філаментів. Коли поперечний місток міозину прикріплюється до актинового філамента, то обидва філаменти ковзають відносно один одного. Вважають, що міозинові голівки та поперечні містки у момент прикріплення до актинових ділянок піддаються структурним змінам. Між гілкою поперечного містка та міозиновою голівкою виникає значна міжмолекулярна взаємодія, у результаті котрої голівка нахиляється до гілки і тягне актиновий та міозиновий філаменти у протилежні боки. Цей нахил голівки називають енергетичним, або силовим, ударом.

Одразу ж після нахилу міозинова голівка відривається від активної ділянки, повертається у вихідне положення та прикріплюється до нової активної ділянки далі впродовж актинового філамента. Повторювані прикріплення та відкріплення (розриви) змушують філаменти ковзати відносно один одного, що послугувало основою появи теорії ковзання.

Процес триває до тих пір, поки закінчення міозинових філаментів не досягнуть Z-ліній. Під час ковзання (скорочення) актинові філаменти ще більше зближуються, виходять у H-зону і насамкінець перекривають її. Коли це відбувається, тоді H-зона стає невидимою.

Енергетика м'язового скорочення. М'язове скорочення є активним процесом для котрого потрібна енергія. Окрім зв'язуючої ділянки для актину міозинова голівка містить таку саму ділянку для аденозинтрифосфата (АТФ). Щоб виникло м'язове скорочення, молекула міозину має з'єднатися з АТФ, оскільки останній забезпечує необхідну енергію.

Фермент АТФаза, розташований на голівці міозину, розщеплює АТФ, утворюючи аденозиндифосфат (АДФ), неорганічний фосфор (P) та енергію. Енергія, що вивільнилася внаслідок розщеплення АТФ використовується для прикріплення голівки міозину до актинового філамента. Таким чином, АТФ — це хімічне джерело енергії для м'язового скорочення.

Завершення м'язового скорочення. М'язове скорочення триває до тих пір, поки не вичерпаються запаси кальцію. Потім кальцій «перекачується» назад до СР, де знаходиться доти, доки новий нервовий імпульс не досягне мембрани м'язового волокна. Повернення кальцію до СР здійснює активна система «кальцієвого насоса». Це ще один процес, для здійснення котрого необхідна енергія, джерелом якої знову таки є АТФ. Таким чином, енергія необхідна і для фази скорочення, і для фази розслаблення.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Особливості будови м'язового волокна.
2. Що собою являють саркоплазма, сарколема, саркоплазматичний ретикулум м'язового волокна?
3. Функції структур та органел м'язового волокна.
4. Особливості будови міофібрили. Саркомер.
5. Перерахувати компоненти рухової одиниці.
6. Яку роль відіграє кальцій у процесі м'язового скорочення?

7. Який чином здійснюється скорочення м'язового волокна?
8. Роль АТФ у забезпеченні м'язового скорочення.
9. Теорія ковзання філаментів.

2.3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ РУХОВИХ НАВИЧОК І НАВЧАННЯ СПОРТИВНОЇ ТЕХНІКИ

Важливою складовою частиною діяльності організму людини при виконанні мимовільних рухових дій є *керування рухами*. Процес керування рухами дуже складний. Складність керування рухами полягає в тому, що при русі змінюється кількість рухових одиниць, м'язи працюють у різних режимах, змінюється швидкість і сила м'язових скорочень. Проте в процесі багаторазових повторень керування рухами вдосконалюється і на певному етапі не вимагає спеціального вольового контролю. Таким чином, на певному етапі з'являється здатність до автоматизованого й усвідомленого виконання рухів.

Ведучим фізіологічним механізмом керування рухами є термінова їх корекція на основі постійного обміну інформацією між виконуючими приладами – м'язами та пусковими апаратами нервової системи (принцип сенсорних корекцій). Коректуючі імпульси виникають у рухових центрах в результаті потрапляння сигналів від рецепторів м'язів до центрального апарату регуляції рухів (див. нижче «принцип зворотного зв'язку за П.К.Анохіним»).

Завдяки пластичності нервової системи в людини формуються все нові й складніші рухові дії. Саме ця властивість ЦНС формує й удосконалює техніку складних спортивних рухів.

В керуванні рухами приймають участь всі відділи ЦНС: від спинного мозку до вищих кіркових проєкцій рухового аналізатора. Складна ієрархія відносин між нижчими та вищими відділами ЦНС є однією із необхідних передумов рухової координації.

Фізіологічна сутність координації заключається в узгодженій діяльності окремих органів та систем в цілісному фізіологічному акті. Виділяють три види координації.

Під **нервовою координацією** слід розуміти поєднання нервових процесів, які приводять до вирішення рухової задачі; **м'язова координація** – узгоджене напруження і розслаблення м'язів, в результаті чого стає можливим рух; **рухова координацією** – узгоджене поєднання рухів окремих ланок тіла в просторі і в часі, що відповідає руховому завданні, ситуації та функціональному стані організму.

Необхідно пам'ятати, що тренуваність у складних рухах передається за спадковістю і в різні роки життя виявляє себе неоднаково. Тому в практиці спорту навчання складних рухів починають у дитячому віці.

Умовно-рефлекторні механізми як основа формування рухових навичок

Рухові навички - це автоматизовані індивідуально набуті рухові дії, що формуються на основі тимчасових зв'язків.

Основою формування рухових навичок є утворення тимчасових зв'язків між певними ділянками збудження, що виникають умовно-рефлекторно. Класична теорія І.П. Павлова про механізми формування умовних рефлексів лягла в основу формування складних спортивних навичок.

Прості рухи, які формуються на основі сенсорної інформації, називаються сенсорними рефlekсами. У процесі життєдіяльності людина набуває все більше складних навичок, які характеризуються складнішою формою руху, утвореною з раніше набутих елементів рухових дій. У цьому випадку умовно-рефлекторні процеси пов'язані не тільки із сенсорними, але й з руховими елементами рухових навичок. Це рухові рефлекси вищих порядків. Таким чином, у рухових навичках спортсменів одночасно поєднуються два види тимчасових зв'язків. Це, передусім, сенсорний, який здійснюється через I і II сигнальну системи. Крім того, виробляються нові компоненти тимчасових зв'язків (оперантні) з певним перебігом не тільки рухових, але і вегетативних функцій.

Необхідно чітко з'ясувати, що рухові (техніка рухів) й вегетативні (зростання функціональних можливостей) компоненти рухових навичок формуються не одночасно. Так, у циклічних видах (біг, лижні гонки та ін.) раніше формуються рухові компоненти навичок, адже техніка цих вправ нескладна. Функції ж забезпечувальних систем розвиваються тривалий час, саме вони визначають зростання спортивних результатів. Навпаки, в складно-координаційних видах спорту (гімнастика, акробатика, спортивні ігри та ін.) спочатку формуються вегетативні компоненти навичок, а рухові вдосконалюються впродовж усього періоду виступів у спорті.

Для формування рухових навичок характерна ще одна закономірність - вегетативні функції стійкіші, ніж рухові. Короткочасне припинення занять викликає порушення техніки рухів. Разом з тим вегетативні функції зберігаються певний час на початковому рівні.

Навчання спортивної техніки відбувається на базі раніше вироблених рухів. Так, навичка метання списа формується на основі навичку метання гранати. Тобто при формуванні рухових навичок багато елементів не є новими.

У практиці спорту для оволодіння технікою складних рухів використовуються підготовчі вправи. Розподіл цілісної вправи на елементи дає змогу поступово формувати складніші тимчасові зв'язки на базі вже вироблених (навчання стрибка в довжину).

У деяких випадках рухова навичка, що міцно закріпилася, не сприяє і навіть перешкоджає формуванню нового рухового акту. Тому при формуванні нових рухових актів необхідно формувати правильну техніку рухів, оскільки перебудова їх вимагає тривалого часу. Необхідно враховувати, що діти дуже точно копіюють рухи своїх вчителів.

Таблиця 4.

Фази формування рухових навичок (М.В.Зімкін)

№ п/п	Стадія (фаза) навички	Фізіологічна характеристика та механізм формування
I	Генералізації (іrrрадіації)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Екстро-пропріо-інтерорецептивні імпульси через відносно слабкий і нестійкий гальмівний процес викликають у корі великого мозку іrrрадіацію збудження. 2. Відсутнє очне диференціювання тих подразнень, які сприймаються органами чуття, тому рухові акти мають узагальнений, генералізований характер. 3. У м'язах, що активно діють, спостерігається імпульсація не лише в період скорочень, але і в інтервалах між ними. 4. При виконанні рухового акту м'язи весь час напружені й до нього прилучаються багато зайвих нервово-м'язових одиниць, робота виконується неекономно, швидко настає втома. 5. Тимчасові зв'язки між відповідними центрами не закріплені. 6. Рухи не точні, не координовані, в роботу залучаються багато зайвих у даному руховому акті м'язів. Біопотенціали реєструються не тільки в м'язах, які необхідні для здійснення рухового акту
II	Концентрації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процес збудження менше іrrрадіює у корі великого мозку. 2. Індуктивне гальмування посилюється, збудливий процес стає більш концентрованим. 3. У діяльність залучаються тільки необхідні для здійснення рухового акту м'язи. 4. Біопотенціали концентруються, а залпи імпульсів від пропріорецепторів у ЦНС стають короткими і реєструються лише під час скорочень м'язів. 5. При повільному виконанні рухів спостерігається реципрокність (узгодження) між м'язами та біоелектричною активністю, яка починає виникати послідовно. 6. Тимчасові зв'язки вже достатньо закріплені, в зовнішній картині рухової навички і в діяльності нервових центрів створюється динамічний стереотип, але повністю ще не сформований. 7. Рухи виконуються більш економно, вільно, координовано й точно, у незвичайній обстановці (змаганнях, втомі) стереотип нервових процесів може порушуватися, рухи стають некоординованими, як попередній фазі.
III	Стабілізації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повністю сформований динамічний стереотип. Уже не порушується при екстремальних ситуаціях. 2. Рухи виконуються за рахунок скорочення тільки необхідних у цьому акті м'язів. 3. Реципрокність у роботі м'язів синергістів й антагоністів виявляється не повністю. 4. Точність управління рухами, чітке дозування м'язових зусиль.

Динамічний стереотип та екстраполяція рухових навичок

Рухова навичка є сформованим комплексом рухів, що складається з декількох фаз, зв'язаних в одну цілу рухову дію. Спостерігається певний закономірний зв'язок заміни одних елементів іншими. Цей зв'язок постійний і проходить в одному напрямку. Цей своєрідний ланцюг рухових дій стає стереотипністю, тобто чіткою визначеністю. Ця стереотипність належить тільки до зовнішньої форми рухів. Проте внутрішня структура цього стереотипу

мінлива; тобто змінюється склад м'язів, які приймають участь у русі, кількість рухових одиниць, що скорочуються тощо. Тому часові та силові зміни між фазами цілісного руху змінюються. І.П. Павлов назвав цей стереотип, динамічним. Такий динамічний стереотип характерний для циклічних та ациклічних стандартних рухів (біг, гімнастика). У ситуаційних видах спорту стереотипність належить не до послідовності складних рухових комбінацій, а лише до окремих елементів (удари, кидки та ін.).

У процесі життєдіяльності людини доводиться виконувати рухові дії "з місця" без будь-якої попередньої підготовки. Це стає можливим завдяки високій пластичності ЦНС. Здатність ЦНС на основі наявного досвіду адекватно розв'язувати рухові завдання, які знову виникли, називається *екстраполяцією*.

Форми екстраполяції різні. Екстраполяція здійснюється не тільки при формуванні нових, але й при звичних рухових діях. Так, якщо спортсмен володіє декількома варіантами кидка в баскетбольну корзину, то він екстраполює його види у найрізноманітніших ситуаціях і варіантах.

Екстраполяція рухових навичок особливо яскраво виявляється у спортивних іграх, єдиноборстві.

Роль зворотних зв'язків, аферентного синтезу й акцептора дії у формуванні рухових навичок

При виконанні складних рухів ЦНС здійснює пускові та вегетативні впливи на основі зворотної інформації, що йде від внутрішніх органів та із зовнішнього середовища. Сигнали зворотних зв'язків є найважливішим фактором корекції рухів. Вони надходять до ЦНС через аналізатори й називаються, на думку М.О. Бернштейна, "сенсорними корекціями".

Розрізняють внутрішні (від внутрішніх органів, м'язів) і зовнішні (точність удару, кидка, передачі м'яча та ін.) зворотні зв'язки. Внутрішні зворотні зв'язки здійснюються через пропріорецептивну й вестибулярну сенсорні системи, а зовнішні - через слухову, зорову, тактильну.

Велику роль у формуванні рухових навичок відіграє інтеграція аферентного синтезу й акцептора дії. Згідно з теорією функціональної системи П.К. Анохіна, аферентний синтез містить 4 фактори:

- 1) мотивація;
- 2) обстановочна інформація;
- 3) пам'ять;
- 4) пускова інформація (рис. 5).

Характерно, що перші три фактори (мотивація, обстановочна інформація і пам'ять) забезпечують напрямок та якість реакції, а пускова інформація забезпечує запуск реакції у відповідь.

Аферентний синтез відіграє вирішальну роль у формуванні адекватних рухових дій на зміну зовнішнього середовища. У результаті аферентного синтезу й на основі попереднього досвіду формується модель дії ще до його початку. Зворотна аферентація зв'язується з цими параметрами руху. Отже, створюється випереджальний комплекс збудження, який містить аферентний синтез і сигнали зворотного зв'язку, що йдуть від здійснюваних рухів. Цей комплекс називається акцептором дії.



Рис. 5. Загальна архітектура функціональної системи (за П.К. Анохіним)

У чому полягає фізіологічна суть акцептора дії? Згідно з уявленнями П.К. Анохіна, акцептор дії є широко розгалуженим апаратом оцінки аферентних сигналів про виконання дії. Якщо сигнали про виконання руху не збігаються, з акцепторами, виникає пошук нових, відповідних програм рухів.

Згідно з уявленнями М.О Бернштейна, програмування і прогнозування дій завжди раціональне. При раптовій зміні ситуації відбувається зміна стереотипних форм руху. Постійна творча діяльність, яка здійснюється корою великих півкуль, характерна для людей, що володіють великим запасом рухових навичок, формування рухової навички - це не заучування постійної форми руху, а постійне його вдосконалення.

Процес спортивної техніки будується на фізіологічних передумовах формування рухових навичок. Ці передумови сформовані у своєрідні принципи навчання, кожному з яких дається фізіологічне обґрунтування.

1. Принцип поступового ускладнення техніки руху: рухові навички формуються на базі простих, раніше вироблених рухових актів. У цьому велика роль підготовчих вправ. Цілісна вправа розподіляється на елементи - від простих до більш складних - такий процес формування навички (наприклад, опорний стрибок у спортивній гімнастиці). Розв'язання цього складного завдання можливе при збереженні структурної і біомеханічної цілісності вправи.

2. Обов'язкова систематичність у виконанні рухів, що вивчаються, оскільки необхідно виробити міцні тимчасові зв'язки.

3. Різнобічність у навчанні спортивної техніки передбачає можливість екстраполювати рухові навички за наявності негативних факторів.

4. Принцип індивідуалізації у навчанні передбачає не сліпе копіювання

техніки, а індивідуальний підхід до її формування на основі генетичних факторів.

При навчанні спортивних рухів необхідно враховувати ефективність спортивної техніки. Нераціональна техніка рухів залучає до роботи багато груп м'язів, які вимагають додаткової витрати енергії.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттям «рухова навичка», «динамічний стереотип», «екстраполяція».
2. Що собою являє м'язова, нервова та рухова координація?
3. Дайте характеристику фазі генералізації у формуванні рухової навички.
4. Назвати якісні зміни під час фази концентрації у формуванні рухової навички.
5. Фаза стабілізації. Охарактеризуйте.
6. В чому полягає роль зворотних зв'язків, аферентного та еферентного синтезу у формуванні рухової навички за П.К.Анохіним ?
7. Охарактеризуйте основні принципи навчання спортивній техніці.

2.4. СКЕЛЕТНИЙ М'ЯЗ ТА ФІЗИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Не всі м'язові волокна є однаковими. Окремий скелетний м'яз включає два основних типи волокон: повільноскоротні (ПС) та швидкоскоротні (ШС). Щоб досягти піка напруження при стимулюванні повільноскоротним волокнам потрібно 110 мс, а швидкоскоротним — близько 50 мс (Дж.Вілмор, Д.Костілл, 2003).

Швидкоскоротні волокна, у свою чергу, поділяються на швидкоскоротні волокна типу «а» (ШСа) та швидкоскоротні волокна типу «б» (ШСб). Повільноскоротні волокна забарвлені у темний колір; швидкоскоротні волокна типу «а» незабарвлені, а швидкоскоротні волокна типу «б» мають сіре забарвлення. Існує і третій тип швидкоскоротних волокон (ШСв).

У середньому м'язи складаються на 50 % з ПС та на 25 % з ШС волокон типу «а». Решту 25 % складають головним чином ШС волокна типу «б», тоді як ШС волокна типу «в» становлять усього 1-3 %. Кількість цих типів волокон у різних м'язах значно коливається.

Характеристика ПС та ШС волокон

Назва ПС та ШС волокон обумовлена відмінностями у швидкості їх дії, що здійснюється різними формами міозин-АТФази. **Міозин-АТФаза** — це фермент, що розщеплює АТФ для утворення енергії, необхідної для виконання скорочення або забезпечення розслаблення. ПС волокна мають повільну форму міозин-АТФази, ШС — швидку. У відповідь на нервову стимуляцію АТФ швидше розщеплюється у ШС, ніж у ПС волокнах. Внаслідок цього перші швидше отримують енергію для виконання скорочення, ніж другі.

Для ШС волокон характерним є більш високо розвинутий саркоплазматичний ретикулум. Тому ШС волокна здатні доставляти кальцій у

м'язові клітини при їх активації. Вважають, що саме ця здатність обумовлює більш високу швидкість дії ШС волокон.

Мотонейрон у ПС руховій одиниці має невелике клітинне тіло й іннервує групу з 10-180 м'язових волокон. У мотонейрона у ШС руховій одиниці велике клітинне тіло і більше аксонів, і він іннервує від 300 до 800 м'язових волокон.

Звідси випливає, що кожний ПС мотонейрон здатний активувати значно меншу кількість м'язових волокон, на противагу ШС мотонейрону. При цьому слід відмітити, що сила, котру продукують окремі ПС та ШС волокна, за величиною різняться незначно.

Відмінність у величині продукованої сили між повільно-, та швидкоскоротними руховими одиницями обумовлена кількістю м'язових волокон у руховій одиниці, а не величиною сили, продукованої кожним волокном.

Тип волокна і фізичне навантаження

ПС м'язовим волокнам притаманний високий рівень аеробної витривалості. ПС волокна є дуже ефективними з огляду на виробництво АТФ на основі окиснення вуглеводів та жирів.

У процесі окиснення ПС волокна продовжують синтезувати АТФ, що дає можливість волокнам залишатися активними. Завдяки високій аеробній витривалості вони більш пристосовані до виконання тривалої роботи невисокої інтенсивності, наприклад марафонського бігу.

ШС м'язові волокна, навпаки, характеризуються відносно низькою аеробною витривалістю. Вони більш пристосовані до анаеробної діяльності (без кисню), ніж ПС волокна. Це означає, що їх АТФ утворюється не шляхом окиснення, а завдяки анаеробним реакціям.

ШСа рухові одиниці продукують значно більшу силу, ніж ПС рухові одиниці, однак вони легко стомлюються через обмежену витривалість. Таким чином, ШСа волокна використовуються в основному при виконанні короткочасної роботи високої інтенсивності, що потребує прояву витривалості, наприклад бігу на 1500 м або плавання на 400 м.

Хоча значущість ШСб волокон ще не повністю визначена, вочевидь, що вони не так легко збуджуються нервовою системою. З огляду на це, вони дуже рідко використовуються під час звичайної діяльності низької інтенсивності. Головним чином вони використовуються під час „вибухових” видів діяльності, таких як біг на 100 м або плавання 50 м.

Дія скелетного м'яза включає вибіркове залучення ПС або ШС м'язових волокон залежно від потреб тієї діяльності, котрою передбачається зайнятися. Під час навантаження невеликої інтенсивності, наприклад при ходьбі, м'язову силу продукують в основному ПС волокна. При вищій інтенсивності навантаження, наприклад бігу підтюпцем, у продукування сили включаються ШС волокна типу «а». Насамкінець, при виконанні роботи, що потребує максимальної сили, наприклад бігу на спринтерські дистанції, активуються волокна типу ШСб.

Разом з тим навіть під час максимальних зусиль нервова система не залучає до роботи 100 % м'язових волокон. Незважаючи на бажання докласти

більшу за величиною силу, активується лише їх частина. Це запобігає ушкодженню м'язів та сухожилків. Якщо вдалося скоротити всі м'язові волокна одночасно, вироблена сила, вірогідно, розірвала б м'яз або його сухожилок.

Під час тривалого (протягом кількох годин) навантаження спортсмен повинен працювати у субмаксимальному темпі. Напруження м'язів при цьому відносно невелике й нервова система залучає до роботи саме ті м'язові волокна, котрі найбільш придатні для діяльності, що потребує витривалості: ПС та деякі ШС волокна типу «а». У процесі навантаження у цих волокнах вичерпуються запас основного «пального» (глікогену) і нервовій системі доводиться залучати більше ШСа волокон для підтримання м'язового напруження. Насамкінець, коли запаси «пального» у ПС та ШСа волокнах повністю вичерпаються, у роботу включаються ШСб волокна, забезпечуючи продовження вправи.

На основі вивчення складу м'язових волокон можна припустити, що спортсмени, у м'язах яких високий вміст ПС волокон, мають переваги у циклічних видах спорту, що потребують виявлення витривалості, а ті спортсмени, в яких високий відсоток ШС волокон, більше пристосовані до короткочасних та «вибухових» видів.

Склад волокон у м'язах бігунів на короткі та довгі дистанції значно відрізняється. Однак було б неправильно вважати, що лише на основі домінуючого типу м'язового волокна можна легко «відібрати» чемпіонів з бігу на довгі й короткі дистанції. Успішний виступ у цих дисциплінах, що потребують прояву витривалості, швидкості й сили, залежить і від інших чинників, наприклад функцій серцево-судинної системи та розміру м'язів. Отже, склад волокон сам по собі не є єдиним індикатором спортивного успіху.

Типи м'язового скорочення

М'язовий рух можна поділити на три типи скорочення: концентричне, статичне та ексцентричне. Ці три типи скорочення м'яза є характерними для багатьох видів діяльності, наприклад бігу чи стрибків, при виконанні плавного координованого руху. Розглянемо кожний тип скорочення окремо.

Концентричне скорочення. Основний тип активації м'яза — скорочення — є концентричним. При цьому типі скорочення активні філаменти підтягуються один до одного, тим самим збільшується площа їх перекриття з міозиновими філаментами. Виходячи з того, що при цьому виконується рух у суглобі, концентричні скорочення вважаються динамічними.

Статичне скорочення. М'язи також можуть активуватися, не змінюючи своєї довжини. Коли це відбувається, м'яз виробляє силу, однак його довжина залишається статичною (не змінюється). Це називається статичним (або ізометричним) скороченням оскільки кут суглоба не змінюється. Наприклад, коли людина намагається підняти якийсь предмет, вага якого більша за величину сили, виробленої вашим м'язом, або коли людина утримує якийсь предмет, зігнувши руку у лікті. В обох випадках людина відчуває напруження м'язів, однак вони не можуть зсунути вагу й тому не скорочуються. При такій активації м'яза поперечні містки міозину утворюються і виконують повторні

цикли, виробляючи силу, однак через значну зовнішню силу актинові філаменти не можуть рухатися. Вони залишаються у своєму звичайному положенні, тому скорочення не відбувається. При залученні певного числа рухових одиниць, котрі виробляють силу, достатню для подолання опору, статичне скорочення може перейти у динамічне.

Ексцентричне скорочення. М'язи здатні виробляти силу у процесі подовження. Це — ексцентричне скорочення. Це також динамічний процес, оскільки відбувається рух суглоба. Наприклад, скорочення двоголових м'язів плеча, коли людина опускає важкий предмет, випрямивши руку у лікті. У цьому випадку актинові філаменти ще більше віддаляються від центра саркомера та розтягують його.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Навести основні характеристики повільно-, та швидкоскоротних м'язових волокон.
2. Основні структурно-функціональні особливості повільно скоротних м'язових волокон.
3. Функціональна організація швидкісно-скоротних м'язових волокон.
4. Яка роль генетичних факторів у визначенні пропорцій типів м'язових волокон та у можливості досягти успіху в обраних видах діяльності?
5. Яка структура залучення до роботи м'язових волокон при: а) виконанні стрибка у висоту; б) бігу на 10 км; в) марафонському бігу?
6. Охарактеризуйте концентричне, статичне та динамічне скорочення.
75. Який взаємозв'язок між максимальним скороченням та швидкістю скорочення (концентричне скорочення) і розслаблення (ексцентричне скорочення).

2.5. АДАПТАЦІЯ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ТА РУХОВОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Адаптація нервової системи до фізичних навантажень

Систематичні заняття фізичними вправами удосконалюють функціональний стан нервової системи та нервово-м'язового апарату, дозволяючи спортсмену оволодіти складними руховими навичками, розвивати швидкість, забезпечувати координацію рухів тощо.

Координація рухів при засвоєнні спортивних технічних навичок характеризується погодженням роботи м'язів (синергістів, антагоністів і агоністів), динамічною стабілізацією рухів, які проявляються точними руховими актами, своєчасним виконанням рухів, із максимальною економією часу і сили. У складній координації рухів приймають участь лобні частки великих півкуль мозку, середній мозок, таламус, мозочок, вестибулярний апарат, спинний мозок, руховий аналізатор і всі провідні шляхи, які з'єднують ці відділи нервової системи.

При помірних навантаженнях спостерігається нерівномірність діаметру нервових волокон — чергування потовщень і звужень. При інтенсивних

навантаженнях розростаються кінцеві закінчення по ходу нервового волокна, збільшується розмір рухових бляшок. Тривалі інтенсивні навантаження призводять до збільшення кількості нервових закінчень (бляшок) до трьох — чотирьох на одне м'язове волокно. Надмірні навантаження викликають стан охоронного гальмування, частина нервових гілочок, які йдуть до м'язового волокна, руйнуються, розміри рухових бляшок зменшуються. Це характерно для стану перетренованості.

Вегетативна нервова система здійснює регуляцію діяльності всіх вісцеральних систем організму, приймає участь у гомеостатичних реакціях, виконує адаптаційно-трофічну функцію. Вегетативна нервова система, що складається з двох відділів — симпатичного й парасимпатичного, які часто діють антагоністично. У нормі ці відділи знаходяться в рівновазі й динамічній взаємодії. Під впливом фізичного тренування змінюється функціональний стан вегетативної нервової системи. У спортсменів у спокої відмічається перевага тону парасимпатичного відділу. Це виявляється сповільненням частоти серцевих скорочень (ЧСС) - брадикардія; зниженням артеріального тиску (АТ) — гіпотонія; сповільненням частоти дихання (брадипноє), що забезпечує економізацію діяльності систем організму. Під час тренування і змагань переважає тонус симпатичного відділу, що сприяє розвитку адаптаційних реакцій організму.

Нервова-м'язова адаптація людини до силової підготовки

Розмір м'язів. Протягом багатьох років вважали, що збільшення сили — це безпосередній результат збільшення розміру м'яза (гіпертрофія). Таке припущення було б досить логічним, оскільки більшість тих, хто регулярно займався силовими тренуваннями, були чоловіки, які найчастіше мали великі добре розвинені м'язи. Окрім того, іммобілізація кінцівки за допомогою гіпсової пов'язки на кілька тижнів або місяців призводила до зменшення розміру м'язів (атрофії) майже негайного зниження рівня сили. Збільшення розміру м'яза, як правило є паралельним збільшенню сили, а зменшення їх розміру має високий ступінь кореляції зі зниженням сили. Таким чином, логічно зробити висновок існування взаємозв'язку розміру м'яза та його сили.

Нервовий контроль збільшення сили. Збільшення сили може бути досягнуто без структурних змін у м'язах, але не без нервових адаптацій. Отже сила не є виключно «власністю» м'яза, а скоріше — рухової системи. Важливу роль у збільшенні сили відіграє залучення рухових одиниць. Це пояснює більшість, якщо не всі аспекти зростання сили при відсутності гіпертрофії, а також епізодичні прояви надлюдських зусиль.

Для процесу залучення рухових одиниць характерною є асинхронність, вони не залучаються в один і той же час. Вони контролюються рядом різних нейронів, здатних передавати або збуджуючі, або пригнічувальні (інгібуючі) імпульси. Чи скорочуються м'язові волокна, чи залишаються розслабленими — залежить від сумарної безлічі імпульсів, котрі сприйняла рухова одиниця у будь-який даний час. Рухова одиниця активується, а її м'язові волокна скорочуються тільки тоді, коли імпульси, що надходять, перевищують пригнічувальні імпульси і досягається поріг збудження.

Збільшення сили може відбуватися внаслідок залучення додаткових рухових одиниць, що діють синхронно і полегшують процес скорочень та збільшують здатність м'яза продукувати силу. Подібне поліпшення структури залучення може бути результатом блокування або скорочення (редукції) пригнічувальних імпульсів, котре забезпечує одночасне активування великого числа рухових одиниць. Як і раніше, неясно, чи забезпечує синхронізація активації рухових одиниць більш потужне скорочення. Альтернативна можливість полягає у тому, що для виконання певного завдання залучається велика кількість рухових одиниць, незалежно від того, діють вони синхронно чи ні.

Аутогенне гальмування. Гальмівні механізми рухового апарату, необхідні для того, щоб м'язи не могли продукувати більші зусилля, ніж можуть витримати кістки та сполучні тканини. Такий контроль отримав назву аутогенного гальмування. При проявах надлюдських зусиль дуже часто значно ушкоджуються нервово-сухожилкове веретено. Це свідчить про те, що гальмівні механізми було «обійдено». Нервово-сухожилкове веретено являє собою сенсорні рецептори, через які проходить невеликий пучок м'язово-сухожилкових волокон. Вони розташовані проксимально від місця прикріплення сухожилкових волокон до м'язових. Близько 25 м'язових волокон, як правило, з'єднані з кожним нервово-сухожилковим веретеном. Якщо нервово-м'язові веретена стежать за довжиною м'язу, то ці структури чутливі до напруження у м'язово-сухожилковому комплексі і діють подібно тензіометра. Їх чутливість настільки висока, що вони можуть реагувати на скорочення окремого волокна. Вони є гальмівними механізмами і виконують захисну функцію, знижуючи вірогідність травми. При стимулюванні вони гальмують скоротливі (агоністи) м'язи та збуджують антогоністи.

Коли розтягнення (напруження) м'язових сухожилків та структур внутрішньої сполучної тканини перевищує поріг нервово-сухожилкового веретена, мотонейрони даного м'яза загальмовуються. Цей рефлекс називається аутогенним гальмуванням. Ретикулярна субстанція стовбура мозку, а також кора головного мозку можуть теж ініціювати та поширювати пригнічувальні (інгібуючі) імпульси.

Тренування може поступово редукувати або нейтралізувати ці пригнічувальні імпульси, дозволяючи м'язам досягти вищих рівнів сили. Таким чином, силу можна збільшити, знизивши гальмування мотонейронів.

Гіпертрофія м'язів. Виникнення гіпертрофії м'язів обумовлює гормон тестостерон, оскільки однією з його функцій є забезпечення м'язового розвитку (росту). У чоловіків спостерігається більш значне збільшення розміру м'язів порівняно з жінками при заняттях за одними й тими ж програмами силової підготовки і навіть на фоні однакового відносного збільшення сили. Тестостерон — андрогенний гормон — речовина, що забезпечує чоловічі статеві ознаки. Анаболічні стероїди також є андрогенними гормонами. Добре відомо, що великі дози анаболічних стероїдів у сполученні з силовими тренуваннями призводять до значного збільшення м'язової маси.

Хоча тестостерон відіграє головну роль у гіпертрофії, сам по собі він не визначає ступінь гіпертрофії внаслідок силових тренувань. Зокрема, його концентрація у крові має низький ступінь кореляції з величиною м'язової гіпертрофії, обумовленої тренуваннями. У деяких жінок спостерігається значна гіпертрофія внаслідок силових тренувань, тоді як в інших розмір м'язів практично не змінюється. Існує припущення, що у перших більш високе співвідношення між тестостероном та естрогеном, котре й обумовлює збільшення м'язової маси.

Існує два типи гіпертрофії: короткочасна (або саркоплазматична) та довгочасна (або міофібрилярна). Перша являє собою «накачування» м'яза під час одного фізичного навантаження. Це відбувається, головним чином, внаслідок накопичення рідини (набряку), що надходить з плазми крові, в інтерстиціальному (проміжному) та внутрішньоклітинному просторі м'яза. Короткочасна гіпертрофія, як видно з назви, триває недовго. Рідина вертається у кров протягом кількох годин після фізичного навантаження.

Довгочасна гіпертрофія являє собою збільшення м'язового розміру внаслідок тривалих силових тренувань. Вона відображає дійсні структурні зміни у м'язі внаслідок збільшення числа м'язових волокон (гіперплазія) або збільшення розміру окремих м'язових волокон (гіпертрофія).

Перші дослідження показали, що кількість м'язових волокон у кожному м'язі встановлюється при народженні або одразу після нього й залишається незмінною протягом життя. Якщо це дійсно так, то хронічна гіпертрофія може виникнути тільки внаслідок гіпертрофії окремого м'язового волокна. Це може бути пояснено великою кількістю міофібрил, значним числом актинових та міозинових філаментів, об'ємною саркоплазмою, значною кількістю сполучної тканини та будь-яким сполученням наведених чинників. Інтенсивні силові тренування можуть значно збільшити площу поперечного розрізу м'язових волокон. У цьому випадку гіпертрофія волокон, очевидно зумовлена підвищеною кількістю міофібрил, а також актинових та міозинових філаментів, котрі забезпечують велике число поперечних містків, продукуючи зусилля при максимальних скороченнях. Відмітимо, що подібне значне збільшення м'язових волокон не спостерігається в усіх випадках м'язової гіпертрофії.

Гіпертрофія окремого м'язового волокна внаслідок силового тренування є, мабуть, результатом чистого збільшення білкового синтезу у м'язах. Білок у м'язах піддається постійним процесам синтезу та розщеплення. Інтенсивність їх змінюється залежно від потреб. При виконанні фізичних навантажень синтез зменшується, а розщеплення збільшується. Для періоду відновлення після фізичних навантажень характерним є збільшення синтезу білка.

Болісні відчуття в м'язах як результат термінової адаптації. Біль, котрий відчувається під час та одразу після фізичного навантаження, може бути результатом:

1). *Накопичення кінцевих продуктів*, таких, як H^+ , лактат, або набряку тканин, обумовленого переміщенням рідини з плазми крові до тканин. Цих відчуттів «накачування» зазнають спортсмени після виснажливих силових або циклічних навантажень. Біль і болісні відчуття звичайно проходять через

декілька хвилин або годин після завершення фізичних навантажень, звідки й назва — гострі болісні відчуття.

Виникнення болісних відчуттів у м'язах через 1-2 дні після виснажливого фізичного навантаження, так зване запізніле виникнення болісних відчуттів, не зовсім зрозуміле.

Згідно практично з усіма існуючими теоріями, головним «ініціатором» даного типу болісних відчуттів є виконання ексцентричних вправ.

2). *Структурні ушкодження.* Поява м'язових ферментів у крові після інтенсивного фізичного навантаження свідчить про можливі структурні ушкодження м'язових оболонок. Вміст цих ферментів збільшується у 2-10 разів після значних фізичних навантажень. Результати останніх досліджень свідчать на користь припущення про те, що ці зміни можуть відображати різний ступінь руйнування м'язової тканини. Дослідження зразків тканини з м'язів ніг марафонців показують значні ушкодження м'язових волокон як після тренувальних занять, так і після змагань. Виникнення цих змін у м'язах співпадає з появою болісних відчуттів, котрих зазнають бігуни, вміст клітини вільно переміщувався між іншими неушкодженими волокнами. На щастя, не кожне ушкодження м'язових клітин є таким серйозним.

Структурні пошкодження б частково зумовлюють локальні болісні відчуття, появу припухлостей, пов'язаних із запізнілим виникненням болісних відчуттів у м'язах. Водночас рівні ферментів у крові можуть підвищуватися, а м'язові волокна ушкоджуватися внаслідок щоденних фізичних тренувань без виникнення болісних відчуттів у м'язах.

Запальна реакція. Лейкоцити захищають організм від проникнення у нього сторонніх організмів, а також умов, котрі можуть порушити нормальне функціонування його тканин, їх кількість, як правило, збільшується після фізичної діяльності, котра призводить до виникнення болісних відчуттів у м'язах. На основі цього деякі учені вважають, що болісні відчуття є результатом запальних реакцій у м'язах. Однак встановити взаємозв'язок цих реакцій та болісних відчуттів у м'язах досить важко.

Модель запізнілого виникнення болісних відчуттів у м'язах має наступну послідовність подій:

1. Високе напруження скоротливо-еластичної системи м'яза призводить до структурного ушкодження самого м'яза та його клітинної оболонки.
2. Ушкодження клітинної оболонки м'яза зумовлює порушення гомеостазу кальцію в ушкодженому волокні, що призводить до відмирання клітин, пік котрого спостерігається через 48 годин після фізичного навантаження.
3. Продукти активності макрофагів, а також внутрішньоклітинний вміст (гістамін, кініни та K^+) накопичуються поза клітинами, а потім стимулюють нервові закінчення м'яза. Цьому процесу сприяє виконання ексцентричних вправ, при котрому значні зусилля розподіляються на відносно невеликих площах поперечних розрізів м'язів.

Пізніші дослідження з використанням найновішої технології дозволили глибше глянути на причини виникнення болісних відчуттів у м'язах. Нині можна упевнено стверджувати, що виникнення болісних відчуттів у м'язах є ре-

зультатом травми або ушкодження самого м'яза, звичайно м'язового волокна і, можливо, сарколеми. Це ушкодження викликає низку явищ, включаючи виділення внутрішньоклітинних білків та збільшення обміну м'язового білка. У процесах ушкодження та «ремонт» м'яза приймають участь іони кальцію, лізосоми, сполучна тканина, вільні радикали, джерела енергії, запальні реакції, внутрішньоклітинні та міофібрилярні білки. Разом з тим точна причина ушкодження скелетного м'яза та механізми його «ремонт» недостатньо з'ясовані. На думку деяких фахівців, цей процес є важливим етапом на шляху до гіпертрофії м'яза.

Профілактика виникнення болісних відчуттів у м'язах має велике значення для забезпечення максимального тренувального впливу. У початковий період підготовки рекомендується звести до мінімуму ексцентричний компонент м'язового скорочення, що, однак, неможливо у більшості видів спорту. Альтернативне розв'язання цієї проблеми полягає у тому, щоб починати тренувальні заняття з навантажень дуже низької інтенсивності, поступово збільшуючи інтенсивність у перші декілька тижнів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. В чому полягає нервовий контроль збільшення сили?
2. Що таке аутогенне гальмування?
3. Яку роль відіграє у процесі силової підготовки здатність організму людини до аутогенного гальмування?
4. Чим відрізняється довготривала гіпертрофія від короткочасної?
5. Що таке гіперплазія? Як вона може бути пов'язана з процесом приросту сили та збільшення розміру м'язів у ході силової підготовки?
6. Яка фізіологічна основа виникнення болісних відчуттів у м'язах?
7. Яких принципів слід враховувати при плануванні програми силової підготовки?

2.6. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ТА РУХОВОГО АПАРАТУ ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ

Вікові особливості нервової системи

Як відомо центральна нервова система виконує роль регулюючого та керуючого органу нашого організму. Не дивлячись на те, що спинний мозок новонародженої дитини являється найбільш зрілою частиною ЦНС, його кінцеве дозрівання закінчується близько 20 рокам. За цей період маса мозку збільшується у 8 разів (близько 300 г).

Основні частини головного мозку виділяються уже до 3-го місяця ембріонального розвитку, а до 5-го місяця ембріогенезу вже добре помітні основні борозни великих півкуль.

До моменту народження загальна маса головного мозку складає близько 400 г. Найбільш інтенсивно головний мозок людини розвивається в перші 2 роки постнатального розвитку. Потім темпи розвитку дещо знижуються, але

залишаються високими до 6-7 років, до цього моменту маса мозку сягає вже 4/5 маси дорослої мозку. Клітинна будова, форма та розміщення борозн і звивин наближається до дорослого мозку близько 7 рокам, а в лобних відділах ця відмінність згладжується тільки до 12 років. Кінцеве дозрівання головного мозку закінчується лише до 17-22 роки, при цьому його маса в середньому у чоловіків становить 1400 г, а у жінок 1260 г.

Розвиток головного мозку відбувається гетерохронно. Першими дозрівають ті нервові структури, від яких залежить нормальна життєдіяльність організму на даному віковому етапі. Функціональної повноцінності досягають насамперед стовбурові, підкіркові і кіркові структури, що регулюють вегетативні функції організму. Ці відділи наближаються за своїм розвитком до мозку дорослої людини вже до 2-4 рокам постнатального розвитку.

В процесі онтогенезу дозрівання стовбурової частини головного мозку відбувається найбільш інтенсивно в перші 2 роки життя. Кінцеве формування цих структур, і особливо проміжного мозку, закінчується лише в 13-16 років, коли закінчується статевий розвиток підлітків.

Багато особливостей нижчої та вищої нервової діяльності у дітей підліткового віку пояснюється функціональними властивостями проміжного мозку і деяких підкіркових структур головного мозку.

У молодшому шкільному віці діти легко можуть оволодівати технічно складними формами рухів. Пояснюється це тим, що в віці 7-8 років вища нервова діяльність досягає високого ступеню розвитку. Але функціональним показникам нервової системи ще далеко до вдосконалення. Сила нервових процесів у дітей цього віку відносно невелика. Різко виражене позамежне гальмування при дії надсильних та монотонних тривалих подразників.

Розвиток м'язової системи

М'язова система дитини в процесі онтогенезу набуває значних структурних та функціональних змін. Формування м'язових клітин і утворення м'язів як структурних одиниць м'язової системи відбувається гетерохронно, тобто спочатку утворюються ті скелетні м'язи, яким необхідні для нормальної життєдіяльності дитини на даному етапі онтогенезу.

Процес «чорнового» формування м'язів закінчується до 7-8 тижня пренатального розвитку. В наступні місяці інтенсивно відбувається функціональне дозрівання м'язових клітин, що пов'язано із збільшенням кількості міофібрил та їх товщини. Після народження дозрівання м'язової тканини продовжується. Інтенсивний ріст волокон спостерігається до 7 років. В пубертантному періоді, починаючи з 14-15 років мікроструктура м'язової тканини практично не відрізняється від дорослої людини, але потовщення м'язових волокон може продовжуватися до 35 років.

Розвиток м'язів верхніх кінцівок, зазвичай, попереджає розвитку м'язів нижніх кінцівок.

Значно змінюються в процесі онтогенезу і функціональні властивості м'язів. Збільшується збудливість та лабільність м'язової тканини, змінюється м'язів тонус.

Статеві відмінності в зміні м'язової маси проявляються особливо чітко

після 13-14 років: у хлопців вона збільшується набагато швидше. До 14-15 років в структурі м'язових волокон проглядаються риси морфологічної зрілості, що характерна для дорослої людини. Але лише до 20-25 років закінчується функціональна та структурна диференціація рухового апарату.

До 13-15 років закінчується формування всіх відділів рухового аналізатора, яке особливо інтенсивно відбувається у віці 7-12 років.

В процесі розвитку опорно-рухового апарату змінюються рухові (фізичні) якості м'язів: швидкість, сила, спритність, гнучкість витривалість. Більш детальніше вікові особливості розвитку деяких із них представлено у розділі 5.

Вікові особливості розвитку рухової функції

Індивідуальний розвиток організму є результатом розгортання спадкової генетичної програми в умовах змінюючого середовища існування.

На фоні нерівномірності розвитку окремих органів та систем спостерігаються глобальні стрибки, що торкаються всіх органів та систем (на 1, 3-4, 5-7 роках, під час пубертатного періоду). Висока пластичність кори великих півкуль головного мозку і пов'язана з ними здатність до засвоєння нових рухів зберігаються до кінця пубертатного періоду. Але найбільші можливості навчання новим руховим діям спостерігаються у дітей. У практиці навчання технічно складним видам фізичних вправ, якими багата спортивна гімнастика, акробатика, стрибки у воду, необхідно використовувати ці вікові особливості.

Швидкість засвоєння дитиною нових рухових дій залежить не тільки від його старанності і високої майстерності викладача, але й від того, наскільки зрілим є опорно-руховий апарат дитини. Морфологічне диференціювання м'язової тканини та нервових закінчень особливо інтенсивно відбувається у 7-8 річному віці. До цього часу дитина вільно маніпулює предметами, досить чітко координує рухами ніг та рук при виконанні складних вправ.

Об'єктивними показниками функціональної зрілості нервово-м'язових синапсів є підвищення їх збудливості, швидкості передачі збудження з нерву на м'яз, швидкості рухового акту.

Об'єктивним показником розвитку рухової функції є координація рухів. В 4-5 років у дітей створюються попередні зорові уявлення кінцевої фази рухів, іншими словами їх зоровий образ. Діти можуть виконувати вправи за образним описом викладача, зберігаючи задане положення рук, ніг, тулуба в просторі.

Ходьба набуває рис «дорослості» лише до 5-6 років. Дитина 9-10 років практично не відрізняється за координаційним параметрам ходьби дорослих людей. Здатність виконувати тонкі та точні рухи руками проявляється у 6-7 років. В цьому віці дитина оволодіває навичкам письма, гри на музикальних інструментах, операцій з підручними предметами.

У віці 2-5 років інтенсивно прогресує біг: тривалість фази польоту збільшується удвічі у порівнянні з опорною фазою. Тільки до 8-10 років встановлюється чіткий зв'язок між частотою та довжиною бігових кроків: чим більша частота, тим менша довжина.

Розвиток просторової орієнтації пов'язаний, в першу чергу, з підвищенням пропріоцептивної чутливості і вже у молодшому шкільному віці досягає такого

рівня, при якому можна розучувати технічно складні рухи. Діти добре диференціюють м'язові відчуття, а окремі складні за технікою вправи є для них більш доступними, чим для підлітків 13-14 років.

У підлітків відмічаються скованість рухів. І тільки до кінця періоду статевого дозрівання координація рухів стає упорядкованою. Рухи набувають плавність та гармонійність. Це є результатом удосконалення функцій центрального та периферичного апарату рухів. У 13-14 річному віці відмічаються високі показники швидкісних якостей, характеристики просторової орієнтації.

Темпи функціонального дозрівання апарату регуляції рухів випереджають морфологічні перебудови, від яких залежать прогресивні зміни рухової функції. Це і дозволяє досягати високих результатів у складнокоординаційних видах спорту задовго до настання статевої зрілості, іншими словами до того. Коли опорно-руховий апарат стане і функціонально, і морфологічно досконалим.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте особливості розвитку різних відділів нервової системи дітей та підлітків пренатальному та постнатальному періодах онтогенезу.
2. Охарактеризуйте особливості розвитку м'язової системи у пренатальному та постнатальному періодах онтогенезу.
3. В чому полягає функціональна надійність організму людини ?
4. Особливості розвитку рухових функцій у дітей.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2.

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 234 с.
2. Аршавский И.А. Скелетная мускулатура и основные закономерности онтогенеза. В кн. Двигательная активность и старение. – К.: Наука, 1969.
3. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активности. – М.: Наука, 1990.
4. Вілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. – К.: Олімп. літ-ра, 2003.
5. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420с.
6. Короленко С.А. Т-система мышечных волокон. – Л.: Наука, 1975.
7. Маруненко І.М. та ін. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. – К.: Професіонал, 2004. – 480 с.
8. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
9. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
10. Чижик В.В. Спортивна фізіологія: навч.посібник для студентів / В.В.Чижик. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2011. – 256 с.

РОЗДІЛ 3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

3.1. СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Серцево-судинна система вражає своєю здатністю негайно реагувати на постійно змінювані потреби нашого організму. Усі функції організму і практично кожна клітина тією або іншою мірою залежать від цієї системи (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003).

Система кровообігу складається з трьох основних компонентів: 1) насос (серце); 2) система каналів (кровоносні судини); 3) рідинне середовище (кров). Розглянемо кожний з них окремо.

Серце

Серце (рис. 6.) має два передсердя, котрі виконують роль приймаючих камер, та два шлуночки, виконуючі роль насоса. Серце забезпечує циркуляцію крові по усій системі судин. Розглянемо рух крові через серце.

Кровоток у серці. Капілярна кров, що прокладає свій шлях між клітинами організму, доставляючи кисень та поживні речовини і збираючи продукти обміну речовин, вертається через великі вени — верхню і нижню порожнисті вени — у праве передсердя. У цю камеру надходить вся дезоксигенована кров. З правого передсердя кров, проходячи через правий атріовентрикулярний отвір, попадає у правий шлуночок, котрий проштовхує кров у легеневу артерію, при цьому півмісяцеві клапани, що знаходяться у її усті, притиснуті током крові до її стінок. Таким чином, права частина серця являє собою легеневу частину кровообігу, котра надсилає кров, що пройшла через увесь організм, легені для реоксигенації.

Отримавши свіжу порцію кисню, кров покидає легені через легеневі вени і вертається у ліве передсердя серця. У цю камеру надходить вся оксигенована кров. З лівого передсердя кров через розкритий атріовентрикулярний лівий мітральний клапан надходить у лівий шлуночок. Звідти вона попадає в аорту, а потім до усіх тканин організму. Ліва частина серця називається системною. Вона отримує оксигеновану кров з легень і постачає її в усі тканини організму.

Міокард (серцевий м'яз). Товщина міокарда безпосередньо залежить від навантаження на стінки серцевих камер. Лівий луночок — це найпотужніша з чотирьох камер серця. За допомогою скорочень вона має викачувати кров, надсилаючи її через увесь системний шлях, коли тіло перебуває у сидячому або стоячому положенні, лівий шлуночок має досить енергійно скорочуватися, щоб перебороти дію земного тяжіння, котра з'являється у накопиченні крові у нижніх кінцівках.

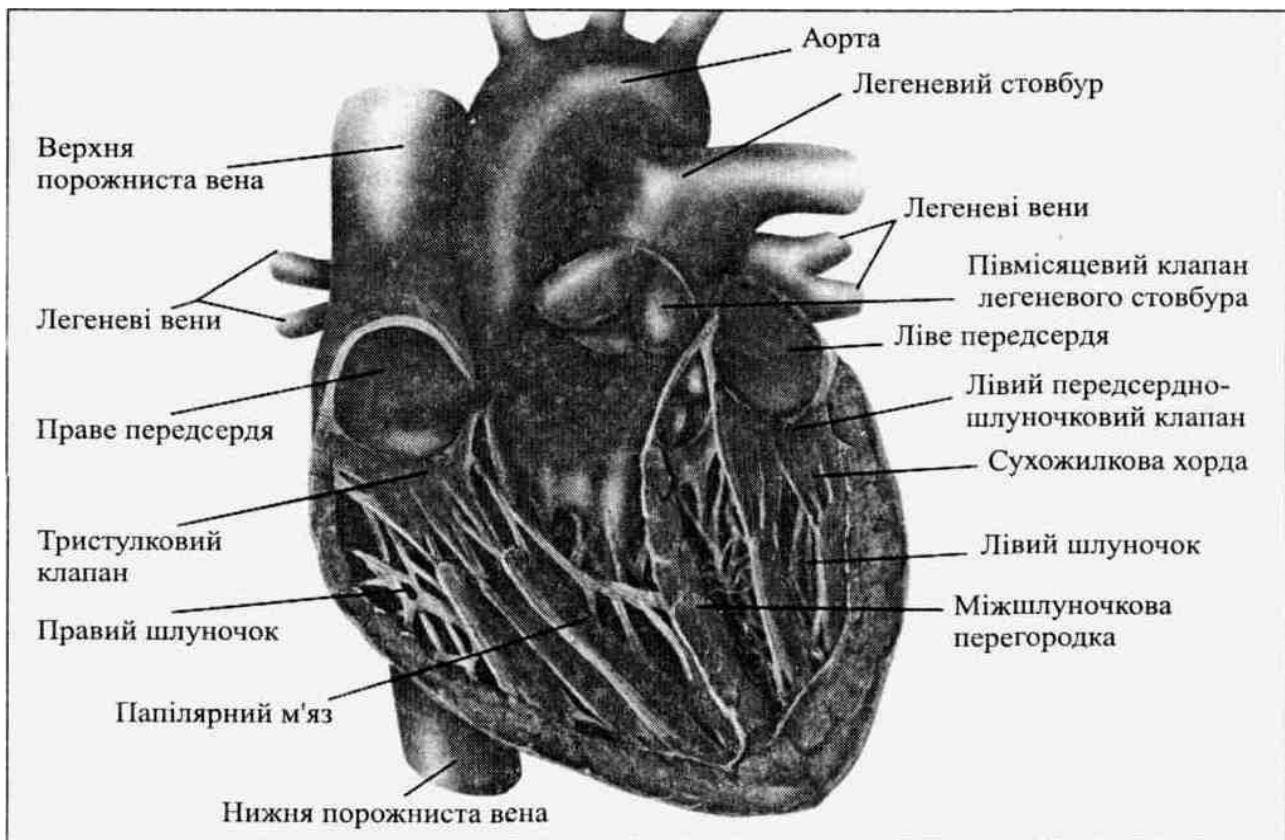


Рис. 6. Анатомія серця людини (за Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)

Про значну потужність лівого шлуночка свідчить велика товщина (гіпертрофія) його м'язової стінки порівняно з іншими камерами серця. Ця гіпертрофія є результатом вимог, що ставляться до серця як у спокої, так і в умовах надмірного фізичного навантаження. При інтенсивніших фізичних навантаженнях, зокрема, під час інтенсивної аеробної діяльності, коли потреба працюючих м'язів у крові значно збільшується, вимоги, що ставляться до лівого шлуночка, ще більше зростають. З часом він реагує збільшенням свого розміру, подібно до скелетного м'яза.

Маючи поперечносмугасту покресленість, міокард усе ж суттєво відрізняється від скелетного м'яза. Волокна серцевого м'яза анатомічно взаємопов'язані темнозбарвленими ділянками, котрі називаються вставними дисками. Ці диски мають десмосоми — структури, що фіксують разом окремі клітини. Таким чином, десмосоми забезпечують швидку передачу імпульсу скорочення. Ці якості дозволяють міокарду в усіх чотирьох камерах діяти як одне велике м'язове волокно (функціональний синцитій).

Щоб зрозуміти координацію серцевих скорочень, ми маємо розглянути, як виникає сигнал для виконання скорочення і як він поширюється по серцю. Ці функції виконує провідна система серця.

Провідна система серця. Серцевий м'яз володіє унікальною здатністю продукувати свій власний електричний сигнал, що дозволяє йому ритмічно скорочуватися без нервової стимуляції (автоматія серця). Без нервової та гормональної стимуляції природжена частота серцевих скорочень становить у середньому 70-80 ударів (скорочень) за хвилину. У тренуваних людей цей показ-

ник може бути нижчим.

Провідна система серця складається з чотирьох компонентів:

- 1) синусоатріального (СА) вузла (синусно-передсердний);
- 2) атріовентрикулярного (АВ) вузла (передсердно-шлуночковий);
- 3) пучка Гісса;
- 4) волокон Пуркіне.

Імпульс серцевого скорочення виникає у СА вузлі — групі особливих волокон серцевого м'яза, розташованих у задній стінці правого передсердя. Оскільки ця тканина генерує імпульс звичайно, з частотою 60-80 уд/хв, тоді СА вузол називають водієм ритму серця (пейсмейкером), а встановлювану ним частоту скорочень серця — синусовим ритмом. Електричний імпульс, продукований СА вузлом, проходить через обидва передсердя і досягає АВ вузла, розташованого поблизу перегородки правого передсердя біля центра серця. Коли імпульс поширюється по передсердям, вони отримують сигнал скорочення і миттєво його здійснюють.

АВ вузол проводить імпульс з передсердь на шлуночки. Імпульс, проходячи через АВ вузол, запізнюється на 0,13 с, а потім надходить у пучок Гісса. Ця затримка дозволяє передсердям повністю скоротитися, перш ніж це зроблять шлуночки, забезпечуючи їх максимальне наповнення. Пучок Гісса тягнеться вздовж міжшлуночкової перегородки. Праве і ліве відгалуження пучка заходять в обидва шлуночки. Вони надсилають імпульс до верхівки серця. Кожне відгалуження пучка Гісса поділяється на численні дрібні гілочки, котрі тягнуться по усій перегородці шлуночка. Ці термінальні відгалуження пучка Гісса називаються волокнами Пуркіне. Вони проводять імпульс збудження через шлуночки майже у шість разів швидше, ніж решта ділянок провідної системи серця. Така швидка провідність дозволяє усім частинам шлуночків скорочуватися майже одночасно.

Позасерцева регуляція діяльності серця. Хоча серце генерує власні електричні імпульси (внутрішньосерцева регуляція), їхній вплив та хронометраж можуть змінитися. За нормальних умов це здійснюється в основному завдяки трьом позасерцевим системам:

- 1) парасимпатичній нервовій системі;
- 2) симпатичній нервовій системі;
- 3) ендокринній системі (гормони).

Парасимпатична система впливає на серце людини через блукаючий нерв (Х пару черепних нервів). У спокої домінує вплив парасимпатичної системи у вигляді вагусного тону. Блукаючий нерв справляє на серце пригнічувальну дію, сповільнюючи провідність імпульсу й відповідно знижуючи частоту серцебиття. Максимальна вагусна стимуляція може знизити частоту серцевих скорочень на 20-30 уд/хв, навіть до його зупинки у діастолі. Окрім того, блукаючий нерв зменшує силу скорочень серця.

Симпатична нервова система справляє протилежну дію. Симпатична стимуляція збільшує швидкість провідності імпульсу і, відповідно, частоту серцевих скорочень. Максимальна симпатична стимуляція може збільшити ЧСС до 250 уд/хв. Окрім того, зростає й сила скорочень. Симпатична система

домінує під час фізичних або емоційних стресів, коли значно підвищуються обмінні потреби організму. Після усунення стресу знову домінує парасимпатична система.

Ендокринна система справляє вплив за допомогою гормонів, що виділяє мозкова речовина надниркових залоз — норадреналіну та адреналіну. Ці гормони відомі ще як катехоламіни. Вони стимулюють серце, прискорюючи ЧСС. Загалом виділення цих гормонів «запускається» симпатичною стимуляцією у періоди стресу.

Для розуміння роботи серця, а також подальшого вивчення під час м'язової діяльності важливими є наступні поняття:

- серцевий цикл;
- систолічний об'єм крові (ударний об'єм, СОК);
- серцевий викид або хвилинний об'єм кровообігу (ХОК).

Серцевий цикл з погляду механіки включає розслаблення (діастола) та скорочення (систола) усіх чотирьох камер серця. Під час діастоли камери наповнюються кров'ю. Під час систоли вони скорочуються і викидають свій вміст. Фаза діастоли триваліша. Наприклад, у людини ЧСС дорівнює 74 уд/хв. За такої частоти увесь серцевий цикл триває 0,81 с. Тривалість діастоли становить 0,50 с, або 62 % усього циклу, систоли — 0,31 с, або 38 %. Зі збільшенням ЧСС ці абсолютні часові інтервали пропорційно скорочуються.

Один серцевий цикл являє собою інтервал часу між двома систолами. Скорочення шлуночків (систола) починається під час комплексу QRS і закінчується з появою зубця Т. Розслаблення шлуночків (діастола) відбувається під час зубця Т і триває до наступного скорочення.

Систолічний об'єм крові. Під час систоли певна кількість крові викидається з лівого шлуночка. Це — систолічний об'єм крові, або об'єм крові, що викидається з серця за одне скорочення. Щоб краще зрозуміти, що являє собою систолічний об'єм, розглянемо, яка кількість крові міститься у шлуночках до і після скорочення. Наприкінці діастоли, безпосередньо перед скороченням, шлуночки завершили наповнення. Об'єм крові, котрий у них міститься, називається кінцево-діастолічним об'ємом. Наприкінці систоли, одразу ж після скорочення, шлуночки завершують фазу викиду. Кількість крові, що залишилася у них, називається кінцево-систолічним об'ємом. Систолічний об'єм — це об'єм викинутої крові мінус різниця між початковим об'ємом та кількістю крові, що залишилася у шлуночку після скорочення. Таким чином, систолічний об'єм — це різниця між кінцево-діастолічним та кінцево-систолічним об'ємами.

Серцевий викид. Це об'єм крові, що викидається шлуночками за 1 хв або добуток від множення ЧСС на систолічний об'єм крові. У більшості дорослих людей систолічний об'єм у спокої у положенні стоячи становить у середньому 60-80 мл крові. Отже, при ЧСС у спокої 80 уд/хв показник серцевого викиду у спокої буде коливатися від 4,8 до 6,4 л/хв. В організмі дорослої людини міститься у середньому близько 5 л крові. Уся ця кількість проходить через серце (перекачується) кожну хвилину.

Система судин

Система судин включає групи судин, по котрих кров транспортується з

серця до тканин і зворотно: артерії, артеріоли, капіляри, венули, вени.

Артерії — це великі еластичні судини з добре розвинутою м'язовою оболонкою, по котрих кров йде від серця до *артеріол*, а звідти — у *капіляри* — найдрібніші судини, товщина стінок котрих дуже часто дорівнює одній клітині. Саме тут здійснюється увесь обмін між кров'ю та тканинами. З капілярів кров починає зворотний шлях по *венулах* до серця. Венули утворюють крупніші судини — *вени*, котрі завершують коло кровообігу.

Окрім малого та великого кіл кровообігу, серцю як активному м'язу також необхідна своя власна система судин для транспорту необхідних поживних речовин та виведення продуктів обміну. Коронарні або вінцеві, артерії, що утворюються біля основи аорти і у місці її виходу з серця, обслуговують міокард. Ці артерії дуже сприйнятливі до атеросклерозу або звуження, що може призвести до захворювання коронарних артерій. Під час скорочення, коли кров виштовхується з лівого шлуночка під тиском, відкривається півмісяцевий клапан аорти. Коли вона відкрита, її пелюстки блокують входи у коронарні артерії. Зі зниженням тиску в аорті півмісяцевий клапан закривається, а входи в артерії відкриваються і кров може надійти у коронарні артерії. Цей механізм забезпечує захист коронарних артерій від дуже високого тиску крові, зумовленого скороченням лівого шлуночка, і тим самим відвертає руйнування цих судин.

Повернення крові у серце (венозне повернення). Оскільки більшу частину часу ми проводимо у вертикальному положенні, серцево-судинна система потребує допомоги, щоб подолати дію сил тяжіння при поверненні крові з нижніх частин тіла у серце. Таку допомогу надають три основних механізми: дихання, м'язовий насос; клапани.

Щоразу, коли здійснюється вдих і видих, змінення тиску у черевній порожнині та порожнині грудної клітки допомагає поверненню крові у серце. Під час дихання та скорочення скелетних м'язів вени, що знаходяться у безпосередній близькості від них, стискаються і кров проштовхується вгору до серця. Цим діям допомагають клапани вен, котрі забезпечують рух крові тільки в одному напрямку, відвертаючи протиток та накопичення крові у нижній частині тіла.

Розподіл крові у різних тканинах тіла дуже коливається залежно від негайних потреб певної тканини та усього тіла. У спокої за нормальних умов найбільше крові постачається до метаболічне активних тканин. Печінка і нирки отримують майже половину всієї циркулюючої крові (відповідно 27 і 22 %), тоді як скелетні м'язи, що перебувають у спокої, — тільки близько 15 %.

Під час м'язової діяльності кров спрямовується у ті ділянки, де вона найбільш необхідна. Під час інтенсивного фізичного навантаження, котре потребує прояву витривалості, наприклад, перерозподіл крові є таким — м'язи отримують до 80 % і більше усієї циркулюючої крові. Це у сполученні зі збільшеним серцевим викидом (про котрий йтиметься далі) призводить до збільшення кровотоку до м'язів майже у 25 разів.

Так само, коли людина достатньо поїла, травна система отримує більше крові, ніж перед їдою. При підвищенні температури довколишнього середовища зростає приток крові до шкіри, оскільки організм намагається підтримати

нормальну температуру. Враховуючи, що потреби різних тканин тіла постійно змінюються, можна тільки дивуватися здатності серцево-судинної системи так ефективно на них реагувати, забезпечуючи адекватне постачання крові до ділянок тіла, котрі найбільше її потребують.

Розподіл крові до різних ділянок контролюють переважно артеріоли. Ці судини мають дві важливих функції. По-перше, у них потужна м'язова стінка, котра може значно змінювати діаметр судини. По-друге, вони також є чутливими до механізмів, що контролюють кровоток — ауторегуляції та нервового контролю. Розглянемо ці механізми.

Ауторегуляція. Локальний контроль розподілу крові називається ауторегуляцією, оскільки артеріоли у певних ділянках самі себе контролюють. Ауторегуляція відноситься до здатності судин самостійно регулювати власний кровоток залежно від негайних потреб тих тканин, до котрих вони постачають кров. Артеріоли здатні зменшувати тонус своєї стінки, тобто розширюватися, забезпечуючи надходження більшої кількості крові у відповідні ділянки тканин та органів. Цей підвищений кровоток є безпосередньою реакцією на зміни у локальному хімічному середовищі тканини. Найсильнішим стимулом вазодилатації є потреба у кисні. У міру збільшення використання кисню тканинами його кількість зменшується. Локальні артеріоли розширюються, забезпечуючи надходження великої кількості крові і відповідно кисню. Інші хімічні зміни, що забезпечують зміни тонусу артеріол — скорочення кількості інших поживних речовин та збільшення кількості продуктів обміну (CO_2 , K^+ , H^+ молочної кислоти) або протизапальних хімічних препаратів. Підвищене кровопостачання може як доставити необхідні речовини, так і вивести шкідливі.

Нервовий контроль. Хоча ауторегуляція добре пояснює локальний перерозподіл крові в органі або тканині, залишається нез'ясованим, звідки серцево-судинна система у цілому знає, куди спрямувати менше крові, а куди — більше. Перерозподіл крові на системному рівні або рівні організму контролюють нервові механізми. Це так званий зовнішній нервовий контроль кровотоку, оскільки він надходить із зовні, а не з тканин, котрі постачаються артеріолами, як при ауторегуляції.

Кровопостачання усіх частин тіла в основному регулюється симпатичною нервовою системою. У м'язах стінок усіх судин великого кола кровообігу є симпатичні нерви. У більшості судин стимуляція цих нервів змушує скорочуватися м'язові клітини, звужуючи цю судину і, тим самим, скорочуючи кількість крові, котра може через неї пройти.

За нормальних умов симпатичні нерви безперервно передають імпульси у кровеносні судини, підтримуючи їх у стані помірного звуження (тонусу) з тим, щоб забезпечити адекватний артеріальний тиск крові. Цей стан часткового звуження називають судинозвужуючим (вазомоторним) тонусом. З підсиленням симпатичної стимуляції відбувається подальше звуження кровеносних судин у певній ділянці, що обмежує кровоток. Якщо ж рівень симпатичної стимуляції виявляється нижчим за необхідний для підтримання тонусу, то ступінь звуження судин у даній ділянці стає меншим і вони розширюються, збільшуючи кровоток. Таким чином, симпатична стимуляція викликає звуженню більшості

судин, у той же час змінення кровотоку зумовлюється або підвищенням, або зниженням ступеню звуження відносно звичайного вазомоторного тону. Стимуляція деяких симпатичних волокон може супроводжуватися розширенням судин. Кровоносні судини скелетних м'язів і серця обслуговують різні типи симпатичних волокон. Стимуляція цих волокон викликає розширення судин, внаслідок чого кровоток до м'язів та серця зростає. Ця система функціонує під час класичної реакції «боротьба або втеча», збільшуючи у кризових ситуаціях кровоток до серця та у скелетних м'язах. Така реакція виявляється також під час фізичного навантаження, коли скелетні м'язи та серце працюють інтенсивніше і потребують більше крові, ніж у стані спокою.

Перерозподіл венозної крові. Ми тільки-но розглянули механізми, що контролюють перерозподіл крові від однієї ділянки тіла в іншу. Однак розподіл крові в організмі змінюється залежно не тільки від тканин, котрі нею постачаються, але й від того, де вона знаходиться у системі судин. У стані спокою об'єм крові розподіляється по сітці судин. Більша частина об'єму крові знаходиться у каналах венозного повернення — венах, венулах, синусах твердої мозкової оболонки. Таким чином, венозна система забезпечує великий запас (депо) крові, котрий може бути використаний для задоволення зрослих потреб. Коли така потреба виникає, тоді симпатична стимуляція венул та вен скорочує ці судини. Це й викликає швидкий перерозподіл крові з периферичного венозного кровообігу назад у серце, а потім до тих ділянок, котрі найбільше її потребують. Слід відмітити, що кров не тільки відводиться від інших тканин, венозна система надсилає її в артеріальний кровообіг, забезпечуючи значне збільшення кровотоку у ділянку, котра її потребує.

Артеріальний тиск. Кров, проходячи по судинах, чинить на них тиск. Розглядаючи системний тиск крові, використовують термін «артеріальний тиск». Його характеризують два показники: систолічний тиск та діастолічний тиск. Більш високий показник — систолічний тиск крові. Він відбиває найвищий тиск у артерії і відповідає систолі шлуночків серця. Скорочення шлуночків проштовхує кров по артеріях зі значною силою, що й обумовлює високий тиск на стінку артерії. Низький показник — це діастолічний тиск. Він відбиває найнижчий тиск в артерії, відповідний діастолі шлуночків, коли м'яз серця розслаблений.

Зміни тиску крові в основному зумовлені особливими змінами, що відбуваються у раніше описаних артеріях, артеріолах та венах. Загальне звуження кровоносних судин підвищує артеріальний тиск, тоді як загальне розширення — знижує його. *Гіпертензія* — це клінічний термін, що характеризує стан, при котрому тиск крові хронічно перевищує нормальний рівень у здорової людини. У 90 % випадків причина виникнення гіпертензії залишається нез'ясованою. Звичайно гіпертензію можна регулювати, знизивши масу тіла, перейшовши на дієту, виконуючи вправи, хоча може знадобитися і відповідне медикаментозне лікування.

Кров

Третім компонентом системи кровообігу є циркулюючі рідини. У тілі людини — це кров і лімфа, котрі забезпечують реальний обмін різних речовин

між різними клітинами й тканинами організму.

Згадаймо з загальної фізіології про взаємозв'язки між кров'ю та лімфою. Певна кількість плазми крові переходить з капілярів у тканини і стає інтерстеціальною (тканинною) рідиною. Більша частина інтерстеціальної рідини повертається у капіляри після обміну, однак об'єм рідини, що повернулася, усе ж менше, ніж об'єм рідини, що надійшла у тканини. Рідина, що залишилася, спрямовується у лімфатичні капіляри і її відносять до лімфи, котра, насамкінець, повертається у кров.

Цілком очевидно, що лімфатична система відіграє головну роль у збереженні відповідних рівнів рідини у тканинах, а також підтриманні необхідного об'єму циркулюючої крові, забезпечуючи повернення інтерстеціальної рідини. Значення цієї функції зростає при навантаженні, коли збільшений кровоток до активних м'язів та підвищений тиск крові ведуть до утворення великого об'єму інтерстеціальної рідини. Лімфатична система запобігає переповненню активних ділянок кров'ю і сприяє ефективній діяльності серцево-судинної системи. Особливо важливу роль ця система відіграє в координації фізіологічної функції та збереженні здоров'я. Однак, за виключенням її ролі у поверненні рідини, лімфатична система не становить особливого інтересу для фізіології фізичного виховання і спорту.

Кров відіграє важливу роль у регуляції нормального функціонування організму. Для м'язової діяльності особливе значення мають такі три функції: транспортна, регуляція температури та кислотно-основна рівновага.

Ми вже знаємо про транспортну функцію крові. Кров відіграє важливу роль також у регуляції температури під час м'язової діяльності. Терморегуляторна функція забезпечується передачею тепла з кров'ю з глибоких частин тіла або ділянок підвищеної метаболічної активності до інших ділянок тіла за нормальних умов і до шкіри при перегріві тіла. Кров може справляти буферний вплив на кислоти, що утворюються внаслідок анаеробного метаболізму, підтримуючи відповідний рН, котрий забезпечує ефективність метаболічних процесів.

Об'єм і склад крові. Об'єм циркулюючої крові в організмі значною мірою залежить від розмірів тіла людини та рівня фізичної підготовленості. Великі об'єми крові спостерігають у великих людей, а також у людей з високим рівнем витривалості, обумовленим тренуваннями. У людей із середніми розмірами тіла та стандартним рівнем фізичної підготовленості (котрі не займалися аеробним тренуванням) об'єм крові коливається від 5-6 (чоловіки) до 4-5 л (жінки).

Кров складається з плазми (в основному води) та формених елементів. Плазма звичайно становить 55-60 % загального об'єму крові. Цей показник може знизитися на 10 % і більше при виконанні інтенсивних навантажень в умовах спеки, а також підвищитися на стільки ж внаслідок тренувань на витривалість або адаптації до умов спеки і вологості. Приблизно 90 % плазми — це вода, 7 % — білки плазми, решта 3 % — клітинні поживні речовини, електроліти, ферменти, гормони, антитіла та продукти виділення.

Формені елементи, котрі звичайно становлять 40-45 % загального об'єму крові, — це еритроцити, лейкоцити і тромбоцити. 99 % об'єму формених

елементів становлять еритроцити, решта — 1 % припадає на лейкоцити та тромбоцити. Відсоток загального об'єму крові, що складається з еритроцитів, називається гематокритом (у межах 40-45 %) .

Лейкоцити захищають організм від чужорідних бактерій або безпосередньо знищуючи їх за допомогою фагоцитозу (поглинання), або утворюючи антитіла для їх знищення. У дорослої людини в 1 мм³ крові міститься близько 7000 лейкоцитів.

Решта формених елементів — це тромбоцити. Вони не є дійсно клітинами, а скоріше клітинними фрагментами. Ці невеликі диски необхідні для коагуляції (згортання) крові, що запобігає надмірній втраті крові. Однак нас насамперед цікавлять еритроцити.

Еритроцити. Зрілі еритроцити не мають ядер, тому не можуть розмножуватися. Їх замінюють нові клітини. Звичайна тривалість життя еритроцита близько 90-120 днів, тому вони безперервно утворюються і руйнуються приблизно з однаковою швидкістю. Зменшення їх кількості або функції негативно впливає на транспорт кисню і відповідно на м'язову діяльність.

Під час навантаження еритроцити можуть руйнуватися. Клітинна мембрана еритроцита руйнується внаслідок постійних фізичних навантажень, підвищеної циркуляції або підвищеної температури тіла. Дослідження показують, що навіть постійне торкання підошви взуття з поверхнею землі під час бігу на довгі дистанції може підвищити крихкість еритроцитів і швидкість їх руйнування.

Еритроцити транспортують кисень, головним чином зв'язаний з їхнім гемоглобіном. Гемоглобін складається з білка — глобіну та пігменту — гема. Гем містить залізо, що зв'язує кисень. Кожний еритроцит містить близько 250 млн молекул гемоглобіну, кожна з котрих може зв'язати 4 молекули кисню. Таким чином, один еритроцит здатний зв'язати близько мільярда молекул кисню! У крові у середньому міститься 15 г гемоглобіну на 100 мл. Кожний грам гемоглобіну може об'єднатися з 1,33 мл кисню, отже кожні 100 мл крові можуть зв'язати до 20 мл кисню.

В'язкість крові. В'язкість означає густину, або клейкість, крові. Чим вища в'язкість рідини, тим більший її опір течії. В'язкість крові звичайно у два рази більша, ніж води. В'язкість крові, а отже і опір кровотоку збільшується при підвищенні гематокриту.

У зв'язку з тим, що еритроцити переносять кисень, збільшення їх числа мало б підсилити транспорт кисню. Однак якщо зростання кількості еритроцитів не супроводжується таким самим збільшенням об'єму плазми, то в'язкість крові підвищується, що може зменшити кровоток. Як правило, це не спостерігається до досягнення показника гематокриту 60 % і більше.

Водночас сполучення низького гематокриту з високим об'ємом плазми, що призводить до зниження в'язкості крові, певною мірою сприятливо впливає на функцію транспорту кисню крові, оскільки кровоток стає вільнішим (легким). На жаль, низький гематокрит звичайно є наслідком зменшення кількості еритроцитів, що спостерігається при таких захворюваннях, як анемія. У цьому випадку кровоток вільніший, однак у такій крові менше «транспортних засобів», що утруднює доставку кисню. Для м'язової діяльності є сприятливим

сполучення відносно низького показника гематокриту із звичайним або трохи підвищеним числом еритроцитів. Таке сполучення сприяє транспорту кисню. Багато спортсменів, котрі займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості, досягають такого стану внаслідок адаптації їх серцево-судинної системи до тренувань.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте анатомічну будову серця людини.
2. Опишіть особливості кровотоку у серцевому, великому та малому колі кровообігу.
3. Особливості будови та функції провідної системи серця.
4. Назвіть види регуляції серцевої діяльності.
5. Описати структуру серця, структуру кровотоку у шлуночках і в передсердях, кровопостачання серця як м'язу.
6. Що відбувається, коли серце у стані спокою має негайно забезпечити кровопостачання організму, виконуючого вправу?
7. Що забезпечує скорочення серця? Як контролюється частота серцевих скорочень?
8. Дайте характеристику серцевому циклу, систолічному об'єму крові, серцевому викиду.
9. Охарактеризуйте особливості розподілу крові по судинам організму.
10. Види контролю кількості крові у судинах організму людини.
11. Особливості об'єму та складу крові людини, в'язкість крові. Формені елементи крові.

3.2. РЕАКЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ НА ФІЗИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Потреба у кисні активних м'язів різко зростає під час фізичного навантаження: використовується більше поживних речовин → прискорюються метаболічні процеси → зростає кількість продуктів розпаду. При тривалому фізичному навантаженні, а також при його виконанні за умов високої температури підвищується температура тіла. При інтенсивному навантаженні збільшується концентрація іонів водню у м'язах та крові, що спричиняє зниження рН крові.

Під час навантаження відбуваються численні зміни у серцево-судинній системі. Усі вони спрямовані на виконання одного завдання: дозволити системі задовольнити зрослі потреби, забезпечивши максимальну ефективність її функціонування. Аби краще зрозуміти зміни, що відбуваються, необхідно уважніше розглянути певні функції серцево-судинної системи, звернувши увагу на: частоту серцевих скорочень, систолічний об'єм крові, серцевий викид, кровоток, артеріальний тиск та кров.

Частота серцевих скорочень

Частота серцевих скорочень — це найпростіший та найінформативніший

параметр серцево-судинної системи. Вимірювання його включає визначення пульсу звичайно в ділянці зап'ястка або сонної артерії. ЧСС відображає кількість роботи, котру виконує серце, аби задовольнити підвищені вимоги організму при його залученні до м'язової діяльності.

Частота серцевих скорочень у спокої. Середня ЧСС у спокої становить 60-80 уд./хв. У людей середнього віку, малорухливих і у тих, хто не займається м'язовою діяльністю, ЧСС спокої може перевищувати 100 уд./хв. У відмінно підготовлених спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості, ЧСС у спокої становить 28-40 уд./хв. ЧСС звичайно знижується з віком. На частоту серцевих скорочень також впливають чинники довколишнього середовища, наприклад, вона збільшується за умов високої температури та високогір'я.

Уже до початку вправи ЧСС, як правило, перевищує звичайний показник у спокої. Це так звана передстартова реакція. Вона виникає внаслідок виділення нейромедіатора норадреналіну симпатичною нервовою системою та гормону адреналіну наднирковими залозами. Мабуть, знижується також вагусний тонус. Оскільки ЧСС перед виконанням вправи, як правило, є підвищеною, то визначення її у спокої слід здійснювати тільки за умови повного розслаблення, наприклад вранці, перед тим як встати з ліжка після спокійного сну. Частоту серцевих скорочень перед виконанням вправи не можна вважати ЧСС у спокої.

Частота серцевих скорочень при фізичному навантаженні. На початку виконання вправи, ЧСС швидко зростає пропорційно інтенсивності навантаження. Коли інтенсивність роботи точно контролюється та вимірюється (наприклад, на велоергометрі), показник споживання кисню можна передбачити. Отож, вираження інтенсивності фізичної роботи або вправи у показниках споживання кисню є не тільки точним, але й найбільш придатним при обстеженні як різних людей, так і однієї людини у різних умовах.

Максимальна частота серцевих скорочень. ЧСС збільшується пропорційно зростанню інтенсивності фізичного навантаження практично до моменту крайнього стомлення (виснаження). По мірі наближення цього моменту ЧСС починає стабілізуватися. Це означає, що досягнутого максимального рівня ЧСС. Максимальна частота серцевих скорочень — це максимальний показник, котрий досягається при максимальному зусиллі перед моментом крайнього стомлення. Це дуже надійний показник, котрий залишається постійним з дня на день і змінюється незначно тільки з віком з року в рік.

Максимальну ЧСС можна визначати, враховуючи вік, оскільки вона знижується десь на один удар за рік, починаючи з віку 10-15 років. Віднявши вік від 220, ми отримаємо приблизний середній показник максимальної ЧСС.

Слід, однак, відмітити, що індивідуальні показники максимальної ЧСС можуть відрізнятися від отриманого таким чином середнього показника досить суттєво. Наприклад, у 40-річної людини середній показник максимальної ЧСС буде 180 уд./хв ($ЧСС_{\text{макс}} = 220 - 40$).

Стійка частота серцевих скорочень. При постійних субмаксимальних рівнях фізичного навантаження ЧСС збільшується відносно швидко, доки не

досягне плато — стійкої ЧСС, оптимальної для задоволення потреб кровообігу при даній інтенсивності роботи. При кожному наступному збільшенні ЧСС досягає повою стійкого показника протягом 1-2 хв. Разом з тим, чим вища інтенсивність навантаження, тим більше часу треба для досягнення нього показника.

Поняття стійкості ЧСС лягло в основу ряду тестів, розроблених для оцінки фізичної підготовленості. В одному з цих тестів обстежуваного розташовували на приладі типу велоергометра і вони виконували роботу при двох-трьох стандартизованих інтенсивностях. Ті, хто мав кращу фізичну підготовленість, виходячи з їх кардіореспіраторної витривалості, мали нижчі показники стійкої ЧСС при даній інтенсивності роботи порівняно з тими, котрі менше фізично підготовлені. Таким чином, цей показник є ефективним індикатором продуктивності серця: нижча ЧСС свідчить про більшу продуктивність серця.

Систолічний об'єм крові

Систолічний об'єм крові також збільшується під час навантаження, забезпечуючи ефективнішу роботу серця. Відомо, що при майже максимальній та максимальній інтенсивності навантаження систолічний об'єм є головним показником кардіореспіраторної витривалості.

Систолічний об'єм визначають чотири чинники:

1) об'єм венозної крові, що повертається у серце; 2) розтягуваність шлуночків або їх здатність збільшуватися; 3) скоротлива здатність шлуночків; 4) тиск в аорті або тиск у легеневій артерії (тиск, котрий має здолати опір шлуночків у процесі скорочення),

Перші два чинники впливають на можливості заповнення шлуночків кров'ю, визначаючи, який об'єм крові є для їх заповнення, а також, з якою легкістю вони заповнюються при даному тиску. Два останніх чинники впливають на здатність виштовхування зі шлуночків крові, визначаючи силу, з котрою вона викидається, а також тиск, котрий вона має здолати, просуваючись по артеріях. Ці чотири чинники безпосередньо контролюють зміни систолічного об'єму, обумовлені збільшенням інтенсивності навантаження.

Збільшення систолічного об'єму із навантаженням. Учені зійшлися на тому, що величина систолічного об'єму під час навантаження перевищує показники у стані спокою. Разом з тим наводяться вельми протирічні дані про зміни систолічного об'єму при переході від роботи дуже низької інтенсивності до роботи максимальної інтенсивності або до роботи до виникнення надзвичайного стомлення. Більшість учених вважають, що систолічний об'єм підвищується із збільшенням інтенсивності роботи, але тільки до 40-60 % максимальної. Вважають, що при такій інтенсивності показник систолічного об'єму крові демонструє плато і не змінюється навіть при досягненні моменту виникнення надзвичайного стомлення.

Коли тіло перебуває у вертикальному положенні, систолічний об'єм крові збільшується майже вдвічі порівняно з показником у стані спокою, досягаючи максимальних значень при м'язовій діяльності. Наприклад, у фізично активних, але нетренованих людей він збільшується від 50-60 мл у стані спокою

до 100-120 мл при максимальному навантаженні. У відмінно підготовлених спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості, показник систолічного об'єму може підвищуватися від 80-110 мл у стані спокою до 160-200 мл при максимальному навантаженні. При виконанні вправи у положенні супінації (наприклад, плавання) систолічний об'єм також збільшується, але не так виражено — на 20-40 %. Чому існує така різниця, зумовлена різним положенням тіла?

Коли тіло перебуває у горизонтальному положенні, то кров не накопичується у нижніх кінцівках. Вона швидше повертається у серце, що й зумовлює вищі показники систолічного об'єму у стані спокою в горизонтальному положенні (супінація). Тому збільшення систолічного об'єму при максимальному навантаженні не таке велике у горизонтальному положенні порівняно з вертикальним. Цікаво, що максимальний показник систолічного об'єму, котрою можна досягти при виконанні вправи у вертикальному положенні, лише не набагато перевищує показник у стані спокою, коли тіло перебуває у горизонтальному положенні. Збільшення систолічного об'єму при низькій або середній інтенсивності роботи в основному спрямоване на компенсування сили тяжіння.

Пояснення збільшення систолічного об'єму крові. Загальновідомо, що систолічний об'єм крові збільшується при переході від стану спокою до виконання навантаження. Одним з можливих механізмів може бути закон Франка-Старлінга, згідно з котрим головним чинником, що регулює систолічний об'єм крові, є ступінь розтягнення шлуночків: чим сильніше розтягується шлуночок, тим з більшою силою він скорочується. Наприклад, якщо у передсердя під час діастолі надходить більший об'єм крові, то його стінки розтягуються більше, ніж при надходженні меншого об'єму. Щоб викинути більшу кількість крові, шлуночок має відреагувати на збільшення розтягнення потужнішим скороченням. **Це так званий механізм Франка-Старлінга.** Разом з цим систолічний об'єм може також збільшуватися завдяки більшій скоротливій здатності шлуночка навіть без підвищення кінцево-діастолічного об'єму. Який з цих механізмів зумовлює підвищений систолічний об'єм?

Деякі новітні прилади діагностики функції серцево-судинної системи дозволяють точно визначити зміни систолічного об'єму при навантаженнях. Метод ехокардіографії та радіонуклідний метод з успіхом застосовували, щоб визначити, як реагують камери серця на підвищену потребу у кисні під час навантаження. Обидва методи забезпечують отримання постійного зображення серця у стані спокою, а також при майже максимальній інтенсивності навантаження.

Кровоток

Перерозподіл крові під час фізичного навантаження. При переході від стану спокою до виконання фізичного навантаження структура кровотоку значно змінюється. Під впливом симпатичної нервової системи кров відводиться з ділянок, де її наявність необов'язкова, і спрямовується в ділянки, що беруть активну участь у виконанні вправи. У стані спокою кровоток у м'язах становить 15-20 % серцевого викиду, а при інтенсивних фізичних навантаженнях — 80-85 %. Кровоток у м'язах збільшується головним чином за

рахунок зменшення кровопостачання нирок, печінки, шлунка та кишечника.

З підвищенням температури тіла внаслідок виконання вправи або високої температури повітря значно більша кількість крові спрямовується до шкіри, щоб перенести тепло з глибини тіла до периферії, звідки воно виділяється у зовнішнє середовище. Збільшення шкірного кровотоку означає, що кровопостачання м'язів знижене. Цим, до речі, пояснюються низькі результати у більшості видів спорту, що потребують виявлення витривалості у спекотну погоду.

З початком вправи активні скелетні м'язи починають відчувати зростаючу потребу у кровотоці, котра задовольняється шляхом загальної симпатичної стимуляції судин тих ділянок, у котрих кровоток має бути обмежений (наприклад, у нирках та травній системі). Судини у цих ділянках звужуються і кровоток спрямовується до скелетних м'язів, котрі потребують додаткової кількості крові. У скелетних м'язах симпатична стимуляція звужуючих стінки судин волокон слабшає, а симпатична стимуляція судинорозширюючих волокон збільшується. Таким чином, судини розширюються і в активні м'язи надходить додаткова кількість крові.

Під час фізичного навантаження також посилюється метаболізм м'язових тканин, внаслідок чого накопичуються продукти метаболічного розпаду. Підвищений метаболізм викликає збільшення кислотності, CO_2 та температури у м'язовій тканині. Ці локальні зміни зумовлюють розширення судин шляхом ауторегуляції, збільшуючи кровоток у локальних капілярах. Ауторегуляція також викликається низьким парціальним тиском кисню (PO_2) у тканинах (підвищена потреба у кисні), м'язовим скороченням і, можливо, іншими вазоактивними речовинами, що виділяються внаслідок скорочення.

Серцево-судинне зрушення. При тривалому навантаженні, а також виконанні роботи за умов підвищеної температури повітря об'єм крові знижується внаслідок втрати організмом рідини, зумовленої потінням та загальним переміщенням рідини з крові у тканини. Це — набряк. При поступовому зниженні загального об'єму крові по мірі збільшення тривалості навантаження та переміщенні великої кількості крові до периферії з метою охолодження тиск серцевого наповнення знижується. Це зменшує венозне повернення у праву частину серця, що, у свою чергу, знижує систолічний об'єм (кінцево-діастолічний об'єм знижений; систолічний об'єм - кінцево-діастолічний об'єм - кінцево-систолічний об'єм). Знижений систолічний об'єм компенсується збільшенням ЧСС, спрямованим на збереження величини серцевого викиду (серцевий викид = ЧСС × систолічний об'єм).

Ці зміни являють собою так зване серцево-судинне зрушення, що дозволяє продовжувати виконання вправи низької або середньої інтенсивності. Разом з тим організм не здатний повністю компенсувати знижений систолічний об'єм при високій інтенсивності фізичного навантаження, оскільки максимальна ЧСС досягається раніше, тим самим обмежуючи максимальну м'язову діяльність.

Артеріальний тиск

Вивчаючи артеріальний тиск крові під час фізичного навантаження, слід розрізняти систолічний та діастолічний тиск, оскільки вони змінюються по-

різному. При фізичних навантаженнях, що потребують виявлення витривалості, систолічний тиск крові підвищується пропорційно збільшенню інтенсивності навантаження. Систолічний тиск, що у спокої дорівнює 120 мм рт. ст., може перевищити 200 мм рт. ст. у стані надзвичайного стомлення. У підготовлених спортсменів при максимальних навантаженнях систолічний тиск може підвищуватися до 240-250 мм рт. ст.

Підвищений систолічний тиск крові — це результат збільшеного серцевого викиду, котрий супроводжує збільшення інтенсивності роботи. Він забезпечує швидке переміщення крові по судинах. Окрім того, артеріальний тиск крові зумовлює кількість рідини, що виходить з капілярів у тканини, транспортуючи необхідні поживні речовини. Таким чином, підвищений систолічний тиск сприяє здійсненню оптимального процесу транспорту.

Під час м'язової діяльності, що погребує прояву витривалості, діастолічний тиск практично не змінюється, незалежно від інтенсивності навантаження. Згадаймо, що діастолічний тиск відображає тиск в артеріях під час «відпочинку» серця. Жодне з вимірювань, котрі ми розглядали, не впливає значною мірою на цей тиск, тому немає підстав очікувати його збільшення. *Підвищення діастолічного тиску на 15 мм рт. ст. і більше вважається аномальною реакцією на навантаження і одним з багатьох показників, що свідчать про необхідність негайно припинити проведення діагностичного тесту з навантаженням.*

Артеріальний тиск досягає стабільних показників під час суб-максимального навантаження, що потребує прояву витривалості, постійної інтенсивності. Зі збільшенням інтенсивності навантаження систолічний тиск також зростає. При тривалому навантаженні постійної інтенсивності систолічний тиск може поступово знижуватися, однак діастолічний тиск лишається незмінним. Зниження систолічного тиску крові якщо і відбувається, є нормальною реакцією і просто відображає збільшене розширення артеріол в активних м'язах, що викликає зниження загального периферичного опору (тиск крові = серцевий викид × на загальний периферичний опір судин).

Більш вираженими є реакції тиску крові на силові вправи, наприклад, у важкій атлетиці. Під час силового тренування високої інтенсивності тиск крові може перевищувати 480/350 мм рт. ст. При таких навантаженнях досить часто спостерігається використання проби Вальсальви, коли людина намагається виконати видих із закритими ротом, носом та голосовою щілиною, що призводить до значного збільшення внутрішньогрудного тиску. Наступне збільшення тиску крові багато у чому зумовлене зусиллям організму подолати високий внутрішній тиск, створений під час проби Вальсальви.

При навантаженнях на верхню частину тіла, котрі потребують таких самих абсолютних енерговитрат, реакція тиску крові є ще більш очевидною. Мабуть, це зумовлено меншою м'язовою масою та меншою кількістю судин у верхній частині тіла порівняно з нижньою. Така різниця зумовлює більший опір кровотоку і, отже, підвищений тиск крові, спрямований на подолання опору.

Кров

Інший компонент серцево-судинної системи — кров. Це рідина, що

транспортує необхідні речовини у тканини і виводить продукти обміну. Оскільки під час навантаження обмін речовин посилюється, значення функції крові також зростає.

Вміст кисню. У стані спокою вміст кисню у крові коливається від 20 мл на 100 мл артеріальної крові до 14 мл на 100 мл венозної крові. Різниця між цими двома показниками ($20 - 14 = 6$ мл) являє собою артеріовенозну різницю по кисню (АВР- O_2). Цей показник відображає вилучення кисню з крові, що рухається по судинах.

Зі збільшенням інтенсивності навантаження артеріовенозна різниця вмісту кисню поступово зростає. Вона може збільшуватися майже втричі від стану спокою до максимальних рівнів навантаження. Це відбивається у зниженні венозного вмісту кисню. Активним м'язам потребується більше кисню, тому з крові його вилучається більше. Венозний вміст кисню падає майже до нуля в активних м'язах, однак у змішаній венозній крові правого передсердя серця його вміст рідко зменшується нижче 2-4 мл на 100 мл крові. Це зумовлено тим, що кров, котра повертається з активних тканин, змішується з кров'ю, котра надходить з неактивних ділянок, коли вона повертається у серце. Утилізація кисню у неактивних тканинах набагато нижча, ніж у м'язах. Артеріальний вміст кисню залишається практично незмінним; разом з тим у деяких дослідженнях спостерігали його зниження у відмінно підготовлених спортсменів при максимальному навантаженні.

Об'єм плазми. З початком м'язової діяльності майже миттєво спостерігається перехід плазми крові у інтерстиціальний простір. Мабуть, це зумовлено двома чинниками. Підвищення тиску крові викликає збільшення гідростатичного тиску у капілярах. Тому збільшення тиску крові виштовхує рідину з судини (капіляра) у міжклітинний простір. Окрім того, внаслідок акумуляції продуктів розпаду в активному м'язі збільшується внутрішньом'язовий осмотичний тиск, притягуючи рідину до м'яза.

Тривале навантаження може викликати зниження об'єму плазми на 10-20 % і більше. Подібне (15-20%) зменшення об'єму плазми спостерігали при виснажливому навантаженні тривалістю 1 хв. При силових тренуваннях зниження об'єму плазми пропорційне інтенсивності зусилля; при інтенсивності роботи 40 % одного максимального повторення об'єм плазми знижується на 7,7 %, при інтенсивності 70 % — на 13,9 %.

Якщо інтенсивність навантаження або чинники довколишнього середовища викликають потіння, то можна очікувати додаткових втрат об'єму плазми. Головне джерело рідини для утворення поту є інтерстиціальна рідина, кількість котрої зменшується по мірі тривалості процесу потіння. Це викликає збільшення осмотичного тиску в інтерстиціальному просторі, внаслідок чого у тканини виділяється ще більше плазми. Об'єм внутрішньоклітинної рідини неможливо безпосередньо і точно виміряти, однак, на думку фахівців, ця рідина також виділяється (втрачається) з внутрішньоклітинного простору і навіть з еритроцитів, котрі можуть стискуватися.

Очевидно, зменшення об'єму плазми негативно впливає на м'язову діяльність. При тривалій фізичній активності, коли певну проблему являє перегрів

організму, необхідно знижувати загальний кровоток в активних тканинах, щоб забезпечити надходження більшої кількості крові до поверхні шкіри і, таким чином, знизити температуру тіла. Зменшений об'єм плазми також збільшує в'язкість крові, що може перешкоджати кровотоку і, тим самим, обмежувати транспорт кисню, особливо якщо показник гематокриту перевищує 60 %.

При навантаженні, що триває декілька хвилин, зміни кількості рідини, а також терморегуляція практично не справляють ніякого впливу, однак при збільшенні тривалості навантаження їх значення для забезпечення ефективної діяльності підвищується. Смертельні випадки внаслідок зневоднювання та перегрівання організму не рідкість під час змагань з різних видів спорту.

Гемоконцентрація виникає при зниженні об'єму плазми. Це означає, що кількість рідинної частини крові зменшується, а клітинна та білкова фракції становлять більшу частину загального об'єму крові, тому їх концентрація у крові підвищується.

Зі збільшенням гематокриту та загальної кількості еритроцитів зростає їх вміст в одиниці крові, оскільки кров стає більш концентрованою. Підвищення концентрації еритроцитів, у свою чергу, викликає збільшення вмісту гемоглобіну в одиниці крові. Це значно підвищує здатність крові транспортувати кисень, що дуже важливо під час м'язової діяльності.

Певний час була поширеною думка про те, що реакція гемоконцентрації відображає збільшення кількості еритроцитів за рахунок тих, що надходять із селезінки у кров для полегшення транспорту кисню. Але роль селезінки під час фізичного навантаження поки ще не повністю визначена.

pH крові. Навантаження середньої та високої інтенсивності можуть викликати значні зміни pH крові. У спокої pH артеріальної крові залишається постійним на рівні 7,4 — трохи лужний.

До рівня інтенсивності 50 % максимальної аеробної здатності зміни pH незначні. Якщо інтенсивність перевищує 50 %, то pH знижується, оскільки кров стає більш кислотною. Зниження відбувається спочатку поступово, потім прискорюється по мірі наближення організму до стану надзвичайного стомлення. Показники pH крові 7,0 і нижче спостерігали після максимальних навантажень спринтерського типу.

Зниження pH крові зумовлене головним чином зрослим анаеробним метаболізмом і відповідає підвищеній концентрації лактату у крові при збільшенні інтенсивності навантаження.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Чим відрізняється систола від діастоли і як це пов'язане із систолічним та діастолічним тиском крові?
2. Як регулюється кровоток у різних частинах тіла? Як він змінюється при навантаженні?
3. Розказати про реакції ЧСС, систолічного об'єму та серцевого викиду на інтенсивність навантаження, котра збільшується.
4. Як визначити максимальну ЧСС?
5. Описати два основних механізми повернення крові у серце при виконанні

вправи у вертикальному положенні.

6. Які адаптаційні зміни відбуваються у діяльності серцево-судинної системи при перегріві організму під час виконання вправи?

7. Що таке серцево-судинне зрушення? Чому серцево-судинне зрушення може становити проблему при тривалому навантаженні?

8. Описати основні функції крові. Як змінюється об'єм плазми при збільшенні навантаження, при тривалому навантаженні за умов високої температури?

3.3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

М'язова діяльність, що потребує прояву витривалості, залежить від доставки достатньої кількості кисню (O_2) до м'язів та адекватного клітинного його споживання. Разом з тим внаслідок метаболічних процесів, що відбуваються в активних м'язах, утворюється інший газ — діоксид вуглецю (вуглекислий газ, CO_2), котрий на відміну од кисню є токсичним.

Усю роботу по забезпеченню організму адекватною кількістю O_2 та виведенню з нього CO_2 виконує дихальна система. Як вже відомо, серцево-судинна система забезпечує транспорт цих газів. Окрім того дихальна система доставляє кисень у наш організм і виводить з нього надлишок діоксиду вуглецю.

Розглянемо особливості функціонування дихальної системи людини.

Дихальна та серцево-судинна системи утворюють ефективну систему транспорту кисню у тканини організму і виведення з них діоксиду вуглецю. Система транспорту включає чотири окремих процеси:

- 1) легеневу вентиляцію (дихання), що являє собою пересування газів у легені і зовнішнього середовища, і навпаки;
- 2) дифузію — газообмін між легенями і кров'ю;
- 3) транспорт кисню та діоксиду вуглецю з кров'ю;
- 4) капілярний газообмін — газообмін між капілярною кров'ю та метаболічне активними тканинами.

Перші два процеси являють собою так зване зовнішнє дихання, оскільки припускають переміщення газів із зовнішнього середовища у легені і потім у кров. Як тільки гази надійдуть у кров, вони транспортуються до тканин. Коли кров надходить у тканини, настає четвертий етап дихального процесу: газообмін між кров'ю та тканинами, котрий називається внутрішнім диханням.

Легенева вентиляція

Легенева вентиляція, або просто дихання, являє собою процес переміщення повітря в легені із зовнішнього середовища. Повітря, проходить через наступні анатомічні структури: спочатку у легені через ніс, рот використовується у тому випадку, коли потреба у повітрі перевищує кількість, котра може попасти у легені через ніс. Дихання через ніс є переважнішим, оскільки повітря зігрівається і зволожується, проходячи через простір неправильної форми (носову раковину). Окрім того, при проходженні через носову раковину пил та інші частки осідають на слизовій оболонці носоглотки. Таким чином

здійснюється фільтрація усіх часток, за виключенням найменших, що знижує подразнення та вірогідність респіраторних інфекцій. З носа і рота повітря рухається глоткою, гортанню, трахеєю, бронхами та бронхіолами, доки не досягне найменших дихальних одиниць — альвеол. Альвеоли є місцем газообміну у легенях.

Легені не прикріплені безпосередньо до ребер, а «підвішені» за допомогою плевральних листків, між котрими є порожнина, де міститься тонкий шар плевральної рідини, що знижує тертя під час дихальних рухів. Окрім того, ці порожнини з'єднані з легенями, а також з внутрішньою поверхнею грудної клітки, котра надає легеням свій розмір та форму під час її розширення та скорочення.

Взаємозв'язок між легенями, плевральними порожнинами та грудною кліткою визначає потоки повітря, що вдихається і видихається. Розглянемо обидві фази — вдих та видих.

Вдих. Вдих є активним процесом, у котрому приймають участь діафрагма та зовнішні міжреберні м'язи. Рух ребер та груднини здійснюється зовнішніми міжреберними м'язами. Ребра рухаються вгору і в боки подібно з ручкою відра. Рухи груднини спрямовані вгору і вперед і нагадують рухи ручки насоса. Що стосується діафрагми, то вона скорочується, опускаючись униз до черевної порожнини. Ці дії викликають збільшення об'єму грудної клітки та легень. При розширенні легень повітря, що знаходиться у них, заповнює більший простір і тиск у легенях знижується. В результаті тиск у легенях (внутрішньолегевий тиск) стає меншим, ніж тиск навколишнього повітря. Оскільки дихальні шляхи відкриті, то повітря спрямовується у легені, щоб знизити різницю тиску. Таким чином, під час вдиху у легені попадає повітря.

За умов виконання значного фізичного навантаження здійсненню вдиху сприяють інші м'язи: драбинчасті (передній, середній та задній) та груднино-ключично-соскоподібні, розташовані у ділянці шиї, а також грудні. З їхньою допомогою ребра піднімаються вище, ніж при звичайному диханні.

Видих. У стані спокою видих, як правило, є пасивним процесом, котрий включає розслаблення дихальних м'язів та еластичну тягу легеневої тканини. При розслабленні діафрагми вона набуває свого звичайного дугоподібного положення. В результаті розслаблення зовнішніх міжреберних м'язів, ребра й груднина опускаються донизу, набуваючи звичайного для стану спокою положення. Як тільки це відбувається легенева тканина також набуває положення, характерного для стану спокою. Це призводить до підвищення тиску в грудній клітці, внаслідок чого з легень виходить повітря. Видих завершено.

При диханні з зусиллям видих стає активнішим процесом. Внутрішні міжреберні м'язи активніше тягнуть ребра донизу. Їм можуть допомагати найширший м'яз спини та квадратний м'яз попереку. Скорочення м'язів живота підвищує внутрішньочеревний тиск, викликаючи рух внутрішніх органів угору до діафрагми та прискорюючи її повернення у вихідне дугоподібне положення. Ці м'язи, окрім того, тягнуть грудну клітку донизу і усередину.

Дифузійна здатність легень

Газообмін у легенях, котрий називається дифузією, виконує наступні

головні функції:

- 1) поповнює запаси кисню у крові, що вичерпуються на тканинному рівні, при його використанні для утворення енергії шляхом окиснення;
- 2) виводить діоксид вуглецю з венозної крові.

Для здійснення дифузії необхідні повітря, що транспортує кисень у легені, та кров, що утилізує цей кисень і виділяє діоксид вуглецю. Повітря надходить у легені під час легеневої вентиляції, при цьому здійснюється газообмін між ним і кров'ю.

Кров з більшості ділянок тіла вертається по порожнистій вені у легеневу (праву) частину серця. З правого шлуночка вона викачується через легеневу артерію у легені, прокладаючи собі шлях до легневих капілярів. Ці капіляри утворюють щільну сітку навколо альвеолярних мішечків. Легеневі капіляри є такими малими, що еритроцити можуть пересуватися по них лише в один ряд, піддаючись впливові навколишньої легеневої тканини. Саме тут відбувається процес дифузії.

Легенева мембрана. Газообмін між повітрям в альвеолах і кров'ю у легневих капілярах здійснюється через легеневу мембрану (або, як її ще називають, — альвеолярно-капілярну мембрану). Ця мембрана (рис. 7) складається з альвеолярної стінки, капілярної стінки та їх базальних мембран.

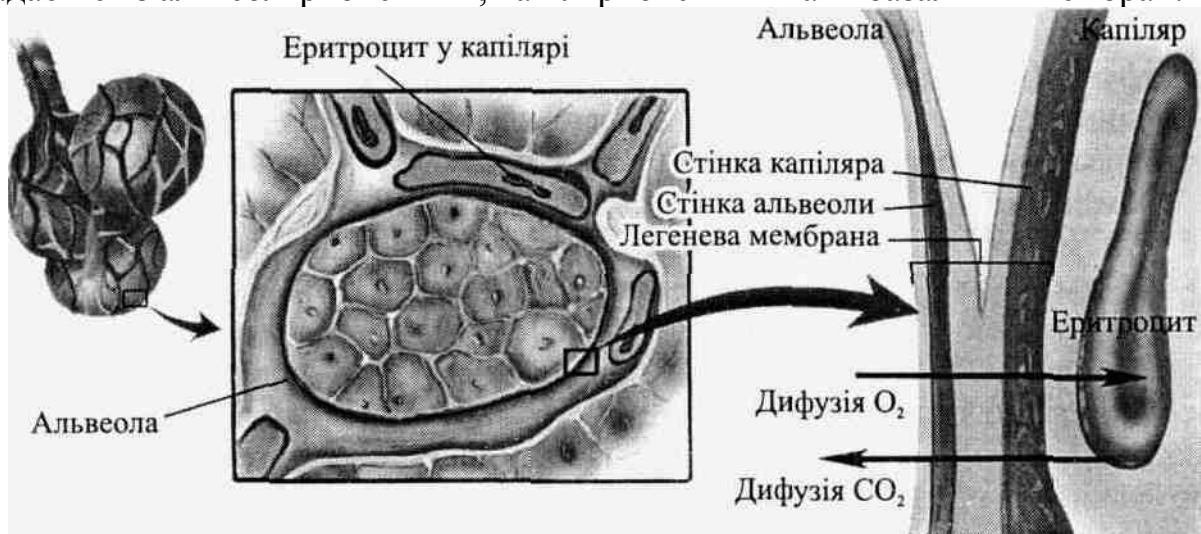


Рис. 7. Легенева мембрана (за Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)

Альвеолярно-капілярна мембрана дуже тонка — 0,5-4,0 мкм. Внаслідок цього приблизно 300 млн альвеол знаходяться у безпосередній близькості від циркулюючої по капілярах крові. Однак ця мембрана є значною перепорою для здійснення газообміну. На рисунку представлено, як це відбувається.

Газообмін у альвеолах. Різниця парціальних тисків газів у альвеолах та у крові створює градієнт тиску через легеневу мембрану. Це є основою для здійснення газообміну під час дифузії кисню та діоксиду вуглецю. Якби тиск з двох боків мембрани був однаковим, гази були б у стані рівноваги і навряд чи рухалися б. Однак тиск не є однаковим. Розглянемо спочатку тиск кисню.

Обмін кисню. Парціальний тиск кисню (P_{O_2}) повітря при стандартному атмосферному тиску дорівнює 159 мм рт. ст. Однак під час вдиху в альвеолах

він знижується до 100-105 мм рт. ст. Повітря, що надійшло, змішується з тим, що знаходиться в альвеолах; альвеолярне повітря містить більшу кількість водяної пари та діоксиду вуглецю, котрі забезпечують загальний тиск. Свіже повітря, вентилюючи легені, постійно змішується з повітрям, котре залишається в альвеолах, тоді як деякі з альвеолярних газів виводяться у зовнішнє середовище. В результаті цього концентрації альвеолярних газів залишаються відносно постійними.

Кров, позбавлена більшої частини кисню, надходить у легеневі капіляри з P_{O_2} порядку 40-45 мм рт. ст. Це майже на 55-65 мм рт. ст. менше, ніж P_{O_2} в альвеолах. Іншими словами, градієнт тиску кисню через легеневу мембрану становить, як правило, 55-65 мм рт. ст. Як відмічалось раніше, цей градієнт тиску сприяє переміщенню кисню з альвеол у кров, щоб зрівноважити тиск кисню по обидва боки легеневої мембрани.

У момент досягнення венозного кінця капіляра парціальний тиск кисню у крові відповідає тиску в альвеолі. P_{O_2} досить швидко зрівноважується і його показники в альвеолах та у крові досягають 104 мм рт. ст. Отже, кров, що покидає легені через легеневі вени, повертається у серце з достатньою кількістю кисню, котрий може бути використаний тканинами.

Інтенсивність дифундування кисню з альвеол у кров називається дифузійною здатністю кисню. У стані спокою на кожний 1 мм рт. ст. різниці тиску кожної хвилини у кров дифундує близько 23 мл кисню. При максимальному м'язовому зусиллі споживання кисню у нетренованих людей може підвищуватися до 45 мл•кг/хв, а у найсильніших спортсменів, які займаються циклічними видами спорту, — до 80 мл•кг/хв. Це так званий показник максимального споживання кисню ($VO_2 \text{ max}$). Підвищення дифузійної здатності кисню при переході від стану спокою до виконання фізичного навантаження зумовлене відносно неефективною, «в'ялою» циркуляцією крові у легенях, що, в основному, зумовлено обмеженою перфузією верхніх ділянок легень внаслідок дії сили тяжіння. Водночас при максимальному зусиллі кровоток у легенях посилюється головним чином внаслідок підвищення тиску крові, котрий зумовлює інтенсивнішу перфузію легень.

У спортсменів з більш високими аеробними можливостями, як правило, вища й дифузійна здатність кисню. Мабуть, це зумовлено збільшеним серцевим викидом, збільшеним альвеолярним об'ємом та зниженим опором дифузії крізь легеневу мембрану.

Обмін діоксиду вуглецю, як і обмін кисню, залежить від градієнта тиску. Парціальний тиск діоксиду вуглецю (P_{CO_2}) у крові, що проходить по альвеолах, становить близько 45 мм рт. ст. В альвеолах він становить близько 40 мм рт. ст. Незважаючи на відносно невеликий градієнт тиску (близько 5 мм рт. ст.), він більш ніж достатній. Розчинність CO_2 у легеневій мембрані у 20 разів більша, ніж розчинність кисню, тому CO_2 дифундує крізь неї набагато швидше.

Транспорт кисню та діоксиду вуглецю

Отже, ми з'ясували, як здійснюються процеси легеневої вентиляції, а також газообміну на основі дифузії. Розглянемо тепер транспорт газів у крові, що забезпечує доставку у тканини кисню та виведення з них діоксиду вуглецю.

Транспорт кисню. Кисень транспортується еритроцитами крові (> 98 %) або розчинюючись у плазмі крові (< 2 %). В 1 л плазми може розчинитися усього 3 мл кисню. Виходячи з того, що загальний об'єм плазми 3-5 л, легко визначити, що у розчиненому вигляді може транспортуватися не більше 9-15 мл кисню. Така обмежена кількість кисню не може задовольнити потреб тканин організму навіть у стані спокою. У цьому випадку тканинам необхідно понад 250 мл кисню на хвилину (залежно від розмірів тіла). На щастя, гемоглобін, що міститься у 4-6 млрд еритроцитів, може забезпечити транспорт у 70 разів більшої кількості кисню.

Насичення гемоглобіну. Кожна молекула гемоглобіну може зв'язувати 4 молекули кисню, утворюючи оксигемоглобін (гемоглобін, котрий не зв'язується з киснем, називається дезоксигемоглобіном). Інтенсивність з'єднання кисню з гемоглобіном залежить від PO_2 , у крові та сили зв'язку між ними. На насиченість гемоглобіну впливає багато чинників. Якщо, наприклад, кров стає більш кислою, то крива дисоціації зміщується праворуч. Це показує, що на тканинному рівні від гемоглобіну відділилася велика кількість кисню. рН у легенях, як правило, високий, тому гемоглобін, що проходить по легенях, може «розраховувати» на значне насичення киснем. З іншого боку, на рівні тканин рН нижчий, що зумовлює дисоціацію кисню та гемоглобіну і доставку кисню до тканин. При фізичному навантаженні здатність «вивантажувати» кисень у м'язи збільшується, оскільки рН м'язів знижується.

Температура крові також впливає на дисоціацію кисню. Підвищення температури крові викликає зміщення кривої дисоціації праворуч, що свідчить про інтенсивніше «відвантаження» кисню. Внаслідок цього гемоглобін віддає більше кисню, коли кров проходить по активних м'язах, «зігрітих» внаслідок метаболічних процесів. У легенях, де температура крові і нижча, процес насичення гемоглобіну киснем інтенсивніший.

Киснетранспортна здатність крові — це максимальна кількість кисню, котру може транспортувати кров. Насамперед, вона залежить від вмісту гемоглобіну в крові. У чоловіків у кожних 100 мл крові міститься у середньому 14-18 г гемоглобіну, у жінок — 16г. Кожний грам гемоглобіну може зв'язуватися з 1,34 мл кисню. Таким чином, киснетранспортна здатність крові становить 16-24 мл/100 мл при повній насиченості крові киснем. Кров, проходячи через легені, контактує з альвеолярним повітрям протягом близько 0,75 с. Цього часу цілком достатньо, щоб гемоглобін приєднав майже увесь кисень. У підсумку насичення гемоглобіну становитиме 98 %.

У людей з низьким вмістом гемоглобіну у крові (наприклад, хворі на анемію) киснетранспортна здатність крові знижена. Залежно від ступеня анемії, вони можуть практично не відчувати цього, перебуваючи у стані спокою, оскільки серцево-судинна система компенсує знижений вміст кисню у крові, збільшуючи серцевий викид. Однак під час фізичного навантаження (інтенсивні зусилля аеробного характеру), що викликає обмеження транспорту кисню, знижений вміст кисню у крові зменшує утворення енергії та обмежує м'язову діяльність.

Транспорт діоксиду вуглецю (CO_2). Транспорт CO_2 також здійснюється

кров'ю. Виділений з клітин CO_2 транспортується кров'ю головним чином в одній з трьох форм:

- 1) розчинений у плазмі;
- 2) у вигляді іонів бікарбонату, що утворилися внаслідок дисоціації карбонатної кислоти;
- 3) зв'язаний з гемоглобіном (карбаміногемоглобін);

Розглянемо кожний вид транспорту.

Розчинений CO_2 . Певна кількість CO_2 , виділеного з тканин, розчиняється у плазмі. Однак у такому вигляді транспортується дуже незначна його кількість (усього 7-10 %). Розчинений CO_2 виділяється з плазми у ділянці зі зниженим P_{CO_2} наприклад у легенях. Там він дифундує з капілярів у альвеоли та виводиться з організму.

Іони бікарбонату. Більша частина CO_2 (близько 60-70 %) транспортується у вигляді іонів бікарбонату. Молекули CO_2 та води, з'єднавшись, утворюють карбонатну кислоту (H_2CO_3). Ця кислота нестабільна й швидко розкладається, вивільняючи іон водню (H^+) та утворюючи іон бікарбонату (HCO_3^-):



Іон H^+ потім зв'язується з гемоглобіном, який діє як буфер, зв'язуючи та нейтралізуючи H^+ і тим самим запобігаючи значному підкисленню крові. Коли кров надходить у легені, де P_{CO_2} нижчий, тоді H^+ й іони бікарбонату знову з'єднуються, утворюючи карбонатну кислоту, котра потім розщеплюється на CO_2 та воду:



Знов утворений таким чином діоксид може попасти в альвеоли і виділитися з організму.

Карбаміногемоглобін. Транспорт CO_2 відбувається так само, коли газ зв'язується з гемоглобіном, утворюючи сполучення, котре називається *карбаміногемоглобін*. Така назва зумовлена тим, що CO_2 зв'язується з амінокислотами у глобіновій частині молекули гемоглобіну, а не з гемовою групою, як кисень. Оскільки CO_2 з'єднується з іншою частиною молекули гемоглобіну, ніж кисень, конкуренції між обома процесами не відбувається. Зв'язування CO_2 залежить від оксигенації гемоглобіну (дезоксигемоглобін значно легше зв'язує CO_2 , ніж оксигемоглобін) та парціального тиску CO_2 (діоксид вуглецю виділяється з гемоглобіну при низькому P_{CO_2}). Таким чином, у легенях, де P_{CO_2} низький, CO_2 легко виділяється з гемоглобіну, попадає в альвеоли та виводиться з організму.

Механізми регуляції легеневої вентиляції

Дихальні м'язи безпосередньо контролюються мотонейронами, діяльність котрих, у свою чергу, регулюється дихальними центрами, розташованими в стовбурі головного мозку (у довгастому мозку та варолієвому мосту). Ці центри задають частоту та глибину дихання, періодично посилюючи імпульси дихальним м'язам.

Однак не тільки дихальні центри регулюють дихання. Їх діяльність залежить від зміни хімічного середовища організму. Наприклад, чутливі ділянки головного мозку реагують на зміну рівнів CO_2 та H^+ . Коли їх рівні

підвищуються, у центр вдиху спрямовуються сигнали збільшити інтенсивність та глибину дихання, що підвищує виведення діоксиду вуглецю та H^+ . Окрім того, хеморецептори, що розташовані на дузі аорти (аортальні параганглії), та розгалуження сонної артерії, хоча чутливі насамперед до змін P_{O_2} , крові, реагують також на зміну концентрації H^+ та P_{CO_2} численних стимулів, регулюючих дихання, найсильнішим, очевидно, є P_{CO_2} . Згадаймо, що при значному підвищенні рівня CO_2 утворюється вугільна кислота, котра дуже швидко розщеплюється, утворюючи H^+ . При його акумуляції кислотність крові значно збільшується (рН знижується). Таким чином, підвищений P_{CO_2} стимулює центр вдиху, збільшуючи інтенсивність дихання, але не для того, щоб спожити більше кисню, а для того, щоб позбавити організм надлишків CO_2 й звести до мінімуму зміну рН.

Окрім хеморецепторів на дихання впливають ще й інші нервові механізми. У плеврі, бронхіолах та альвеолах знаходяться тензорецептори. При надмірному розтягненні цих ділянок відповідна інформація передається у центр видиху. Він реагує скорочуючи тривалість вдиху і тим самим знижуючи ризик надмірного наповнення дихальних структур.

Ми можемо деякою мірою довільно контролювати дихання за допомогою мотонейронів кори головного мозку. Однак його може переkritи мимовільний контроль з боку дихального центру. Спробуйте затримати дихання на 5 хв. У певний момент, незважаючи на свідоме зусилля затримувати дихання, в організмі достатньо підвищаться рівні CO_2 та H^+ , вміст кисню знизиться і центр вдиху змусить зробити вдих.

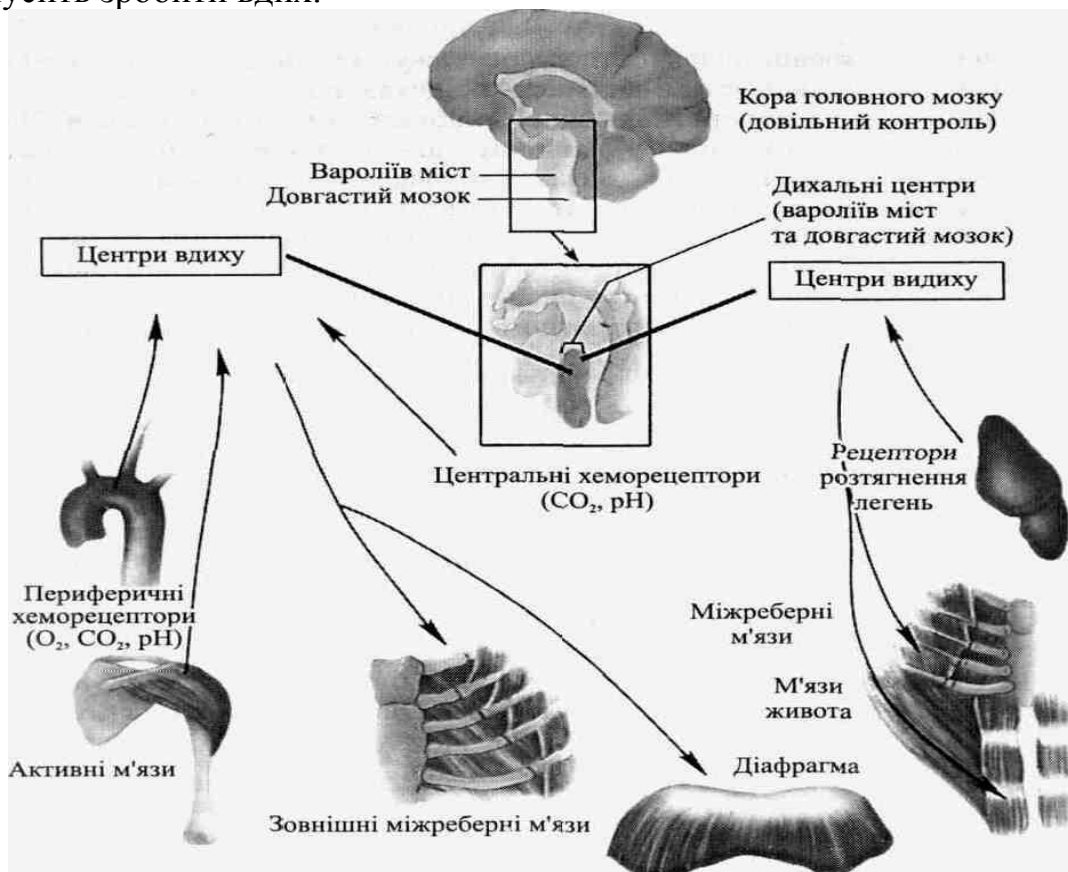


Рис. 8. Процеси, котрі приймають участь у регуляції дихання (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)

Отже, як видно з рис. 8, в регуляції дихання приймають участь багато механізмів. Справляють вплив навіть такі прості стимули, як емоційний дистрес або різка зміна температури довколишнього середовища. Усі ці механізми є необхідними. Мета дихання — підтримання необхідної кількості газів у крові та тканинах, а також відповідного рН для забезпечення нормальної клітинної діяльності. Навіть незначні зміни цих перемінних можуть суттєво вплинути на рівень м'язової діяльності і зашкодити здоров'ю.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які основні окремі процеси відносяться до складу системи транспорту?
2. Охарактеризуйте процеси «легенева вентиляція», «вдих», «видих».
3. Механізм вдиху та видиху.
4. Що таке «дифузійна здатність легень»?
5. Опишіть механізм транспорту газів через легеневу мембрану.
6. В чому полягає сутність і відмінності транспорту кисню і діоксиду вуглецю у крові?
7. Роль гемоглобіну у транспорті газів по крові.
8. Назвіть і дайте характеристику основним механізмам регуляції легеневої вентиляції

3.4. РЕАКЦІЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ФІЗИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ

Артеріовенозна різниця за киснем

У стані спокою вміст кисню в артеріальній крові становить 20мл/100 мл крові. Різниця у вмісті кисню в артеріальній та венозній крові називається артеріовенозною різницею за киснем (АВР- O_2). Вона відображає споживання тканинами 4-5 мл кисню/100 мл крові. Кількість споживаного кисню прямо пропорційна кількості, що використовується для утворення енергії шляхом окиснення. Отже, зі збільшенням використання кисню АВР- O_2 також зростає. Артеріовенозна різниця за киснем збільшується з 4-5 мл/100 мл крові в стані спокою до 15-16 мл/100 мл крові при інтенсивному фізичному навантаженні. Це збільшення відображає підвищене вилучення кисню з артеріальної крові м'язами, що веде до зниження вмісту кисню у венозній крові.

Інтенсивність доставки і використання кисню залежить від трьох перемінних: 1) вмісту кисню у крові; 2) величини кровотоку; 3) локальних зусиль.

Оскільки більша кількість крові транспортує кисень через м'язи, з кожних 100 мл крові утилізується менша кількість кисню (за умови, що потреба не змінилася). Отже, посилений кровоток підвищує ефективність доставки споживання кисню.

Багато локальних змін у м'язі при виконанні фізичного навантаження впливають на доставку та споживання кисню. Наприклад, м'язова активність підвищує його кислотність внаслідок утворення лактату. Окрім того, у результаті підсиленого метаболізму підвищуються температура м'яза та концентрація

діоксиду вуглецю. Ці зміни збільшують «відвантаження» кисню з молекули гемоглобіну, сприяючи його доставці та споживанню м'язами.

При максимальному фізичному навантаженні, коли організм працює «на межі» своїх можливостей, зміна будь-якої з цих перемінних може порушити транспорт кисню та здатність організму задовольняти потреби окислення.

Легенева вентиляція при фізичному навантаженні

Початок м'язової діяльності супроводжується посиленням легеневої вентиляції у два рази. Суттєве збільшення відбувається майже негайно, потім слідує тривале поступове збільшення глибини та частоти дихання. Подібне двофазне збільшення свідчить про те, що початкове посилення вентиляції зумовлене механікою рухів тіла. З початком вправи, перш ніж відбувається будь-яке хімічне стимулювання, активнішою стає рухова ділянка кори головного мозку, котра надсилає стимулюючі імпульси до центру вдиху; він реагує на них посиленням дихання. Окрім цього, механізм пропріоцептивного зворотного зв'язку активних скелетних м'язів та суглобів забезпечує додаткову імпульсацію, на котру також реагує дихальний центр.

При фізичному навантаженні легенева вентиляція збільшується, досягаючи майже максимальної інтенсивності прямо пропорційно метаболічним потребам організму. При нижчій інтенсивності навантаження це здійснюється за рахунок збільшення дихального об'єму (ДО) — об'єму повітря, що вдихається при нормальному диханні. При збільшенні інтенсивності навантаження частота дихання також підвищується. Максимальна величина легеневої вентиляції залежить від розмірів тіла, У людей з великими розмірами тіла максимальна вентиляція перевищує 200 л/хв, тоді як у людей з невеликими розмірами тіла вона становить близько 100 л/хв.

Друга фаза збільшення дихання зумовлена зміною температури та хімічного складу артеріальної крові. Під час виконання фізичного навантаження внаслідок посилення метаболізму у м'язах утворюється більше тепла, діоксиду вуглецю (CO_2) та H^+ . Усе це сприяє «розвантаженню» м'язів та підвищує АВР- O_2 . Окрім того, у кров попадає більше CO_2 , у результаті чого збільшується вміст в ній не тільки CO_2 , але й H^+ . Це відчують хеморецептори, котрі, у свою чергу, стимулюють дихальний центр, підвищуючи частоту й глибину дихання.

При припиненні фізичного навантаження потреби м'язів в енергії майже миттєво знижуються до рівнів, характерних для стану спокою. Водночас легенева вентиляція повертається до звичайного рівня відносно повільніше.

Якщо частота дихання максимально відповідає метаболічним потребам тканин, то вона знизиться до вихідного рівня протягом кількох секунд після завершення фізичного навантаження. Однак для відновлення дихання буде потрібно кілька хвилин. Це свідчить про те, що процес дихання після (фізичного навантаження) регулюють головним чином кислотно-основна рівновага, PCO_2 та температура крові.

Проблеми дихання при виконанні фізичного навантаження

При виконанні фізичного навантаження можуть виникати різні проблеми, пов'язані з диханням, що негативно впливають на рівень м'язової діяльності.

Задишки при виконанні фізичного навантаження дуже часто зазнають погано фізично підготовлені люди, які намагаються працювати з відносно високою інтенсивністю, що призводить до значного підвищення рівня артеріального CO_2 та концентрації H^+ . Хоча задишка, зумовлена фізичним навантаженням, являє собою утруднене дихання, вона викликана нездатністю адаптації P CO_2 крові та H^+ . Нездатність знизити дію цих стимулів під час фізичного навантаження, можливо, пов'язана з недостатньою підготовленістю дихальних м'язів. Незважаючи на значне спонукання до вентиляції легень, дихальні м'язи легко стомлюються і не можуть відновити нормальний гомеостаз.

Гіпервентиляція. Деякі дихальні розлади, а також передстартове хвилювання можуть викликати різке збільшення вентиляції, що перевищує метаболічні потреби у кисні. Це явище називається гіпервентиляцією. У стані спокою довільна гіпервентиляція призводить до зниження нормального показника PCO_2 - 40 мм рт. ст. — в альвеолах та артеріальній крові до 15 мм рт. ст. Оскільки знижується рівень діоксиду вуглецю (CO_2), то зменшується і кількість H^+ , в результаті чого збільшується рН крові. Ці зміни знижують вентиляторне спонукання. Оскільки кров, що йде з легень, майже завжди на 98 % насичена киснем, збільшення альвеолярного PCO_2 не підвищує вміст кисню у крові. Тому знижене намагання дихати у сполученні з підвищеною здатністю затримувати дихання після гіпервентиляції є результатом «розвантаження» CO_2 , а не підвищеного вмісту кисню у крові. Глибоке швидке дихання протягом кількох секунд може призвести до запаморочення і навіть непритомності. Це явище демонструє чутливість регуляції дихальною системою вмісту CO_2 та рН.

Маючи надію знизити респіраторний дистрес-синдром плавці досить часто перед змаганням здійснюють гіпервентиляцію. Затримка дихання під час плавання сприятливо впливає на механіку гребка, тому багато плавців-спринтерів проводять гіпервентиляцію безпосередньо перед стартом. Хоча у перші 8-10 с запливу в них практично не виникає бажання зробити вдих, вміст кисню в альвеолах та артеріях може знизитися до критичного, оскільки кисень використовується, але не поповнюється. Це може порушити м'язове окиснення та транспорт кисню у центральну нервову систему. Переваги гіпервентиляції перед фізичним навантаженням не зовсім з'ясовані, гіпервентиляція може скоріше негативно вплинути на фізичну діяльність, ніж поліпшити її. Можливо, відповідь на це питання дадуть результати майбутніх досліджень.

Гіпервентиляцію практикують також нирці. Гіпервентиляція знижує спонукання зробити вдих, однак не збільшує запасу кисню в організмі. Подальша затримка дихання стає неможливою, коли PCO_2 в артеріальній крові досягає 55 мм рт. ст. На жаль, при зануренні під воду, котрому передувала гіпервентиляція, вміст кисню в крові може знизитися до критичного рівня задовго, до того, як акумуляція CO_2 «дасть сигнал» підніматися на поверхню і зробити вдих. Людина може знепритомніти, перш ніж у неї виникне потреба зробити вдих.

Проба Вальсальви. Дихальна процедура, котру часто застосовують при виконанні певних фізичних вправ і котра може бути дуже небезпечною, нази-

вається пробою Вальсальви. Вона включає такі етапи:

- 1) перекриття голосової щілини;
- 2) збільшення внутрішньочеревного тиску внаслідок потужного скорочення діафрагми та м'язів живота;
- 3) збільшення внутрішньогрудного тиску за рахунок потужного скорочення дихальних м'язів.

В результаті цих дій повітря затримується у легенях і опиняється під високим тиском. Пробу Вальсальви часто використовують при підніманні важких предметів, коли людина намагається стабілізувати грудну клітку.

Високий внутрішньочеревний та внутрішньогрудний тиск обмежує венозне повернення, колапсуючі великі вени. Якщо проба Вальсальви триває довгий час, то об'єм крові, що повертається у серце, значно зменшується, призводячи до зниження серцевого викиду. Хоча у деяких випадках цей досвід дає позитивні результати, він може справити і дуже серйозний негативний вплив. Людям, що страждають на гіпертензію або інші серцево-судинні розлади, не слід застосовувати пробу Вальсальви.

Вентиляційний еквівалент за киснем

При тривалому виконанні м'язової діяльності середньої інтенсивності вентиляція, як правило, відповідає інтенсивності обміну енергії. Вона має тенденцію змінюватися прямо пропорційно об'ємам кисню, що спожився та CO_2 , що продукується організмом. Розглянемо, як тісно дихання пов'язане зі споживанням кисню.

Відношення об'єму вентилязованого повітря (V_e) до кількості споживаного тканинами кисню VO_2 ілюструє економічність дихання. Це відношення називається вентиляційним еквівалентом за киснем, або V_e/VO_2 .

Він вимірюється відношенням кількості повітря, котрим ми дихаємо (у літрах), до кількості споживаного кисню (у літрах).

У стані спокою V_e/VO_2 коливається від 23 до 28 л повітря на 1 л споживаного кисню. Цей показник незначно змінюється при помірному навантаженні, наприклад при ходьбі. Однак зі збільшенням інтенсивності навантаження до майже максимальних рівнів V_e/VO_2 , може перевищити 30 л повітря /1 л кисню. Принципово V_e/VO_2 залишається відносно постійним при значному коливанні рівнів навантаження. Це свідчить про те, що системи регуляції дихання адекватно реагують на потреби організму у кисні. Навіть у таких видах спорту, як плавання, де дихання має здійснюватися синхронно з циклом гребка рукою, V_e/VO_2 практично не відрізняється від показників, характерних для інших видів діяльності.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Описати анатомічні структури, що приймають участь у процесі легеневої вентиляції.
2. Які м'язи пов'язані з процесом дихання? Розказати про їх функції під час легеневої вентиляції.
3. Що таке парціальний тиск кисню та діоксиду вуглецю у повітрі, котре

- вдихається, у альвеолярному повітрі, артеріальній та змішаній венозній крові?
4. У якому вигляді транспортується кров'ю кисень та діоксид вуглецю?
 5. Які хімічні стимули регулюють частоту й глибину дихання? Як вони контролюють дихання під час фізичного навантаження? Яку дію справляє на них довільна гіпервентиляція?
 6. Які ще чинники регулюють вентиляцію під час фізичного навантаження?
 7. Що таке вентиляторний еквівалент за киснем та діоксидом вуглецю?

3.5. АДАПТАЦІЯ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ДО СИСТЕМАТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНИМИ ВПРАВАМИ

Адаптаційні реакції серцево-судинної системи

VO₂ max: *аеробна потужність*. Більшість фахівців у галузі фізичного виховання та спорту розглядають показник максимального споживання кисню (VO₂ max), що відображає аеробну потужність як найбільш оптимальну та об'єктивну міру оцінки кардіореспіраторної витривалості. **VO₂ max** — це максимальна інтенсивність утилізації кисню при максимальному або виснажливому навантаженні. Подальше збільшення навантаження після досягнення VO₂ max призводить до стабілізації (плато) або деякого зниження показника утилізації кисню.

Досягнення плато вказує на те, що виконувана вправа наближається до завершення, оскільки організм вже не може збільшувати доставку кисню у м'язи. Таким чином, це межа: VO₂ max визначає інтенсивність роботи або темп, котрий ви можете підтримати. Людина може продовжувати виконання вправи протягом короткого часу після досягнення VO₂ max, використовуючи свої анаеробні резерви, котрі також не безмежні.

Тренування, спрямоване на розвиток витривалості, збільшує кількість кисню, що доставляється та утилізується.

Деяке поліпшення кардіореспіраторної функції можливе і внаслідок анаеробного тренування «вибухового» типу та силового тренування, однак VO₂ max при цьому практично не підвищується.

Розмір серця. В результаті тренування, спрямованого на розвиток витривалості, у відповідь на підвищені робочі потреби відбувається збільшення маси та об'єму серця, а також розміру камер і потужності міокарда лівого шлуночка. Серцевий м'яз подібно зі скелетним гіпертрофується внаслідок тренувань спрямованих на розвиток витривалості. Якийсь час гіпертрофія серцевого м'яза, обумовлена фізичними навантаженнями.

Найбільших змін зазнає лівий шлуночок — камера серця, що працює найінтенсивніше. Спочатку припускали, що ступінь змін та ділянки, що зазнають змін, залежать від типу навантаження. Ті, хто дотримувався цієї думки, стверджували, що під час силового тренування серце має скорочуватися, долаючи високий тиск крові у великому колі кровообігу. Це явище назвали високим навантаженням, переборюваним м'язом при скороченні. Вважали, що для подолання такого високого навантаження при скороченні розмір серцевого

м'яза має збільшитися, тим самим збільшуючи його скоротливу здатність.

Тренування, спрямованого на розвиток витривалості викликає збільшення наповнення лівого шлуночка, внаслідок зумовленого тренуванням збільшення об'єму плазми, що веде до підвищення кінцево-діастолічного об'єму лівого шлуночка (висувалося припущення, що адаптація серця буде полягати у збільшенні внутрішніх розмірів лівого шлуночка, а отже, й розміру камери).

Систолічний об'єм (ударний об'єм крові). Тренувальні навантаження, спрямовані на розвиток витривалості, приводять до загального збільшення систолічного об'єму. Систолічний об'єм у спокої значно вищий після тренувальної програми, спрямованої на розвиток витривалості, ніж до неї. Таке саме збільшення внаслідок тренування спостерігається при виконанні стандартних субмаксимальних та максимальних навантажень. Ударний об'єм крові у спокої в нетренованих людей складає 55- 75 мл, спортсменів – 80-120 мл, а максимальний ударний об'єм відповідно: 80-110 мл та 130 і більше мл.

Після тренування лівий шлуночок повніше заповнюється кров'ю під час діастолі порівняно з нетренованим серцем - збільшується об'єм плазми крові, що дає можливість більшій її кількості надійти у шлуночок, і в результаті зростає кінцево-діастолічний об'єм. Внаслідок попадання у шлуночок більшої кількості крові підвищується розтягненість м'язів і збільшується еластична тяга.

Перегородка та задня стінка лівого шлуночка гіпертрофуються в результаті тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Збільшена м'язова маса шлуночка може здійснити сильніші скорочення. Підвищена скоротлива здатність призводить до зниження кінцево-систолічного об'єму, оскільки в результаті енергійніших скорочень з серця викидається більший об'єм крові і після систолі у лівому шлуночку її залишається менше.

Підвищена скоротлива здатність у сполученні з сильнішою еластичною тягою, зумовленою повнішим діастолічним наповненням, збільшує фракцію викиду у тренуваному серці. У лівий шлуночок надходить більше крові, і з кожним скороченням викидається більша кількість крові, що надійшла, тим самим збільшується систолічний, або ударний об'єм крові.

Частота серцевих скорочень. Частота серцевих скорочень у спокої. У результаті тренувальних навантажень, спрямованих на розвиток витривалості, ЧСС у спокої помітно знижується. Через 10 тижнів навантажень середньої інтенсивності, спрямованих на розвиток витривалості, частота серцевих скорочень у спокої має знизитися з 80 до 70 уд./хв. Механізм, що зумовлює це зниження, вивчений недостатньо. Вірогідно, при цьому парасимпатична активність серця збільшується, а симпатична зменшується.

У відмінно підготовлених спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості, ЧСС у спокої становить менше 40 уд./хв, а в деяких — менше 30 уд./хв.

Субмаксимальна частота серцевих скорочень. При субмаксимальному фізичному навантаженні вищий рівень аеробної підготовленості проявляється нижчою частотою серцевих скорочень при виконанні роботи певної інтенсивності. При роботі певної інтенсивності, визначеної як певна швидкість, з котрою обстежуваний виконує ходьбу або біг, ЧСС після тренування нижча,

ніж до тренування. Після 6-місячної тренувальної програми, спрямованої на розвиток витривалості, ЧСС звичайно знижується на 20-40 уд./хв при стандартному навантаженні субмаксимальної інтенсивності.

Таке сповільнення ЧСС свідчить про те, що внаслідок тренування підвищується продуктивність серця. Здійснюючи свої функції, треноване серце виконує менший обсяг роботи, ніж нетреноване.

Максимальна частота серцевих скорочень (ЧСС_{МАКС}), як правило, змінюється мало. При максимальних рівнях навантаження вона звичайно залишається відносно незмінною навіть після тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Разом з тим у деяких дослідженнях було відмічено, що у нетренованих людей з ЧСС_{МАКС} понад 180 уд./хв у результаті тренування вона трохи знижується. Відомо, що у добре підготовлених спортсменів, які займаються циклічними видами спорту, максимальна частота серцевих скорочень нижча, ніж у нетренованих людей такого ж віку.

Відновлення частоти серцевих скорочень. Під час фізичного навантаження ЧСС підвищується для задоволення потреб працюючих м'язів. Після завершення фізичної вправи ЧСС не одразу повертається до вихідного рівня. Деякий час вона залишається підвищеною. Час, необхідний для того, щоб ЧСС повернулася до вихідного рівня, називається періодом відновлення частоти серцевих скорочень.

Під впливом тренувальних навантажень ЧСС значно швидше повертається до вихідного рівня. Швидше відновлення вихідного рівня ЧСС у тренованого спортсмена відбувається як після стандартних субмаксимальних навантажень, так і після максимальних.

Оскільки після тренування, спрямованого на розвиток витривалості, період відновлення ЧСС є більш коротким, його можна використати як показник кардіореспіраторної підготовленості. Загалом, більш тренована людина швидше відновлюється після стандартного фізичного навантаження, ніж менш тренована. Слід відмітити, що на час відновлення ЧСС окрім рівня тренованості можуть впливати й інші чинники. Наприклад, тривалість відновлення ЧСС збільшується після виконання вправ в умовах високогір'я або в умовах підвищеної температури повітря. Окрім того, у деяких людей може спостерігатися сильніша реакція симпатичної нервової системи під час виконання вправи.

Крива відновлення ЧСС є відмінним інструментом для спостереження за прогресом спортсмена у процесі підготовки. Однак через можливий вплив інших чинників не рекомендується використовувати його для порівняння одного спортсмена з іншим.

Силове тренування та частота серцевих скорочень. Досі ми розглядали ЧСС з позицій тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Щодо силового тренування, то, як показали результати деяких досліджень, ЧСС у спокої та при стандартному субмаксимальному навантаженні може зменшуватися, однак таке сповільнення спостерігали не в усіх дослідженнях. Зниження ЧСС, що спостерігалось у ряді досліджень, було набагато меншим за те, що спостерігалось після тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Передбачалося, що зниження ЧСС залежить від таких чинників програми

силового тренування:

1) обсягу тренувань; 2) інтенсивності тренувань; 3) тривалості занять; 4) тривалості відпочинку між вправами; 5) м'язової маси, залученої у роботу.

Механізми, що зумовлюють зниження ЧСС внаслідок силового тренування, невідомі. Можливо, вони можуть бути пов'язані зі зміною розміру серця та скоротливої здатності міокарда внаслідок тренування, про що йшлося на початку розділу.

Серцевий викид (хвилинний об'єм кровообігу). У спокої, а також при виконанні субмаксимального навантаження зі стандартною інтенсивністю роботи серцевий викид мало змінюється під впливом тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Під час навантаження при однакової субмаксимальній інтенсивності метаболізму (то означає певну інтенсивність утилізації кисню, наприклад, 1,5 л/хв) серцевий викид може трохи зменшитися в результаті збільшення артеріовенозної різниці за киснем, що відображає підвищене споживання кисню тканинами.

Разом з тим серцевий викид значно підвищується при максимальних інтенсивностях роботи. Це пояснюється головним чином збільшенням максимального систолічного об'єму, оскільки ЧСС якщо і змінюється, то незначно. Максимальні показники серцевого викиду у потренированих людей становлять 14-16 л/хв, у тренуваних — 20-25 л/хв, у відмінно підготовлених спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості, — 40 л/хв і вище.

Кровоток. Для забезпечення підвищеного кровотоку у тренуваних м'язах утворюються нові капіляри. Кровопостачання тканин стає повнішим. Збільшення числа капілярів звичайно виражене у збільшенні їх кількості у м'язовому волокні або у поліпшенні відношення щодо капілярів та м'язових волокон.

У тренуваних м'язах більше активних капілярів, що збільшує кількість крові, яка проходить по них до м'язів. Оскільки тренування, спрямоване на розвиток витривалості, також збільшує об'єм крові, то адаптація здійснюється легко, бо вже з самого початку у системі міститься більше крові, тому збільшення кровотоку у капілярах не справляє значного впливу на венозне повернення.

Збільшення кровотоку в активних м'язах забезпечується і за рахунок ефективнішого перерозподілу серцевого викиду. Кровоток спрямовується до активних м'язів і відводиться від ділянок, котрі не потребують підвищеного кровопостачання. Тренування, спрямоване на розвиток витривалості, також не може призвести до зниження розтягненості вен в результаті підвищення венозного тону. Це означає, що кров меншою мірою розширює вени, отже, менша її кількість накопичується у венозній системі, водночас збільшується об'єм артеріальної крові, необхідної працюючим м'язам.

Артеріальний тиск. Тренування, спрямованого на розвиток витривалості, артеріальний тиск змінюється незначно під час стандартних субмаксимальних навантажень або при максимальній інтенсивності роботи. Однак у людей з транзиторною або помірною гіпертензією в результаті тренувальних

навантажень артеріальний тиск у спокої, як правило, знижується.

Силові вправи, наприклад підняття великої ваги, можуть значно підвищити як систолічний, так і діастолічний тиск крові, однак такі значні навантаження, як правило, не приводять до підвищення артеріального тиску у спокої. Гіпертензія не є характерною для важкоатлетів високого класу, а також спортсменів, які займаються силовими видами спорту. Взагалі серцево-судинна система може реагувати на силові тренування навіть зниженням тиску у спокої.

Об'єм циркулюючої крові. Вправи, спрямовані на розвиток витривалості, збільшують об'єм циркулюючої крові. Чим вища інтенсивність тренування, тим більшим стає об'єм крові, що зумовлено двома механізмами. По-перше, фізичне навантаження збільшує виділення антидіуретичного гормону (АДГ) та альдостерону. Ці гормони зменшують екскреторну функцію нирок, тим самим збільшуючи кількість плазми крові. По-друге, фізичне навантаження супроводжується збільшенням кількості білків у плазмі, особливо альбуміну. Як відомо, білки плазми — головні складові осмотичного тиску крові. Оскільки концентрація білків плазми зростає, підвищується й осмотичний тиск; в результаті — у крові затримується більше рідини. Таким чином, сумісна для обох механізмів спрямована на збільшення рідинної частини крові — плазми.

Збільшення кількості еритроцитів також може сприяти підвищенню загального об'єму крові, однак подібне збільшення спостерігається не завжди. При підвищенні кількості еритроцитів об'єм плазми, як правило, зростає більше. Внаслідок цього, хоча дійсно кількість еритроцитів збільшується, гематокрит — відношення об'єму еритроцитів до загального об'єму крові — знижується. У тренуваного спортсмена гематокрит може знижуватися до рівня, характерного для анемії, внаслідок відносно невисокої концентрації еритроцитів та гемоглобіну (несправжня анемія).

Ця зміна відношення об'єму плазми до об'єму еритроцитів внаслідок збільшення рідинної частини крові знижує її в'язкість. Зниження в'язкості крові полегшує її пересування по судинах, особливо по найдрібніших — капілярах. Як показують дослідження, при зниженій в'язкості крові посилюється транспорт кисню до активної м'язової маси.

У тренуваних спортсменів показники загальної кількості (абсолютні значення) гемоглобіну та загального числа еритроцитів звичайно вищі за норму, хоча відносні показники — нижчі за норму. Це забезпечує максимальну здатність транспорту кисню для задоволення потреб організму у будь-який час.

Збільшення об'єму плазми — одна з найзначніших змін, зумовлених тренуванням, спрямованим на розвиток витривалості. Згадаймо, що збільшення об'єму плазми — головний чинник підвищення систолічного об'єму крові внаслідок тренувальних навантажень. Систолічний об'єм крові, у свою чергу, впливає на утилізацію кисню.

Якщо збільшується об'єм плазми, то збільшується і об'єм крові. Отже, у серце надходить більше крові. Зі збільшенням кількості крові, що надходить у серце, зростає систолічний об'єм. При максимальній інтенсивності роботи ЧСС звичайно залишається відносно постійною, тому підвищений систолічний об'єм призводить до збільшення максимального серцевого викиду. У свою чергу,

зрослий серцевий викид забезпечує надходження більшого об'єму кисню до працюючих м'язів.

Адаптаційні реакції дихальної системи на тренувальні впливи

Як ефективно не функціонувала б серцево-судинна система, постачаючи достатню кількість крові до тканин, без адекватного функціонування дихальної системи, що забезпечує потреби організму у кисні, не може бути й мови про високий рівень витривалості. Функціонування дихальної системи, як правило, не обмежує м'язову діяльність, оскільки серцево-судинна система може значно підсилювати вентиляцію. Однак подібно до серцево-судинної системи дихальна система також зазнає специфічних змін внаслідок тренування, спрямованого на збільшення витривалості, мета котрої підвищити ефективність її функціонування. Розглянемо деякі з них.

Об'єм легень та частота дихання. Загалом об'єм та життєва ємність легень мало змінюються під впливом тренування. *Життєва ємність легень* — об'єм повітря, що видихається після максимального вдиху, — лише трохи збільшується. У той же час *залишковий об'єм* — кількість повітря, що залишається після закінчення максимального видиху, — трохи зменшується. Зміни цих двох параметрів можуть бути взаємопов'язані. Загальна ємність легень залишається незмінною. Після тренувальних навантажень, спрямованих на розвиток витривалості, *дихальний об'єм* — об'єм повітря, що вдихається і видихається, при нормальному диханні, — не змінюється у стані спокою, а також при стандартних субмаксимальних рівнях навантаження. При максимальних рівнях навантаження він, однак, зростає.

Тренування, як правило, призводить до зниження частоти дихання і у стані спокою, і при стандартному субмаксимальному навантаженні. Ступінь зниження невеликий і, вірогідно, відображає вищу ефективність дихання. Разом з тим при максимальних рівнях навантаження частота дихання звичайно підвищена.

Легенева вентиляція. Тренування практично не впливає на легеневу вентиляцію. У результаті тренувальних навантажень вона може трохи знизитися у спокої та при стандартних субмаксимальних навантаженнях. Однак максимальна легенева вентиляція значно підвищується: у нетренованих осіб від 120 до 150 л/хв, у добре підготовлених спортсменів — до 180 л/хв. Два чинники можуть зумовлювати збільшення максимальної легеневої вентиляції внаслідок тренування: підвищення дихального об'єму та зростання частоти дихання при максимальному навантаженні.

Вентиляцію, як правило, не вважають чинником, котрий обмежує м'язову діяльність, що потребує прояву витривалості. Однак є дані, котрі показують, що в певний момент адаптації у добре тренованої людини здатність легень транспортувати кисень виявляється недостатньою, щоб задовольнити потреби кінцівок та серця.

Лактатний (анаеробний) поріг. Тренувальні навантаження, спрямовані на розвиток витривалості, підвищують лактатний поріг. Іншими словами, в результаті тренувальних навантажень людина може здійснювати роботу вищої інтенсивності та вищого абсолютного ступеня утилізації кисню, не збільшуючи концентрацію лактату вище рівня, характерного для стану спокою. Незважаючи на збільшення

$\text{VO}_2 \text{ max}$, поріг лактату зміщується в бік вищого відсотку $\text{VO}_2 \text{ max}$. Таким чином, концентрації лактату крові при кожному рівні стандартного навантаження тесту, що перевищують лактатний поріг, внаслідок тренування, спрямованого на розвиток витривалості, знижуються.

Збільшення лактатного порогу зумовлене кількома чинниками. Насамперед вищою здатністю виводити лактат, утворений у м'язі, а також збільшення кількості ферментів у ньому м'язі у сполученні зі зміщенням в утилізації метаболічної речовини в результаті тренування. Усе це призводить до того, що при однаковій інтенсивності роботи утворюється менше лактату.

Тренування, спрямоване на розвиток витривалості, призводить до збільшення максимальної концентрації лактату у крові у момент крайнього стомлення. Це підвищення незначне, особливо у порівнянні з тим, що спостерігається в результаті тренування спринтерського типу.

Дихальний коефіцієнт. *Дихальний коефіцієнт (ДК)* є відношенням діоксиду вуглецю, що виділяється до споживаного кисню. Він залежить від типу речовин, використовуваних у якості джерела енергії.

Тренування призводить до зниження ДК як при абсолютних, так і відносних субмаксимальних інтенсивностях роботи. Ці зміни зумовлені в основному більшою утилізацією вільних жирних кислот замість вуглеводів у тренуваних осіб при певних інтенсивностях фізичного навантаження.

При максимальних рівнях фізичного навантаження ДК у тренуваних осіб підвищується, що пояснюється здатністю працювати при максимальних рівнях навантаження протягом триваліших періодів часу, ніж перед тренуванням. Він відображає тривалу вентиляцію з виділенням значної кількості CO_2 і є результатом ефективнішої м'язової діяльності, котра, найвірогідніше, відображає підвищене психологічне спонукання або стимул.

Максимальне споживання кисню. Як ми вже відмічали раніше, $\text{VO}_2 \text{ max}$ — найкращий показник кардіореспіраторної витривалості. Тепер, коли ми вивчили різні аспекти фізіологічної адаптації, нас навряд чи здивує той факт, що $\text{VO}_2 \text{ max}$ значно підвищується внаслідок тренування, спрямованого на розвиток витривалості. Діапазон цього збільшення є дуже широким — від 4 до 93 %. Для пересічної людини, котра до початку тренувальних занять вела малорухливий спосіб життя і тренувалася з інтенсивністю 75 % від максимуму три рази на тиждень по 30 хв протягом 6 місяців, характерним є збільшення $\text{VO}_2 \text{ max}$ на 15-20 %. У результаті подібної тренувальної програми $\text{VO}_2 \text{ max}$ у людини, котра вела малорухливий спосіб життя, може збільшитися від початкового рівня 35 до 42 мл/кг·хв. Це, звичайно, набагато поступається показникам, які спостерігаються у найсильніших спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості (70-94 мл/кг·хв).

Зрілим спортсменам для досягнення максимально можливого $\text{VO}_2 \text{ max}$ необхідно 8-18 місяців інтенсивних тренувальних навантажень, спрямованих на розвиток витривалості, тобто кожний спортсмен має свою межу споживання кисню, котрої він може досягти. Цілком можливо, що деякою мірою вона може бути зумовлена тренуванням у ранньому дитинстві.

Чинники, що зумовлюють збільшення $\text{VO}_2 \text{ max}$, відомі:

- 1.) *Обмеження кількості окиснювальних ферментів.*
- 2.) *Обмеження доставки кисню системою кровообігу.*

Існують досить переконливі докази на користь другого чинника. В одному дослідженні обстежувані під час навантаження до крайнього стомлення (до виснаження) вдихали суміш діоксиду вуглецю та повітря. $\dot{V}O_2$ max при цьому знизилося прямо пропорційно кількості оксиду вуглецю, котрий вдихали обстежувані. Молекули оксиду вуглецю блокували приблизно 15 % загальної кількості гемоглобіну, що відповідало відсотковому зниженню $\dot{V}O_2$ max. В іншому дослідженні у кожного обстежуваного взяли 15-20 % загального об'єму циркулюючої крові. $\dot{V}O_2$ max знизилося майже на стільки ж. Після реінфузії еритроцитів через 4 тижні $\dot{V}O_2$ max збільшилося, перевищивши основні, або контрольні показники. В обох дослідженнях зниження киснетранспортної функції крові (у першому випадку внаслідок блокування гемоглобіну, у другому — зменшення об'єму циркулюючої крові) призводило до того, що до активних тканин надходило менше кисню. Це викликало відповідне зниження $\dot{V}O_2$ max. Результати ряду досліджень продемонстрували, що вдихання збагачених киснем сумішей при значно підвищеному парціальному тиску кисню у повітрі, що вдихається, призводило до збільшення витривалості.

У табл. 5. наведено фізіологічні зміни, зумовлені тренувальними навантаженнями, спрямованими на розвиток витривалості, котрі ілюструють очікувані зміни внаслідок тренування у раніше неактивних чоловіків порівняно з показниками найсильніших спортсменів, які займаються видами спорту, що потребують прояву витривалості.

Таблиця 5.

**Деякі фізіологічні зміни в результаті тренування, що спрямоване на розвиток витривалості у неспортсмена та спортсмена
(Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003)**

Перемінні	Фізично здоровий малорухливий		Бігун на довгі дистанції
	перед тренуванням	після тренування	
<i>Серцево-судинні параметри</i>			
ЧСС у спокої (уд/хв)	71	59	36
ЧСС _{макс} (уд/хв)	185	183	174
Систоличний об'єм крові у спокої (мл)	65	80	125
Максимальний систоличний об'єм крові (мл)	120	140	200
Серцевий викид у спокої (л/хв)	4,6	4,7	4,5
Максимальний серцевий викид (л/хв)	22,2	25,6	34,8
Об'єм серця (мл)	750	820	1200
Об'єм крові (л)	4,7	5,1	6,0
Систоличний тиск крові у спокої (мм рт.ст.)	135	130	120
Максимальний систоличний тиск (мм рт.ст.)	210	205	210
Діастолічний тиск крові у спокої (мм рт.ст.)	78	76	65
Максимальний діастолічний тиск (мм рт.ст.)	82	80	65
<i>Дихальні параметри</i>			
Легенева вентиляція у спокої (л/хв)	7	6	6

Продовження таблиці 5.

Максимальна легенева вентиляція (л/хв)	110	135	195
Дихальний об'єм у спокої (л)	0,5	0,5	0,5
Максимальний дихальний об'єм (л)	2,75	3,0	3,5
Життєва ємність легенів (л)	5,8	6,0	6,2
Залишковий об'єм (л)	1,4	1,2	1,2
<i>Метаболічні параметри</i>			
АВР – O ₂ у спокої (мл/100 мл)	6,0	6,0	6,0
Максимальна АВР – O ₂ (мл / 100 мл)	14,5	15,0	16,0
Лактат крові у спокої (ммоль/ л)	1,0	1,0	1,0
Максимальний вміст лактату в крові (ммоль/ л)	7,5	8,5	9,0

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яка різниця між м'язовою та кардіореспіраторною витривалістю?
2. Що таке максимальне споживання кисню (VO₂ max)?
3. Дати фізіологічне визначення цього поняття VO₂ max.
4. Яку роль відіграє VO₂ max у м'язовій діяльності, що потребує прояву витривалості?
5. Які зміни відбувається у системі транспорту кисню внаслідок тренування, спрямованого на розвиток витривалості?
6. Яка адаптація організму на тренування, спрямована на розвиток витривалості, є такою, що найсуттєвіше забезпечує і підвищення VO₂ max, і поліпшення м'язової діяльності?
7. Які теорії пояснюють підвищення VO₂ max внаслідок тренування, спрямованого на розвиток витривалості?

3.6. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ ТА ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМ ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ

Вікові особливості системи крові та кровообігу

Кількісні та якісні вікові відмінності крові яскраво виражені лише в перші роки постнатального розвитку. Зазвичай у дітей старших одного року багато гематологічних показників наближаються до значень, що характерні для дорослої людини.

Пізніше всього в підлітковому періоді встановлюється співвідношення лейкоцитів, що відповідає дорослій людині. До цього моменту, і особливо до 5-6 років, в крові дитини міститься менше нейтрофілів, чим у дорослих. Можливо, з цим пов'язана більш висока сприйнятність дітей-дошкільників до інфекційних захворювань. Осмотична стійкість еритроцитів у дошкільників дещо нижче, що пов'язано з гормональними перебудовами, які відбуваються в їх організмі.

В процесі розвитку дитини в його серцево-судинній системі відбуваються суттєві морфологічні та функціональні зміни. Формування серця у ембріона починається з другого тижня пренатального розвитку, а його розвиток в загальних рисах закінчується вже до кінця 3 місяця. Кровообіг плоду має свої особливості, пов'язані насамперед з тим, що до народження кисень поступає в організм плоду

через плаценту і так звану пупочну вену.

У новонародженої дитини зв'язок з матір'ю припиняється і її власна система кровообігу приймає на себе всі необхідні функції. Найбільш інтенсивний ріст серця спостерігається в перші роки розвитку і в кінці підліткового віку.

Форма і положення серця в грудній клітці в процесі постнатального розвитку також змінюється. У новонародженої дитини кулеподібної форми і розміщено значно вище, чим у дорослих. Відмінності за цими показниками ліквідуються лише до 10-ти річного віку.

Функціональні відмінності в серцево-судинній системі дітей та підлітків зберігаються до 12 років. Частота серцевого ритму у дітей більша, чим у дорослих, що пов'язано з переважанням у дітей тонуусу симпатичних центрів. В процесі постнатального розвитку тонічні впливи на серце блукаючого нерва поступово підсилюються. Помітний вплив блукаючого нерва починає проявлятися з 2-4 років. А в молодшому шкільному віці ступінь його впливу наближається до рівня дорослої людини. Затримка у формуванні тонічного впливу блукаючого нерва на серцеву діяльність може свідчити про затримку фізичного розвитку дитини. ЧСС у дітей більш підлягає впливу зовнішніх факторів: фізичних вправ, емоційного напруження тощо. Артеріальний тиск у дітей нижчий, ніж у дорослих, а швидкість кровотоку вище. Систолічний об'єм крові у дітей значно нижче, чим у дорослих. З віком збільшується хвилинний та резервний об'єм крові, що забезпечує серцю зростаючі адаптаційні можливості до фізичних навантажень.

Викладачу фізичної культури, що працює з підлітками, в зв'язку з перебудовою ендокринної системи та додаткового її впливу на функціонування серцево-судинної системи, необхідно проявляти особливу увагу до своїх вихованців. При наявності в класі підлітків з дисфункціями кровообігу важливо правильно організувати режим дня та харчування, строго дозувати і попереджати надмірні фізичні та емоційні навантаження. Природно, що подібна організація навчально-виховного процесу з такими дітьми повинна проводитися тісно разом з шкільним лікарем чи медсестрою.

Вікові особливості дихальної системи

В пренатальному періоді розвитку власні органи дихання плоду практично не функціонують, а необхідний для життя кисень плід отримує через плаценту. Легені плоду знаходяться в спавшому стані, мають щільну консистенцію і слабо розвинуту еластичну тканину. З першим вдихом новонародженої дитини легені розправляються і встановлюється ритмічне дихання, частота якого коливається від 40-60 за хвилину.

В перші роки постнатального розвитку і у підлітковий період спостерігається особливо інтенсивний розвиток органів дихання.

В процесі онтогенезу значно збільшується маса та об'єм легень. Слизові оболонки дихальних шляхів у дітей раннього віку ніжніші, сухіші та багатші кровоносними судинами. В результаті у дітей легше відбувається патологічне пошкодження органів дихання.

В онтогенезі змінюється частота та глибина дихання. Чим менша дитина, тим дихання її частіше. Глибина дихання у порівнянні з дорослими у дітей раннього віку в 8-10 разів менше. До 8 років хлопчики дихають дещо частіше

дівчаток, а потім частота дихання, за даними багатьох авторів, у дівчаток вирівнюється чи стають більшою. У чоловіків дихальні рухи здійснюються в основному за рахунок скорочень діафрагми - черевний тип дихання, у жінок – за рахунок скорочення міжреберних м'язів – грудний тип дихання. Ця відмінність з'являється вже у дитячому та підлітковому періодах онтогенезу з 7-8 років.

Значно змінюється з віком ЖЄЛ, досягаючи до 16-17 років функціонального рівня дорослої людини.

Мимовільна регуляція дихання вдосконалюється паралельно розвитку мовлення і наближається до рівня дорослих тільки до 11-12 років.

На всі функціональні показники органів дихання значний позитивний вплив здійснює фізичне навантаження, заняття спортом. Збільшується показник ЖЄЛ, навіть до 5500-6000 мл, у стані спокою зменшується кількість частоти дихальних рухів, а глибина дихання, навпаки, збільшується. Тренування дихання збільшує стійкість до захворювань дихальної та серцево-судинної систем, особливо у дітей та підлітків.

Важливе значення для формування правильного дихання мають також спеціальні дихальні вправи і правильна постава дітей та підлітків.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Опишіть основні вікові особливості розвитку серцево-судинної системи дитячого організму.
2. Вікові зміни у будові серця та судин дитячого організму.
3. Вікові особливості у функціонування серцево-судинної системи у дітей та підлітків
4. Охарактеризуйте основні вікові особливості розвитку дихальної системи дитячого організму.
5. Як змінюються функціональні показники дихальної системи у дітей та підлітків з віком?
6. Роль занять фізичними вправами на динаміку розвитку серцево-судинної та дихальної систем.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3.

1. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. - К.: 1979.
2. Апанасенко Г.Л., Михайлович С.О. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. – Ужгород: УжНУ, 2004. – 144 с.
3. Васильева В.В. Сосудистые реакции у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
4. Вілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. – К.: Олімп. літ-ра, 2003.
5. Виру А.А. и др. Аэробные упражнения. – М.: Физкультура и спорт, 1988.
6. Возний С.С., Голяка С.К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. Навчальний посібник. – Херсон: ХДУ, 2006. – 142 с.
7. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420с.

8. Дубровский В.И. Спортивная физиология. – М.: ВЛАДОС, 2005.
9. Карпман В.Л., Любина Б.Г. Динамика кровообращения у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
10. Маруненко І.М. та ін. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. – К.: Професіонал, 2004. – 480 с.
11. Михайлов В.В. Дыхание спортсмена. – М.: Физкультура и спорт, 1973.
12. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоров'я, 1990.
13. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
14. Ровний А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Ільїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
15. Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта. - М.: ВЛАДОС, 2002.
16. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
17. Физиология человека. / Под ред. Н.В.Зимкина. - М.: Физкультура и спорт, 1975.

РОЗДІЛ 4.

ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

4.1. ОБМІН РЕЧОВИН ПІД ЧАС М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Згідно із законами термодинаміки, всі види енергії взаємозамінні. Енергія не може бути ні створена ні знищена, вона переходить з однієї форми в іншу і насамкінець перетворюється на тепло. Близько 60-70% усієї енергії в організмі людини перетворюється на тепло (Дж. Вілмор, Д.Костіл, 2003).

Джерелом усіх видів енергії є енергія Сонця. Хімічні реакції, що відбуваються у рослинах (фотосинтез), перетворюють енергію Сонця на хімічну енергію. Вживаючи у їжу овочі й фрукти, а також м'ясо тварин, котрі живляться рослинами, ми отримуємо енергію. Енергія міститься в харчових продуктах у вигляді вуглеводів, жирів та білків. Ці основні компоненти харчових продуктів розщеплюються у клітинах нашого організму, вивільнюючи енергію.

Оскільки енергія поступово перетворюється на тепло, її кількість, що вивільнюється в результаті біологічних реакцій, визначається за кількістю утвореного тепла. У біологічних системах енергія вимірюється у кілокалоріях (ккал). Згідно з визначенням - 1 ккал дорівнює кількості теплової енергії, необхідної для підвищення температури 1 кг води на 1 °С. Наприклад, при спаленні сірника виділяється близько 0,5 ккал, тоді як при повному згорянні 1 г вуглеводів виділяється 4,0 ккал.

Якась кількість вільної енергії у клітинах використовується для розвитку та «ремонт» нашого організму. Такі процеси, як ми вже знаємо, спрямовані на розвиток м'язової маси під впливом тренувальних навантажень та відновлення м'язів після фізичних навантажень або травм. Енергія також необхідна для активного транспорту багатьох речовин, таких, як глюкоза та Ca^{2+} через клітинні мембрани. Активний транспорт є необхідним для функціонування клітин та підтримання гомеостазу. Певну кількість енергії використовують міофібрили для забезпечення ковзання філаментів актину та міозину, в результаті котрого продукуються м'язове скорочення та сила.

Джерела енергії

Продукти харчування складаються, в основному, з вуглецю, водню, кисню, а при наявності білків — з азоту. Молекулярні зв'язки у харчових продуктах відносно слабкіші, тому при розщепленні вивільнюється невелика кількість енергії. Отже, продукти харчування не використовуються безпосередньо для потреб клітини. Енергія молекулярних зв'язків продуктів харчування хімічно вивільнюється у клітинах організму й зберігається у вигляді високоенергетичного сполучення — аденозинтрифосфату (АТФ).

Утворення АТФ дозволяє клітинам зберігати енергію у цьому високоенергетичному сполученні.

У спокої енергія, необхідна нашому організму, забезпечується за рахунок розщеплення практично однакової кількості вуглеводів та жирів. Білки являють собою «будівельні блоки» і звичайно забезпечують функціонування клітин

невеликою кількістю енергії. При збільшенні м'язового зусилля у якості джерела енергії більше використовуються вуглеводи. При максимальному короткочасному навантаженні АТФ майже виключно утворюється за рахунок вуглеводів.

Вуглеводи. Залежність м'язів від вуглеводів під час фізичного навантаження пов'язана з їх наявністю, а також здатністю м'язової системи їх розщеплювати. Вуглеводи насамкінець перетворюються на глюкозу — моносахарид, котрий транспортується кров'ю до усіх тканин організму. У стані спокою ввібрані вуглеводи попадають у м'язи та печінку, а потім перетворюються на більш складну молекулу цукру — глікоген. Глікоген знаходиться у цитоплазмі доки клітини не використають його для утворення АТФ. Глікоген, що міститься у печінці, може знову перетворюватися на глюкозу. Він транспортується кров'ю до активних тканин, де й відбувається його метаболізм (розщеплення).

Вміст вуглеводів у печінці та скелетних м'язах обмежений, їх вистачає для утворення не більше 2000 ккал енергії. Ця кількість витрачається на те, щоб пробігти 32 км. Запаси жирів достатні для утворення понад 70000 ккал енергії.

Вміст глікогену у печінці та м'язах обмежений, його запаси можуть вичерпатися, якщо у раціоні харчування немає достатньої кількості вуглеводів. Таким чином, поповнення запасу багато у чому залежить від харчових джерел вуглеводів. Без достатнього споживання вуглеводів м'язи і печінка не мають свого основного джерела енергії.

Таблиця 6.

Запаси палива та енергії в організмі

Джерело енергії	г	ккал
Вуглеводи		
глікоген печінки	110	451
м'язовий глікоген	250	1025
глюкоза у рідинах організму	15	62
Всього	375	1538
Жири		
підшкірний	7800	70980
внутрішньом'язовий	161	1465
Всього	7961	72445

Примітка. Оцінку зроблено на основі середньої маси тіла 65 кг з вмістом жиру 12 %.

Жири й білки також використовуються як джерела енергії. В організмі міститься значно більше жирів, ніж вуглеводів. Однак жири є менш доступними клітинному метаболізму, оскільки, перш за все, має бути розщеплена складна форма — тригліцерид — на основні компоненти: гліцерин та вільні жирні кислоти. Тільки вільні жирні кислоти використовуються для утворення АТФ.

З однакової кількості жирів та вуглеводів утворюється абсолютно різна кількість енергії, відповідно 9 та 4 ккал. У будь-якому випадку інтенсивність вивільнення енергії з цих сполучень дуже невелика, щоб задовольнити потреби організму в енергії під час інтенсивної м'язової діяльності.

Білки. Процес перетворення білків або жирів на глюкозу називається глюконеогенезом. У результаті серії реакцій білок може перетворитися на жирні кислоти. Це називається ліпогенез.

Білки забезпечують 5-10 % енергії, необхідної для виконання тривалої фізичної вправи. Для утворення енергії використовуються лише основні одиниці білка — амінокислоти.

Щоб бути корисною, енергія має вивільнятися з хімічних сполук з контрольованою інтенсивністю. Частково ця інтенсивність визначається вибором джерела енергії. Якщо використовується велика кількість енергії з одного джерела, клітини розраховують, головним чином, саме на це джерело. Такий вплив наявності енергії називається ефектом масового впливу.

Спеціальні ферменти забезпечують чіткіший контроль інтенсивності вивільнення енергії. Багато з них полегшують розщеплення (катаболізм) хімічних сполучень. Хоча назви ферментів досить складні, всі вони закінчуються суфіксом *-аза*. Наприклад, фермент, що впливає на АТФ, називається аденозинтрифосфатаза (АТФаза).

Біоенергетика утворення АТФ

Молекула АТФ складається з аденозину (молекули аденіну, з'єднаної з молекулою рибози), з'єданого з трьома групами неорганічного фосфату (P_n). При впливі ферменту АТФази остання фосфатна група відщеплюється від молекули АТФ, швидко вивільнюючи велику кількість енергії (7,6 ккал/моль АТФ). У результаті АТФ розщеплюється на АДФ (аденозиндифосфат) та залишок фосфатної кислоти.

Процес накопичення енергії в результаті утворення АТФ з інших хімічних джерел називається фосфорилюванням. Внаслідок різних хімічних реакцій фосфатна група приєднується до відносно низькоенергетичного сполучення аденозиндифосфату, перетворюючи його на аденозинтрифосфат. Коли ці реакції здійснюються без наявності кисню, то процес називається анаеробним метаболізмом. Якщо ж у реакції приймає участь кисень, то процес називається аеробним метаболізмом, а аеробне перетворення АДФ на АТФ — окиснювальним фосфорилюванням.

Клітини утворюють АТФ за допомогою трьох систем: системи АТФ-КФ, гліколітичної та окиснювальної.

Система АТФ-КФ

Найпростішою енергетичною системою є система АТФ-КФ. Окрім АТФ, клітини містять ще одну багату енергією фосфатну молекулу — креатинфосфат (КФ). Енергія, вивільнювана при розщепленні КФ, на відміну від енергії, що вивільнюється при розщепленні АТФ, не використовується безпосередньо для виконання роботи на клітинному рівні. Вона використовується для ресинтезу АТФ, щоб забезпечити його відносно постійне утворення. Вивільненню енергії при розщепленні КФ сприяє фермент креатинкіназа, котрий діє на КФ для відокремлення фосфату від креатину. Вивільнена енергія може бути використана для приєднання P_n до молекули АДФ. При використанні цієї системи (енергія вивільнюється з АТФ в результаті відщеплення фосфатної групи) клітини можуть запобігти вичерпаю запасів АТФ, розщеплюючи КФ і

тим самим забезпечуючи енергію для утворення великої кількості АТФ.

Це швидкий процес, котрий може здійснюватися без допомоги будь-яких спеціальних структур клітини. Він може відбуватися й за участю кисню, однак для його здійснення кисень не потрібний, тому систему АТФ-КФ називають анаеробною.

У перші секунди інтенсивної м'язової діяльності кількість АТФ підтримується на відносно постійному рівні, тоді як рівень КФ невпинно знижується, оскільки він використовується для поповнення запасів АТФ. У стані виснаження рівні АТФ та КФ є досить низькими і не можуть забезпечити енергію для наступних скорочень та розслаблень м'язів.

Таким чином, підтримання рівня АТФ за рахунок енергії, що вивільнюється при розщепленні КФ, є обмеженим. Запаси АТФ та КФ є достатніми для задоволення енергетичних потреб м'язів лише протягом 3-15с спринтерського бігу. Після цього м'язам доводиться розраховувати на інші процеси утворення АТФ: гліколітичний та окиснювальний.

Гліколітична система

Інше джерело отримання АТФ передбачає вивільнення енергії в результаті розщеплення (лізису) глюкози. Це — гліколітична система, котра включає процес гліколізу, тобто розщеплення глюкози за допомогою спеціальних гліколітичних ферментів. Глюкоза становить близько 99 % усіх цукрів, що циркулюють у крові. Вона надходить у кров в результаті засвоєння вуглеводів та розщеплення глікогену печінки. Глікоген синтезується з глюкози внаслідок процесу, що називається **глікогенезом**. Глікоген міститься у печінці або м'язах, доки не стане потрібним. Коли виникає потреба у глікогені, він розщеплюється в результаті процесу глікогенолізу на глюкозо-1-фосфат.

Перш ніж глюкоза або глікоген можуть бути використані для утворення енергії, вони мають трансформуватися у сполучення, котре називається глюкозо-6-фосфат. Для перетворення молекули глюкози необхідна одна молекула АТФ. При розщепленні глікогену глюкозо-6-фосфат утворюється з глюкозо-1 фосфату без витрати енергії.

Гліколіз починається, як тільки утворюється глюкозо-6-фосфат. Закінчується гліколіз утворенням піровиноградної кислоти. Для цього процесу не потрібний кисень, однак використання кисню визначає «частки» піровиноградної кислоти, утвореної внаслідок гліколізу. Коли йде мова про гліколітичну систему, мається на увазі, що процес гліколізу перебігає без участі кисню. У цьому випадку піровиноградна кислота перетворюється на молочну кислоту.

Гліколіз, що є складнішим процесом, ніж система АТФ-КФ, забезпечує розщеплення глікогену на молочну кислоту завдяки 12 ферментним реакціям. Усі ці ферменти знаходяться у цитоплазмі клітин. У результаті гліколізу утворюється 3 молі АТФ на кожний моль розщепленого глікогену. Якщо замість глікогену використовується глюкоза, то утворюється усього 2 молі АТФ, оскільки 1 моль витрачається на перетворення глюкози на глюкозо-6-фосфат.

Ця енергетична система не забезпечує утворення великої кількості АТФ.

Незважаючи на це, сукупні дії гліколітичної системи та системи АТФ-КФ забезпечують продукування сили м'язами навіть при обмеженому надходженні кисню. Ці дві системи домінують у перші хвилини виконання вправ високої інтенсивності.

Іншим значним недоліком анаеробного гліколізу є те, що він викликає накопичення молочної кислоти у м'язах та рідинах організму. У спринтерських дисциплінах тривалістю 1-2 хв потреби гліколітичної системи є дуже великими, і рівні вмісту молочної кислоти можуть збільшитися з 1 (показник у стані спокою) до понад 25 ммоль/кг. Таке підкислення м'язових волокон гальмує подальше розщеплення глікогену, оскільки порушує функцію гліколітичних ферментів. Окрім того, кислота знижує здатність волокон зв'язувати кальцій і це може перешкодити скороченню м'язів.

Інтенсивність енерговитрат м'язового волокна під час навантаження може бути у 200 разів вищою, ніж у стані спокою. Гліколітична система та система АТФ-КФ не в змозі забезпечити необхідну кількість енергії.

Молочна кислота і лактат — не одне й те ж сполучення. Молочна кислота має формулу $C_3H_6O_3$. Лактат являє собою будь-яку сіль молочної кислоти.

Окиснювальна система

Останньою системою утворення енергії клітиною є окиснювальна система, найскладніша з трьох енергетичних систем. Процес, в результаті котрого організм для продукування енергії дисимілює сполучення, багаті на енергію, за допомогою кисню, називається клітинним диханням. Це аеробний процес, оскільки у ньому приймає участь кисень. АТФ утворюється у спеціальних клітинних органелах-мітохондріях. У м'язах вони примикають до міофібрил, а також розкидані по саркоплазмі.

М'язи мають постійно забезпечуватися енергією для продукування сили під час тривалої м'язової діяльності. На відміну від анаеробного утворення АТФ, окиснювальна система продукує значну кількість енергії, тому аеробний метаболізм є основним методом утворення енергії під час м'язової діяльності, що потребує виявлення витривалості. Це ставить підвищені вимоги до системи транспорту кисню до активних м'язів.

Окиснення вуглеводів. Окиснювальне утворення АТФ включає три процеси:

1) гліколіз; 2) цикл Кребса; 3) ланцюжок переносу електронів.

Гліколіз при обміні вуглеводів відіграє важливу роль як в анаеробному, так і в аеробному утворенні АТФ. Причому він перебігає однаково, незалежно від того, чи бере участь у цьому процесі кисень. Участь кисню визначає лише «частку» кінцевого продукту — піровиноградної кислоти. При анаеробному гліколізі утворюється молочна кислота і усього 3 молі АТФ на 1 моль глікогену. За участю кисню піровиноградна кислота перетворюється на сполучення, котре називається ацетилкофермент А (ацетил-КоА).

Цикл Кребса. Після утворення ацетил-КоА попадає у цикл Кребса (цикл лимонної кислоти) — складну послідовність хімічних реакцій, котрі дозволяють завершити окиснення ацетил-КоА. Наприкінці циклу Кребса утворюється 2

молі АТФ, а речовина (сполучення, на котре впливають ферменти, у цьому випадку первісний вуглевод) розщеплюється і, з'єднуючись з киснем, утворює діоксид вуглецю (CO_2), котрий легко дифундує з клітин, транспортується кров'ю у легені й виділяється у зовнішнє середовище (відбувається реакція декарбоксилування $\text{K-H} + \text{CO}_2$).

Ланцюжок переносу електронів. Під час гліколізу, коли глюкоза перетворюється на піровиноградну кислоту, виділяється водень. Значно більша кількість водню виділяється під час циклу Кребса. Якщо він залишається у системі, то внутрішня частина клітин стає надто кислою.

Цикл Кребса пов'язаний із серією реакцій, котрі називаються ланцюжком переносу електронів. Водень, що виділяється під час гліколізу і у циклі Кребса, з'єднується з двома коферментами — нікотин-аденін-динуклеотидом (НАД) та флавін-аденін-динуклеотидом (ФАД), котрі переносять атоми водню у ланцюжок переносу електронів, де вони розщеплюються на протони та електрони. Наприкінці ланцюжка H^+ з'єднується з киснем утворюючи воду і тим самим запобігаючи підкисленню.

Електрони, що відокремилися від водню приймають участь у серії реакцій і, у кінцевому результаті, забезпечують енергію для фосфорилювання АДФ, а отже, утворення АТФ. Оскільки цей процес відбувається за участю кисню, то він називається окиснювальним фосфорилюванням.

В кінцевому підсумку окиснювальна система утворення енергії забезпечує отримання 39 молекул АТФ з однієї молекули глюкози. Якщо процес починається з глюкози, то утворюється 38 молекул АТФ (згадаймо, що одна молекула АТФ використовується до початку гліколізу для утворення глюкозо-6-фосфату).

Окиснення жирів. Як уже відмічалось, жири також здійснюють свій внесок в енергетичні потреби м'язів. Запаси глікогену у м'язах та печінці можуть забезпечити усього 1200-2000 ккал енергії, у той час як жири, що містяться всередині м'язових волокон та в жирових клітинах, — близько 70 000-75 000 ккал.

Хоча жирами називають багато хімічних сполук, такі, як тригліцериди, фосфоліпіди та холестерин, тільки тригліцериди використовуються як основні джерела енергії. Тригліцериди знаходяться у жирових клітинах та волокнах скелетних м'язів. Щоб використати тригліцериди для утворення енергії, необхідно розщепити їх на основні складові: одну молекулу гліцерину та три молекули вільних жирних кислот. Цей процес називається ліполізом і здійснюється ферментами — ліпазами.

Вивільнившись з тригліцериду (жиру), вільні жирні кислоти можуть потрапити у кров, котра транспортує їх по усьому організму, і у результаті дифузії проникнути у м'язові волокна. Інтенсивність надходження вільних жирних кислот у м'язові волокна залежить від градієнта концентрації. Підвищення концентрації вільних жирних кислот у крові виштовхує їх у м'язові волокна.

Процес β -окиснення. Незважаючи на значні структурні відмінності між різними вільними жирними кислотами, їх метаболізм майже однаковий, як видно. Після потрапляння у м'язові волокна, вільні жирні кислоти активуються

енергією АТФ за допомогою ферментів. Цей ферментний катаболізм жирів мітохондріями називається β -окисненням. У цьому процесі вуглецевий ланцюжок вільної жирної кислоти ділиться на двовуглецеві залишки оцтової кислоти. Наприклад, якщо первісно вільна жирна кислота мала 16-вуглецевий ланцюжок, то при β -окисненні утворюється 8 молекул оцтової кислоти. Вся оцтова кислота потім перетворюється на ацетил-КоА.

Цикл Кребса та ланцюжок переносу електронів. З цього моменту обмін жирів здійснюється за тим же принципом, що й метаболізм вуглеводів. Ацетил-КоА, що утворився внаслідок β -окиснення, вступає у цикл Кребса. У цьому циклі утворюється водень, котрий транспортується у ланцюжок переносу електронів разом з воднем, утвореним під час β -окиснення, де піддається окиснювальному фосфорилуванню. Як і при обміні глюкози, проміжними продуктами окиснення вільних жирних кислот є АТФ, H_2O , CO_2 . Однак для повного сокиснення молекули вільних жирних кислот потребується більше кисню.

Хоча жири забезпечують більше кілокалорій енергії на грам, ніж вуглеводи, для їх окиснення потребується більше кисню, ніж для окиснення вуглеводів. Жири утворюють 5,6 молекули АТФ відносно однієї молекули O_2 , вуглеводи — 6,3 молекули АТФ відносно однієї молекули O_2 . Доставка кисню обмежена киснетранспортною системою, тому кращим джерелом енергії під час виконання фізичної вправи високої інтенсивності є вуглеводи.

Переважаючий вміст у вільних жирних кислотах більшої кількості вуглецю, ніж у глюкозі, полягає в утворенні більшої кількості ацетил-КоА при метаболізмі даної кількості жиру отже, у цикл Кребса надходить більша кількість ацетил-КоА, а у ланцюжок переносу електронів більше електронів. Саме тому при метаболізмі жирів утворюється набагато більше енергії ніж при метаболізмі вуглеводів.

В результаті реакцій окиснення, циклу Кребса та ланцюжка переносу електронів з однієї молекули пальмітинової кислоти утворюється 129 молекул АТФ, у той час як з молекули глюкози та глікогену відповідно 38 та 39 молекул. Незважаючи на такий високий показник, тільки близько 40 % енергії, що вивільнюється внаслідок метаболізму молекул або глюкози, або вільних жирних кислот, витрачається на утворення АТФ. Решта 60 % виділяються у вигляді тепла.

Метаболізм білків. Як уже відмічалось, вуглеводи та жири є переважними джерелами енергії нашого організму. Однак використовуються і білки або, скоріше, амінокислоти, з котрих вони складаються. Деякі амінокислоти можуть перетворюватися на глюкозу (за допомогою глюконеогенезу). Інші можуть перетворюватися на різні проміжні продукти окиснювального метаболізму (такі, як піровиноградна кислота або ацетил-КоА), щоб взяти участь в окиснювальному процесі.

Кількість енергії, утвореної білками, досить важко визначити, на відміну від енергії, утвореної вуглеводами або жирами, оскільки білки також містять азот. При катаболізмі амінокислот певна кількість азоту використовується для утворення нових амінокислот, решта азоту

перетворюється на сечовину і виділяється головним чином з сечею. Цей процес потребує використання АТФ і, отже, призводить до витрат якоїсь кількості енергії.

Окиснювальні здатності м'язів

Окиснювальна здатність м'яза - це показник її максимальної здатності використовувати кисень.

Активність ферментів. Здатність м'язових волокон окиснювати вуглеводи та жири досить важко визначити. У багатьох дослідженнях спостерігали тісний взаємозв'язок між здатністю м'яза виконувати аеробну вправу протягом тривалого часу та активністю її окиснювальних ферментів. Оскільки для окиснювання потребується багато ферментів, то їх активність у м'язових волокнах є достатньо надійним показником окиснювального потенціалу.

Склад м'язових волокон та тренувальні навантаження, спрямовані на розвиток витривалості. Склад волокон м'яза частково визначає його окиснювальну здатність. Як уже відмічалось раніше ПС волокна мають більшу схильність до аеробної діяльності, ніж ШС, оскільки містять більше мітохондрій та окиснювальних ферментів. ШС волокна більш придатні для гліколітичного продукування енергії. Отже, чим більше у м'язах ПС волокон, тим вища їх окиснювальна здатність. Наприклад, у найсильніших бігунів на довгі дистанції значно більше ПС волокон, мітохондрій і вища активність окиснювальних ферментів, ніж у нетренованих людей.

Тренувальні навантаження, спрямовані на розвиток витривалості збільшують окиснювальні здатності усіх волокон і особливо ШС, ставлячи високі вимоги до окиснювального фосфорилування, вони стимулюють м'язові волокна до утворення великої кількості мітохондрій, містять велике число окиснювальних ферментів.

Збільшуючи кількість ферментів у волокнах для β -окиснення, такі навантаження також допомагають м'язам більшою мірою розраховувати на жири як джерело продукування АТФ.

Таким чином, тренувальні навантаження на розвиток витривалості дають змогу підвищити аеробні здатності м'язів навіть у людей з високим вмістом ШС волокон. Разом з тим відомо, що ШС волокно у результаті тренування на розвиток витривалості не зможе такою ж мірою збільшити витривалість, як ПС волокно.

Потреба у кисні. Хоча окиснювальна здатність м'язів визначається кількістю мітохондрій та окиснювальних ферментів у них, окиснювальний метаболізм насамкінець залежить від їх адекватного постачання киснем. У стані спокою потреби організму в АТФ відносно невеликі, тому потреба у кисні також мінімальна. Однак зі збільшенням інтенсивності навантаження зростає і потреба в енергії. Для її задоволення необхідно збільшити окиснювальне утворення АТФ. Задоволення потреб м'язів у кисні здійснюється за рахунок збільшення частоти та глибини дихання, поліпшення процесу газообміну у легенях. Серце починає скорочуватися частіше, постачаючи у м'язи більшу кількість окисненої крові.

В організмі людини кисню небагато. Тому кількість кисню, що попадає у кров, котра проходить через легені, прямо пропорційна кількості, використовуваній тканинами для окиснювального фосфорилування. Отже, можна досить точно визначити величину аеробного продукування енергії, вимірявши кількість кисню, що споживається у легенях.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яка роль КФ при енергоутворенні?
2. Описати взаємозв'язок м'язових АТФ та КФ під час виконання спринтерської діяльності.
3. Чому систему АТФ-КФ та гліколітичну систему утворення енергії вважають анаеробними?
4. Яку роль відіграє кисень у процесі аеробного метаболізму?
5. Розказати про проміжні продукти утворення енергії за рахунок АТФ, гліколізу та окиснення.
6. Що таке дихальний коефіцієнт? Пояснити його застосування для визначення окиснення вуглеводів та жирів.
7. Який взаємозв'язок між споживанням кисню та утворенням енергії?
8. Як на основі вимірювання споживання кисню можна оцінити продуктивність роботи при виконанні вправи?
9. Чому спортсмени з вищим $\text{VO}_2 \text{ max}$ показують кращі результати у видах спорту, що потребують прояву витривалості, порівняно з тими, у котрих ці показники нижчі?

4.2. БАЛАНС ВОДИ ТА ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Воду навряд чи можна вважати поживною речовиною, оскільки вона не має калорійної цінності. Разом з тим вона є другою за значущістю після кисню. В організмі молодої людини вода становить близько 65-70% загальної маси тіла. Людина може вижити при втраті 40 % жирів вуглеводів та білків, однак втрата 9-12 % води призводить до смерті.

Близько 65-67 % води знаходиться у клітинах — це внутрішньоклітинна рідина. Решта кількості знаходиться поза клітинами — це позаклітинна рідина (її складають тканинна рідина, що є навколо клітин, плазма, лімфа та деякі інші рідини).

Вода має велике значення для фізичної діяльності:

1. еритроцити переносять кисень до активних м'язів за допомогою плазми крові, котра в основному складається з води;
2. поживні речовини — глюкоза, жирні кислоти та амінокислоти — також транспортуються у м'язи плазмою;
3. CO_2 та інші проміжні продукти метаболізму, покидаючи клітини, проникають у плазму, звідки й виводяться з організму;
4. гормони, що регулюють обмінні процеси та м'язову діяльність, під час виконання фізичного навантаження транспортуються до своїх мішеней плазмою

крові;

5. рідини організму містять буферні сполучення, що забезпечують нормальне рН при утворенні лактату;

6. вода сприяє віддачі тепла, котре утворюється при виконанні фізичного навантаження;

7. об'єм плазми крові — головний показник тиску крові, а відповідно, і функції серцево-судинної системи.

Оптимальна м'язова діяльність багато у чому залежить від відносно постійного вмісту в організмі води та електролітів. На жаль, під час фізичного навантаження це часто порушується. Далі ми розглянемо баланс води та електролітів, вплив на нього фізичних навантажень, а також вплив порушення їх балансу на м'язову діяльність.

Баланс води у стані спокою

У стані спокою вміст води в організмі людини є відносно постійним, тобто споживання води дорівнює її виділенню. Близько 60 % щоденного споживання води забезпечують різні напої, 30 % — продукти харчування. Решта 10 % утворюються у клітинах організму в процесі обміну речовин (вода — це проміжний продукт окиснювального фосфорилування). У ході обмінних процесів утворюється від 150 до 250 мл води на день залежно від витрат енергії: чим вища інтенсивність метаболізму, тим більше утворюється води. Щоденне споживання води (з усіх джерел) становить у середньому — 33 мл/кг маси тіла. У людини з масою тіла 70 кг це становить 2,31 л на день.

Втрати води здійснюються:

- 1) випаровуванням з поверхні шкіри;
- 2) випаровуванням з дихальних шляхів;
- 3) виділенням з нирок;
- 4) виділенням з товстої кишки.

Вода може проникати крізь шкіру людини. Вона дифундує до поверхні шкіри, звідки випаровується у довколишнє середовище. Окрім того, гази, котрими ми дихаємо, постійно зволожуються водою, проходячи дихальними шляхами. Ці два види втрат води відбуваються непомітно для нас, тому вони називаються невідчутними втратами води. У стані спокою при невисокій температурі довколишнього середовища вони становлять близько 30 % щоденних втрат води.

Основні втрати води у стані спокою (60 %) забезпечують нирки, екскретуючи воду та продукти розпаду у вигляді сечі. У стані спокою нирки виділяють близько 50-60 мл води за годину. Ще 5 % води втрачається внаслідок потіння (часто ці втрати води розглядають як невідчутні) і ще 5 % виділяється з товстої кишки з фекаліями.

Баланс води при фізичному навантаженні

Фізичне навантаження прискорює втрати води. Здатність тіла віддавати тепло, що утворюється при виконанні фізичного навантаження залежить, головним чином, від утворення та випаровування поту. З підвищенням температури тіла посилюється процес потовиділення, що спрямований на запобігання перегріву організму. Одночасно утворюється більше води

внаслідок посиленого окиснювального метаболізму. На жаль її кількість, що утворюється навіть при наймаксимальнішому зусиллі, лише незначно впливає на дегідратацію, зумовлену інтенсивним потовиділенням. Протягом години інтенсивного фізичного навантаження людина з масою тіла 70 кг може засвоїти близько 245 г вуглеводів. Це забезпечує утворення близько 146 мл води. Водночас втрати води з потом можуть перевищити 1500 мл, тобто виявляться у 10 разів більшими. Тим не менш, вода, утворювана при окиснювальному метаболізмі, певною мірою запобігає дегідратації.

У м'язах марафонця під час змагання утворюється близько 500 мл води протягом 2-3 год.

Загалом кількість утвореного під час фізичного навантаження поту залежить від температури довколишнього середовища, розмірів тіла та інтенсивності метаболізму. Ці три чинники впливають на здатність організму зберігати тепло та підтримувати температуру. Тепло переходить від тепліших ділянок до прохолодніших, тому процес віддачі тепла порушується при високій температурі довколишнього середовища. Важливість розмірів тіла зумовлена тим, що більшим людям потребується більше енергії, щоб виконати це завдання, тому для них є характерною більш висока інтенсивність обміну речовин, що забезпечує утворення більшої кількості тепла. Однак у них велика площа поверхні тіла, що забезпечує утворення більшої кількості поту і значнішого випаровування.

Збільшення інтенсивності фізичного навантаження підвищує інтенсивність обміну. Це збільшує утворення тепла, що, у свою чергу, посилює потовиділення. Щоб зберегти запаси води під час виконання фізичного навантаження, організм обмежує кровопостачання нирок, намагаючись таким чином запобігти зневодненню, однак часто цього виявляється недостатньо. При виключно високих фізичних навантаженнях в умовах підвищеної температури довколишнього середовища організм може втрачати 2-3 л води за годину.

Зневоднення організму та фізична діяльність

Навіть мінімальні зміни вмісту води в організмі можуть негативно вплинути на фізичну діяльність, що потребує прояву витривалості. Без адекватного поповнення запасів рідини толерантність до фізичного навантаження помітно знижується при тривалих видах м'язової діяльності внаслідок втрат рідини з потом. Дослідження переконливо показують відсутність толерантності до тривалого фізичного та теплового навантаження при зневодненні організму. Бігуни на довгі дистанції, наприклад, сповільнюють темп бігу майже на 2 % при втраті маси тіла на 1 % внаслідок дегідратації. Бігун, здатний пробігти 10000 м за 35 хв у нормальному стані, пробіжить цю дистанцію на 2 хв 48 с гірше (на 8 % гірший результат) при зневодненні організму на 4 %.

Вплив зневоднення на діяльність серцево-судинної та терморегуляторної систем можна легко передбачити. Втрати рідини призводять до зменшення об'єму плазми. Це зумовлює зниження тиску крові, що, у свою чергу, зменшує кровопостачання м'язів та шкіри. У результаті цих акцій збільшується ЧСС. Оскільки шкірний кровоток обмежений, порушується процес тепловіддачі і тіло

затримує більше тепла. Таким чином, при зневодненні організму більше ніж на 2 % маси ЧСС та температура тіла при виконанні фізичного навантаження підвищуються. Якщо зневоднення досягає 4-5% маси тіла, здатність виконувати тривале навантаження аеробної спрямованості знижується на 20-30 %.

Вплив зневоднення на менш тривале фізичне навантаження аеробної спрямованості не такий значний. Так, на м'язову діяльність тривалістю усього декілька секунд, при котрій АТФ утворюється головним чином завдяки гліколітичній системі та системі АТФ-КФ, дегідратація практично не впливає. Незважаючи на деяке протиріччя результатів, на думку більшості фахівців, зневоднення незначно впливає на короткочасну м'язову діяльність вибухового типу анаеробної спрямованості (наприклад, важка атлетика). Борці, як правило, спеціально зневоднюють свій організм, щоб отримати перевагу у масі тіла під час змагань. Більшість здійснює регідратацію перед змаганнями, відчуваючи лише незначне погіршення працездатності.

Окрім втрат води під час тривалої фізичної діяльності, з організму з потом виводиться багато поживних речовин, особливо мінералів.

Баланс електролітів під час фізичного навантаження

Втрати електролітів з потом. У людському поті міститься багато речовин: натрій, хлор, калій, магній, кальцій тощо. Незважаючи на солонкуватий присмак у ньому міститься менше мінералів, ніж у плазмі або інших рідинах організму. У дійсності на 99 % він складається з води.

У поті та крові домінують іони хлору та натрію. Концентрація натрію та хлору у поті ледве дорівнюють 1/3 їх вмісту у плазмі і у 5 разів менше, ніж у м'язах.

При підвищеній інтенсивності потовиділення, наприклад, під час м'язової діяльності, що потребує прояву витривалості, у поті міститься велика кількість натрію, хлору і невелика калію, кальцію та магнію.

При втраті електролітів з потом решта іонів перерозподіляються по тканинах організму. Наприклад, калій дифундує з активних м'язових волокон по мірі їх скорочення у позаклітинну рідину. Підвищення рівня позаклітинного калію у цьому випадку не відповідає кількості K^+ , що виділяється з активних м'язів, оскільки калій використовують неактивні м'язи та інші тканини по мірі того як він виділяється з активних м'язів. Під час відновлення вміст внутрішньоклітинного калію швидко нормалізується. На думку деяких учених, подібні реакції калію під час фізичного навантаження можуть сприяти розвитку стомлення, змінюючи потенціали нейронів та м'язових волокон і тим самим утруднюючи передачу імпульсів.

Виділення електролітів з сечею. Окрім виведення з крові продуктів розпаду та регуляції вмісту води в організмі, нирки також реагують на вміст електролітів в організмі. Утворення сечі — друге суттєве джерело втрат електролітів. У стані спокою електроліти екскретуються з сечею, що забезпечує підтримання гомеостатичних рівнів. Із збільшенням втрат води під час виконання фізичного навантаження утворення сечі значно зменшується. Організм намагається зберегти запаси води. Таким чином знижуються втрати електролітів.

Нирки регулюють вміст електролітів в організмі й інакше. Якщо, наприклад, людина споживає 250 мг солі (NaCl), то нирки екскретують таку саму кількість електролітів, підтримуючи їх постійну концентрацію. Однак при інтенсивному потовиділенні та дегідратації надниркові залози виділяють гормон альдостерон, що стимулює ниркову реабсорбцію натрію (детальніше про вплив гормонів на затримку рідини в організмі розглянемо дещо пізніше). Отже, організм затримує більше натрію, ніж звичайно після тривалого фізичного навантаження. Це призводить до підвищення концентрації натрію, що призводить до збільшення осмоляльності позаклітинних рідин.

Підвищення вмісту натрію викликає відчуття спраги, людині хочеться пити більше води, котра потім затримується у позаклітинному просторі. Підвищене споживання води відновлює нормальну осмоляльність у позаклітинних рідинах, однак збільшує їх об'єм, що призводить до розведення концентрації речовин, що у них містяться. Збільшення об'єму позаклітинних рідин не справляє негативного впливу і є тимчасовим явищем. Через 48-72 годин після фізичного навантаження рівні рідини нормалізуються.

Поповнення втрат рідини

При інтенсивному потовиділенні втрачається більше води, ніж електролітів. Це призводить до підвищення осмотичного тиску рідин, оскільки підвищується концентрація електролітів. Внаслідок цього потреба у поповненні втрат води перевищує потребу в електролітах, оскільки поповнення запасів води забезпечить відновлення нормальної концентрації електролітів.

Відчуття спраги. Відчуття спраги регулюється гіпоталамусом. Воно виникає при підвищенні осмотичного тиску плазми. На жаль, механізм спраги не дуже точно визначає або оцінює стан дегідратації організму. Відчуття спраги виникає тільки після початку дегідратації. Навіть у стані дегідратації бажання попити виникає лише через певні проміжки часу.

Як контролюється відчуття спраги, не зовсім зрозуміло. При споживанні рідини залежно від відчуття спраги організму людини потребується 24-48 год, щоб повністю поповнити втрати води з потом. Через сповільнене виникнення потреби поповнити запаси води і для запобігання хронічного зневоднення організму людям рекомендовано випивати більше рідини, ніж цього потребує відчуття спраги. Через підвищені втрати води під час виконання фізичного навантаження спортсмени мають споживати достатню кількість води для задоволення потреб організму, а також здійснювати регідратацію під час та після виконання фізичного навантаження.

Позитивний вплив споживання рідини під час фізичного навантаження. Споживання напоїв при тривалій фізичній діяльності, особливо в умовах підвищеної температури довколишнього середовища, справляє очевидну позитивну дію. Споживання рідини зводить до мінімуму зневоднення організму, підвищення температури тіла та навантаження на серцево-судинну систему.

Процес регуляції об'єму рідин та концентрації електролітів відрізняється високою ефективністю, тому за звичайних умов досить важко досягти розведення електролітів плазми, споживаючи достатню кількість води. Марафонці

при втратах поту близько 3-5 л, споживаючи 2-3 л води, підтримують нормальні концентрації натрію, хлору та калію у плазмі. У бігунів на довгі дистанції, які пробігають 25—40 км за день у спекотну погоду і не додають сіль у їжі не виникає дефіциту електролітів в організмі. Нормальні рівні електролітів підтримуються навіть при споживанні усього 30 % калію, при втратах поту 3-4 л щодня протягом 8 днів поспіль.

Результати ряду досліджень показують, що гіпонатріємія може виникати при бігу на наддовгі дистанції (понад 42 км). Дослідження у 1983 р. двох бігунів, що впали у колапс після завершення дистанції 160 км, показало, що концентрація натрію у них знизилася зі 140 (норма) до 123 та 118 мекв/л. В одного з них стався епілептичний напад, у другого порушилася орієнтація. Аналіз споживання рідини цими бігунами та споживання натрію у процесі бігу показали, що вони розвели вміст натрію в організмі, споживаючи напої, що містили дуже незначну кількість натрію.

Найоптимальнішим варіантом є поповнення запасу води з інтенсивністю, що відповідає інтенсивності його втрати, або додавання у споживану рідину натрію, щоб уникнути появи гіпонатріємії. У зв'язку з цим слід відмітити, ще напої для спортсменів, де міститься менше 25 ммоль/л натрію, є дуже «слабкі», щоб запобігти розведенню натрію, тоді як більш високі концентрації важко переносяться. Точна причина виникнення гіпонатріємії залишається нез'ясованою.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як впливає на фізичну діяльність дегідратація?
2. Як стан дегідратації впливає на ЧСС та температуру тіла?
3. Як організм регулює баланс електролітів при короткочасному та тривалому фізичному навантаженні?
4. Назвати основні нервові та гуморальні механізми регуляції обміну води та електролітів під час м'язової діяльності.
5. Яку роль відіграє серцево-судинна система у водно-сольовому обміні під час м'язової діяльності.
6. Яку роль відіграє питний режим під час безпосереднього виконання фізичних вправ?

4.3. ЕНДОКРИННА СИСТЕМА ТА М'ЯЗОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Під час фізичного навантаження в організмі людини відбуваються численні фізіологічні зміни:

- А) Підвищується інтенсивність використання енергії.
- Б) Проміжні продукти метаболізму, котрі мають виводитися з організму, часто починають накопичуватися.
- В) Вода переміщується з клітини й виводиться з потом.
- Г) Навіть у стані спокою внутрішнє середовище організму перебуває у стані постійних змін, котрі під час фізичного навантаження можуть перетворитися на

хаотичні.

Життєдіяльність людини залежить від збереження гомеостазу. Чим значніше навантаження, тим важче підтримувати гомеостаз. Основну регулюючу роботу під час виконання фізичного навантаження перебирає на себе нервова система. Однак не менш активну участь приймає й інша система, котра постійно стежить за станом внутрішнього середовища, помічаючи усі зміни і швидко реагуючи на них, щоб не допустити різкого порушення гомеостазу. Це — ендокринна система, що здійснює контроль за допомогою гормонів, котрі вона виділяє.

М'язова діяльність основана на координованій взаємодії багатьох фізіологічних та біохімічних систем. Ця взаємодія можлива лише у тому випадку, якщо різні тканини й системи організму можуть підтримувати між собою зв'язок. Хоча у процесі забезпечення зв'язку між різними системами та тканинами організму величезну роль відіграє нервова система, «настроювання» фізіологічних реакцій організму на будь-яке порушення його рівноваги здійснює ендокринна система. Ці дві системи сумісно забезпечують взаємодію та контроль рухів, а також усі щодо них фізіологічні процеси. Нервова система функціонує дуже швидко, справляючи нетривалі локальні впливи, а ендокринна система функціонує набагато повільніше і справляє триваліший та більш загальний вплив.

Ендокринна система включає усі тканини та залози, що секретують гормони. Вони секретують гормони безпосередньо у кров. Гормони діють подібно до хімічних сигналів по усьому організму. Вони виділяються ендокринними клітинами та транспортуються кров'ю у спеціальні клітини-мішені. Доки вони не дістануться місця свого призначення, вони не можуть контролювати активність тканини-мішені. Характерною рисою гормонів є те, що вони переміщуються від клітин, з котрих вони виділилися, і впливають на активність інших клітин та органів. Одні гормони діють на багато тканин, інші — тільки на певні клітини-мішені.

Природа та функції гормонів

Гормони приймають участь у більшості фізіологічних процесів, тому їхня дія має велике значення для багатьох аспектів м'язової та спортивної діяльності.

Гормони можна поділити на дві основні групи: стероїдні та нестероїдні. Хімічна структура *стероїдних гормонів* нагадує структуру холестерину і більшість цих гормонів є його похідними. Тому вони розчиняються у ліпідах і досить легко дифундують крізь клітинні мембрани. До цієї групи відносять гормони, що екскретуються:

- кірковою речовиною надниркової залози (такі, як кортизол та альдостерон);
- яєчниками (естроген та прогестерон);
- яєчками (тестостерон);
- плацентою (естроген та прогестерон).

Нестероїдні гормони не є жиророзчинними, тому вони не можуть легко перетинати клітинні оболонки. Групу нестероїдних гормонів можна поділити на два класи: білкові (або пептидні), гормони та похідні амінокислот. До останнього класу відносять два гормони щитовидної залози (тироксин та

трийодотиронін) та два гормони мозкової речовини надниркових залоз (адреналін та норадреналін). Решта нестероїдних гормонів відноситься до класу білкових, або пептидних гормонів.

Оскільки гормони переміщуються з кров'ю, то вони вступають у контакт практично з усіма тканинами тіла. Чому ж тоді їх дія обмежена певними клітинами-мішенями? Це зумовлено наявністю спеціальних рецепторів у тканинах-мішенях. Взаємодію гормону та його певного рецептора порівнюють з принципом взаємодії замка (рецептора) й ключа (гормону), коли лише певним ключем можна відкрити відповідний замок. Взаємодію гормону та його рецептора називають комплексом гормону-рецептора.

Кожна клітина містить від 2000 до 10000 рецепторів. Рецептори нестероїдних гормонів розташовуються на оболонці клітини, а рецептори стероїдних гормонів знаходяться у її цитоплазмі або ядрі. Кожний гормон характеризується високим ступенем специфічності щодо даного типу рецепторів і зв'язується тільки з певними (специфічними) рецепторами, впливаючи, таким чином, тільки на тканини, що містять ці рецептори.

Механізми дії гормонів

Стероїдні гормони. Як уже вказувалося, стероїдні гормони є ліпідорозчинними й легко проходять крізь клітинну оболонку. Знаходячись усередині клітини, стероїдний гормон зв'язується зі специфічними для нього рецепторами. Утворений комплекс гормон-рецептор проникає у ядро і зв'язується з частиною ДНК клітини, активуючи певні гени. Цей процес називається безпосередньою активацією генів. У відповідь на неї у ядрах відбувається синтез мРНК. Потім мРНК надходить у цитоплазму і забезпечує білковий синтез. Ці білки можуть бути:

- ферментами, що справляють численні впливи на клітинні процеси;
- структурними білками, котрі використовуються для росту та відновлення тканин;
- регуляторними білками, здатними змінити функцію ферментів.

Нестероїдні гормони. Оскільки ці гормони не можуть легко проходити крізь клітинну оболонку, вони вступають у взаємодію з певними рецепторами поза клітиною, на її оболонці. Молекула нестероїдного гормону, прикріплюючись до свого рецептора, викликає серію ферментативних реакцій, котрі призводять до утворення другого внутрішньоклітинного переносника («кур'єра»). Найкраще вивченим та поширеним другим «кур'єром» є циклічний аденозинмонофосфат (цАМФ). У цьому випадку прикріплення гормону до відповідного рецептора на оболонці активує фермент аденілатциклазу, що знаходиться на оболонці. Він каталізує утворення цАМФ з клітинного АТФ. Утворений цАМФ може потім викликати певні фізіологічні реакції, включаючи:

- активацію клітинних ферментів;
- змінення проникності оболонки;
- забезпечення білкового синтезу;
- зміни клітинного метаболізму;
- стимулювання клітинних виділень.

Таким чином, нестероїдні гормони, як правило, активують систему

цАМФ клітини, що призводять до змін внутрішньоклітинних функцій.

Реакції ендокринної системи на фізичні навантаження наведенні у табл. 7.

Вплив гормонів на обмін речовин та енергозабезпечення

Як відомо для задоволення підвищених потреб організму в енергії під час м'язової діяльності необхідна підвищена кількість глюкози для утилізації м'язами. Глюкоза міститься в організмі у вигляді глікогену, в основному у м'язах та печінці. Для вивільнення глюкози необхідне збільшення інтенсивності глікогенолізу. Вивільнена з печінки глюкоза попадає у кров та циркулює по усьому тілу, тому її можуть використовувати активні тканини. Глюконеогенез може призвести до підвищення рівня глюкози у плазмі. Розглянемо гормони, що приймають участь як у глікогенолізі, так і у глюконеогенезі.

Таблиця 7.

Гормональні зміни, що зумовлені фізичними навантаженнями (за Д. Вілмор та Д.Костілл, 2003)

Гормон	Реакція на навантаження	Взаємозв'язок	Можливе значення
Катехоламіни	Збільшення	Значне збільшення вмісту при більш високій інтенсивності, норадреналін > адреналін, менше збільшення після тренувань	Підвищення вмісту глюкози у крові
Гормон росту	Те саме	Значно збільшується у невідготовлених людей; швидше знижується після припинення навантаження у підготовлених людей	Не відоме
АКТГ-кортизол	Те ж саме	Значне збільшення кількості при вищій інтенсивності навантаження, менше збільшення після субмаксимальних навантажень	Підвищення глюконеогенезу у печінці (нирках)
Тиреотропін-тироксин	Те ж саме	Підвищує обмін тироксину внаслідок тренувань, токсичного впливу не спостерігається	Не відоме
Інсулін	Зниження	Менший ступінь зниження після тренувань	Знижений стимул до використання глюкози крові
Глюкагон	Збільшення	Менший ступінь збільшення після тренувань	Підвищений рівень глюкози крові завдяки глікогенолізу та глюконеогенезу
Ренін-ангіотензин, альдостерон	Те ж саме	Такий самий ступінь збільшення після тренувань	Затримка натрію для підтримання об'єму плазми
Антидіуретичний гормон	Можливе збільшення	Не відомий	Затримка води для підтримки об'єму плазми
Кальцітонін	Не відома	Не відомий	Для забезпечення нормального розвитку кісток

Вміст глюкози у плазмі. Дія чотирьох гормонів спрямована на збільшення кількості глюкози, котра циркулює у плазмі: глюкагон, адреналін, норадреналін та кортизол.

Концентрація глюкози у плазмі під час м'язової діяльності залежить від співвідношення між споживанням її м'язами та виділенням печінкою. У стані спокою виділенню глюкози з печінки сприяє **глюкагон**, що забезпечує розщеплення глікогену у печінці та утворення глюкози з амінокислот. Під час фізичного навантаження секреція глюкагону підсилюється. М'язова активність також підвищує інтенсивність виділення **катехоламінів** з мозкової речовини надниркових залоз, і ці гормони (адреналін та норадреналін) разом з глюкагоном забезпечують подальше підсилення глікогенолізу. Встановлено, що під час фізичного навантаження рівень кортизолу також підвищується. **Кортизол**, у свою чергу, підсилює катаболізм білків, вивільняючи амінокислоти для глюконеогенезу, котрий реалізується у печінці. Таким чином, усі чотири гормони збільшують кількість глюкози у плазмі, підсилюючи процеси глікогенолізу та глюконеогенезу. Окрім того, **гормон росту** підвищує мобілізацію вільних жирних кислот та знижує клітинне споживання глюкози, внаслідок чого клітини використовують менше глюкози (більше глюкози залишається у системі кровообігу), а гормони щитоподібної залози сприяють катаболізму глюкози та метаболізму жирів.

Кількість глюкози, що виділяється печінкою, залежить від інтенсивності та тривалості фізичного навантаження. Із збільшенням інтенсивності збільшується виділення катехоламінів. Це може змусити печінку виділяти більше глюкози, котру використовують активні м'язи. Глюкоза, котра виділяється печінкою, надходить у кров і стає доступною м'язам. Однак м'язи мають ще й інше доступне джерело глюкози — свій власний глікоген. М'яз використовує свої запаси глікогену, перш ніж використовувати глюкозу плазми під час короткочасного фізичного навантаження «вибухового» типу. Глюкоза, котру виділяє печінка, використовується не одразу, а залишається у системі кровообігу, підвищуючи рівень глюкози у плазмі. Після завершення фізичного навантаження рівень глюкози у плазмі знижується по мірі її надходження у м'язи, відновлюючи вичерпані запаси м'язового глікогену.

Глюкагон разом з кортизолом підсилюють глюконеогенез, забезпечуючи організм більшою кількістю енергії. Під час фізичного навантаження, котре триває кілька годин, інтенсивність виділення глюкози печінкою максимально відповідає потребам м'яза і рівень вмісту глюкози у плазмі відповідає або трохи перевищує її вміст у стані спокою. При збільшенні споживання глюкози м'язом інтенсивність її виділення печінкою також підвищується. У більшості випадків рівень глюкози у плазмі не знижується доти, поки не вичерпаються запаси глікогену у печінці.

Хоча гормональна регуляція глюкози при подібному тривалому фізичному навантаженні не порушується, вміст глікогену у печінці може суттєво знизитися. У результаті інтенсивність виділення глюкози печінкою виявиться менше, ніж інтенсивність її споживання. За таких умов рівень глюкози може знизитися, незважаючи на значне гормональне стимулювання.

Утилізація глюкози м'язами. Проте виділення достатньої кількості глюкози у кров не означає, що м'язові клітини отримують достатньо глюкози, щоб задовольнити енергетичні потреби організму. Глюкоза не просто має надійти до цих клітин, а споживатися ними. Цей процес оснований на дії **інсуліну**. Як тільки глюкоза надходить до м'яза, інсулін забезпечує її транспорт у волокна. Рівні інсуліну плазми знижуються при тривалому субмаксимальному навантаженні, незважаючи на збільшення концентрації глюкози у плазмі та її інтенсивніше використання м'язами. Фізичні навантаження можуть підсилювати процес зв'язування інсуліну рецепторами м'язового волокна. М'язові скорочення справляють інсуліноподібний вплив при рекрутуванні рецепторів: на клітинах з'являється більше рецепторів і їх активність може підвищуватися, тим самим знижуючи потребу у значній кількості інсуліну у плазмі для транспорту глюкози крізь оболонку клітини. Це дуже важливо, оскільки під час м'язової діяльності чотири гормони намагаються виділити глюкозу з місць її збереження та утворити нову глюкозу. Їх дії протистоїть підвищена кількість інсуліну, спрямована на запобігання надмірного зменшення кількості глюкози.

Вплив гормонів на баланс рідини та електролітів під час фізичного навантаження

Баланс рідини під час виконання фізичної роботи має велике значення для терморегуляторної функції та діяльності серцево-судинної системи. На початку фізичної роботи вода переміщується з крові в інтерстиціальні та внутрішньоклітинні простори. Це переміщення пов'язане з активною м'язовою масою та інтенсивністю зусилля. Продукти метаболічного розпаду починають накопичуватися всередині та навколо м'язових волокон, підвищуючи осмотичний тиск. У ці ж ділянки надходить і вода. Окрім того, посилена м'язова активність викликає підвищений артеріальний тиск, що, у свою чергу, виводить воду з крові. Під час фізичного навантаження посилюється процес потовиділення. У результаті цих дій м'яз накопичує воду за рахунок об'єму плазми. Наприклад, біг при 75 % VO_2 max призводить до зниження об'єму плазми на 5-10 %. Знижений об'єм плазми зумовлює зниження артеріального тиску та кровопостачання шкіри і м'язів, що може справити значний негативний вплив на спортивний результат.

Ендокринна система відіграє головну роль у регуляції рівнів рідини в організмі, коригуючи нерівновагу, котра виникає. Це здійснюється за рахунок регуляції балансу електролітів, особливо натрію. Головну роль у цьому процесі відіграють два гормони — альдостерон та антидіуретичний гормон, а основною мішенню є нирки.

Альдостерон та механізми ренін-ангіотензину. Нирки справляють значну регулюючу дію на артеріальний тиск, що дозволяє їм також регулювати баланс рідини в організмі. Головним чинником артеріального тиску є об'єм плазми: якщо зменшується об'єм плазми, то знижується й артеріальний тиск. За рівнем артеріального тиску постійно «стежать» спеціальні клітини, що знаходяться у нирках. Під час виконання фізичного навантаження їхня дія стимулюється зниженням артеріального тиску та зниженим кровопостачанням

нирок внаслідок підвищеної симпатичної нервової діяльності або безпосередньої дії з боку симпатичних нервів.

Нирки реагують на зниження артеріального тиску або знижений кровоток утворенням ферменту — реніну. Ренін, у свою чергу, перетворює білок плазми — ангіотензиноген — на активну форму, котра називається ангіотензином I, що насамкінець перетворюється на ангіотензин II, котрий виконує дві функції. По-перше, він є потужним констриктором артеріол. Внаслідок цього збільшується периферичний опір, що викликає підвищення артеріального тиску. По-друге, ангіотензин II сприяє виділенню альдостерону з кіркової речовини надниркових залоз.

Альдостерон забезпечує реабсорбцію натрію у нирках. Оскільки вода слідує за натрієм, затримка нирками натрію призводить до затримки води. В результаті вміст рідини в організмі збільшується, що сприяє відновленню об'єму плазми та підвищенню артеріального тиску до нормальних рівнів.

Антидіуретичний гормон. Іншим гормоном, що приймає активну участь у регуляції балансу рідини, є антидіуретичний гормон. Він виділяється у відповідь на збільшення концентрації розчинених у крові речовин. Під час фізичного навантаження переміщення води з плазми підвищує концентрацію крові. Цьому ж сприяє процес потовиділення. Усе це призводить до підвищення осмоляльності крові. Концентрована плазма циркулює і досягає гіпоталамуса, у котрому знаходяться осморорецептори, що постійно регулюють осмоляльність крові. При підвищенні осмоляльності гіпоталамус стимулює виділення антидіуретичного гормону із задньої частки гіпофіза. Цей гормон забезпечує реабсорбцію води у нирках, а отже, її затримку в організмі. Як і у випадку з альдостероном, хоча стимули та механізми дії багато у чому відрізняються, чистим ефектом секреції антидіуретичного гормону є збільшення вмісту рідини в організмі, відновлення нормального об'єму плазми та артеріального тиску.

Після початкового зниження об'єму плазми він потім залишається відносно сталим протягом усього фізичного навантаження. Окрім дії альдостерону та антидіуретичного гормону, є дані про те, що незважаючи на втрати поту під час фізичного навантаження, подальшому зниженню об'єму плазми запобігає вода, котра повертається у кров з працюючих м'язів. Окрім того, по мірі тривалості м'язової діяльності збільшується кількість води, що утворюється в результаті метаболізму у процесі окиснення.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке залози внутрішньої секреції?
2. Які функції виконують гормони залоз внутрішньої секреції?
3. Пояснити відмінності зі хімічною природою між стероїдними та нестероїдними гормонами.
4. Механізм дії стероїдних гормонів на клітини-мішені.
5. Механізм дії не стероїдних гормонів на клітини-мішені.
6. Які гормони відіграють важливу роль під час виконання фізичного навантаження?
7. Описати гормональну регуляцію обміну речовин під час м'язової діяльності.

8. Описати гормональну регуляцію балансу рідини при виконанні фізичного навантаження.

4.4. АДАПТАЦІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН ТА ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ ДО М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Підвищення витривалості внаслідок щоденних аеробних навантажень, наприклад біг підтюпцем або плавання, обумовлене численністю адаптаційних реакцій у відповідь на тренувальні стимули. Одні відбуваються безпосередньо у м'язах, інші включають зміни у системах енергозабезпечення, треті зачіпають діяльність серцево-судинної системи, поліпшуючи функцію кровообігу.

Адаптаційні реакції м'язової системи

Повторювані скорочення м'язових волокон викликають зміни в їхній структурі та функції.

Кількість капілярів. Однією з найважливіших адаптаційних реакцій на навантаження, спрямовані на розвиток витривалості, є збільшення кількості капілярів навколо кожного м'язового волокна.

Чим більше спортсмен тренується, тим більше збільшується (до 19 %) кількість капілярів. Збільшення кількості капілярів поліпшує газо-, та теплообмін, прискорює виведення продуктів розпаду та обмін поживних речовин між кров'ю та працюючими м'язовими волокнами. Це забезпечує підготовку внутрішнього середовища до утворення енергії та виконання м'язових скорочень. Значне збільшення кількості капілярів спостерігається через кілька тижнів або місяців тренувальних занять. Як змінюється кількість капілярів при триваліших періодах активності невідомо, оскільки це питання практично не вивчалось.

Вміст міоглобіну. Кисень, що попадає у м'язове волокно, зв'язується з міоглобіном — сполученням, подібним з гемоглобіном. Це сполучення, котре містить залізо, забезпечує човникоподібні рухи молекул кисню з клітинної оболонки до мітохондрій. Міоглобін у великій кількості міститься у ПС волокнах, забезпечуючи їх червонувате забарвлення (міоглобін — фермент, що забарвлюється у червоний колір при зв'язуванні з киснем). ШС волокна мають високу гліколітичну здатність, тому вони потребують (і вони дійсно містять) незначну кількість міоглобіну, через що мають світле забарвлення. Слід відмітити, що обмежена кількість міоглобіну призводить до зниженого вмісту кисню, а це зменшує аеробну витривалість.

Міоглобін виділяє кисень у мітохондрії, коли його запаси під час виконання м'язових скорочень вичерпуються. Цей резерв кисню використовується при переході від стану спокою до виконання фізичного навантаження. Кисень надходить до мітохондрій у проміжний період між початком виконання фізичного навантаження та підвищеною доставкою кисню серцево-судинною системою.

Точний внесок міоглобіну у доставку кисню не вивчений. Однак тренувальні навантаження, спрямовані на розвиток витривалості, збільшують

вміст гемоглобіну у м'язах на 75-80 %. Цю адаптаційну реакцію можна було б вважати сприятливою, якби вона підвищувала здатність м'язів здійснювати окиснювальний метаболізм.

Функції мітохондрій. Аеробне утворення енергії здійснюється у мітохондріях. Тому не дивно, що тренування, спрямоване на розвиток витривалості, спричиняє зміни функції мітохондрій, підвищуючи здатність м'язових волокон утворювати АТФ. Здатність використовувати кисень та утворювати АТФ шляхом окиснення залежить від кількості, розміру і продуктивності мітохондрій м'язів. Тренування, спрямоване на розвиток витривалості, позитивно впливає на усі перемінні.

Аеробне тренування призводить до збільшення розмірів і кількості мітохондрій скелетного м'яза, що підвищує ефективність її окиснювального метаболізму.

Окиснювальні ферменти. Збільшення розмірів і кількості мітохондрій підвищує аеробну спроможність м'язів. Інтенсивність цих змін зростає в результаті підвищення продуктивності мітохондрій. Окиснювальне розщеплення джерел енергії та кінцеве утворення АТФ залежать від дії мітохондріальних ферментів. Активність цих ферментів збільшується внаслідок тренування, спрямованого на розвиток витривалості.

Тренування, спрямоване на збільшення рівня витривалості, справляє значний вплив на активність таких м'язових ферментів, як сукцинатдегідрогеназа та цитратсинтаза. Навіть при середньому рівні щоденних фізичних навантажень активність названих ферментів підвищується, а з нею зростають і аеробні можливості м'язів.

Підвищення активності цих окиснювальних ферментів внаслідок тренувань відображає як збільшення кількості та розмірів м'язових мітохондрій, так і підвищення здатності утворювати АТФ. Спочатку збільшення активності ферментів співпадає з підвищенням $\text{VO}_2 \text{ max}$.

На думку деяких науковців, $\text{VO}_2 \text{ max}$ регулюється киснетранспортною системою (системою кровообігу). Інші вважають, що його аеробні можливості визначаються окиснювальними якостями м'язів. Суперечки про те, яка з систем важливіша, є чисто академічним інтересом, оскільки адаптаційні реакції обох систем є вкрай важливими для поліпшення функцій окиснювальної системи та інтенсифікації м'язової діяльності, що потребує прояву витривалості. Внаслідок тренувальних навантажень, спрямованих на розвиток витривалості, здатність м'язів використовувати жири обумовлена вищою утилізацією вільних жирних кислот та окисненням жирів.

Адаптаційні реакції на тренувальний процес досягаються при виконанні оптимального обсягу роботи на кожному тренувальному занятті протягом певного періоду часу. Безсумнівно, оптимальний обсяг фізичних навантажень буде визначатися індивідуальними можливостями кожного спортсмена, разом з тим, як показують результати спостережень за бігунами на довгі дистанції, середній оптимальний обсяг навантажень відповідає енерговитратам порядку 5000-6000 ккал на тиждень (близько 715-860 ккал на день). Це відповідає пробіганню дистанції 80-95 км на тиждень. Для плавців середній оптимальний обсяг

навантажень становитиме 4000-6000 м на день. Цілком очевидно, що ці значення відображають усього лише оцінку величини стимулу, необхідного для тренування м'язів. Деякі спортсмени можуть значно підвищити свої аеробні можливості, виконуючи менший обсяг роботи, іншим для цього, можливо, доведеться ще збільшити тренувальні навантаження.

Ступінь підвищення аеробних можливостей частково залежить від кількості калорій, що витрачаються на кожному тренувальному занятті, а також від обсягу роботи, яку виконують протягом кількох тижнів. Багато спортсменів і тренерів вважають у цьому зв'язку, що підвищення аеробної витривалості є прямо пропорційним обсягу тренувань. Однак якби обсяг тренувальних навантажень був найважливішим чинником, котрий зумовлює адаптаційні реакції м'язової системи, то ті спортсмени, які витрачали б найбільше енергії під час тренувальних занять, мали б найвищий показник $VO_2 \text{ max}$. Однак це не так.

Підвищення аеробних можливостей в результаті тренування, спрямованого на розвиток витривалості має свої межі. Спортсмени, які поступово збільшують фізичні навантаження, насамкінець досягають межі аеробних можливостей, коли подальше збільшення обсягу навантаження не приводить до підвищення витривалості або $VO_2 \text{ max}$.

Адаптаційні реакції на тренування, спрямоване на розвиток витривалості, залежать не тільки від обсягу, але й від інтенсивності тренувальних занять.

Адаптаційні реакції м'язової системи залежать як від швидкості, так і від тривалості зусилля, що докладається під час тренувального заняття. Бігуни, велосипедисти та плавці, у тренувальний процес котрих включають короткочасні, високоінтенсивні фізичні навантаження, досягають кращих результатів, ніж ті, режим тренувальних занять котрих побудований на тривалих, повільно виконуваних фізичних вправах невеликої інтенсивності, оскільки останні не забезпечують залучення великого числа м'язових волокон у скоротливий процес та високу інтенсивність утворення енергії, необхідних для максимальної м'язової діяльності циклічного характеру.

Адаптація ендокринної системи до фізичних навантажень

В ендокринній системі існує певна ієрархія. Вищий її ступінь представлений гіпоталамусом - відділом мозку, де виробляються гормони, які керують роботою гіпофізу. Гормони гіпофізу керують діяльністю периферичних залоз. Поряд із таким прямим зв'язком в ендокринній системі діє і зворотний зв'язок, який виявляється в гальмівному впливі надлишкової концентрації гормонів периферичних залоз на роботу гіпофізу й гіпоталамусу. Специфічність реакції органів надію гормону забезпечується наявністю в них особливих структур - рецепторів. Рецептори клітин являють собою молекули складних білків, вбудовані в мембрани.

Фізичне навантаження потребує істотної зміни інтенсивності метаболічних процесів не тільки в серці та скелетних м'язах, але й у всьому організмі, що супроводжується значними змінами секреції та концентрації ряду гормонів.

Одним із перших реагує на фізичне навантаження мозковий шар наднирників, що виявляється в різкому підвищенні секреції катехоламінів -

адреналіну й норадреналіну. Дані гормони приймають участь у регуляції діяльності серця (посилення й прискорення його скорочення), дихальної системи (розширення бронхів), мобілізації енергетичних ресурсів шляхом посилення глікогенолізу й гліколізу (катехоламіни активізують ключові ферменти глікогенолізу й гліколізу і, як наслідок, саме ці процеси в скелетних м'язах, серці, печінці збільшують вихід у кров із печінки глюкози та її транспорт до клітин міокарда та м'язів), окиснювальних процесів. Отже, адреналін і норадреналін стимулюють співдружню активну участь ряду функціональних систем у забезпеченні фізичної роботи. У спортсменів посилення секреції катехоламінів може спостерігатися і в передстартовий період як психоемоційна реакція на очікування змагань. Певною мірою це корисне збудження, яке діє подібно розминці, але при надмірному збудженні або тривалому очікуванні старту може настати виснаження реакції і в момент старту необхідний ефект не виявиться.

Процес формування ефективної довготривалої адаптації гормональної системи організму пов'язаний зі збільшенням показників її потужності та економності. Підвищення потужності цієї системи, насамперед пов'язане з розвитком гіпертрофії мозкового шару наднирників і збільшенням у них запасів катехоламінів, гіпертрофією кори наднирників, у тому числі пучкової зони, яка секретує глюкокортикоїди. Збільшення запасів катехоламінів призводить до їх більшої мобілізації при короткочасних навантаженнях вибухового характеру, попереджує їх виснаження при довготривалих навантаженнях. Збільшення здатності кори наднирників синтезувати кортикостероїди, забезпечує їх високий рівень у крові при довготривалих навантаженнях і тим самим підвищує працездатність спортсменів.

Збільшення економності гормональної системи виявляється у значно меншому виділенні катехоламінів у відповідь на стандартні навантаження.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як впливає тренування аеробної та анаеробної спрямованості на м'язові волокна?
2. Яким чином тренування аеробного характеру поліпшує доставку кисню до м'язових волокон?
3. Як впливає тренування аеробної спрямованості на систему енергозабезпечення під час фізичного навантаження?
4. Які чинники підвищують дихальний об'єм внаслідок тренування аеробної спрямованості?
5. Навести приклад інтервальних тренувальних занять, котрі можуть поліпшити діяльність гліколітичної та окиснювальної систем, а також системи АТФ-КФ у бігунів?
6. Дайте характеристику основним змінам у функціонуванні залоз внутрішньої секреції людини, яка систематично займається фізичними вправами.
7. Охарактеризувати адаптаційні зміни у діяльності гормонів, що забезпечують енергоутворення під час м'язової роботи.

4.5. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІКОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБМІНУ РЕЧОВИН ТА ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ ДІТЕЙ І ПІДЛІТКІВ

Вікові особливості обміну речовин у дітей та підлітків

Процеси обміну речовин та енергії особливо інтенсивно відбуваються під час росту і розвитку дітей та підлітків, що являється основною характеристикою рис організму, що росте. На цьому етапі онтогенезу пластичні процеси (асиміляція) значно переважають над процесами розпаду (дисиміляції) і лише у дорослої людини між цими єдиними та протилежними процесами обміну речовин та енергії встановлюється динамічна рівновага.

Коротко розглянемо необхідність поживних речовин, вітамінів, мікроелементів та рідини для дитячого організму.

Основною поживною речовиною, яка повинна бути в необхідній кількості та правильною за якісною картиною є білки зі всіма необхідними амінокислотами.

Відсутність в їжі будь-якої із незамінних амінокислот викликає порушення в життєдіяльності організму, особливо ростучого організму дітей та підлітків. Білковий голод призводить до затримки, а потім і до повного припинення росту та фізичного розвитку дитини. Дитина стає в'ялою, спостерігається схуднення, малокрів'я, зниження опору інфекційним захворюванням тощо.

Серйозні порушення розвитку дітей та підлітків, що викликано білковим голодом, пояснюється тим, що білок являється пластичним матеріалом організму, із якого утворюються різноманітні клітинні структури. Крім цього білок входить до складу ферментів, гормонів, нуклеопротейдів, утворюють антитіла, гемоглобін тощо.

Якщо робота пов'язана з фізичними навантаженнями, організм людини потребує збільшення кількості прийому білка за добу. Дитячий організм, який росте потребує ще більша білка. На першому році життя дитина повинна отримувати більше ніж 4 г білка на 1 кг маси тіла, в 2-3 роки – 4 г, в 3-5 років – 3,8 г тощо.

Вуглеводи та жири, в основному, необхідні як джерела енергії організму людини. Властивість простих вуглеводів заключається в їх швидкій утилізації в процесах життєдіяльності, саме тому при інтенсивних фізичних навантаженнях в їжі повинно міститися велика кількість вуглеводів.

Також їжа дітей та підлітків для нормального росту та розвитку повинна містити всі необхідні мікроелементи у необхідній кількості.

Потреби дорослої людини і дитини в мінеральних речовинах значно відрізняються, нестача мінеральних речовин в їжі дитини більш швидко призводить до різноманітних порушень обміну речовин дитячого організму і відповідно до порушення її росту та розвитку.

Організм дитини, що росте володіє особливою чутливістю до нестачі і вітамінів в їжі. Найбільш розповсюдженими гіповітамінозом серед дітей є захворювання, що має назву рахіт. Воно викликається при нестачі в дитячому харчуванні вітаміну Д і супроводжується порушенням формування скелету. Зустрічається рахіт частіше у дітей до 5 років.

Важливо знати енергетичні витрати організму, легко складати оптимальний харчовий раціон, щоб кількість енергії, яка поступає з їжею, повністю покривали енергетичні витрати організму.

Для дітей та підлітків особливо важливим являється склад їжі, так як дитячий організм для нормального росту і розвитку потребує в певній кількості білків, жирів, вуглеводів, мінеральних солей, води та вітамінів.

Важливо пам'ятати, що правильне організоване харчування являється обов'язковою умовою нормального та здорового життя, а для дітей і підлітків нормальне харчування – необхідна умова їх фізичного та психічного розвитку.

Вікові особливості гормональної системи

Розглядаючи вікові особливості розвитку ендокринних залоз організму людини важливу увагу слід приділяти саме періоду статевого дозрівання, коли відбуваються найбільш могутні функціональні зрушення у діяльності цих залоз, що визначають певні зміни у функціонуванні організму та прояву поведінки дитини, вцілому.

Період статевого дозрівання починається у дівчаток з 9-10 років, у хлопчиків – з 10-11 років та закінчується відповідно в 16-17 та 17-18 років. Його початок проявляється у підсиленому рості статевих органів. Ступінь статевого розвитку легко визначається за сукупністю вторинних статевих ознак: розвитку волосся на лобку і в пахвовій області, у юнаків також на обличчі, крім цього, у дівчаток – за розвитком грудних залоз і часу появу менструацій.

Підсилене виділення гормонів в цей період призводить до прискореного темпу росту та розвитку організму. Помірні фізичні навантаження не оказують суттєвого впливу на процес статевого дозрівання і функції залоз внутрішньої секреції. Надмірні фізичні вправи можуть уповільнити темпи розвитку підлітка.

Під впливом фізичного навантаження змінюються секреція гормонів кори наднирників. Наднирники особливо чутливі до фізичних навантажень в 14-16 річному віці. Для нормальної м'язової діяльності важливе значення має гормональна регуляція гіпофіза, підшлункової та щитоподібної залоз. М'язове навантаження викликає у юних спортсменів підвищення функції щитоподібної залози протягом 3-х діб після завершення роботи. Безпосередньо після навантаження діяльність щитоподібної залози знижується, але потім настає тривале компенсаторне підсилення її функції.

Гормональний баланс в організмі людини здійснює значний вплив на характер її вищої нервової діяльності. В організмі немає жодної функції, яка не знаходилася би під впливом ендокринної системи, в той же час саме ендокринні залози відчувають вплив нервової системи.

Більшість гормонів здатні змінювати функціональний стан нервових клітин у всіх відділах нервової системи. Наприклад, гормони наднирників значно змінюють силу нервових процесів. Гормони гіпофіза в малих дозах підвищують вищу нервову діяльність, а у великих - пригнічують її. Гормони щитоподібної залози в малих дозах підсилюють процеси гальмування та збудження, а у великих послаблюють основні нервові процеси.

Значний вплив на процеси збудження та гальмування і працездатність нервових клітин здійснюють статеві гормони.

Таким чином, виявляється зв'язок нервової та ендокринної систем у регуляції функцій організму. Зокрема рухової діяльності, їх гармонійне поєднання являються необхідною умовою нормального фізичного та психічного розвитку дітей і підлітків.

Дитина народжується зі всіма функціями, які необхідні їй для життя на даному етапі онтогенезу. Але багато мозкових структур являються незрілими, тому на перших етапах онтогенезу організм здатний лише на підтримку примітивних фізіологічних процесів життєдіяльності. Характерною особливістю дитячого організму являється досить виражена автономність в діяльності різних функціональних систем, відносно невелика взаємодія центральних нервових структур, низький рівень дублювання функцій і як наслідок цього – їх низькі резервні можливості.

Всі ці фактори, разом взяті, обумовлюють низький рівень функціональної, або біологічної надійності дитячого організму, під яким розуміється здатність біологічних систем від клітини до цілісного організму функціонувати в оптимальному для них режимі, не дивлячись на складну мозаїку зовнішніх умов та впливів, що постійно змінюються.

Великим недоліком систем керування дитячого організму є також незрілість ендокринної ланки керування. Як відомо, кінцеве дозрівання ендокринної системи відбувається лише у пубертатному періоді і до цього моменту ЦНС не має надійного «союзника» в керуванні фізіологічними процесами людини.

Кінцеве завершення морфологічного та функціонального формування всіх рівнів керування діяльністю організму людини завершується близько 20-22 років. Надійність їх функціонування до цього віку досягає свого вищого ступеня, що забезпечує фізіологічним процесам широкі адаптаційні можливості.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Відмітьте роль обміну речовин та енергії у функціонуванні організму дітей і підлітків.
2. Роль вітамінів та мінеральних речовин у процесах росту і розвитку дітей та підлітків.
3. Відмінності у пропорційному співвідношенні кількості поживних речовин для дітей різного віку.
4. Охарактеризуйте особливості розвитку гормональної системи у дітей підліткового віку.
5. Залежність між активною гормональною діяльністю у підлітковому віці та їх занять фізичними вправами.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4.

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). – М.: Академа, 2003. – 415 с.
2. Вілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. – К.: Олімп. літ-ра, 2003.

3. Возний С.С., Голяка С.К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. Навчальний посібник. – Херсон: ХДУ, 2006. – 142 с.
4. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420с.
5. Дубровский В.И. Спортивна физиология. – М.: ВЛАДОС, 2005.
6. Маруненко І.М. та ін. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. – К.: Професіонал, 2004. – 480 с.
7. Мелвин Уильям. Эргогенные средства в системе спортивной тренировки. – К.: Олимп. лит-ра, 1997.
8. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоров'я, 1990.
9. Ровний А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Ільїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
10. Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта. - М.: ВЛАДОС, 2002.
11. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. – М.: Олимпия Прес, 2005. – 528 с.
12. Спортивная физиология. / Под. ред. Я.Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986.
13. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – К.: Олимп. лит-ра, 1997.
14. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
15. Чижик В.В. Спортивна фізіологія: навч.посібник для студентів / В.В.Чижик. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2011. – 256 с.

РОЗДІЛ 5.

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНИХ ЯКОСТЕЙ. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНИХ ЯКОСТЕЙ

Фізичні (або рухові) якості розвиваються в єдності з руховими навичками. Навіть у тих видах спорту, де результат оцінюється за техніку виконання, рухові якості є визначальними факторами. У процесі розвитку фізичних якостей особливе значення має функціональна біологічна й морфологічна перебудова систем організму. При вивченні цієї теми потрібно уважно вивчити фізіологічні механізми розвитку фізичних якостей, режими, в яких розвиваються ці якості й засоби, за допомогою яких розвивається та чи інша якість (Б.М.Шиян, 2010).

Розглянемо фізіологічні характеристики фізичних якостей окремо.

5.1. ПОНЯТТЯ ПРО СИЛОВІ ЯКОСТІ ТА ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЇХ РОЗВИТКУ

Загальна характеристика сили як фізичної якості людини

Без прояву м'язової сили людина не може виконати жодної рухової дії. Від рівня розвитку сили певною мірою залежить прояв інших рухових якостей.

В теорії фізичного виховання поняття "сила" застосовується для якісної характеристики довільних рухів людини, які спрямовані на вирішення конкретних рухових завдань.

При виконанні рухових дій м'язи людини виконують чотири основні різновиди роботи:

- **утримуючу**, яка виконується за рахунок напруження м'язів без зміни їх довжини (ізометричний режим (статична сила). Вона застосовується для підтримання статичних поз тіла, утримання предметів (штанга) тощо;

- **долаючу**, яка виконується за рахунок зменшення довжини м'язів. Вона застосовується найчастіше при виконанні рухових дій;

- **поступливу**, яка виконується за рахунок збільшення довжини м'язів. Завдяки поступливій роботі м'язів відбувається амортизація в момент приземлення у стрибках, бігу тощо. Зауважимо, що в цьому режимі м'язи можуть проявити на 50-100 % більшу силу, ніж у долаючому та утримуючому;

- **комбіновану**, яка складається з почергової зміни названих вище режимів.

Отже, **сила як рухова якість** — це здатність людини долати опір або протидіяти йому за рахунок м'язових напружень. Опором можуть виступати сили земного тяжіння; реакція опори при взаємодії з нею; опір навколишнього середовища; маса власного тіла; вага спортивного знаряддя; сили інерції власного тіла або його частин та інших тіл; опір партнера тощо.

Чим більший опір здатна долати людина, тим вона сильніша. У процесі фізичного виховання розрізняють:

- *абсолютну силу як здатність людини долати якнайбільший опір або протидіяти йому у довільному м'язовому напруженні. Тобто йдеться про максимальний прояв силових можливостей. Найбільші величини сили людина може проявити у м'язових напруженнях, що не супроводжуються зовнішнім*

проявом руху (статичні зусилля), або в повільних рухах. Абсолютна сила має вирішальне значення при необхідності долати значний опір;

- *відносну силу, як кількість абсолютної сили людини, що припадає на кілограм маси її тіла.* Вона має вирішальне значення у рухових діях, що пов'язані з переміщенням власного тіла у просторі. Так, наприклад, утримання упору руки в сторони на гімнастичних кільцях ("хрест") можливе лише тоді, якщо сила утримуючих м'язів буде рівною масі тіла гімнаста;

- *швидку силу як здатність людини якнайшвидше долати помірний опір.* Швидка сила пов'язана із здатністю людини якнайшвидше долати зовнішній опір у діапазоні від 15-20 % до 70 % від її максимальної сили у конкретній руховій дії. Вона є домінуючою у забезпеченні ефективної рухової діяльності на спринтерських дистанціях та подібних до них рухових діях;

- *вибухову силу як здатність людини проявити свої максимальні силові можливості за найкоротший час.* Вона має вирішальне значення у стрибках, метаннях та інших одноактних і ациклічних вправах (боксі, боротьбі тощо).

У більшості фізичних вправ, де вибухова сила має провідне значення, її прояву передуює механічне розтягування працюючих м'язів. Наприклад, перед метанням списа, гранати тощо енергійний замах сприяє підвищенню ефективності метання.

Фактори, що зумовлюють силові можливості людини

Сила, яку здатна проявити людина у руховій діяльності, залежить від зовнішніх (величина опору, довжина важелів, погодно-кліматичні умови, добова та річна періодика) та внутрішніх факторів. До внутрішніх факторів належать:

1. *Структура м'язів.* За структурою і метаболічними якостями розрізняють два основні типи м'язових волокон: повільноскоротні (ПС) та швидкоскоротні (ШС) волокна. ПС волокна здатні до тривалої, повільної роботи. Сила і швидкість скорочення ШС волокон значно вищі, ніж ПС.

Відсоткове співвідношення різних типів м'язових волокон у кожної людини генетично обумовлене і не змінюється у процесі силового тренування. Проте внаслідок тривалої силової підготовки збільшується відношення площі ШС до площі ПС волокон, що свідчить про робочу гіпертрофію білих м'язових волокон.

При помірному напруженні в роботу включаються переважно повільноскоротні волокна. Швидкоскоротні мають більш високий поріг збудження і включаються при значних напруженнях. Цікаво, що навіть при дуже великих напруженнях одночасно включається в роботу всього 40-50 % кількості рухових одиниць. Навіть найсильніші добре треновані штангісти під час рекордних підходів можуть мобілізувати не більш як 60—65 % рухових одиниць. Найбільшу кількість рухових одиниць організм включає в роботу в екстремальних умовах під впливом дуже сильних емоцій.

2. *М'язова маса.* Збільшення м'язової маси супроводжується зростанням абсолютної сили. Проте, позитивна залежність "маса тіла — абсолютна сила" тим більша, чим краще тренована людина. У мало тренованих осіб вона може зовсім не проявлятися. Поряд з тим, зі збільшенням м'язової маси відносна сила,

як правило, зменшується.

У зв'язку з цим розвиток силових можливостей тільки за рахунок збільшення м'язової маси буде мало перспективним щодо тих рухових дій, де провідне місце займає відносна сила.

У процесі спеціального силового тренування м'язову масу можна значно збільшити. Так, у фізично середньо розвинутих чоловіків м'язова маса складає 40% від загальної маси тіла. У видатних штангістів — 50-55 %, а в культуристів — до 60-70 %.

3. Внутрішньом'язова координація. Як відомо, кожний руховий нерв складається з окремих мотонейронів. Кожний окремий мотонейрон з його розгалуженням і м'язовими волокнами, які він інервує, називають руховою одиницею (РО).

РО різних м'язів суттєво відрізняються за структурою, силовими можливостями та особливостями активізації.

М'язи, які забезпечують виконання рухових дій з тонкою координацією їх у просторі, часі і за величиною зусиль, складаються переважно з великої кількості (до 3 тис.) РО і малої кількості м'язових волокон в них (від 5—10 до 40-50). М'язи, які здійснюють відносно грубу координацію рухів, складаються з меншої кількості РО (500-1500), а кожна з них включає велику кількість м'язових волокон (2 тис.). Це і пояснює великі розбіжності у силових можливостях різних РО.

Процес м'язового скорочення характеризується певним порядком активізації РО. Коли долається незначний опір, активізуються повільні РО. Якщо опір зростає, до роботи залучається все більша кількість швидких РО. Таким чином, внутрішньом'язова координація полягає у синхронізації збудження рухових одиниць з метою залучення якомога більшої їх кількості до подолання опору.

Кількість РО, що залучаються до роботи при довільному напруженні м'язів, залежить від рівня тренуваності. Так, у нетренованих людей при максимальних силових напруженнях залучається до роботи біля 30-50 % РО, а у тренуваних — до 80-90 %. Найвищого рівня синхронізації збудження РО можна досягти при подоланні субмаксимального (80-95 %) і максимального опору.

4. Міжм'язова координація. Її суть полягає у синхронізації збудження оптимальної для певної рухової дії кількості м'язів синергістів; гальмуванні активності м'язів-антагоністів; раціональній послідовності залучення до роботи м'язів; забезпеченні фіксації в суглобах, у яких не повинно бути рухів, доборі оптимальної амплітуди робочої фази і тої її частини, де доцільно акцентувати зусилля.

Для вдосконалення міжм'язової координації найефективніші вправи з обтяженнями величиною 30-80 % від максимальної сили у відповідній вправі. Участь у роботі великої кількості дрібних РО при невисоких проявах сили, дозволяє забезпечувати ефективну регуляцію м'язової діяльності і виконувати рухові дії на високому рівні координації. При використанні обтяжень понад 80 % від максимальних до роботи залучаються великі РО, що суттєво знижує ефективність регуляції рухів, їх координацію.

5. *Реактивність м'язів.* Її суть полягає у здатності м'язів накопичувати енергію розтягування з наступним її використанням як силового додатку, що підвищує потужність їх скорочення. Чим активніше (в оптимальних межах — 15-25%) розтягуються м'язи у фазі амортизації і чим швидше вони переключаються з поступливої до долаючої роботи, тим вища потужність їх скорочення.

Реактивність м'язів найбільше впливає на прояв вибухової та швидкої сили і добре розвивається при виконанні вправ з обтяженнями, які дозволяють повторно їх долати в одному підході від 4 до 10 разів з високою швидкістю.

6. *Потужність енергоджерел.* Короткочасна напружена силова і швидко-силова робота забезпечується фосфатними енергоджерелами (АТФ, КФ), а триваліша виконується за рахунок анаеробного та аеробного розщеплення глікогену. Якісне силове тренування сприяє накопиченню у м'язах запасів енергоречовин. Так, нетренований м'яз вміщує до 0,5 % креатинфосфату від його загальної маси, а добре тренований — 1,5 % від загальної маси конкретного м'яза. Інтенсивна силова робота сприяє також збільшенню запасів глікогену в м'язах на 80-100 %.

Перераховані чинники показують складність управління силовими актами. Тому в природних умовах максимальна довільна сила (МДС) менша за максимальну (МС). Різниця між ними називається силовим дефіцитом. Максимальна сила визначається в лабораторних умовах подразненням нерва, який іннервує м'яз електричним струмом із частотою 50-100 імпульсів/с. Зниження силового дефіциту досягається спеціальним тренуванням.

Збільшення фізіологічного поперечника відбувається за рахунок робочої гіпертрофії. Цей процес здійснюється не за рахунок м'язових волокон, які щойно утворилися, а за рахунок потовщення кожного м'язового волокна через підвищення їх трофіки. Як відомо, розрізняють два типи гіпертрофії: саркоплазматичну (збільшення об'єму саркоплазми) та міофібрлярну (потовщення та збільшення кількості міофібрил м'язового волокна)

Вікова динаміка природного розвитку сили

Розвиток силових якостей людини, як і інших якостей, носить гетерохронний характер. Сенситивні періоди приросту м'язової сили у хлопчиків та дівчаток не збігаються, що слід враховувати в практиці фізичного виховання. Незначний загальний розвиток сили м'язів спостерігається до 9-річного віку у дівчат і 10-річного віку у хлопчиків. Віковий період від 9-10 до 16-17 років характеризується найвищими темпами приросту абсолютної сили м'язів. У подальшому темпи зростання сили поступово уповільнюються, але сила продовжує зростати, і максимальних показників абсолютної сили люди досягають в середньому у 25—30 років.

До 10-11-річного віку величини річного приросту абсолютної сили у дівчаток і хлопчиків майже не відрізняються. Починаючи з 12 років, м'язова сила у дівчат зростає повільніше, ніж у хлопців. При цьому достовірних розбіжностей у показниках сили м'язів ніг у дівчат і хлопців одного віку немає, а сила м'язів рук і тулуба у всіх вікових періодах (після 6 років) у хлопців більша.

Вікова динаміка відносної сили має дещо інший характер. У 10-11 річному віці відносна сила досягає високих показників, які, особливо у дівчат, близькі до показників дорослих жінок. У 12-13 років вона стабілізується або навіть знижується внаслідок бурхливого розвитку тотальних розмірів і маси тіла. Повторне зростання темпів розвитку відносної сили припадає на період від 15 до 17 років.

Найвищі темпи приросту швидко-силових можливостей спостерігаються, у дівчат від 10 до 11, а у хлопців від 10 до 11 та від 13 до 15 років.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте характеристику загальному поняття «силові якості», «різновиди сили».
2. Охарактеризуйте структуру м'язів та масу як факторів, що визначають розвиток силових можливостей.
3. Роль міжм'язової та внутрішньом'язової координації у прояві силових якостей.
4. Від чого залежить реактивність м'язів та їх роль у розвитку сили м'язів?
5. В чому полягає залежність між енергетичними запасами в м'язах та розвитком сили у людини.
6. Назвіть основні періоди вікової динаміки приросту силових можливостей дітей та підлітків.
7. Вказати сенситивні періоди розвитку силових якостей у дітей та підлітків.

5.2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШВИДКОСТІ ЯК ФІЗИЧНОЇ ЯКОСТІ ЛЮДИНИ. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ РОЗВИТКУ

Численними дослідженнями встановлено, що швидкість є комплексною руховою якістю, яка проявляється через: 1) швидкість рухових реакцій; 2) швидкість виконання необтяжених поодиноких рухів; 3) частоту (темп) необтяжених рухів (Б.М.Шиян, 2010).

У фізичному вихованні та спорті важливішим є виховання здатності до прояву швидкості в цілісній руховій діяльності, оскільки, наприклад, наявність швидкої реакції ще не гарантує швидкого подолання дистанції. Відсутня також кореляція між здатністю швидко бігати та плавати і навіть між ходьбою і бігом. Прямий зв'язок відзначається лише в тих вправах, які подібні за координацією (стрибок у довжину з розбігу — спринт).

Вимоги до швидкості в різних рухових діях не однозначні. Наприклад, у спортивних іграх (теніс, баскетбол) вирішальне значення має стартова швидкість, а в стрибках у довжину — швидкість бігу по дистанції.

Коротко охарактеризуємо кожен з названих компонентів швидкості.

Руховою реакцією прийнято називати здатність людини відповідати окремими рухами або руховими діями на різноманітні подразники.

Рухова реакція включає:

- сприйняття подразника певними рецепторами;

- передачу отриманої інформації від рецепторів до ЦНС;
- аналіз отриманого сигналу в ЦНС і формування сигналу-відповіді;
- передачу сигналу-відповіді до необхідних м'язів;
- збудження м'язових волокон і відповідь на подразник певним рухом чи руховою дією.

Таким чином, рухова реакція визначається часом від початку сприйняття подразника до початку відповіді на нього (так званий латентний час)

Розрізняють різні реакції: проста реакція, складні реакції, реакції на рухомий об'єкт.

Проста рухова реакція людини — це її здатність якомога швидше відповісти заздалегідь відомою руховою дією на заздалегідь відомий подразник (сигнал). Класичним прикладом простої реакції є старт у бігу, плаванні тощо.

Латентний час простої реакції у нетренованих осіб становить 0,2-0,3 с, а в добре тренованих — коливається в межах 0,1-0,2 с. Він обумовлений генотипом, мало піддається тренуванню. Проста реакція має широкий діапазон переносу. Люди, які швидше реагують в одних ситуаціях, виявляються прудкішими і в інших. Тренування у різних швидкісних вправах позитивно позначається і на розвитку швидкості простої реакції. У зворотному напрямку перенос відсутній.

У процесі рухової діяльності, коли людина взаємодіє з предметами, приладами, партнерами та суперниками, постійно виникає дефіцит часу і простору, тому для її ефективності велике значення має здатність людини правильно і своєчасно реагувати на навколишні подразники. Це **складні реагування**, які залежать від оперативності точної оцінки ситуації, вибору оптимального рухового рішення та швидкості його реалізації.

В екстремальних умовах рухової діяльності найчастіше зустрічаються реакції на рухомий об'єкт (РРО) та реакції вибору адекватної рухової дії на певні подразники (РВ).

Реакція на рухомий об'єкт - це здатність якнайшвидше, точніше реагувати на нестандартні переміщення певного об'єкта (об'єктів) в умовах дефіциту часу та простору.

В основі реагування на об'єкт, що рухається, лежить уміння постійно утримувати його в полі зору, оцінювати просторові а часові параметри переміщення об'єкта та швидко підбирати адекватні відповіді.

Реакція вибору — це здатність людини якнайшвидше і точніше добирати адекватні відповіді на різноманітні подразники в умовах дефіциту часу та простору.

Складність РВ обумовлена великою різноманітністю можливих змін обставин. Велику роль у скороченні часу на реагування відіграє фактор передбачення ситуації на основі оцінки просторово-часових характеристик рухів у фазі підготовчих дій.

У процесі побутової та професійної рухової діяльності сучасна людина постійно стикається з необхідністю швидко й адекватно реагувати на подразники, що очікуються або раптово виникають. Деякі види професійної діяльності прямо пов'язані з цією необхідністю. Це накладає на вчителя

обов'язок піклуватися про розвиток рухової реакції учнів, готуючи їх до майбутнього дорослого життя.

Швидкість поодиноких рухів. Прості необтяжені рухи (одиначний удар у боксі, укол у фехтуванні, метання, стрибки) вимагають максимального прояву швидкості. У складніших за координацією рухах швидкість їх виконання залежить від удосконалення міжм'язової координації. Чим складніша за координацією та зовнішнім опором рухова дія, тим більше час її виконання обумовлений координаційними та силовими можливостями людини.

Частота (темп) не обтяжених рухів виключно важливе значення має у циклічних рухових діях (спринт) та при швидкому повторенні ациклічних рухів (серія ударів у боксі). Кожна рухова дія такого типу є упорядкованим чергуванням напруження та розслаблення м'язів-синергістів з одночасним розслабленням та напруженням антагоністів. При цьому варто пам'ятати, що процеси розслаблення протікають значно повільніше, ніж напруження. При невисокому темпі це чергування протікає чітко і безпомилково. При збільшенні темпу настає такий момент, коли збудження м'язів-синергістів та антагоністів частково співпадає, що призводить до виникнення швидкісної напруженості, яка не дозволяє збільшувати і навіть підтримувати частоту рухів.

Швидкий початок руху (різкість) залежить від прояву вибухової сили і має значення для ефективності швидкісно-силових вправ, зростання швидкості початку рухів.

Швидкісно-силові якості. Виконання вправ характеризується потужністю роботи, тобто оптимальним поєднанням сили та швидкості. Це збільшення відбувається за рахунок підвищення сили або швидкості або ж за рахунок обох компонентів. Таким чином необхідно окремо розглядати поєднання сили та швидкості в окремий різновид фізичних якостей – швидкісно-силові якості. Для розвитку цих якостей важливо враховувати режим роботи м'язів. Ізометричний режим не розвиває швидку «вибухову силу». При динамічних вправах для переборювального характеру «вибухова сила» розвивається меншою мірою, ніж при вправах поступального характеру. Це пояснюється тим, що із збільшенням швидкості зростає ступінь напруження м'язів. Отже, знаючи режими, при яких м'язи розвивають найбільше напруження, можна цілеспрямовано впливати на розвиток якісних показників м'язів.

Фізіологічним механізмом «вибухової сили» є початкова швидкість, імпульсації мотонейронів, а також морфологічна структура м'язів (співвідношення повільно-, та швидкісноскоротних м'язових волокон).

Енергетичне забезпечення при швидкісно-силових вправах здійснюється в анаеробних умовах з максимальною анаеробною потужністю та ємністю.

Фактори, що зумовлюють прояв швидкості

Основними факторами, що детермінують прояв швидкості, є:

- **рухливість нервових процесів.** Збудливість рухових центрів лімітує переважно швидкість реагувань та поодиноких рухів, лабільність нервових процесів — частоту рухів. При цьому нагадуємо, що надто висока частота рухів може викликати небажану швидкісну напруженість, тому швидкісні вправи необхідно виконувати з варіативною частотою рухів.

Найсприятливіші передумови для вдосконалення рухливості нервових процесів складаються у дитячому віці (до 12—13 років);

- *потужність і ємність креатинфосфатного джерела енергії і буферних систем організму.* Найоперативнішим і найпотужнішим енергетичним ресурсом швидкої роботи є процес ресинтезу АТФ за рахунок КФ. Але ємність цього джерела енергії невисока.

Уже на 6-8 с інтенсивної роботи швидкість її утворення знижується, а на 30-тій с — падає майже вдвічі. Високоінтенсивна швидкісна робота викликає кисневу недостатність (до 95 % кисневого запиту) і призводить до значного накопичення молочної кислоти у м'язах та крові, тому для досягнення високих результатів у вправах швидкісного характеру важливе значення має здатність організму до погашення кисневого боргу та потужність буферних систем.

Вправи з граничною та біляграничною інтенсивністю, що тривають від 2—3 до 6—7 с, розвивають рухливість та потужність креатинфосфатного джерела енергії і буферних систем, а менш інтенсивна робота (від 8-10 до 20-30 с) розширює ємність цього джерела енергії та можливості буферних систем організму;

- *рівень розвитку швидкої та вибухової сили.* У процесі виконання швидких рухових дій приходить долати значний опір, тому швидкість у цілісній руховій діяльності залежить від рівня швидкої та вибухової сили. Наприклад, швидкість бігу залежить від частоти і довжини кроків, а останні, в свою чергу, - від сили і швидкості відштовхування та амплітуди рухів ніг. Високий рівень вибухової сили сприяє покращенню здатності до швидкого початку рухів;

- *рівень розвитку гнучкості.* Еластичність опорно-рухового апарату є необхідною умовою виконання вправ з великою амплітудою і меншою витрати енергії. Тому вправи на розтягування та розслаблення м'язів повинні бути складовою частиною тренування, спрямованого на вдосконалення пружкості;

- *інтенсивність вольових зусиль.* З метою підвищення емоційності тренувань та мобілізації вольових зусиль доцільно широко використовувати ігровий і змагальний методи.

Вікова динаміка розвитку швидкості

Прогресивний природний розвиток швидкості спостерігається до 14-15 років у дівчат та до 15-16 років у хлопців. Надалі швидкість цілісних рухових дій у дівчат дещо погіршується, а в хлопців продовжує повільно зростати до 17-18 років і потім стабілізується. Це, звичайно, не означає, що після 15-16 років неможливо досягти суттєвого поліпшення швидкості за рахунок спеціалізованого тренування. При цьому досягнення будуть значно кращими, якщо тренування розпочати в період її активного природного розвитку.

Спеціальними дослідженнями визначені оптимальні вікові періоди розвитку різних проявів швидкості. Так, від 7—8 до 11—12 років найкраще розвиваються рухові реакції та частота рухів, а в 13-14 років ці показники наближаються до величин, характерних для дорослих.

Цікаво, що цей віковий період найсприятливіший щодо темпів розвитку координаційних здібностей, тому саме у цьому віці треба вдосконалювати

техніку циклічних швидкісних вправ.

У віці від 11—12 до 14-15 років у дівчат та до 15—16 років у хлопців спостерігаються високі темпи приросту швидкості цілісних рухових дій (поодиноких і циклічних).

Отже, виходячи з біологічних закономірностей розвитку швидкості та швидкісно-силових можливостей підлітків, саме в цей віковий період доцільно комплексно розвивати власне швидкісні і швидкісно-силові можливості.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняття «швидкості».
2. Назвіть основні складові частини швидкості, як рухової якості.
3. Охарактеризуйте види рухових реакцій: проста реакція, складна реакція вибору, реакція на рухомий об'єкт. Приклади.
4. Назвіть фактори, що зумовлюють прояв швидкості.
5. Роль рухливості нервових процесів у прояві швидкісних якостей людини
6. Роль запасів енергетичних сполук (креатин фосфату та АТФ, глікогену) у прояві швидкісних якостей.
7. Основні вікові періоди розвитку швидкісних здібностей людини.
8. Назвати сенситивні періоди розвитку швидкості у дітей та підлітків.

5.3. ПОНЯТТЯ ВИТРИВАЛОСТІ ЯК ФІЗИЧНОЇ ЯКОСТІ ТА ВІКОВІ ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

Витривалість – це здатність людини долати втому в процесі рухової діяльності.

Фізична витривалість має велике значення для життєдіяльності людини так як дозволяє: тривалий час підтримувати високий рівень інтенсивності рухової діяльності; виконувати значний обсяг роботи; швидко відновлювати сили після навантажень (Б.М.Шиян, 2010).

Залежно від об'єму м'язів, які приймають участь у роботі, розрізняють три види фізичної втоми, а отже, витривалості:

- *локальну*, якщо до роботи залучено менше третини загального об'єму м'язової маси;
- *регіональну*, коли в роботі бере участь від третини до двох третин м'язової маси;
- *тотальну*, якщо одночасно працює більше двох третин скелетних м'язів.

Між названими видами втоми (витривалості) немає прямої залежності. Найчастіше у професійній, побутовій, спортивній діяльності ми стикаємось із тотальною втомою, тому надалі будемо розглядати переважно питання вдосконалення витривалості стосовно роботи, що вимагає функціонування більшої частини опорно-рухового апарату.

Втома розвивається поступово, і в її розгортанні можна умовно виділити три фази: 1) фаза звичайної втоми; 2) фаза компенсованої втоми; 3) фаза декомпенсованої втоми.

Загальна витривалість як рухова якість людини — це її здатність тривалий час виконувати м'язову роботу помірної інтенсивності за участю переважної більшості скелетних м'язів.

Загальна витривалість базується на удосконаленні роботи вегетативних систем організму, і це створює умови для її широкого переносу з одного виду рухової діяльності на інший. При цьому встановлено, що перенос загальної витривалості з циклічних вправ на ациклічні більш виражений, ніж навпаки.

Загальна витривалість є також необхідною передумовою високого рівня розвитку інших спеціальних видів витривалості. Проте переоцінювати вплив загальної витривалості на спеціальну не варто.

З відомих причин у деяких публікаціях загальну витривалість називають "аеробною" або "вегетативною".

Витривалість стосовно конкретного виду рухової діяльності (в тому числі виробничої) називають *спеціальною*.

Серед спеціальних видів витривалості найважливішими є швидкісна, силова та координаційна.

Швидкісна витривалість людини — це її здатність якомога довше виконувати м'язову роботу з біляграничною та граничною інтенсивністю.

Вона має важливе значення для забезпечення ефективності циклічних рухових дій, спортивних ігор.

Перенос швидкісної витривалості спостерігається переважно у подібних за структурою вправах.

Силова витривалість людини — це її здатність якомога продуктивніше тривалий час долати помірний зовнішній опір.

Мається на увазі різноманітний характер функціонування м'язів (утримання пози, повторне виконання вибухових зусиль, циклічна робота певної інтенсивності).

Розрізняють статичну і динамічну силову витривалість.

Статична — пов'язана з необхідністю тривалий час напружувати м'язи або утримувати пози (ковзанярський спорт, гімнастика, боротьба, парусний спорт).

Динамічна силова витривалість характерна для циклічних вправ (біг, веслування), спортивних ігор, поєдинків.

Координаційна витривалість — це здатність людини тривалий час виконувати складнокоординаційні вправи без порушення ритму їх виконання, рівноваги та взаємоузгодженості. Вона проявляється у спортивних видах гімнастики, фігурному катанні тощо.

Немає радикальнішого способу підвищити витривалість організму, ніж систематичне стомлення. Якщо позбавити організм втоми, витривалість поступово згасає. Стомлюючи організм, ми стимулюємо відновлювальні процеси, внаслідок чого підвищується наша витривалість.

Фактори, що зумовлюють витривалість людини

У попередніх розділах ми розглядали роль дихальної, серцево-судинної системи та обміну речовин у прояві витривалості людини.

Важливим для фахівців фізичного виховання та спорту є знання факторів, що зумовлюють витривалість, оскільки їх врахування, розвиток і вдосконалення

лежать в основі методики виховання витривалості. Такими факторами є:

- *структура м'язів*. Люди, у яких переважають червоні м'язові волокна, мають генетичні задатки до тривалої роботи. Проте змінити структуру м'язів ми не в змозі, і тому цей фактор можна лише враховувати;

- *внутрішньом'язова координація* проявляється у почерговому залученні до роботи рухових одиниць м'язів при тривалому виконанні вправ із неграничною інтенсивністю. Вона добре розвивається при виконанні вправ на тлі помірної втоми. При жорстких режимах навантаження та відпочинку до роботи залучається щораз більша кількість рухових одиниць м'язів, що несуть основне навантаження у відповідній вправі. Це, в свою чергу, прискорює розвиток втоми;

- *міжм'язова координація* допомагає у залученні до роботи лише тих м'язів, що несуть основне навантаження при виконанні певної вправи. Це сприяє економії енергії, а, отже, забезпечує можливість виконувати більшу за обсягом і інтенсивністю роботу. Хороша міжм'язова координація зовні проявляється у плавності, злитості рухів, відсутності скутості. При недостатній тренуваності на тлі втоми знижується активність основних (необхідних) м'язових груп і підвищується активність м'язів, які не повинні приймати участі у виконанні даної рухової дії. Це призводить до зниження ефективності рухів, збільшення енерговитрат, поглиблення втоми і, як наслідок, зниження працездатності.

Міжм'язова координація удосконалюється при виконанні тренувальних завдань лише на тлі помірної втоми;

- *продуктивність роботи систем енергозабезпечення*. В досягненні високих показників витривалості важливе значення має фактор енергозабезпечення м'язової діяльності, яке досягається ефективним функціонуванням системи постачання кисню до організму (аеробне джерело).

Показниками ефективності роботи цієї системи є її потужність, ємність, рухливість та економічність:

- *потужність* — визначається рівнем $VO_2 \max$ (провідні атлети світу у видах спорту на витривалість мають МСК: жінки 70 мл/кг/хв та чоловіки 80 мл/кг/хв);

- *ємність* системи енергозабезпечення визначається об'ємом запасів субстратів окислювальних реакцій, що можуть бути використані при тривалому виконанні напруженої роботи;

- *рухливість* системи аеробного енергозабезпечення характеризується швидкістю розгортання процесів окислення на початку інтенсивної і довготривалої роботи та при значних змінах інтенсивності виконання тривалої безперервної роботи (рваний біг). Чим швидше розгортаються аеробні процеси до оптимального рівня, тим економніше проходить енергозабезпечення і продуктивнішою є робота. У нетренованих осіб розгортання функціональних можливостей аеробної системи триває 3-5 хв, а у добре тренуваних — починається в кінці першої хвилини;

- *економічність рухових дій*. Чим менше енергії витрачає людина на одиницю виконаної роботи, тим продуктивнішою вона буде.

Економічність рухових дій — це комплексний показник, що включає:

1) функціональну економічність, зумовлену ступенем узгодженості в роботі вегетативних систем та здатністю тривалий час працювати у стійкому стані;

2) технічну економічність, обумовлену раціональною структурою рухових дій і їх автоматизацією; фізичну економічність зумовлену запасом сили, швидкості, гнучкості та координації рухів.

Аеробна витривалість показує залежність між потужністю споживання кисню, швидкістю споживання кисню і тривалістю виконання роботи, тобто характеризує аеробні можливості. Показником аеробної продуктивності є $\dot{V}O_2 \max$. Від цього показника залежить обсяг тренувального навантаження і результат. Цей показник залежить від довжини і маси тіла. Рівень $\dot{V}O_2 \max$ визначається з одного боку, можливостями киснево-транспортної системи, а з іншого – системою утилізації кисню.

Як відомо до киснево-транспортної системи входить система дихання, кровообігу й крові.

Система зовнішнього дихання забезпечує споживання кисню із зовнішнього середовища (у осіб, що займаються фізичними вправами тривалого характеру збільшуються легеневі об'єми, підвищується потужність й ефективність дихання, підвищується дифузна здатність легень).

У процесі тренування на витривалість у людини виникає в стані спокою брадикардія (зниження ЧСС), збільшення систолічного об'єму крові, відбувається гіпертрофія серцевого м'язу тощо. При виконанні фізичних вправ аеробного характеру у цих людей спостерігається суттєвіше зростання показників СОК, ХОК, АВР- O_2 , економічність роботи серця, більш досконалий перерозподіл крові, посилення капіляризації, біохімічно-фізіологічні особливості крові тощо.

Вікові особливості розвитку витривалості у дітей та підлітків

Загальна витривалість хлопців має високі темпи приросту від 8-9 до 10, від 11 до 12 та від 14 до 15 років.

У віці від 15 до 16 років темпи розвитку загальної витривалості у хлопців різко знижуються, а в інші періоди спостерігаються середні темпи її приросту.

Швидкісна витривалість хлопців має високі темпи приросту у віці від 13 до 14 та від 15 до 16 років. Середні темпи припадають на вікові періоди від 11 до 13, від 14 до 15 та від 16 до 17 років.

Суттєво відрізняється від хлопців динаміка природного розвитку витривалості у дівчат. У них високі темпи приросту загальної витривалості спостерігаються лише від 10 до 13 років, потім вона протягом двох років зростає повільно, а у віці від 15 до 17 років загальна витривалість зростає в середньому темпі.

Найвищі світові досягнення у видах спорту на витривалість демонструються людьми у віці від 20-22 до 30-32 років. Це свідчить про те, що найбільші абсолютні величини показників різних видів витривалості спостерігаються в осіб, які досягнули біологічної зрілості.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що являє собою витривалість як фізична якість.
2. Дайте характеристику основним видам витривалості людини.
3. Назвіть фактори, які визначають прояв витривалості.
4. Особливості будови м'язів та співвідношення м'язових волокон в них у прояві витривалості.
5. Роль енергоресурсів у м'язах для забезпечення прояву витривалості. Дайте повну характеристику.
6. Охарактеризуйте основні вікові періоди розвитку витривалості людини.
7. Назвати сенситивні періоди розвитку витривалості у дітей та підлітків.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5.

1. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420с.
2. Гандельсман А.Б., Смирнов К.М. Физиологические основы методики спортивной тренировки. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
3. Дубровский В.И. Спортивная физиология. – М.: ВЛАДОС, 2005.
4. Зацюрский В.М. Физические качества спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
5. Леонтьева Н.М., Маринова К.В. Анатомия и физиология детского организма. – М.: Просвещение, 1986. – 234 с.
6. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
7. Ровний А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Ільїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
8. Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта. - М.: ВЛАДОС, 2002.
9. Теория и методика физического воспитания. В 2-х томах. - Т.1. / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
10. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
11. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 224 с.
12. Чижик В.В. Спортивна фізіологія: навч.посібник для студентів / В.В.Чижик. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2011. – 256 с.
13. Шиян Б.М. Теорія і методика фізичного виховання школярів. Ч. 1. - Тернопіль: Навчальна книга - Богдан, 2001. – 272 с.

РОЗДІЛ 6. ФІЗІОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ОЗДОРОВЧОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

6.1. РУХОВА АКТИВНІСТЬ ТА ЗДОРОВ'Я

Рухова активність — невіддільна частина способу життя і поведінки людини, котра визначається соціально-економічними і культурними факторами, залежить від організації фізичного виховання, морфофункціональних особливостей організму, типу нервової системи, кількості вільного часу, мотивації до занять, доступності спортивних споруд і місць відпочинку (Т.Ю.Круцевич, 2003).

Рухова активність, фізичні вправи, основні навички гігієни та здорового способу життя є ефективними засобами профілактики захворювань, зміцнення здоров'я і гармонійного розвитку особистості.

За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), поняття «**здоров'я**» означає відсутність хвороб в поєднанні із станом повного фізичного, психічного та соціального благополуччя.

На думку В.П.Казначєєва «**Здоров'я**» - це процес збереження та розвитку його психічних та фізіологічних функцій, оптимальної працездатності та соціальної активності при максимальній тривалості життя.

Біологічна потреба організму в руховій активності

Протягом життя людини рухова активність відіграє різну роль. У дитячому віці вона визначає нормальний ріст і розвиток організму, найповнішу реалізацію генетичного потенціалу, підвищує опір до захворювань. Саме у період росту організм найбільш чутливий до впливу різних несприятливих факторів середовища, в тому числі й до обмеження рухової активності.

Потреба у русі (*кінезифілія*) - біологічна потреба організму людини, котра відіграє важливу роль у її життєдіяльності та знаходиться у нерозривному зв'язку з активною м'язовою діяльністю, що сприяє адаптації до навколишнього середовища.

Енергетичний фонд та функціональний стан різних органів і систем у кожному віковому періоді знаходяться у тісному взаємозв'язку з особливостями функціонування скелетної мускулатури. При цьому, чим інтенсивніша рухова активність у межах допустимого оптимуму, тим більше виражені основні негентропійні фактори, що збільшують енергетичні ресурси, функціональні спроможності та тривалість життя організму.

До віку 1,0—1,5 року, коли реалізується та закріплюється поза стояння, добові енерговитрати найвищі — 50—60 ккал-кг⁻¹. Потім починається поступове зниження енерговитрат у стані спокою, і в організмі дитини з'являються суттєві характерні риси гомеостазу — холінергічні.

Перебудова на адренергічний характер регуляції відбувається лише під час м'язової діяльності та інших стресових реакцій на зміни у навколишньому середовищі: чим вищий рівень м'язової активності, що стимулює адренергічні

механізми, тим найповноцінніша індукція наступного анаболічного спокою та відповідного йому холінергічного гомеостазу. Подібна особливість стану функцій спокою у фізично тренуваних осіб отримала назву принцип економізації функцій.

До періоду вступу дитини до школи (6—7 років) енерговитрати у стані спокою знижуються до 40 ккал-кг⁻¹. Це обумовлено тим, що до цього віку повністю знімається терморегуляторна функція зі скелетних м'язів, а локомоторні акти досягають значного ступеня досконалості. До семи років встановлюється структура бігу та ходьби за типом дорослих, що дає можливість визначити максимальні для індивіда енерговитрати, використовуючи відповідні тести. Саме з цього віку найдоцільніше переходити для характеристики фізичного розвитку від лінійно-масових параметрів до показників біоенергетики.

Гіпокінезія — обмеження кількості та обсягу рухів, обумовлене способом життя, особливостями професійної діяльності, постільним режимом під час хвороби та іншими факторами. Часто гіпокінезія супроводжується гіподинамією — зменшенням м'язових зусиль, які витрачаються на підтримування пози, переміщення тіла у просторі, фізичну роботу.

Причини виникнення гіпокінезії різні, але їх можна згрупувати за етіологічними ознаками (О.Сухарев, 1991).

Низький рівень рухової активності справляє складний вплив на організм дитини. Різноманітність причин дефіциту рухів, ступінь його вираження та тривалість створюють необмежені можливості для змін в організмі: від адаптаційно-фізіологічних до патологічних.

За даними О.Сухарева (2004), у період навчання у школі дефіцит рухової активності призводить до погіршення адаптації серцево-судинної системи учнів до стандартного фізичного навантаження, зниження ЖЄЛ, станової сили, надмірної маси тіла за рахунок відкладення жиру, підвищення рівня холестерину в крові. Захворюваність школярів в умовах гіпокінезії у 2 рази вища, що пов'язано зі зниженням загальної неспецифічної резистентності.

Зменшення рухової активності знижує енерговитрати, призводить до недостатньої стимуляції росту та розвитку у період найбільшої пластичності та схильності впливу навколишнього середовища, сприяє їх обмеженню і неповноцінному використанню генофонду. Результатом цього є низькі рівні фізичного розвитку та функціональних спроможностей, що важко компенсуються у зрілому віці навіть шляхом систематичного тренування.

Суттєві зміни тканинного дихання у м'язах позначаються на загальному газообміні. За тривалої гіпокінезії має місце зниження основного обміну на 5-22 %. Падіння інтенсивності газообміну призводить до зменшення легеневої вентиляції. У результаті порушення процесів енергетичного обміну, біологічного окиснення та загального газообміну різко знижується ефективність газообміну і працездатності усього організму.

Обмеження обсягу м'язової діяльності призводить до суттєвого зниження аферентної імпульсації м'язів, що послаблює потоки інформації, які йдуть багатьма еферентними шляхами. Зменшення рівня еферентних та аферентних

дій, зниження частоти м'язових скорочень супроводжуються змінами у скорочувальному апараті м'язів, а також порушенням структури і функції синапсів. Відбувається ніби своєрідна "фізіологічна денервація" м'язів. У м'язових волокнах спостерігаються виражені атро-, і дистрофічні зміни, значно знижуються сила і тонус м'язів, відбувається порушення рухових навичок і координації рухів. Виникає комплексна зміна білково-фосфорно-кальцієвого обміну у кістках та інших тканинах. Ці порушення мають не регіональний, а системний характер і можуть сприяти послабленню міцності зубів та розвитку карієсу (Сухарев, 1991). Таким чином, можна дійти висновку, що дитячий і підлітковий вік має багато специфічних рис, обумовлених інтенсивністю процесів росту і розвитку, а також високою чутливістю до несприятливих впливів навколишнього середовища, зокрема до гіпокінезії. Рухова активність є не тільки засобом здійснення рухової функції, але має і загальнобіологічне значення. Виявляючи тонізуючу дію на центральну нервову систему, вона сприяє більш досконалому й "економічному" пристосуванню організму до навколишнього середовища. Зміна функціонального стану центральної нервової системи (зниження тону, астенація) в умовах гіпокінезії — одна з основних причин зниження адаптаційних можливостей організму. Внаслідок цього, за обмеженої рухової активності знижуються захисні механізми організму до несприятливих впливів навколишнього середовища, розвивається схильність до різних захворювань.

Рухова активність є природною біологічною потребою людини, ступінь задоволення якої багато в чому визначає подальший структурний і функціональний розвиток його організму. Оптимальна, правильно організована в дитинстві рухова активність створює передумови для нормальної життєдіяльності організму дорослої людини, довголітнього творчого життя.

Норми рухової активності дітей і підлітків

У дітей значною мірою розвинені регуляторні механізми, спрямовані на підтримання необхідної добової рухової активності. За спостереженнями діти дошкільного віку під час штучного обмеження рухової активності суттєво поновлювали її у решту доби, що залишилася.

Рівень рухової активності у шкільному віці значною мірою обумовлений не віковою потребою у ній (кінезифілією), а організацією фізичного виховання у школі, залученням дітей до організованих та самостійних занять у позаурочний час.

Нормою рухової активності у дитячому віці визнано таку величину, котра повністю задовольняє біологічні потреби у рухах, відповідає можливостям організму, що росте, сприяє його розвитку та зміцненню здоров'я.

У більшості розвинутих країн передбачається, як правило, 3—4 обов'язкові заняття фізичною підготовкою на тиждень. До змісту занять входять загальнорозвиваючі вправи, спортивні і рухливі ігри, плавання, танцювальні вправи. Програми фізичного виховання надзвичайно варіативні. Вчителю надається право використовувати різноманітні засоби фізичного виховання та додаткові фізичні навантаження залежно від індивідуального рівня фізичної підготовленості учнів.

Програма "Фізична культура" для загальноосвітніх навчальних закладів України окрім двох-трьох обов'язкових уроків фізичної культури на тиждень передбачає також і позаурочні форми занять. У цілому діти повинні щоденно виконувати фізичні вправи не менше двох годин, але навіть за найсприятливіших умов загальноосвітня школа не може забезпечити необхідний обсяг рухової активності, тому фактична спеціально організована рухова активність основної маси школярів обмежується 3-4 год на тиждень і становить 30 % гігієнічної норми.

Діти, які відвідують ДЮСШ, зайняті тренуваннями від 8 до 24-28 год на тиждень, що в кілька разів перевищує тижневе навантаження тих, хто займається у загальноосвітній школі.

Надмірна рухова активність позначається терміном "гіперкінезія". Останнім часом отримала розповсюдження рання спортивна спеціалізація, яка викликає гіперкінезію. Дослідження вчених показали, що при гіперкінезії виникає специфічний комплекс функціональних порушень та клінічних змін. Цей стан супроводжується небезпечними змінами з боку центральної нервової системи та нейро-регуляторного апарату у дітей. Відмічається виснаження симпатико-адреналової системи, дефіцит білка та зниження імунітету.

Критерій оптимальної норми рухової активності — надійність функціонування усіх систем організму, здатність адекватно реагувати на умови навколишнього середовища, що змінюються. Порушення гомеостазу та неадекватність реакцій вказують на вихід за межі оптимальної норми, що у результаті призводить до погіршення здоров'я.

Проблема нормування рухової активності досить складна, тому, вирішуючи її, необхідно враховувати багато аспектів.

Особливого значення у дитячому віці набувають вікові норми, які розглядаються як порівняльні (контрольні) для оцінки індивідуальної рухової активності.

Нормативи фізичної підготовленості, виконання котрих обумовлено оптимальним та економічним рівнем функціонування основних систем організму (серцево-судинної, дихальної, нервово-м'язової), а також обмінних процесів, відповідають високому рівню фізичного здоров'я. Для його досягнення необхідний індивідуальний режим спеціально організованої рухової активності. Отже, індивідуальна норма рухової активності обумовлена досягненням конкретного фізичного стану, котрий можна виразити кількісними показниками фізичної працездатності, фізичної підготовленості, функціональним станом основних систем організму.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняття «рухова активність».
2. Охарактеризуйте поняття «Здоров'я».
3. Що таке гіпокінезія, і від яких факторів вона залежить ?
4. Наслідки тривалої гіпокінезії для організму людини?
5. В чому полягає сутність біологічної потреби організму людини у руховій активності.

6. Опишіть роль рухової активності у діяльності систем організму людини.
7. Що таке норма рухової активності для дітей та підлітків?
8. Охарактеризуйте необхідність нормування рухової активності дітей та підлітків

6.2. ВПЛИВ ОЗДОРОВЧОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ. ВИДИ ОЗДОРОВЧОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Оздоровчий та профілактичний ефект фізичної культури нерозривно пов'язаний з підвищенням рухової активності, підсиленням функцій опорно-рухового апарату, активізацією обміну речовин. В результаті недостатньої рухової активності в організмі людини порушуються нервово-рефлекторні зв'язки, що закладені природою та закріпленні в процесі важкої фізичної роботи, що призводить до розладів регуляції діяльності серцево-судинної і інших систем, порушення обміну речовин та розвитку дегенеративних захворювань (атеросклероз тощо) (Б.Мілнер, 1991, Г.Л.Апанасенко, 1998).

Для нормального функціонування людського організму та збереження здоров'я необхідна певна «доза» рухової активності. Найбільш адекватним вираженням кількості виробленої м'язової роботи є величина енерговитрат. Мінімальна величина добових енерговитрат, що необхідно для нормальної життєдіяльності організму складає 12-16 МДж (в залежності від віку, статі та маси тіла), що відповідає 2880-3840 ккал. Із них на м'язову діяльність повинно розходитися не менше 5-9 МДж (1200-1900 ккал), інші енерговитрати забезпечують життєдіяльність організму в стані спокою, нормальну діяльність системи дихання та кровообігу, обмінні процеси (енергія основного обміну) тощо.

Останнім часом в розвинутих країнах світу, в зв'язку з тим, що більшість видів роботи автоматизовані, виникає дефіцит енерговитрат, який необхідно компенсувати виконанням фізичних вправ.

Механізм захисної дії інтенсивних фізичних вправ закладений в генетичному коді людського організму. Як відомо рухова активність належить до числа основних факторів, що визначають рівень обмінних процесів організму фізичний стан його кісткової, м'язової та серцево-судинної систем. М'язи людини є потужним генератором енергії, що посилюють сильний потік нервових імпульсів для підтримки оптимального тону ЦНС, полегшують рух венозної крові по судинам до серця, створюють необхідне напруження для нормального функціонування рухового апарату.

Згідно «енергетичному правилу скелетних м'язів» І.А.Аршавського, енергетичний потенціал організму та функціональний стан всіх органів і систем залежить від характеру діяльності скелетних м'язів. Чим інтенсивніша рухова активність в межах оптимальної зони, тим повніше реалізується генетична програма та підвищується енергетичний потенціал, функціональні ресурси організму і тривалість життя.

Розрізняють загальний та спеціальний ефект фізичних вправ, а також їх опосередкований вплив на фактори ризику. Найбільш загальний ефект

тренування заключається у витратах енергії, прямо пропорційному тривалості та інтенсивності м'язової діяльності, що дозволяє компенсувати дефіцит енерговитрат. Важливе значення має також підвищення стійкості організму до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища: стресових ситуацій, високих та низьких температур, радіації, травм, гіпоксії тощо. В результаті підвищується неспецифічний імунітет підвищується й стійкість до простудних захворювань. Але використання межових тренувальних навантажень, що необхідні для великого спорту для досягнення «піку» спортивної форми, нерідко призводить до протилежного ефекту – пригнічення імунітету та підвищення сприйнятливості до інфекційних захворювань. Аналогічний ефект може бути отриманий і при заняттях оздоровчою фізичною культурою з надмірним збільшенням навантаження.

Спеціальний ефект оздоровчого тренування пов'язаний з підвищенням функціональних можливостей серцево-судинної системи. Він заключається в економізації роботи серця в стані спокою і підвищення резервних можливостей апарата кровообігу при м'язовій діяльності.

Один із найважливіших ефектів фізичного тренування – зниження частоти серцевих скорочень в спокої (брадикардія) як поява економізації серцевої діяльності і найбільш низької потреби міокарда в кисні. Збільшення тривалості фази діастолі (розслаблення) забезпечує значний кровотік і краще насичення серцевого м'язу киснем. У осіб з брадикардією випадки захворювання ішемічною хворобою серця виявлені значно рідше, чим у людей з частим пульсом.

Найбільш виражено підвищення резервних можливостей апарата кровообігу при напруженій м'язовій діяльності: збільшення максимальної частоти серцевих скорочень, систолічного та хвилиного об'єму кровообігу, артеріо-венозної різниці за киснем, зниження загального периферичного судинного опору, що полегшує механічну роботу серця та збільшує його ефективність діяльності.

Фізична культура є основним засобом, що затримує вікові погіршення фізичних якостей та зниження адаптаційних здібностей організму в цілому, і серцево-судинної системи зокрема, які незворотні в процесі інволюції тощо. Адекватне фізичне тренування, заняття оздоровчою фізичною культурою здатні в значному ступені призупинити вікові зміни різних функцій. В будь-якому віці за допомогою тренування можна підвищити аеробні можливості та рівень витривалості - показники біологічного віку організму і його життєздатності. Крім цього, регулярне фізичне тренування дозволяє в значному ступені гальмувати розвиток вікових інволюційних змін різноманітних органів та систем (включаючи затримку і зворотній розвиток атеросклерозу). У цьому відношенні не є виключенням і кістково-м'язова система. Виконання фізичних вправ позитивно впливає на всі ланки рухового апарата, знижуючи розвиток дегенеративних змін, що пов'язані з віком та гіподинамією. Підвищення мінералізації кісток та вміст кальцію в організмі знижує розвиток остеопорозу. Збільшується притік лімфи до суглобових хрящів та міжхребцевих дисків, що є кращим засобом профілактики артрозу і остеохондрозу.

Всі ці дані свідчать про неоцінний позитивний вплив занять оздоровчою фізичною культурою на організм людини

За ступенем впливу на організм всі види оздоровчої фізичної культури (залежно від структури рухів) можна розділити на дві великі групи: вправи циклічного й ациклічного характеру. Циклічні вправи — це такі рухові акти, у яких тривалий час постійно повторюється той самий закінчений руховий цикл. До них відносяться ходьба, біг, ходьба на лижах, їзда на велосипеді, плавання, веслування. В ациклічних вправах структура рухів не має стереотипного циклу й змінюється в ході їхнього виконання. До них відносяться гімнастичні й силові вправи, стрибки, метання, спортивні ігри, єдиноборства.

Оздоровчі види гімнастики

Ранкова гімнастика. Ранкова гігієнічна гімнастика сприяє більш швидкому приведенню організму в робочий стан після пробудження, підтримці високого рівня працездатності протягом трудового дня, удосконалюванню координації нервово-м'язового апарата, діяльності серцево-судинної й дихальної систем. Під час ранкової гімнастики й наступних водних процедур активізується діяльність шкірних і м'язових рецепторів, вестибулярного апарата, підвищується збудливість ЦНС, що сприяє поліпшенню функцій опорно-рухового апарата й внутрішніх органів.

Виробнича гімнастика. Цей вид оздоровчої фізичної культури використовується в різних формах безпосередньо на виробництві. Вступна гімнастика перед початком роботи сприяє активізації рухових нервових центрів і посиленню кровообігу в робочих м'язових групах. Вона необхідна особливо в тих видах виробничої діяльності, які пов'язані із тривалим збереженням сидячої робочої пози й точністю виконання дрібних механічних операцій.

Фізкультурні паузи організуються безпосередньо під час роботи. Час їхнього проведення визначається фазами зміни рівня працездатності - залежно від виду діяльності й контингенту працюючих. Фізкультурна пауза за часом повинна випереджати фазу зниження працездатності. За допомогою виконання вправ з музичним супроводом для незадіяних м'язових груп (за механізмом активного відпочинку) поліпшується координація діяльності нервових центрів, точність рухів, активізуються процеси пам'яті, мислення й концентрації уваги, що благотворно впливає на результати виробничого процесу.

Ритмічна гімнастика. Особливість ритмічної гімнастики полягає в тому, що темп рухів і інтенсивність виконання вправ задається ритмом музичного супроводу. У ній використовується комплекс різних засобів, що здійснюють вплив на організм. Так, серії бігових і стрибкових вправ впливають переважно на серцево-судинну систему, нахили й присідання — на руховий апарат, методи релаксації й самонавіяння — на центральну нервову систему. Вправи в партері розвивають силу м'язів та рухливість у суглобах, бігові серії — витривалість, танцювальні — пластичність тощо. Залежно від вибору застосовуваних засобів заняття ритмічною гімнастикою можуть носити переважно атлетичний, танцювальний, психорегулюючий або змішаний характер. Характер енергозабезпечення, ступінь посилення функцій подиху й кровообігу залежать від виду вправ.

Серія вправ партерного характеру (у положеннях лежачи, сидячи) робить найбільш стабільний вплив на систему кровообігу. ЧСС не перевищує 130-140 уд/хв, тобто не виходить за межі аеробної зони; споживання кисню збільшується до 1,0-1,5 л/хв; вміст молочної кислоти не перевищує рівня анаеробного порогу (ПАНО) - близько 4,1 ммоль/л. Таким чином, робота в партері носить переважно аеробний характер. У серії вправ, виконуваних у положенні стоячи, локальні вправи для верхніх кінцівок також викликають збільшення ЧСС до 130-140 уд/хв, танцювальні рухи - до 150-170, а глобальні (нахили, глибокі присідання) до 160-180 уд/хв. Найбільш ефективний вплив на організм роблять серії бігових і стрибкових вправ, у яких при певному темпі ЧСС може досягати 180-200 уд/хв, а споживання кисню - 2,3 л/хв, що відповідає 100 % максимального споживання кисню ($VO_2 \max$). Таким чином, ці серії носять переважно анаеробний характер енергозабезпечення (або змішаний з перевагою анаеробного компонента); вміст лактату в крові до кінця тренування в цьому випадку досягає 7,0 ммоль/л, кисневий борг - 3,0 л.

Залежно від підбору серій вправ і темпу рухів заняття ритмічною гімнастикою можуть мати спортивну або оздоровчу спрямованість. Максимальна стимуляція кровообігу до рівня ЧСС 180-200 уд/хв може використовуватися лише в спортивному тренуванні молодими здоровими людьми. У цьому випадку вона носить переважно анаеробний характер і супроводжується пригніченням аеробних механізмів енергозабезпечення й зниженням величини $VO_2 \max$. Істотної стимуляції жирового обміну при такому характері енергозабезпечення не відбувається. У зв'язку із цим не спостерігаються зменшення маси тіла й нормалізація холестеринового обміну, а також розвиток загальної витривалості й працездатності.

На заняттях оздоровчої спрямованості вибір темпу рухів і серій вправ повинен здійснюватися таким чином, щоб тренування носило в основному аеробний характер (зі збільшенням ЧСС у межах 130-150 уд/хв). Тому поряд з покращенням функцій опорно-рухового апарата (збільшенням сили м'язів, рухливості в суглобах, гнучкості) можливо й підвищення рівня загальної витривалості, але в значно меншому ступені, чим при виконанні циклічних вправ.

Атлетична гімнастика. Атлетичною гімнастикою викликають виражені морфофункціональні зміни (переважно нервово-м'язового апарата): гіпертрофію м'язових волокон і збільшення фізіологічного поперечника м'язів; ріст м'язової маси, сили й силової витривалості. Ці зміни зв'язані в основному із тривалим збільшенням кровотоку в працюючих м'язових групах у результаті багаторазового повторення вправ, що поліпшує трофіку (живлення) м'язової тканини. Необхідно підкреслити, що ці зміни не сприяють підвищенню резервних можливостей апарата кровообігу й аеробної продуктивності організму.

Атлетичні вправи можна рекомендувати як засіб загального фізичного розвитку для молодих здорових чоловіків — у сполученні із вправами, що сприяють підвищенню аеробних можливостей і загальної витривалості. Так, наприклад, при сполученні вправ з обтяженнями зі спортивними іграми

відзначене підвищення фізичної працездатності.

Необхідно критично поставитися до доцільності її використання особами середнього й літнього віку (з огляду на вікові зміни серцево-судинної системи й негативний вплив на фактори ризику). Заняття атлетичною гімнастикою, як ми вже відзначали, можуть бути рекомендовані здоровим молодим людям за умови оптимізації тренувального процесу й сполучення атлетичних вправ із тренуванням на витривалість (біг і ін.). Люди більше зрілого віку можуть використовувати лише окремі вправи атлетичного комплексу, спрямовані на зміцнення основних м'язових груп (м'язів плечового пояса, спини, черевного преса й ін.), як доповнення після тренування на витривалість у циклічних вправах.

Оздоровче тренування з ходьби та бігу

Оздоровча ходьба. У масовій фізичній культурі широко використовується оздоровча (прискорена) ходьба: при відповідній швидкості (до 6,5 км/год) її інтенсивність може досягати зони режиму, що тренує (ЧСС 120-130 уд/хв). За таких умов за 1 год ходьби витрачається 300—400 ккал енергії залежно від маси тіла (приблизно 0,7 ккал/кг на 1 км пройденого шляху). Наприклад, людина з масою тіла 70 кг при проходженні 1 км витрачає близько 50 ккал ($70 \times 0,7$). При швидкості ходьби 6 км/год сумарна витрата енергії складе 300 ккал (50×6). При щоденних заняттях оздоровчою ходьбою (по 1 год) сумарні витрати енергії за тиждень складе близько 2000 ккал, що забезпечує мінімальний (граничний) тренувальний ефект — для компенсації дефіциту енерговитрат і росту функціональних можливостей організму.

Це підтверджується результатами дослідження максимальної аеробної продуктивності. Так, через 12 тижнів тренування в оздоровчій ходьбі (по 1 год 5 разів у тиждень) спостерігалось збільшення $VO_2 \max$ на 14 % у порівнянні з вихідним рівнем. Однак такий тренувальний ефект можливий лише в невідготовлених початківців з низьким рівнем фізичної підготовки. У більш підготовлених фізкультурників оздоровчий ефект ходьби знижується, тому що з ростом тренуваності інтенсивність навантаження стає нижче граничною. Збільшення ж швидкості ходьби більше 6,5 км/год важко, тому що супроводжується непропорційним ростом енерговитрат. Ось чому при пересуванні зі швидкістю 7 км/год і більше повільно бігти легше, ніж швидко йти.

Прискорена ходьба в якості самостійного оздоровчого засобу може бути рекомендована лише при наявності протипоказань до бігу (наприклад, на ранніх етапах реабілітації після перенесеного інфаркту). При відсутності серйозних відхилень у стані здоров'я вона може використовуватися лише в якості першого (підготовчого) етапу тренування на витривалість у початківців з низькими функціональними можливостями. Надалі, у міру росту тренуваності, заняття оздоровчою ходьбою повинні перемінитися біговим тренуванням.

Під час систематичних занять оздоровчою ходьбою протягом 0,5-1 року $VO_2 \max$ збільшується приблизно на 12-18%, покращується обмін холестерину.

Оздоровчий біг. Оздоровчий біг є найбільш простим і доступним (у технічному відношенні) видом циклічних вправ, а тому й наймасовим.

Н. С. Ілларіонов (1988) виділяє наступні основні мотивації людей середнього віку до занять оздоровчим бігом:

- зміцнення здоров'я й профілактика захворювань;
- підвищення працездатності; задоволення від самого процесу бігу;
- прагнення поліпшити свої результати в бігу (спортивна мотивація); проходження моді на біг (естетична мотивація); прагнення до спілкування;
- прагнення пізнати свій організм, свої можливості; мотивація творчості, мотивація виховання й зміцнення родини; «сімейний» біг;
- випадкові мотивації.

Однак, за спостереженнями автора, найбільш сильним стимулом для занять є саме задоволення, величезне почуття радості, що приносить біг. У більшості випадків припиняють заняття ті люди, які в результаті неправильного тренування не змогли випробувати ці відчуття.

Німецький психолог Шелленбергер відзначає наступні причини недостатньої фізичної активності населення: недостатня поінформованість про користь занять (40 % населення); відсутність інтересу до занять (47 %); перевага яких-небудь інших занять у вільний час (62%); лінощі (57%); відсутність інформації про можливість занять, проблема вільного часу, невір'я у свої можливості («однаково нічого не вийде!»).

Техніка оздоровчого бігу настільки проста, що не вимагає спеціального навчання, а його вплив на людський організм надзвичайно великий. Однак при оцінці ефективності його впливу варто виділити два найбільш важливі напрямки: загальний і спеціальний ефект.

Загальний вплив бігу на організм пов'язаний зі змінами функціонального стану ЦНС, компенсацією відсутніх енерговитрат, функціональними зрушеннями в системі кровообігу й зниженням захворюваності.

Тренування в бігу на витривалість є незамінний засобом розрядки й нейтралізації негативних емоцій, які викликають хронічну нервову перенапругу. Ці ж фактори значно підвищують ризик міокарда в результаті надлишкового потрапляння в кров гормонів наднирників - адреналіну й норадреналіну.

Оздоровчий біг (в оптимальному дозуванні) у сполученні з водними процедурами є кращим засобом боротьби з неврастенією й безсонням – хворобами ХХІ сторіччя, викликаними нервовою перенапругою й великою кількістю поступаючої інформації. У результаті знімається нервова напруга, поліпшується сон і самопочуття, підвищується працездатність. Особливо корисний щодо цього вечірній біг, що знімає негативні емоції, накопичені за день, і «спалює» надлишок адреналіну, що виділився в результаті стресів. Таким чином, біг є кращим природним транквілізатором - більше діючим, чим лікарські препарати.

Заспокійливий вплив бігу підсилюється дією гормонів гіпофіза (ендорфінів), які виділяються в кров при роботі на витривалість. При інтенсивному тренуванні їхній зміст у крові зростає в 5 разів у порівнянні з рівнем спокою й утримується в підвищеній концентрації протягом декількох

годин. Ендорфіни викликають стан своєрідної ейфорії, відчуття безпричинної радості, фізичного й психічного благополуччя, придушують почуття голоду й болю, у результаті чого різко поліпшується настрій. Психіатри широко використовують циклічні вправи при лікуванні депресивних станів - незалежно від їхньої причини. Згідно з даними К. Купера, більшість людей, що пробігають за тренування 5 км, випробовують стан ейфорії під час і після закінчення фізичного навантаження, що є провідною мотивацією для занять оздоровчим бігом.

У результаті такого різноманітного впливу бігу на центральну нервову систему при регулярних багаторічних заняттях змінюється й тип особистості бігуна, його психічний статус. Психологи вважають, що аматори оздоровчого бігу стають більше товариські, контактні, доброзичливі, мають більше високу самооцінку й упевненість у своїх силах і можливостях. Конфліктні ситуації в бігунів виникають значно рідше й сприймаються набагато спокійніше; психологічний стрес або взагалі не розвивається, або ж вчасно нейтралізується, що є кращим засобом профілактики інфаркту міокарда.

У результаті більше повноцінного відпочинку центральної нервової системи підвищується не тільки фізична, але й розумова працездатність, творчі можливості людини. Багато вчених відзначають підвищення творчої активності й плідотворності наукових досліджень після початку занять оздоровчим бігом (навіть у літньому віці).

Заняття оздоровчим бігом роблять істотний позитивний вплив на систему кровообігу й імунітет, зокрема збільшується вміст в крові еритроцитів, гемоглобіну й лімфоцитів, внаслідок чого підвищується киснева ємність крові, її захисні властивості, збільшується в сироватці крові кількість імуноглобулінів, що сприяє зниженню захворюваності.

За допомогою новітніх досліджень (ехокардіографія) встановлено, що регулярні заняття бігом призводять до збільшення маси лівого шлуночка (за рахунок потовщення його задньої стінки й міжшлуночкової перегородки), що супроводжується ростом продуктивності серця й здатності міокарда засвоювати кисень. Причому ці зміни не сприяють вираженому збільшенню розмірів серця, характерному для спортсменів. Такий варіант адаптації до тренувальних навантажень є оптимальним з погляду функціональних можливостей організму й підтримки стабільного рівня здоров'я. На відміну від патологічної гіпертрофії міокарда збільшення маси лівого шлуночка супроводжується розширенням просвіту коронарних артерій, капіляризація міокарда, збільшенням кровотоку й здатності серцевого м'яза засвоювати кисень.

У людей з ішемічною хворобою серця розвиток колатерального кровообігу значно утруднено, однак навіть при наявності такої важкої патології в ряді випадків, використовуючи тривале тренування на витривалість, можна домогтися позитивних результатів. Посилення коронарного кровотоку супроводжувалося збільшенням скорочувальної й «насосної» функцій серця. За даним Всеукраїнського кардіологічного центру, після виконання 12-місячної реабілітаційної програми (ходьба й біг) у пацієнтів спостерігалось збільшення ударного об'єму з 70 до 80 мл; це дозволило збільшити аеробну продуктивність

($\text{VO}_2 \text{ max}$) з 22 до 27 мл/кг. У результаті багаторічних занять оздоровчим бігом у хворих, що перенесли інфаркт міокарда, цей показник збільшується до рівня, характерного для нетренованих чоловіків, — 30 мл/кг, а при інтенсивному тренуванні-до 35 мл/кг.

Крім збільшення функціональних резервів і максимальний аеробної потужності, немаловажне значення має економізація серцевої діяльності, зниження потреби міокарда в кисні, більше ощадливе його витрата, що проявляється в зниженні частоти серцевих скорочень у спокої (брадикардія) і у відповідь на стандартне навантаження. Так, під впливом бігового тренування в людей середнього віку в міру зростання тижневого обсягу бігу (з 8 до 48 км) спостерігалось паралельне зниження ЧСС у спокої - у середньому з 58 до 45 уд/хв. В.П.Міщенко (1988) спостерігав зменшення пульсу в спокої протягом першого року занятті оздоровчим бігом з 78 до 62 уд/хв, причому помітне зниження ЧСС відзначалося лише з 6-го місяця занять. У досвідчених бігунів з багаторічним стажем і обсягом бігових навантажень 30-50 км у тиждень ЧСС у спокої становить 42-54 уд/хв. Таким чином, у людей середнього віку під впливом тренування на витривалість брадикардія досягає майже таких же величин, як і в представників циклічних видів спорту (мінімальна ЧСС у бігунів екстракласу – 28-38 уд/хв).

Заняття оздоровчим бігом нормалізує багато функцій обміну речовин.

Дозоване фізичне навантаження дозволяє нормалізувати масу тіла не тільки за рахунок збільшення енерговитрат, але й у результаті пригнічення відчуття голоду (при виділенні в кров ендорфінів). При цьому зниження маси тіла шляхом підвищення витрат енергії (за допомогою фізичних вправ) є більш фізіологічним. Втрата 3-4 кг маси тіла під впливом фізичного тренування сприяє більше вираженій і стабільній нормалізації холестеринового обміну, чим у результаті зміни харчового раціону. Якщо врахувати, що за 1 годину бігу зі швидкістю 9-11 км/год витрачається вдвічі більше енергії, чим під час ходьби (600 проти 300 ккал), то очевидно, що за допомогою бігових тренувань аналогічного ефекту можна досягти значно швидше. Після закінчення тренування м'язи, що працювали, «по інерції» протягом декількох годин продовжують споживати більше кисню, що приводить до додаткової витрати енергії. У випадку вираженого ожиріння найбільш ефективно сполучення обох методів - тренування на витривалість і обмеження харчового раціону (за рахунок жирів і вуглеводів).

Крім основних оздоровчих ефектів бігу, пов'язаних із впливом на системи кровообігу й дихання, необхідно відзначити також його позитивний вплив на вуглеводний обмін, функцію печінки, шлунково-кишкового тракту, скелет.

Поліпшення функції печінки пояснюється збільшенням споживання кисню печінковою тканиною під час бігу в 2-3 рази з 50 до 100-150 мл/хв. Крім того, при глибокому диханні під час бігу відбувається масаж печінки діафрагмою, що поліпшує відтік жовчі й функцію жовчних проток, нормалізуючи їхній тонус.

Регулярні тренування в оздоровчому бігу позитивно впливають на всі ланки опорно-рухового апарату, перешкоджаючи розвитку дегенеративних змін, пов'язаних з віком і гіподинамією. Обмеження припливу суглобної рідини

(лімфи) при гіподинамії призводить до порушення живлення хрящів і втраті еластичності зв'язок, зниженню амортизаційних властивостей суглобів і розвитку артрозів. Циклічні вправи (зокрема біг) збільшують приплив лімфи до суглобних хрящів і міжхребцевим дискам, що є кращою профілактикою артрозу й радикуліту. Позитивний вплив бігу на функцію суглобів можливо тільки за умови використання адекватних (що перевищують можливості рухового апарата) навантажень, поступового їхнього збільшення в процесі занять.

Знання особливостей впливу на організм різних видів циклічних вправ дозволяє правильно вибрати оздоровчі програми залежно від стану здоров'я, віку й рівня фізичної підготовленості. Для більше різнобічного впливу на організм, виключення монотонності занять і адаптації до звичного фізичного навантаження протягом багаторічних тренувань доцільно тимчасове переключення з одного виду циклічних вправ на інший або ж використання їх у сполученні. Так, наприклад, аматори лиж у зимовий час можуть повністю переключатися на даний вид спорту (включаючи участь у змаганнях), а влітку обов'язково використовувати регулярні бігові тренування.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вплив занять фізичними вправами на організм людини.
2. Вказати оздоровчий ефект фізичної культури на організм людини.
3. Охарактеризувати профілактичний ефект занять фізичною культурою на організм людини.
4. Види оздоровчої фізичної культури.
5. Види гімнастики, що мають оздоровчий характер.
6. Особливості фізіологічних функцій під час занять ритмічною гімнастикою.
7. Відмінності у функціонуванні систем організму під час занять ритмічною та атлетичною гімнастикою.
8. Позитивний вплив оздоровчої ходьби на організм людини.
9. Основні мотиви занять оздоровчим бігом.
10. Вплив оздоровчого бігу на функціонування систем людського організму.

6.3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЗДОРОВЧОГО ФІЗИЧНОГО ТРЕНУВАННЯ

Показання і протипоказання до використання оздоровчого фізичного тренування

Природа щедро обдаровує людину резервами здоров'я. Збереження цих резервів гарантує їй активне довголіття. Однак, на жаль, ми погано зберігаємо те, що нам дала природа (Г.Л.Апанасенко, 1992, В.Бобрицька, 2001).

Зниження фізичної працездатності або незадовільні результати функціональних проб формують у практично здорової людини стан, що викликає зниження професійної працездатності і швидку втомлюваність. Він характеризується задихом при помірному фізичному навантаженні, неприємними відчуттями в ділянці серця, запамороченнями, холодними

кінцівками, схильністю до запорів, болями в спині, що виникають унаслідок функціональної недостатності "м'язово-зв'язкового корсета", порушенням сну, зниженням концентрації уваги, підвищеною нервово-емоційною збудливістю, відносно ранніми ознаками старіння.

Надалі можуть з'являтися такі фактори ризику розвитку хронічних соматичних захворювань, як підвищення рівня артеріального тиску та концентрації жирів у крові тощо, а також розвинути чітко окреслені захворювання.

Ефективною профілактикою таких змін стану здоров'я є оздоровче фізичне тренування. Характеристика симптомів стану, яку подано вище, визначає показання до його застосування.

Протипоказанням до занять оздоровчим тренуванням є стан, що характеризується наявністю обмежень в адаптації до фізичних навантажень тієї інтенсивності та обсягу, які характерні для занять фізичними вправами певної категорії осіб. Однак це не означає, що вони є протипоказанням до занять лікувальною фізичною культурою.

До захворювань, за наявності яких протипоказане фізичне тренування, належать:

- усі захворювання в гострій чи підгострій стадії;
- злякисні захворювання;
- тяжкі органічні захворювання центральної нервової системи;
- хвороби серцево-судинної системи (аневризма серця і великих судин; ішемічна хвороба серця з частими нападами стенокардії; перенесений інфаркт міокарда — до 6 місяців; недостатність кровообігу; деякі порушення ритму серця — миготлива аритмія; цілковита АВ-блокада; гіпертонічна хвороба II-III ступенів);
- хвороби органів дихання: бронхіальна астма з тяжким перебігом; тяжкі форми бронхоектатичної хвороби;
- захворювання печінки і нирок з явищами недостатності функції;
- хвороби ендокринної системи з вираженим порушенням функції судин і больовим синдромом;
- тромбофлебіти і часті кровотечі будь-якої етіології;
- глаукома.

Принципи, методи і засоби оздоровчого фізичного тренування

Фізичне оздоровче тренування ґрунтується на принципах, в основі яких лежать фізіологічні закономірності.

Принцип повторюваності базується на вченні про слідові явища у тканинах і регулюючих утвореннях. Видатний вітчизняний фізіолог О.О.Ухтомський порівнював одиничний нервовий імпульс з кометою, хвіст якої стає причиною слідових процесів після різних подразників, у тому числі фізичних навантажень. Принцип повторюваності передбачає систематичне застосування фізичних вправ відповідно до функціональних властивостей організму того, хто тренується.

Принцип поступовості полягає у зміні тренувального навантаження

відповідно до динаміки функціонального стану індивіда. У цьому випадку допускаються значні збільшення навантаження, його стабілізація, а також зниження. Однак загальна тенденція — поступове підвищення навантаження до досягнення рівня належних віково-статевих характеристик резервів функції.

Принцип індивідуалізації полягає в суворій відповідності фізичного навантаження функціональним можливостям організму тих, хто займається фізичними вправами. Індивідуальний підхід — головна вимога оздоровчого тренування. Тому важливо пам'ятати, що немає фізичного навантаження великого чи малого, є навантаження відповідне чи невідповідне функціональним можливостям індивіда.

З усіх основних фізичних якостей людини (сила, швидкість, загальна витривалість, спритність) для зміцнення здоров'я провідною є загальна витривалість, тобто спроможність виконувати фізичну роботу помірної інтенсивності протягом тривалого часу. Теорія спортивного тренування виділяє ряд методів розвитку загальної витривалості. Серед них — інтервальний і безперервний, які найбільш характерні для тренувального процесу з метою зміцнення здоров'я.

Інтервальний метод оздоровчого тренування рекомендується для початківців. Він полягає в чергуванні значних (для даного індивіда) навантажень з помірною тривалістю одного тренування. Наприклад, поєднання коротких відрізків ходи та бігу (біг 50 м і хода 150 м) на дистанції 1600-3200 м з частотою пульсу до 120 ударів за 1 хв. Після досягнення певного рівня загальної витривалості (наприклад, здатність подолати 3200 м швидше як за 28 хв з частотою пульсу не більше, як 120 ударів за 1 хв., переходять до **безперервного методу** розвитку загальної витривалості. Він полягає у рівномірному розподілі навантаження в основній частині заняття (наприклад, легкий рівномірний біг протягом 10-30 хв. з частотою пульсу не більш як 132-144 удари за 1 хв.).

Дозування фізичного навантаження в оздоровчому тренуванні

Одним із головних факторів, що визначають ефективність оздоровчого тренування, є дозування фізичного навантаження. Воно здійснюється за потужністю (інтенсивністю), обсягом, кратністю (тривалістю інтервалів відпочинку між заняттями), характером відпочинку (активним, пасивним), координаційною складністю вправ.

Є два основних принципи дозування фізичного навантаження в оздоровчому тренуванні. Перший ґрунтується на відшкодуванні до оптимальною рівня енерговитрат, а другий — на врахуванні максимальних функціональних можливостей тих, хто тренується. Наведемо приклад застосування першого принципу. Група молодих чоловіків займається фізичною працею, для виконання якої добова витрата енергії становить майже 3500 ккал. Подібна до цієї група (службовці) витрачає не більш як 2800 ккал на добу. Різниця в енерговитратах — приблизно 700 ккал на добу, або 3500 ккал за робочий тиждень. Аналогічні витрати енергії викличе щоденний біг у середньому темпі (10 км/год) протягом години або п'ятикратний обсяг подібного навантаження протягом тижня.

Недоліки цього принципу очевидні: він не враховує характеру виробничої діяльності, яка спричиняє енерговитрати; оздоровлюючим навантаженням може бути тільки таке, яке призводить до переважаючого розвитку механізмів кисневого енергоутворення та відповідного розширення резервів серцево-судинної і дихальної систем. Отже, робота швидко-силового характеру, що забезпечується головним чином безкисневими механізмами енергоутворення (наприклад, праця лісорубів, робітників-металургів тощо), хоч і класифікується як тяжка і з великими енерговитратами, однак вона не запобігає розвиткові несприятливих зрушень у стані здоров'я при обмеженні здатностей кисневого енергоутворення. Крім того, при виконанні швидко-силової роботи, що здійснюється безкисневими механізмами енергоутворення, використовуються лише вуглеводи, а концентрація жирів у крові не зменшується.

Указаний принцип не враховує також різницю у функціональних можливостях різних індивідів, які входять до даної професійної групи, і не дає змоги диференціювати навантаження з урахуванням цієї обставини.

Другий принцип дозування фізичного навантаження в оздоровчому тренуванні ґрунтується на врахуванні функціональних можливостей індивіда, який є переважаючим.

Існує кілька способів дозування навантаження за потужністю:

- 1) за відносною потужністю;
 - за частотою серцевих скорочень;
 - за числом повторювання фізичних вправ;
 - емпіричний (за суб'єктивними відчуттями);
- 2) за рівнем соматичного здоров'я індивіда.

Використання цих способів визначається конкретними умовами медичного забезпечення оздоровчого тренування (можливості обстеження, вік, стан здоров'я та ін.).

Коротко розглянемо суть кожного з них.

1. Дозування за відносною потужністю у відсотках до максимально допустимого рівня фізичної працездатності вимагає попереднього застосування функціональних проб з і фізичним навантаженням субмаксимальної чи максимальної потужності. На основі цього визначається тренувальний рівень навантаження. Він становить 50-70 % максимальної фізичної працездатності. Застосування способу обмежується необхідністю попереднього поглиблення обстеження в умовах спеціальної лабораторії, хоч він і є найточнішим.

2. Дозування за частотою серцевих скорочень, ґрунтується на існуючій лінійній залежності між потужністю навантаження і зрушеннями, що виникають в організмі під його впливом. При цьому беруться до уваги як абсолютні показники приросту пульсу під впливом навантаження, так і відносні його значення щодо вихідного чи максимально досягнутого рівня. Відносні показники частоти пульсу нівелюють вікові та індивідуальні відмінності і з високою точністю характеризують рівень навантаження для осіб різного віку та фізичного стану. Однак необхідність проведення проби з фізичним навантаженням для з'ясування максимально досяжної частоти серцевих скорочень знижує цінність застосування відносних пульсових критеріїв у

практиці масової фізкультурно-оздоровчої роботи і підвищує значимість абсолютних величин частот пульсу.

Для визначення інтенсивності фізичних навантажень за частотою пульсу використовують три показники: порогова, пікова і середня частоти серцевих скорочень (ЧСС). Порогова ЧСС є найменшою, яка може дати тренувальний ефект. Пікова ЧСС найбільша, яку не можна перевищувати в процесі заняття. Середня ЧСС відповідає середній інтенсивності навантаження даного тренувального заняття.

Вважається загальноприйнятим, що пікова ЧСС для тих, хто починає оздоровче тренування без виражених ознак захворювання становить 180 мінус вік у роках (Г.П.Апанасенко, 1992).

3. Дозування за числом повторювання фізичних вправ застосовується в заняттях, де переважають гімнастичні вправи, або в так званому "коловому тренуванні" (почергово виконання вправ у певному темпі на гімнастичних снарядях або тренажерах, встановлених за периметром залу або майданчика).

Цей спосіб передбачає попередню пробу на максимальну кількість повторень даної вправи протягом певного проміжку часу (до 30 с). Тренувальна величина навантаження виражена у відсотках від індивідуального максимуму повторень (% МП) або у відносних одиницях (МП/2; МП/4 тощо). В оздоровчому тренуванні дозування міститься в діапазоні МП/4-МП/2, тобто 25-50% МП.

4. Емпіричний спосіб дозування потужності навантаження ґрунтується на аналізі суб'єктивного відчуття людиною, яка тренується. Вільне дихання, бажання продовжити тренування - ознаки того, що навантаження переноситься добре.

5. Дозування інтенсивності допустимого навантаження визначається за рівнем соматичного здоров'я (рівнем функціонального стану людини).

Значний діапазон пульсового режиму оздоровчого тренування у IV групі соматичного здоров'я визначений з урахуванням віку: чим старша людина тим менша "пульсова" потужність тренувального навантаження.

Незважаючи на меншу точність визначення максимальних резервів функціонального стану здоров'я людини, цей спосіб дозування навантаження приданий для призначення тренувального режиму при масових обстеженнях або самоконтролі без тестування максимальної фізичної працездатності.

Обсяг, кратність і структура оздоровчого тренування

Визначаючи обсяг і кратність тренувальних навантажень, слід урахувувати такі основні закономірності:

1. Чим вища інтенсивність навантаження, тим меншим має бути його обсяг.

2. Чим нижча функціональна готовність тих, хто тренується, тим нижчими мають бути інтенсивність та обсяг навантаження і більшою його кратність у тижневому циклі занять. Наприклад, при допустимому піковому навантаженні в 150-160 серцевих скорочень за 1 хв досить 2-3 занять на тиждень; якщо ж межа потужності навантаження характеризується відносно нижчим ЧСС уд/хв., необхідні щоденні заняття.

3. Повторні навантаження в оздоровчому тренуванні дозволяються лише після цілковитого відновлення функцій. Спеціально проведеними дослідженнями встановлено, що оптимальна тривалість тренувального оздоровчого навантаження обмежується періодом, коли настає дискоординація в діяльності фізіологічних систем, які забезпечують м'язову роботу. Він характеризується зниженням ударного і хвилинного об'ємів крові, зменшенням споживання кисню, досягненням максимального рівня частоти ударів серця залежно від віку тощо. Тривалість фази оптимального функціонування киснево-транспортної системи становить 50-75% max тривалості виконуваних навантажень. Подібні дослідження дали змогу графічно зобразити залежність між інтенсивністю та обсягом навантаження на одному занятті.

Тривалість основного періоду визначається особливостями отримання тренувального ефекту навіть до досягнення належних значень функціональних резервів для кожної групи людей відповідного віку і статі. Потужність, обсяг і характер вправ також індивідуалізуються залежно від рівня функціонального стану, віку.

У підтримуючому періоді фізичні вправи застосовуються з метою подальшого вдосконалення фізичного стану. Тривалість цього періоду довільна, а перерви у заняттях не повинні перевищувати 1-2 місяці. Отже, за наявності інформації про функціональні можливості людини (функціональний клас, рівень фізичного стану чи соматичного здоров'я) можна регламентувати інтенсивність, обсяг, кратність занять, їх зміст, а також визначити їх структуру, тобто сформулювати конкретну програму оздоровчого тренування.

Контроль адекватності й ефективності оздоровчого тренування

Розрізняють три форми контролю оздоровчого тренування: оперативний, поточний та поетапний.

Завдання *оперативного контролю* полягають в оцінці впливу занять на організм того, хто займається фізичними вправами. Він здійснюється в процесі спостережень на занятті або відразу після нього.

Поточний контроль здійснюється з метою оцінки поточного стану здоров'я фізкультурника і проводиться після одного-двох мікроциклів для того, щоб одержати інформацію про наявність тренувального ефекту чи ознак неадекватності. *Етапний контроль* закономірно завершує макроцикл або його періоди. Складність методичних підходів зростає від експрес (оперативного) до етапного контролю, який здійснюється, як правило в рамках чергового щорічного огляду під час загальної диспансеризації.

При здійсненні оперативного експрес-контролю з урахуванням суб'єктивних відчуттів розрізняють три типи реакцій на тренувальне навантаження — фізіологічну, "пограничну", патологічну.

Фізіологічна реакція має такі характеристики:

— під час тренування зберігається відчуття можливості посилення інтенсивності навантаження; частота серцевих скорочень перебуває в межах значень, установлених для даного індивіда, зберігається більш ритмічне дихання, є бажання продовжувати заняття;

— добре самопочуття відразу після тренування, відчуття "м'язової радості",

ЧСС протягом 3 хв стає нижче 120 ударів за 1 хв;

— у перерві між тренувальними заняттями відчуття втоми зберігається не більше як 2 год; виникає бажання знову тренуватися. Через 2 год після закінчення вправ та водних процедур частота пульсу не перевищує 80 ударів за 1 хв; локальна втома зберігається не більш як 12 год, ортостатична реакція пульсу не більш як 12 ударів за 1 хв.

Погранична (на межі норми і патології) реакція:

— відчуття граничного навантаження під час тренування, збільшення звичайної частоти дихання з прискоренням його фаз; неприємні відчуття чи болі в грудях, які зникають при зниженні інтенсивності навантаження;

— відчуття пригніченості після тренування, частота пульсу через 3 хв після вправ більша, як 120 ударів за 1 хв., виникнення болю і неприємних відчуттів навіть при навантаженнях малої інтенсивності;

— у перерві між тренуваннями відчуття втоми зберігається більш як 2 год після занять, зниження інтересу до них і порушення сну; зниження апетиту: частота пульсу більш як 80 ударів за 1 хв зберігається протягом 12 год після тренувального заняття, а локальна втома зберігається 25 годин. Ортостатична реакція пульсу 13-19 ударів за 1 хв.

Патологічна реакція:

— порушення координації, блідість, біль у грудях, порушення ритму серця;

— після тренування частота пульсу протягом 3 хв перевищує 140 ударів за 1 хв, виникають тривалі болі в грудях, відчуття сильної втоми тощо;

— між тренуваннями з'являються відразу до них, кволість, порушується сон, зникає апетит, відчуття загальної втоми залишається більш як 12 год після заняття, причому частота пульсу перевищує 80 ударів за 1 хв, зниження стійкості до звичайного навантаження; ортостатична реакція пульсу 20 і більше ударів за 1 хв.

Проводячи оздоровче фізичне тренування, потрібно пам'ятати, що заняття фізичною культурою в молодому віці в основному спрямовані на удосконалення фізичної підготовки і фізичного розвитку, забезпечення психофізичної готовності до трудової і навчальної діяльності, профілактики захворювань, які звичайно можуть розвиватися у більш старшому віці тощо.

Фізичні вправи в середньому віці спрямовані передусім на зміцнення здоров'я і профілактику захворювань, підвищення загальної та професійної працездатності, подовження трудового, активного періоду життя, попередження передчасного старіння.

У старшому і похилому віці фізична культура сприяє збереженню здоров'я і активного довголіття, уповільненню інволюційних процесів, попередженню прогресування хронічних захворювань та ускладнень.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть основні протипоказання до занять оздоровчою фізичною культурою.
2. Охарактеризуйте принципи, методи та засоби занять оздоровчим тренуванням.
3. Охарактеризуйте підходи щодо дозування в оздоровчому тренуванні.

4. Назвіть основні види контролю у оздоровчій фізичній культурі.
5. Охарактеризуйте нормальні фізіологічні реакції на оздоровче фізичне навантаження.
6. Опишіть пограничну реакцію на оздоровче фізичне навантаження.
7. Дайте характеристику патологічної реакції на оздоровче фізичне навантаження.

6.4. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛЮДЕЙ ЛІТНЬОГО ВІКУ ПІД ЧАС ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНИМИ ВПРАВАМИ

Зміни дихальної системи в процесі старіння

Чим зумовлене зниження кардіореспіраторної витривалості з віком з точки зору фізіології? Частково це пов'язане з погіршенням функції легень, котрі з віком зазнають значних змін. Починаючи з 20-30-річного віку відбувається лінійне зниження життєвої ємності легень (ЖЄЛ - максимальний об'єм повітря, що видихається після максимального вдиху), а також об'єм повітря, видихуваного з силою за 1 с (об'єм повітря, видихуваний протягом першої секунди після максимального вдиху). Водночас залишковий об'єм (ЗО - об'єм повітря, що залишається після закінчення максимального видиху) збільшується, а загальна ємність легень не змінюється. Внаслідок цього збільшується відношення залишкового об'єму до загальної ємності легень (ЗО : ЗЄЛ), котре свідчить, що може відбутися обмін меншої кількості повітря. Оразу після 20 років залишковий об'єм становить 18-22 % загальної ємності легень, до 50 років він збільшується до 30 % і більше. *На це негативно впливає паління.*

Таким змінам відповідають зміни максимальної вентиляції при виснажливому фізичному навантаженні. Максимальна експіраторна вентиляція ($V_{\text{Емакс}}$ — максимальний об'єм повітря, видихуваний за 1 хв) зростає до досягнення фізичної зрілості і потім з віком знижується. У чоловіків $V_{\text{Емакс}}$ становить у середньому близько 40 л/хв у віці 4-6 років, збільшується до 110-140 л/хв у зрілому віці і знижується до 60-80 л/хв у віці 60-70 років. Подібна структура характерна і для жіночого організму за винятком того, що абсолютні показники у жінок нижчі, очевидно, внаслідок менших розмірів тіла.

Подібні зміни функції легенів у фізично малоактивних чоловіків і жінок, мабуть, зумовлені рядом чинників. Найважливіший з них — втрата або зниження з віком еластичності легеневої тканини та грудної клітки, що призводить до збільшення обсягу роботи при диханні. Малорухливість грудної клітки, очевидно, є головною причиною погіршення функції легенів. Разом з тим, незважаючи на всі ці зміни, легені як і раніше мають великий резерв та зберігають адекватну дифузійну здатність, що забезпечує докладання максимального зусилля.

Тренування, спрямоване на розвиток витривалості у середньому та літньому віці, знижує ступінь погіршення еластичності легень і грудної клітки. В результаті цього у літніх атлетів, які займаються циклічними видами

фізичних вправ, легенева вентиляція лише трохи знижена. Знижений рівень аеробних спроможностей у цих фізкультурників не є результатом змін зовнішнього дихання. Окрім того, при значному фізичному навантаженні як фізично активні люди, так і спортсмени-ветерани можуть досягати майже максимального (97 %) насичення киснем артеріальної крові. Таким чином, ні зміни у легенях, ні зміни киснетранспортної здатності крові не є причиною зниження $\dot{V}O_2 \max$ у літніх людей, що займаються фізичними вправами.

Найвірогідніше це пов'язано з транспортом кисню до м'язів. У літніх людей нижча $AVP-O_2$ порівняно з молодими людьми внаслідок того, що їхні м'язи добувають менше кисню.

Зміни функції серцево-судинної системи з віком

Однією з найсуттєвіших змін внаслідок процесу старіння є зниження $ЧСС_{\max}$. Якщо у дітей вона нерідко перевищує 200 уд./хв., то у 60-літніх людей вона становить близько 160 уд./хв. За оцінками $ЧСС_{\max}$ знижується менше ніж на 1 уд./хв. за рік. Середню $ЧСС_{\max}$ у людини будь-якого віку можна визначити за такою формулою:

$$ЧСС_{\max} = 220 - \text{вік.}$$

Зниження $ЧСС_{\max}$ з віком однакове як у малорухливих, так і в добре підготовлених людей. Наприклад, $ЧСС_{\max}$ у 50-річних фізично активних чоловіків така сама, як у колишніх бігунів на довгі дистанції такого ж віку, котрі продовжують займатися оздоровчою фізичною культурою. Зменшення $ЧСС_{\max}$ очевидно, викликане морфологічними та електрофізіологічними змінами у системі серцевої провідності, особливо у синусно-передсердному вузлі та пучку Гісса, котрі можуть сповільнювати серцеву провідність. Окрім того, має місце знижена регуляція β -рецепторів серця, що зменшує його чутливість до стимуляції катехоламінами.

Однак ця формула дозволяє визначити тільки середній показник для даного віку. Індивідуальні показники можуть коливатися у межах ± 20 уд./хв і більше. Наприклад, згідно з наведеною вище формулою, $ЧСС_{\max}$ у 60-річної людини становить 160 уд./хв однак дійсний показник може досягати або 140, або 180 уд./хв.

З віком зменшуються також максимальний систолічний об'єм та серцевий викид. Як показали дослідження, що проводилися за участю бігунів на довгі дистанції, зменшене $\dot{V}O_2 \max$ у літніх людей було зумовлене зниженням максимального серцевого викиду, незважаючи на те, що об'єм серця у літніх спортсменів майже такий самий, як у молодих. Зменшення систолічного об'єму у літніх спортсменів пояснюється головним чином підвищенням периферичного опору. Разом з тим порівняно з малорухливими чоловіками такого ж віку у цих літніх спортсменів $\dot{V}O_2 \max$ було набагато вищим внаслідок більшого систолічного об'єму і, отже, — більшого максимального серцевого викиду.

Систолічний об'єм мало змінюється у людей середнього та літнього віку, які продовжують інтенсивно тренуватися. Розмір серця у фізкультурників похилого віку, які займаються спортивним орієнтуванням, був майже таким самим, як у молодших людей, які займаються циклічними видами спорту.

Кінцево-діастолічний об'єм лівого шлуночка у тренуваних літніх людей значно більший, ніж у чоловіків, які ведуть малорухливий спосіб життя одного з ними віку і з такими ж розмірами тіла. Це свідчить про те, що з віком у літніх людей систолічний об'єм мало змінюється, хоча й поступається об'єму, характерному для організму більш молодих спортсменів.

Периферичний кровотік, зокрема в ділянці ніг з віком знижується, навіть незважаючи на те, що щільність капілярів може не змінюватися. Результати показують, що у спортсменів середнього віку кровопостачання працюючих м'язів за даної інтенсивності роботи на 10-15 % нижча, ніж у добре підготовлених молодих спортсменів. Однак знижене кровопостачання м'язів ніг у бігунів на довгі дистанції середнього віку компенсується вищою АВР-О₂ (м'язи добувають більше кисню). Внаслідок цього, незважаючи на різний ступінь кровопостачання працюючих м'язів, утилізація ними кисню при даній субмаксимальній інтенсивності роботи виявляється однаковою у спортсменів обох вікових груп. Чому ж тоді з віком знижуються серцевий викид та VO₂ max? Можливо, процес старіння викликає підвищення периферичного опору судин. З віком артерії та артеріоли втрачають еластичність та здатність розширюватися. Це призводить до підвищення їх периферичного опору і, відповідно, вищого тиску крові як у спокої, так і при виконанні фізичного навантаження. Хоча у літніх спортсменів середній артеріальний тиск трохи нижчий, ніж у більшості чоловіків, які ведуть малорухливий спосіб життя, периферичний тиск у них усе ж вищий, ніж у молодших спортсменів, що обмежує їхній систолічний об'єм крові.

Таким чином, поступове зменшення максимального серцевого викиду та споживання кисню у літніх спортсменів-ветеранів є результатом погіршення насосної здатності серця та зниження периферичного кровотоку. Досить важко визначити, чи є вікове зниження систолічного об'єму, серцевого викиду та периферичного кровотоку результатом процесу старіння чи зниженням функції серцево-судинної системи внаслідок меншої рухової активності. Результати останніх досліджень показують вплив і того, і іншого. Безсумнівно, спортсмени-ветерани тренуються менше, ніж 20-річні спортсмени. Процес старіння меншою мірою знижує функцію дихальної та серцево-судинної систем і витривалість, ніж саме погіршення фізичного стану внаслідок бездіяльності або зниження рівня м'язової діяльності.

Зниження VO₂ max з віком і в результаті фізичної бездіяльності в основному зумовлене зниженням ЧСС_{МАКС}, максимального систолічного об'єму та АВР-О₂. Зменшення ЧСС_{МАКС}, в основному, є результатом зниження активності симпатичної нервової системи та зміни системи провідності серця. Зменшення систолічного об'єму викликане, головним чином, підвищеним загальним периферичним опором судин внаслідок зниженої з віком еластичності артерій, а також скоротливої здатності лівого шлуночка. Зниження АВР-О₂ пов'язане зі зниженим кровопостачанням активних м'язів, очевидно, внаслідок зменшеного серцевого викиду (менше ЧСС та систолічний об'єм, тому має бути зменшений і серцевий викид).

Таким чином, зменшення витривалості, аеробних спроможностей та

функції серцево-судинної системи, очевидно, насамперед зумовлені зниженою руховою активністю, а не процесом старіння. Знижений рівень рухової активності, збільшення маси тіла та вікові зміни діяльності дихальної та серцево-судинної систем зумовлюють зниження $\dot{V}O_2 \max$ у чоловіків на 10 % за кожні 10 років, починаючи з 25-річного віку. Якщо склад тіла та рівень рухової активності не змінюються, то $\dot{V}O_2 \max$ зменшується у процесі старіння усього на 5 % за 10 років. Є дані, що у спортсменів-ветеранів, які тренуються з такою ж інтенсивністю і у такому ж обсязі, як і молоді спортсмени, рівень аеробних спроможностей знижується усього на 1-2 % за 10 років до віку 50 років. Пізніше, у віці 55-65 років, зниження функції серцево-судинної системи зумовлене меншою максимальною частотою серцевих скорочень.

Зміни силових якостей з віком

Рівень сили, необхідний для здійснення повсякденної діяльності, не змінюється протягом усього життя. Разом з тим рівень максимальної сили, що перевищує рівень сили, необхідної для здійснення повсякденної діяльності, з віком поступово знижується. Наприклад, здатність вставати з положення сидячи погіршується у віці 50 років, а у 80 років деякі люди не в змозі цього зробити. Літні люди, як правило, можуть виконувати роботу, що потребує невеликих м'язових зусиль.

Вікове зниження силових якостей зумовлене головним чином значним зменшенням м'язової маси внаслідок процесу старіння або зниженого рівня, рухової активності. У літніх людей, які ведуть малорухливий спосіб життя, спостерігається значне зменшення м'язової маси та збільшення кількості підшкірного жиру.

Результати досліджень впливу процесу старіння на склад повільно скоротних (ПС) та швидкісноскоротних (ШС) волокон досить протирічні. Результати досліджень чотирьохгодового м'яза у померлих обстежуваних у віці 15-83 роки свідчать, що тип волокон не змінюється протягом усього життя. Це ж саме підтвердили дослідження за участю молодих та літніх спортсменів. Водночас вимірювання, проведені в одних і тих же обстежуваних з інтервалом у 18 років, показують, що кількість та інтенсивність фізичних занять можуть відігравати важливу роль у перерозподілі з віком типу м'язових волокон. Проби, взяті з литкового м'яза за допомогою пункційної біопсії у групи найсильніших бігунів на довгі дистанції у 1974 та 1992 роках, показали, що при збереженні інтенсивності та тривалості навантаження склад м'язових волокон не змінюється протягом 18-річного періоду. Разом з цим при зниженні рівня м'язової діяльності або припинення занять взагалі частка ПС волокон збільшується. Хоча вплив процесу старіння на склад м'язових волокон ще недостатньо з'ясований, вважається, що у фізично активних людей також з віком збільшується частка ПС волокон. Ці дані вказують, що стимулювання м'язів (їхньої активності) відіграє важливу роль у розподілі типу волокон з віком.

Припускають, що збільшення кількості ПС волокон, очевидно, викликане скороченням ШС волокон, внаслідок чого частка перших зростає. Неясно також, чим викликане скорочення числа ШС волокон. Припускають, що з віком

зменшується кількість швидкокоротних моторних нейронів, внаслідок чого порушується іннервація цих волокон. Неіннервовані м'язові волокна поступово атрофуються та абсорбуються організмом.

Результати багатьох досліджень показують зменшення кількості та розмірів м'язових волокон з віком. Після 50 років загальне число м'язових волокон скорочується на 10 % кожних 10 років. Це частково може пояснити виникнення м'язової атрофії з віком. Окрім того, у процесі старіння зменшується розмір як ПС, так і ШС волокон. Цьому протидіють фізичні тренування.

Дослідження показують також, що процес старіння супроводжується значними змінами здатності нервової системи опрацьовувати інформацію та активувати м'язи. З віком сповільнюється виконання простих та складних рухів, разом з тим фізично активні літні люди виконують ці рухи лише трохи повільніше, ніж молоді.

Силові спроможності з віком зменшуються у результаті зниження рівня рухової активності та об'єму м'язової маси. Останнє зумовлене, головним чином, зниженим білковим синтезом внаслідок процесу старіння та скорочення числа швидкокоротних рухових одиниць.

Ці нервово-м'язові зміни у процесі старіння, принаймні частково, зумовлюють зниження силових спроможностей та витривалості. Разом з тим активне заняття спортом зменшує ступінь впливу процесу старіння на ці перемінні. Це не означає, звичайно, що регулярні фізичні тренування можуть зупинити процес біологічного старіння, вони можуть лише зменшити численні негативні впливи на фізичну працездатність.

Кількість капілярів на одиницю площі однакова у молодих та літніх бігунів на довгі дистанції. Активність окиснювальних ферментів у м'язах літніх спортсменів, які займаються циклічними видами спорту, усього на 10-15 % нижча, ніж у молодих спортсменів. Таким чином, окиснювальна здатність скелетного м'яза у літніх спортсменів, які займаються циклічними видами спорту, лише ненабагато нижча, ніж у молодих сильних бігунів. Це свідчить про те, що процес старіння незначно впливає на адаптацію скелетного м'яза до навантажень, спрямованих на розвиток витривалості.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як змінюється діяльність серцево-судинної системи з віком? Як ці зміни впливають на $\text{VO}_2 \text{max}$?
2. Як змінюється діяльність дихальної системи у процесі старіння? Що відбувається з ЖЄЛ, $V_{\text{Емакс}}$?
3. Розказати, як з віком змінюються ЧСС_{МАКС}.
4. Як впливають фізичні навантаження на цей взаємозв'язок?
5. Як впливає старіння на максимальний систолічний об'єм та максимальний серцевий викид? Чим можна пояснити ці зміни?
6. Які зміни відбуваються з віком у м'язовій системі? Як вони впливають на спортивні результати?
7. Як фізичні тренування змінюють фізіологічну природу процесу старіння?

8. Як впливають на склад тіла процес старіння та фізичні навантаження?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6.

1. Апанасенко Г. А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. - СПб: МГП «Петрополис», 1992. - 125 с.
2. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медична валеологія. – К.: Здоров'я, 1998. – 245 с.
3. Апанасенко Г.Л., Михайлович С.О. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. – Ужгород: УжНУ, 2004. – 144 с.
4. Бальсевич В.К., Запорожанов В.Л. Физическая активность человека. - К.: Здоров'я, 1987.
5. Булич Э.Г. Физическая культура и здоровье. – М.: Знание, 1981.
6. Булич Э.Г., Муравов И.В. Здоровье человека: Биологическая основа жизнедеятельности и двигательная активность в её стимуляции. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
7. Вайнбаум Я.С. Дозирование физических нагрузок. - М.: Просвещение, 1991. – 64 с.
8. Вілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. – К.: Олімп. літ-ра, 2003.
9. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1985. – 384.
10. Милнер Е.Г. Медико-биологические основы оздоровительной физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 112 с.
11. Пирогова Е.А. Совершенствование физического состояния человека. – К.: Здоров'я, 1989. – 238 с.
12. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека. - К.: Здоров'я, 1986. - 152с.
13. Плахтій П.Д., Зубаль М.В., Мисів В.М. Біологічні основи фізичного виховання студентів. – Кам'янець-Подільський: ПП. Буйницький О.А., 2008. –232с.
14. Ровний А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Льїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
15. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. – М.: Олимпия Прес, 2005. – 528 с.
16. Спортивная медицина. / Под рею В.Л.Карпмана. – М.: Физкультура и спорт, 1988.
17. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. - М.: Медицина, 1991. – 272 с.
18. Теория и методика физического воспитания. В 2-х томах. - Т.1. / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
19. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – К.: Олимп. лит-ра, 1997.
20. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 224 с.
21. Чижик В.В. Оздоровча фізична культура в умовах проживання на радіоактивно забруднених територіях. – Луцьк: Вежа, 2000. – 198 с.

ЧАСТИНА II
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторна робота № 1.

ОЦІНКА РІВНЯ ФІЗИЧНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ ЗА БАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ КОНТРОЛЮ "КОНТРЕКС-2".

Мета роботи: дослідити рівень фізичного стану організму комплексним методом.

Обладнання: медичні ваги, тонометр, сходинок, лінійка, гімнастичний килим, секундомір.

Література:

1. Апанасенко Г. А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. - СПб: МГП «Петрополис», 1992. - 125 с.
2. Пирогова Е.А. Совершенствование физического состояний человека. - К.: Здоров'я, 1989. – 168 с.
3. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

Хід роботи:

Для комплексної оцінки функціональних можливостей серцево-судинної системи і фізичної підготовки обстежуваних на практиці використовують бальну систему контролю КОНТРЕКС-2 (Душанин С.А., 1978).

КОНТРЕКС-2 - комплексна діагностична система, яка рекомендована для поточного лікарняно-педагогічного контролю. За її допомогою можна визначити не тільки рівень, але й структуру фізичної підготовки. Вона характеризується простотою і надійністю, її можна використовувати для індивідуального та взаємоконтролю під час самостійних занять фізичними вправами.

Система бальної оцінки складається з одинадцяти показників: п'ять з них медичні: вік, маса тіла, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, відновлюваність пульсу; а шість - моторних: гнучкість, швидкість, динамічна сила, швидкісна, швидкісно-силова та загальна витривалість.

Тестування:

1. Вік. кожен рік життя дає один бал. Наприклад, для віку 20 років нараховують 20 балів.

2. Маса тіла. Дослідження показують майже пряму залежність між надлишком маси тіла та ранньою смертністю. Нормальна маса тіла (НМТ) оцінюється у 30 балів. Норму розраховують за наступними формулами:

$$НМТ \text{ чоловіків} = 50 + (\text{зріст} - 150) \times 0,75 + \text{вік} - 21/4$$

$$НМТ \text{ жінок} = 50 + (\text{зріст} - 150) \times 0,32 + \text{вік} - 21/5$$

Наприклад, нормальна маса тіла для чоловіка 37 років, росту 178 см, а масою тіла – 80 кг складає:

$$50 + (178 - 150) \times 0,75 + 37 - 21/4 = 75 \text{ кг}$$

за перебільшення вікової норми на 5 кг із загальної суми балів віднімають $5 \times 5 = 25$ балів.

3. Артеріальний тиск. Нормальний артеріальний тиск оцінюється у 30 балів. За кожні 5 мм рт. ст. систолічного або діастолічного об'єму вище розрахункових величин із загальної суми віднімається 5 балів. Нормальний артеріальний тиск визначається за формулами:

для чоловіків: $AT_{\text{сист.}} = 109 + 0,5 \times \text{вік} + 0,1 \times \text{маса тіла}$;

$AT_{\text{діаст.}} = 74 + 0,1 \times \text{вік} + 0,15 \times \text{маса тіла}$.

для жінок: $AT_{\text{сист.}} = 102 + 0,7 \times \text{вік} + 0,15 \times \text{маса тіла}$;

$AT_{\text{діаст.}} = 78 + 0,17 \times \text{вік} + 0,1 \times \text{маса тіла}$.

Наприклад, для чоловіка 50 років з масою тіла 85 кг артеріальний тиск складає 150/90 мм рт. ст., а вікова норма систолічного тиску дорівнює:

$109 + 0,5 \times 50 + 0,1 \times 85 = 142,5$ мм рт.ст.

норма діастолічного тиску дорівнює:

$74 + 0,1 \times 50 + 0,15 \times 85 = 92$ мм рт.ст.

при перебільшенні норми систолічного тиску на 7 мм рт.ст. із загальної суми віднімається 5 балів.

4. Пульс у спокої. За кожний удар менше 90 нараховується 1 бал.

Наприклад, пульс 70 за 1 хвилину дає 20 балів. При пульсі 90 ударів і більше бали не нараховуються.

5. Гнучкість. Оцінюється так: стоячи на сходинці з прямими у колінах ногами, виконується нахил уперед із торканням позначки нижче і вище нульової точки, яка знаходиться на рівні стоп, із збереженням пози не менше 2 с. За торкання пальцями позначки вікової норми нараховується 1 бал, а кожний сантиметр більше норми теж оцінюється у 1 бал. За невиконання нормативу бали не нараховуються. Тест проводиться тричі підряд і зараховується кращий результат.

Наприклад, чоловік 50 років при нахилі торкнувся позначки 8 см нижче нульової точки. Норматив для чоловіків 50 років складає 6 см. За виконання нормативу нараховується 1 бал і за перевищення норми на 2 см - ще 2 бали, що в загальному складає 3 бали.

6. Швидкість. Це здатність людини миттєво реагувати на зовнішні подразники і виконувати швидкі рухи. Оцінюється "естафетним" тестом за швидкістю утримання сильнішою рукою лінійки, що падає. Сильніша рука із розпрямленими пальцями (ребром долоні донизу) простягнута уперед. Помічник встановлює лінійку паралельно долоні обстежуваного на відстані 1-2 см нульова позначка лінійки знаходиться на рівні нижче краю долоні. Після команди "увага" помічник, за проміжок часу у 5 с повинен опустити лінійку. Обстежуваний якомога скоріше повинен схопити лінійку. Вимірюють відстань у см від нижчого краю долоні до нульової точки на лінійці. За виконання вікового нормативу і за кожний см менше норми нараховується 2 бали. Тест проводять тричі підряд і зараховують кращий результат.

Наприклад, чоловік 50 років під час тестування показав результат у 17 см, що краще ніж віковий норматив на 4 см. За виконання норми нараховується 2 бали, а за його перебільшення - $4 \times 2 = 8$ балів. Загальна сума складає 10 балів.

7. Динамічна сила. Сила, як рухова характеристика, показує здатність людини долати зовнішній опір (динамічна сила) і протидіяти прояву зовнішніх сил м'язовою напругою (статична сила). Динамічна сила оцінюється максимальною висотою стрибка уверх з місця. Виконання тесту: встати боком до стіни, на якій вертикально закріплена шкала (лінійка до 1 м). Не відриваючи п'ят від підлоги, обстежуваний, якомога вище, торкається шкали більш

активною рукою. Потім відходить від стіни на відстань 15-30 см, стрибає з місця уверх, відштовхуючись двома ногами, і більш активною рукою торкається шкали якомога вище. Різниця між значеннями першого і другого торкання характеризує висоту стрибка. За виконання нормативу і за кожний сантиметр його перевищення нараховується по 2 бали. Виконується тест тричі, зараховується найкращий результат.

Наприклад, у чоловіка 50 років результат дорівнює 40 см, це перевищує вікову норму на 5 см. За виконання нормативу нараховується 2 бали, за його перевищення - $52=10$ балів. Загальна сума на тест складає $10+2=12$.

8. Швидкісна витривалість. Підраховується максимальна кількість піднятих під прямим кутом ніг із положення лежачи на спині за 20 с. За виконання норми і за кожне піднімання, що перевищує норму, нараховується по 3 бали.

Якщо чоловік 50 років за 20 с 15 разів підняв ноги, що перевищує вікову норму на 4, то за виконання нормативу нараховують 3 бали, за перевищення- $4-3=12$ балів. Загалом 15 балів.

9. Швидкісно-силова витривалість. Вимірюється максимальна кількість згинань рук за 30с, коли обстежуваний спирається руками на підлогу. Жінки виконують тест із положення на колінах. За виконання нормативу і за кожне згинання, що його перевищує, нараховується по 4 бали. Мінімальна кількість балів, яка може бути набраною за тест, складає 0 балів. Тест рекомендується для осіб, що займаються фізичними вправами.

10. Загальна витривалість. Загальна витривалість - це здатність до тривалого виконання м'язової роботи аеробного характеру з участю багатьох м'язових груп. На заняттях груповою формою рівень розвитку загальної витривалості оцінюється за допомогою бігу на 2000 м для чоловіків і на 1700 м для жінок. Контроль - нормативний час, який наведено в таблиці. За виконання нормативного часу нараховується 30 балів і за кожні 10 с менше цього часу - 15 балів. За кожні 10с більше вікового нормативу від 30 балів віднімають 5. Мінімальна кількість балів за тест складає 0.

Після 6 тижнів занять фізичними вправами загальна витривалість оцінюється за результатами 10-хвилинного бігу на найдовшу відстань. За виконання нормативу нараховується 30 балів і за кожні 50 м дистанції, що перевищують цю величину - 15 балів. За кожні 50 м менше вікового нормативу від 30 балів віднімають 5 балів. Мінімальна кількість балів, що набрана за тест, складає 0.

Наприклад, у чоловіка 50 років результат 10-хвилинного бігу склав 1700 м, що менше вікової норми на 150 м. Тому загальна сума балів склала - $30-15=15$ балів.

Тест рекомендовано для осіб, що займаються фізичними вправами.

Особи, які вперше почали займатися фізичними вправами, або ті, що займаються не більше 6 тижнів, можуть визначити цей фізичний показник непрямим способом: виконання вправ на розвиток витривалості (біг, плавання, заїзди на велосипеді, веслування, біг на лижах або ковзанах) 5 разів за тиждень з терміном 10 хвилин із ЧСС = 170 - вік у роках (максимально можливий пульс

складає: 185 - вік у роках) дає 30 балів; 4 рази на тиждень - 25 балів; 3 рази на тиждень - 20 балів, 2 рази на тиждень - 10 балів, 1 раз - 5 балів. Невиконання вправ або недотримання вище зазначених умов, що стосуються пульсу і тренувальних засобів, оцінюються у 0 балів. За виконання ранкової гімнастики бали не нараховуються.

Таблиця 1.

**Нормативи рухових тестів для оцінки основних фізичних якостей
(В.А.Романенко, 2005) (фрагмент)**

Вік	Гнучкість см		Швидкість м		Динам. сила, см		Швид. витрив. к-сть		Швид.- силова витривалість, к-сть		Загальна витривалість			
	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	Ч	ж	10 хв біг, м	2000 хв		1700
												Ч	ж	
19	9	10	13	15	51	41	18	15	28	21	3000	2065	7.00	8.43
20	9	10	13	15	52	40	18	15	27	20	2900	2010	7.10	8.56
21	9	11	14	16	53	38	17	14	26	19	2800	1960	7.20	9.13
22	9	10	14	16	53	38	17	14	26	19	2750	1970	7.30	9.23
23	8	9	14	16	52	37	17	14	26	19	2700	1875	7.40	9.36

11. Відновлення пульсу. Для осіб, які почали займатися після 5 хвилин відпочинку в положенні сидячи вимірюють пульс за 1 хвилину, потім пропонують зробити 20 глибоких присідань за 40 с і знову сісти. Через 2 хвилини знову вимірюють ЧСС за 20 с і результат переводять у хвилину. Відповідність ЧСС вихідній величині (до навантаження) оцінюється у 30 балів, перевищення пульсу на 10 ударів - 20 балів, на 15 ударів - 10 балів, на 20 ударів - 5 балів, більше 20 ударів - із загального добутку віднімають 10 балів.

Практичне завдання: оцінити рівень фізичної підготовки власного організму за проведеними дослідженнями, керуючись оціночною таблицею 2:

Таблиця 2.

Рівні фізичного стану організму (Душанин С.А., 1978)

Рівень	Загальна кількість балів
Низький	Менше 50
Нижче середнього	51-90
Середній	91-160
Вище середнього	161-250
Високий	250 і більше

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Що таке система КОНТРЕКС-2?
2. Показники яких фізіологічних систем покладено в основу дослідження за системою КОНТРЕКС-2 ?
3. Що таке сила, витривалість, швидкість, гнучкість?
4. Які ще існують експрес-методи визначення фізичного стану організму?

Лабораторна робота №2

ЗМІНА КРОВООБІГУ І ДИХАННЯ ПІСЛЯ ВПРАВ МАКСИМАЛЬНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Мета роботи: простежити вплив швидкісного бігу на частоту пульсу,

кров'яний тиск та інтенсивність дихання,

Обладнання: секундомір, метроном, тонометр, спірометр, розчин етилового спирту.

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
3. Левитський П.М. Лабораторні заняття з фізіології фізичних вправ та спорту. – К: Вища школа, 1972. – 103 с.

Максимальна інтенсивність рухів характеризується найвищим темпом і швидкістю, які визначаються лабільністю моторних центрів кори великих півкуль головного мозку і м'язового апарату. Вегетативні функції встигають мобілізуватися. Найвищий темп, без кисневий режим, нагромадження молочної кислоти спричиняють швидку втому центральної нервової системи. Під час раптового припинення рухів максимальної інтенсивності кров під дією сили тяжіння може ринути в розширені судини ніг, тоді кров'яний тиск знижується до нуля, порушується кровопостачання мозку. Це призводить до непритомності – гравітаційного шоку. Для запобігання шоківі необхідно, щоб після фінішу продовжувати рухи в уповільненому темпі, глибоко дихаючи, тоді відновлення відбудеться швидше – за 5-40 хв.

Хід роботи:

Проводять п'ять студентів - один обстежуваний, а четверо спостерігають за функціями його організму. Перший спостерігач вимірює частоту пульсу. Для більш точного дослідження він кладе ліву руку обстежуваного на стіл поряд із секундоміром, бере папір та олівець. Лівою рукою промацує пульс в зап'ястку, а правою ставить, рисочки, які відповідають пульсовим поштовхам, на папері протягом 10 с. Другий спостерігач визначає кров'яний тиск, надіваючи манжету тонометра на праву руку обстежуваного. Підвищуючи тиск у манжеті, визначає момент, що відповідає зникненню пульсу (систоличний, або максимальний, тиск). Повільно випускаючи повітря з манжети, знаходить момент появи пульсу, умовно приймає його за діастоличний. Насправді цей тиск вищий від діастоличного на 5-10 мм рт. ст. Якщо умови досліду дають змогу, можна визначити кров'яний тиск за Коротковим, знаходячи в ліктювій ямці місце чіткої пульсації та ставлячи в це місце фонендоскоп. Дослідження треба проводити швидко, щоб перетискання плеча не змінювало серцевої діяльності.

У манжеті створюють тиск, вищий від максимального. При поступовому його зниженні до максимального з'являється тон, який згладжується і в період діастоличного тиску зникає.

Третій спостерігач визначає частоту дихання обстежуваного. Для цього він кладе ліву руку на грудну клітку обстежуваного в ділянці діафрагми, а правою бере олівець і, дивлячись на секундомір, ставить протягом 10 с рисочки, що відповідають кожному дихальному руху (вдихові і видихові).

Четвертий спостерігач визначає хвилинний об'єм дихання (ХОД) за

допомогою спірометра, попередньо зробити дезінфекцію мундштука розчином етилового спирту. Обстежуваного підводять до стола, на якому лежить секундомір і два листочки паперу. Один студент, який перебуває ліворуч, записує частоту пульсу, а той, що стоїть праворуч, — частоту дихання. Одночасно з цими дослідженнями третій студент визначає кров'яний тиск, і четвертий — легеневу вентиляцію. Після закінчення дослідження в стані спокою трубку від'єднують від тонометра і вставляють за край манжети (щоб не заважала під час бігу).

Пускають метроном з ритмом 240 ударів за хвилину. Обстежуваному треба пояснити, що він повинен по командах ставати в позу низького старту і бігти, високо піднімаючи коліна з енергійним поштовхом у ритмі метронома. Через 15 с обстежуваний закінчує біг і підходить до стола. Перший спостерігач реєструє пульс, другий - частоту дихання, третій визначає кров'яний тиск, четвертий - хвилинний об'єм дихання. Через 3 хв відпочинку повторюють ті самі дослідження, крім хвилинного об'єму дихання. Добуті результати заносять до таблиці за загальною формою.

Поділивши хвилинний об'єм на кількість дихальних рухів, визначають глибину дихання, або дихальний об'єм. Дуже важливим показником гемодинаміки є систолічний та хвилинний об'єм крові, їх можна обчислити за формулою:

$$CO = 100 + 0,5 \times ПТ - 0,6 \times ДТ - 0,6 В.$$

де CO - систолічний об'єм;

ПТ - пульсовий тиск;

ДТ - діастолічний тиск;

В - вік.

Хвилинний об'єм крові дорівнює добуткові систолічного об'єму на частоту пульсу. Одному із студентів треба доручити зібрати результати в усіх студентських групах курсу і підготувати повідомлення про фізіологічні особливості вправ максимальної інтенсивності.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чим характеризуються вправи максимальної інтенсивності?
2. Як і чому змінюється кровообіг після бігу максимальної інтенсивності?
3. Як змінюються дихання і кисневий режим організму під час рухів максимальної інтенсивності?
4. Що є причиною втоми організму в процесі швидкісного бігу?
5. Які особливості відновного періоду після швидкісного бігу?
6. Що таке гравітаційний шок і як йому запобігти?

Лабораторна робота №3.

ЗМІНА КРОВООБІГУ І ДИХАННЯ ПІД ЧАС ВПРАВ СУБМАКСИМАЛЬНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Мета роботи: вивчення впливу фізичного навантаження субмаксимальної інтенсивності на частоту пульсу, кров'яний тиск та інтенсивність дихання.

Обладнання: те саме, що й для попередньої роботи.

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
3. Левитський П.М. Лабораторні заняття з фізіології фізичних вправ та спорту. – К: Вища школа, 1972. – 103 с.

До циклічних вправ субмаксимальної (нижче максимальної) інтенсивності належать середні дистанції у спорті. Вони характеризуються темпом швидкісних рухів, граничним для витривалості центральної нервової системи і рухового апарата. Вегетативні функції значно збільшуються, але не досягають граничних величин і відстають від високого ритму рухів. В організмі виникає гранична за своєю абсолютною величиною киснева заборгованість, у результаті анаеробних процесів нагромаджується велика кількість молочної кислоти (до 250 мг%), лужний резерв крові зменшується на 40-60 % порівняно з вихідним. Під час руху виникають «мертва точка» і «друге дихання». Відновлення триває 1-2 год. Вправи розвивають швидкісну витривалість, і важкими для підлітків, мало тренуваних осіб та літніх людей, тому їх слід застосовувати обережно, з врахуванням функціональних можливостей тих, що навчаються.

Хід роботи

Проводиться так само, як і попередній дослід, чотирма студентами і в тій же послідовності. Обстежуваному дають відпочити 10 хв, потім вимірюють пульс, кров'яний тиск, частоту дихання і хвилинний об'єм дихання (ХОД). Дослідження можуть проводити також два студенти: один підраховує пульс і одночасно визначає кров'яний тиск, другий — підраховує дихальні рухи і визначає хвилинний об'єм дихання. Обстежуваний повинен бігти з високого старту на місці 3 хв в ритмі 200 ударів метронома за 1 хв. Після припинення бігу в нього повторно досліджують ті самі функції, що й у стані спокою, крім хвилинного об'єму дихання. Після 5 хв відпочинку повторюють дослідження усіх функцій.

Перший студент лічить пульс, другий визначає кров'яний тиск, третій — частоту дихання, четвертий вивчає хвилинний об'єм дихання, п'ятий вимірює температуру тіла і стежить за загальним порядком дослідження. Коли проведено всі дослідження в стані спокою, обстежуваний біжить з високого старту в ритмі 140-160 ударів за хвилину на місці або в спортзалі протягом 15 хв. На останній хвилині він прискорює біг (фінішний спурт). Відразу ж після закінчення бігу йому дають 10 хв для відпочинку, потім вимірюють температуру тіла і одночасно досліджують частоту пульсу та дихання, кров'яний тиск і хвилинний об'єм дихання. Після 10 хв відпочинку досліджують ті самі функції. Враховують дихальний об'єм, систолічний та хвилинний об'єми крові (див. попередню роботу).

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Охарактеризуйте фізичні вправи за циклічністю їх виконання?
2. Які різновиди циклічних вправ існують?

3. Що являється основним енергетичним джерелом для виконання вправ з максимальною, субмаксимальною потужністю?

Лабораторна робота №4.

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДСТАРТОВИХ РЕАКЦІЙ ЗА ДИНАМІКОЮ ЧСС

Мета роботи: експериментально проаналізувати вплив стартових команд на реакції ЧСС. Проаналізувати вплив рухової діяльності на результати реакцій ЧСС.

Студенти повинні знати види передстартових реакцій і механізми їх утворення, вміти аналізувати отримані результати.

Обладнання: секундомір.

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.

Потужність майбутньої роботи є тільки одним із факторів, що визначають характер передстартових реакцій (ПР). Ступінь прояву їх залежить також від умов, у яких очікується старт, стану спортсмена, типу його вищої нервової діяльності. ПР можуть проявлятися у трьох формах: стану бойової готовності, передстартової лихоманки і передстартової апатії.

У стані *бойової готовності* відбувається оптимальне підвищення збудливості ЦНС і збільшення рухливості нервових процесів. Це забезпечує відповідні зсуви у функціональному стані рухового апарату і вегетативних систем організму. Цей стан є найефективнішою формою ПР, що забезпечує найкращу працездатність у майбутній діяльності.

Передстартова лихоманка характеризується надмірно сильними процесами збудження у ЦНС, що викликає значні зміни усіх функцій організму. Порушення здатності до диференціювань може призвести до ряду тактичних помилок, зниження спортивного результату (фальстарт, надмірно високий темп на початку дистанції та ін.). Вегетативні зсуви надмірно великі. Частішання ЧСС, підвищення температури тіла, концентрації глюкози у крові досягають дуже високих значень. Організм витрачає багато енергії в очікуванні старту, у зв'язку з чим працездатність знижується.

Передстартова апатія характеризується переважанням гальмівних процесів у ЦНС. Зміни вегетативних функцій виражені мало. Наприклад, вміст глюкози у крові іноді стає навіть нижчим за вихідний рівень, а вміст молочної кислоти підвищується. Передстартова апатія може виникати у разі очікування зустрічі з сильнішим суперником, перенесення старту на пізніший час. Цей стан супроводжується зниженням збудження у нервових центрах і відповідними змінами у функціональному стані всіх систем організму. Передстартова апатія негативно впливає на результат. Лише у деяких випадках спортсмени успішно виступають на змаганнях. Це зумовлено швидким зняттям гальмівного стану на початку роботи в результаті потужного потоку імпульсів, які надходять до ЦНС

від працюючих м'язів.

Ступінь і форма ПР залежать від ряду факторів. Тренованість збільшує стійкість нервової системи до різних подразників, що діють на організм в очікуванні старту. Крім того, повторні виступи на змаганнях дозволяють правильно оцінювати спроможності свої і суперників. Тип вищої нервової діяльності також суттєво впливає на ПР. У неврівноважених осіб із переважанням гальмівних процесів ПР звичайно відбуваються за типом стартової лихоманки.

ПР можна регулювати шляхом управління емоціями під час очікування старту. Дуже важливо правильно організувати відпочинок у дні і години, що передують спортивним змаганням. Для збереження працездатності у цей час рекомендується переключення на інший вид діяльності. Тривале перебування перед стартом в місці змагань може негативно вплинути особливо на осіб, які легко збуджуються.

Одним із важливих заходів регулювання ПР є розминка. Якщо у передстартовому стані переважають гальмівні процеси, то розминка може зменшити чи зовсім зняти це гальмування. У разі переважання процесів збудження, розминка, підсилюючи процеси збудження в руховій зоні, сприяє ослабленню його в інших центрах, внаслідок чого відновлюється оптимальне співвідношення між процесами збудження і гальмування у ЦНС.

Масаж, який проводиться незадовго перед стартом, може регулювати ПР, підсилюючи потік аферентних імпульсів від рецепторів рухового апарату і шкіри. Масаж діє так само як розминка. Приблизно такий самий механізм дії глибокого дихання в очікуванні старту.

Хід роботи:

Створюється ситуація змагання за рахунок подачі попередніх команд: "Приготуватися!", "На старт!", "Увага!", які йдуть одна за одною з інтервалом 10 с. Двом випробовуваним пропонують пробігти щонайшвидше до гімнастичних булав, розміщених на відстані 5 м від старту, взяти їх і повернутися назад. Пульс підраховується пальпаторно в стані спокою після кожної команди й після змагального навантаження. Результати заносять до протоколу (таблиця 3). Звертають увагу на умовно-рефлекторне збільшення ЧСС на мовні сигнали, на зв'язок динаміки пульсу й результату в бігу.

Таблиця 3.

Протокол реєстрації зміни ЧСС

П.І.П.	Спорт. спеціалізація	Частота пульсу				після виконання навантаження
		у спокої	при подачі команд			
			«Приготуватися!»	«На старт!»	«Увага!»	

Зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яка фізіологічна природа передстартового стану?
2. Які бувають передстартові стани і які фактори зумовлюють перевагу того чи

- іншого типу передстартового стану?
3. Який стан передстартової лихоманки?
 4. Який стан бойової готовності?
 5. Як можна регулювати передстартовий стан?

Лабораторна робота №5.

ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ ТА ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМ ПІД ЧАС РОЗМИНКИ

Мета роботи: проаналізувати динаміку фізіологічних показників після бігу на місці без розминки й мобілізацію функцій після розминки.

Студенти повинні знати фізіологічний ефект дії розминки, вміти аналізувати отримані дані.

Обладнання: секундомір, тонометр, фонендоскоп, спірометр.

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.

Розминка є комплексом загальнорозвивальних, підготовчих і спеціальних вправ, який спрямований на підготовку всіх систем організму до наступного фізичного навантаження. Перша частина розминки (загальна) спрямована на підготовку опорно-рухового апарату й мобілізації серцево-судинної та дихальної систем до навантаження. Спеціальна частина розминки забезпечує підготовку певних ланок рухового апарату й створеної в ЦНС рухової програми на наступну роботу. Важливим питанням є тривалість розминки та інтервал часу з моменту припинення розминки до початку старту.

Хід роботи

В обстежуваного у стані спокою визначають: ЧСС, АТ, ЧД, ЖЄЛ. Потім обстежуваний виконує біг на місці в максимальному темпі протягом 15с. Під час бігу підраховують кількість крокових циклів. Після бігу повторно визначають усі показники. При відновленні пульсу до початкової величини досліджуваний виконує розминку (3 хвилини бігу і 2 хвилини загальнорозвивальних вправ). Після розминки визначають усі показники, і досліджуваний знову виконує 15-секундний біг на місці в максимальному темпі. Знімають показники після навантаження. Усі дані заносяться в протокол (таблиця 4), аналізують і роблять висновки.

Таблиця 4.

Протокол реєстрації зміни фізіологічних показників

Показники	У спокої	Біг на місці	Після бігу	Після розминки	Біг на місці	Після бігу
ЧСС						
АТ						
ЧД						
ЖЄЛ						

Зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які основні завдання вирішує розминка?
2. Які існують складові частини розминки?
3. Які фізіологічні і метаболічні процеси відбуваються під час розминки?
4. Які особливості проведення розминки за високої та низької температури?

Лабораторна робота №6.

ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ ТА ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМ ПІД ЧАС ВПРАЦЬОВУВАННЯ

Мета роботи: проаналізувати процес впрацьовування серцево-судинної, дихальної систем при дозованому велоергометричному навантаженні.

Студенти повинні знати закономірності перебігу впрацьовування, вміти, аналізувати отримані результати.

Обладнання: спірометр, тонометр, велоергометр (велотренажер).

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.

Хід роботи

Впрацьовування - це фізіологічний процес поступового підвищення активності систем організму до нового рівня функціонування. Цей процес проходить нерівномірно й гетерохронно в перші хвилини спортивної діяльності. Розминка прискорює процес впрацьовування.

У обстежуваного в спокої визначають ЧСС, АТ, ЧД, ЖЄЛ. Потім, залежно від спеціалізації і кваліфікації спортсмена, йому пропонують виконати дозоване навантаження великої потужності протягом 10 хвилин на велоергометрі. У процесі виконання навантаження визначають усі показники на 1, 3, 5, 7, 10 хвилинах. Результат заносять у протокол (таблиця 5), аналізують і роблять висновки.

Таблиця 5.

Протокол реєстрації динаміки фізіологічних змін

Показники	У спокої	У динаміці навантаження					Після бігу
		1 хв.	3 хв.	5 хв.	7 хв.	10 хв.	
ЧСС							
АТ							
ЧД							
ЖЄЛ							

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте стан впрацьовування?
2. З лекційного курсу згадайте відмінності між справжнім та хибним стійким станами основної роботи.
3. Які фізіологічні характеристики справжнього стійкого стану?

4. Які фізіологічні характеристики хибного стійкого стану?

Лабораторна робота № 7.

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВІДНОВЛЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА ІНДЕКСОМ ГАРВАРДСЬКОГО СТЕП-ТЕСТУ

Мета роботи: ознайомити з поняттям фізичної працездатності, характеру відновлення за цим індексом та способи їх оцінювання.

Обладнання: секундомір, сходинка розміром 50 x 40 см, метроном.

Література:

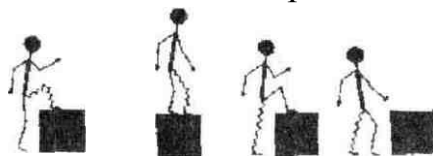
1. Апанасенко Г. А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. - СПб: МГП «Петрополис», 1992. - 125 с.
2. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека / Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страшко Н.П. – К.: Здоров'я, 1986. – 152 с.
3. Круцевич Т.Ю. Воробйов М.І., Безверхня Г.В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді. – К.: Олімпійська література, 2011. – 224 с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

Хід роботи

Фізичну працездатність визначають за зміною та відновленням пульсу при дозованому навантаженні. Цей спосіб ґрунтується на тому, що збільшення ЧСС в певних межах відповідає інтенсивності фізичної роботи. Тривалість відновлення ЧСС свідчить про працездатність організму.

До тестів на відновлення відносяться різні варіанти тесту зі сходинкою (step-test).

Сутність гарвардського степ-тесту у підйомах на сходинку висотою 50 см для чоловіків і 43 см для жінок протягом 5 хвилин у заданому темпі. Темп руху постійний і дорівнює 30 циклам за хвилину. Кожен цикл складається з чотирьох кроків. Темп задається метрономом або за командою викладача - 120 ударів за хвилину. За командою "раз" обстежуваний ставить ногу на сходинку, "два" - стає на неї обома ногами і випрямляється, "три" - опускає на підлогу ту ногу, з якої починав вихід, і "чотири" - стає на підлогу обома ногами і приймає вертикальне положення. Вихід рекомендується починати з однієї і тієї ж самої ноги. За 5 хвилин можна кілька разів змінювати ногу. (Мал 1.).



Мал. 1 «Степ-тесту» з однією сходинкою

Якщо обстежуваний стомлюється і відстає від ритму на 20 секунд, дослідження припиняється, і фіксується час виконаної роботи.

Після завершення тесту обстежуваний сідає на стілець і на першій половині другої хвилини (A_1), на першій половині третьої хвилини (A_2) і на першій

половині четвертої хвилини (A_3) за 30 секунд підраховує свій пульс.

Фізичну працездатність або індекс гарвардського степ-тесту (ІГСТ) обчислюють за формулою:

$$\text{ІГСТ} = ((\text{час піднімання в секундах}) \times 100) : ((A_1 + A_2 + A_3) \times 2),$$

Наприклад, якщо ЧСС обстежуваного на другій хвилині виконаної роботи була 62, на третій - 57, на четвертій - 56 і працював піддослідний п'ять хвилин, тобто 300 секунд, то

$$\text{ІГСТ} = (300 \times 100) : ((62 + 57 + 56) \times 2) = 85,7$$

Критерії оцінки відновлення працездатності за результатами гарвардського степ-тесту наведені в таблиці 6. (В.Л.Карпман, 1988).

Таблиця 6.

Оціночні дані відновлення працездатності

Оцінка	ІГСТ
Висока	>90
Вище середньої	80-89,9
Середня	65-79,9
Нижче середньої	55-64,9
Низька	<55

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке фізична працездатність?
2. Якими способами можна визначити фізичну працездатність організму?
3. Як можна підвищити фізичну працездатність?
4. За якими фізіологічними характеристиками можна судити за відновленням працездатності?

Лабораторна роботи №8.

ОЦІНКА ТЕРМІНОВИХ РЕАКЦІЙ НА ФІЗИЧНІ ВПРАВИ РІЗНОГО ХАРАКТЕРУ

Мета роботи: навчитися давати оцінку терміновим реакціям організму на фізичне навантаження різного характеру.

Обладнання: секундомір, тонометр.

Література:

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.

Хід роботи

Із числа студентів для випробування вибирають чотирьох обстежуваних. У станів спокою у всіх реєструють ЧСС, ЧД, і АТ.

Два студенти виконують біг на місці протягом 3 хв. Одразу після навантаження у кожного обстежуваного реєструють ЧСС, ЧД і АД і ті самі показники на четвертій хвилині відновлення.

Два інших студенти виконують вправу статичного характеру — утримання кута в упорі — протягом максимально можливого часу. Одразу після завер-

шення навантаження, а також на четвертій хвилині відновного періоду реєструють всі показники. Одержані результати вносять до таблиць 7 і 8.

Таблиця 7.

Оцінка термінових фізіологічних реакцій на фізичне навантаження динамічного характеру

П.І.П	Стан спокою			Навантаження динамічного характеру			4-та хвилина відновлення		
	ЧСС	ЧД	АТ	ЧСС	ЧД	АТ	ЧСС	ЧД	АТ

Таблиця 8.

Оцінка термінових фізіологічних реакцій на фізичне навантаження статичного характеру

П.І.П	Стан спокою			Навантаження динамічного характеру			4-та хвилина відновлення		
	ЧСС	ЧД	АТ	ЧСС	ЧД	АТ	ЧСС	ЧД	АТ

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під поняттям "термінова адаптація"?
2. У чому полягає суть адаптаційного синдрому за Г. Сельє ?
3. Які ознаки стадії тривоги і резистентності?
4. У яких випадках виникає стадія виснаження і як запобігти її виникненню?
5. Які особливості прояву термінової адаптації під час фізичних навантажень динамічного і статичного характеру?

Лабораторна робота №9.

ОЦІНКА ДОВГОЧАСНОЇ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ ДО ТРЕНУВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА ПОКАЗНИКОМ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Мета роботи: навчитися давати оцінку довгочасної адаптації організму людини до тренувальних навантажень.

Обладнання: тонометр, секундомір, ростомір, медичні ваги.

Література

1. Ровний А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
2. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.

Хід роботи

Методика оцінки адаптаційного потенціалу (АП), запропонована Р.Баєвським, дає змогу оцінити фізичне здоров'я людини. "Розплата" за адаптацію, що виходить за межі резервних спроможностей спортсмена, призводить до порушення адаптаційного механізму і появи стійких патологіч-

них змін.

Для оцінки АП вимірюється рівень АТ і ЧСС. За формулою визначається числове значення показника.

$$AP = 0,011 \cdot ЧСС + 0,014 \cdot AT_{\text{сист.}} + 0,008 \cdot AT_{\text{діаст.}} + 0,014 \cdot B + 0,009 \cdot m - 0,009 \cdot h - 0,27;$$

де ЧСС — частота серцевих скорочень за 1 хв;

$AT_{\text{сист.}}$ і $AT_{\text{діаст.}}$ — відповідно систолічний і діастолічний артеріальний тиск;

B — вік, роки;

m — маса тіла, кг;

h — зріст, см.

Для оцінки АП використовують дані, представлені у таблиці 9.

Таблиця 9.

Оцінка значення адаптаційного потенціалу

Адаптаційний потенціал, бали	Характер адаптації	Характеристика рівня функціонального стану
Менше 2,1	Задовільна	Високі чи достатні функціональні спроможності організму
2,11-3,2	Напруженість механізмів адаптації	Достатні функціональні спроможності забезпечуються за рахунок функціональних резервів
3,21-4,3	Незадовільна	Зниження функціональних спроможностей організму
Більше 4,3	Зрив адаптації	Різка зниження функціональних спроможностей організму

Тестування

Із числа студентів вибирають кількох обстежуваних із різним рівнем тренуваності. У кожного з них вимірюють ЧСС, АТ_{сист.} і АТ_{діаст.} За наданою в теоретичному вступі до заняття формулою розраховують значення АП для кожного обстежуваного. Одержані дані заносять до таблиці 10.

Таблиця 10.

Дослідження рівня функціонального стану

Обстежуваний	Показник				Рівень функціонального стану
	ЧСС, уд/хв	АТ сист.	АТ діаст.	АП	

Порівнюють показники АП усіх обстежуваних і роблять висновки про рівень функціонального стану відповідно до використовуваних у тренувальному процесі фізичних навантажень.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під поняттям «довгочасна адаптація»?
2. Яка роль тренувальних ефектів у виникненні довгочасних адаптаційних змін?
3. Які основні механізми виникнення довгочасної адаптації?
4. Яку роль відіграють функціональні резерви у довгочасних адаптаційних змінах?
5. Про що свідчить показник АП під час занять фізичними вправами?

Лабораторна робота № 10

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ ДІТЕЙ І ПІДЛІТКІВ

Мета роботи: Ознайомитися з методиками антропометричних досліджень: соматометрією, фізіометрією, соматоскопією. Навчитися давати оцінку фізичному розвитку дітей та підлітків.

Обладнання: ростомір, ваги медичні, спірометр, сантиметрова стрічка, динамометр (становий та кистьовий).

Література

1. Апанасенко Г. Л. Фізичний розвиток дітей та підлітків. - К.: Здоров'я, 1985. – 59с.
2. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология. - М.: Высшая школа, 1985.
3. Маруненко І.М. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. - К.: Професіонал. 2004.
4. Рожков І.М., Спринь О.Б., Голяка С.К. Вікова фізіологія. Методичні вказівки. – Миколаїв: МДУ ім. В.О.Сухомлинського, 2009.

Організм людини - це складна ієрархічно організована система систем органів, яка забезпечує зв'язок з зовнішнім середовищем, підтримку гомеостазу та формування цілісної поведінки.

Збереження гомеостазу - сталого внутрішнього середовища - є абсолютно необхідною умовою існування будь-якого багатоклітинного організму.

Клітина - це структурна одиниця нашого організму, яка, в свою чергу, має надзвичайно складну будову і організацію. Сукупність клітин, які подібні за походженням, будовою та функцією, утворюють тканину. Розрізняють 4 основних типи тканин: сполучна, епітеліальна (покривна), м'язова та нервова. Кожна з них має певні властивості і виконує специфічні функції. Тканини утворюють органи, які складаються з кількох видів тканин, але одна з них завжди переважає і зумовлює головну функцію органу. Органи, які разом виконують певну функцію, утворюють систему органів (наприклад, дихальна, травна та ін.).

Тимчасове об'єднання різних органів і систем, спрямоване на виконання якоїсь одної функції в даний момент, називають *функціональною системою*. Цей рівень організації вищий, ніж системний, але нижчий, ніж організменний.

Клітини кожного організму безпосередньо не контактують із зовнішнім середовищем, вони омиваються кров'ю, лімфою, тканинною рідиною. Це і є внутрішнє середовище, сталий склад якого підтримується завдяки процесам саморегуляції. *Саморегуляція* - властивість біологічних систем підтримувати різноманітні фізіологічні та біохімічні показники на сталому рівні (температура, артеріальний тиск, склад крові та ін.).

Саморегуляція забезпечується нервовою та гуморальною регуляцією, які тісно пов'язані між собою і об'єднують організм в одне ціле. завдяки чому він стає значно стійкішим до змін внутрішнього і зовнішнього середовищ.

Серед інших загально-біологічних властивостей живої матерії важливе місце займають процеси росту та розвитку. Процес розвитку протікає стрибкоподібно, і в різні періоди життя відбуваються не тільки кількісні, але і

якісні зміни. Розвиток організму в широкому розумінні - це підвищення рівня складності в організації і взаємодії всіх його систем. Розвиток включає в себе три основних процеси: ріст, диференціацію органів і тканин та формування (надбання організмом властивих йому форм).

До найважливіших закономірностей росту та розвитку дітей відносять нерівномірність та безперервність росту і розвитку, гетерохронність і явище випереджуючого дозрівання життєво важливих функціональних систем.

В процесі індивідуального розвитку окремі органи і системи дозрівають поступово і завершують свій розвиток в різному віці. Це і зумовлює особливості функціонування організму дітей в різні вікові періоди.

Кожний віковий період характеризується своїми специфічними особливостями. Період від одного вікового етапу до наступного позначають як переломний етап індивідуального розвитку, або критичний період. Тривалість окремих вікових періодів може змінюватись за часом у окремих людей в залежності від цілого ряду факторів - соціальних, генетичних, екологічних. способу життя та ін. Дуже впливає на це стан здоров'я людини – хвороба. Вона може значно прискорювати хід біологічного годинника і скорочувати тривалість всіх періодів, тому формування і збереження здоров'я - одна з найважливіших задач вихователя, вчителя та тренера.

Хід роботи:

Завдання 1. Визначити показники фізичного розвитку.

1. Вагово-зростовий індекс (ВЗІ)

$ВЗІ = \text{Вага (г)} : \text{Зріст (см)}$

Вікові норми: юнаки: 300-325 г/см; дівчата: 305-325 г/см; чоловіки: 300-340 г/см; жінки: 325-375 г/см

2. Життєвий індекс (ЖІ)

$ЖІ = \text{ЖЄЛ (мл)} : \text{Вага (г)}$

Вікові норми: юнаки: 50-60 мл/г; дівчата: 50-54 мл/г; чоловіки: 60-65 мл/г; жінки: 55-60 мл/г.

3. Силовий індекс кисті (СІК)

$СІК = \text{Сила кисті (кг)} : \text{Вага (кг)} \times 100 \%$

Вікові норми: юнаки та дівчата: 65-75%; чоловіки та жінки: 50-60 %.

4. Індекс пропорційності розвитку (ІПР)

$ІПР = \text{ОГК (спокій, см)} : \text{Зріст (см)} \times 100 \%$

Вікові норми: Для всіх 50-55%

Дати оцінку фізичного розвитку за даними антропометрії та розрахункових показників.

Завдання 2. Аналіз фізичного розвитку дітей та підлітків.

За індивідуальними антропометричними картками проаналізувати фізичний розвиток декількох школярів одного віку. Результати оформити в зошиті у вигляді таблиці та графіку (див. зразок).

Як приклад, визначимо рівень фізичного розвитку трьох хлопчиків у віці 14 років:

- в графу А записати індивідуальні дані школярів з картки;

- в графу М занести середньостатистичні параметри для даної вікової

групи, в графу σ - середньоквадратичне відхилення (значення M та σ взяти з таблиці 3);

- в графу B записати фактичне відхилення від середньостатистичних значень для кожного обстежуваного, яке визначається шляхом віднімання від індивідуальних показників (A) середньостатистичного значення (M):

$$B_1 = A_1 - M \text{ і т.д.};$$

- в графу G записати сигмальне відхилення для кожного обстежуваного, яке обчислюється шляхом ділення фактичного відхилення (B) на середньоквадратичне відхилення відповідного параметра (σ):

$$G_1 = B_1/\sigma \text{ і т.д.};$$

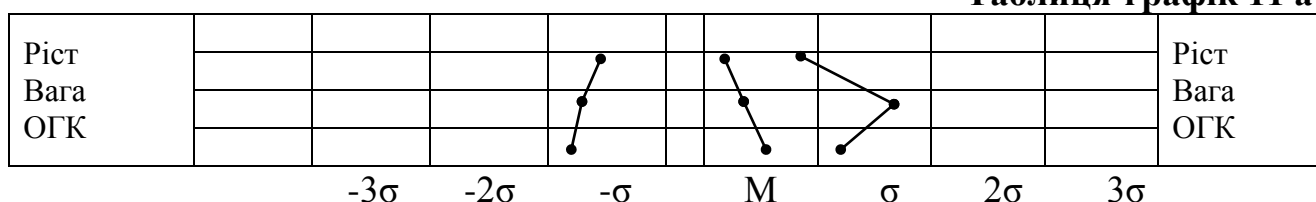
- отримані значення G перенести в таблицю-графік 11, побудувати три профілі фізичного розвитку;

- зробити висновок про ступінь фізичного розвитку обстежуваних дітей, його гармонійність.

Таблиця 11

Параметри	№	A	M	σ	B	G
Ріст	1.	172	164,7	7,65	7,3	0,95
	2.	161			-3,7	-0,48
	3.	166			1,3	0,17
Вага	1.	65	53,8	5,84	11,2	1,92
	2.	50			-3,8	-0,65
	3.	56			2,2	0,38
ОГК	1.	87	81,0	5,2	6,0	1,12
	2.	77			-4,0	-0,77
	3.	84			3,0	0,58

Таблиця-графік 11 а



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Організм людини як єдине ціле.
2. Гомеостаз і регуляція функцій в організмі.
3. Вікова періодизація.
4. Дати визначення понять: фізичний та психічний розвиток.
5. Вимоги до соматометричного методу оцінки фізичного розвитку.
6. Оцінка розвитку за даними антропометрії.
7. Гармонійний і дисгармонійний розвиток.

Лабораторна робота № 11.

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ РУХОВИХ НАВИЧОК ТА УПРАВЛІННЯ РУХАМИ

Мета роботи: навчитися досліджувати здатність людини відтворювати величини м'язового зусилля.

Обладнання: кистьовий і становий динамометри, аркуш паперу, ручка, таблиця «Локалізація функцій у корі головного мозку».

Література

1. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
2. Левитський П.М. Лабораторні заняття з фізіології фізичних вправ та спорту. – К: Вища школа, 1972. – 103 с.

Хід роботи

Фізіологічною основою рухових навичок є система закріплених позитивних і негативних рухових умовних рефлексів. Це динамічний стереотип рухів, який пов'язується з відповідними змінами вегетативних функцій організму. У процесі утворення рухових навичок істотне значення має слово, мова вчителя, його пояснення. Слово створює уявлення про рух, пускає в хід м'язову діяльність і спричинює зміни вегетативних функцій, допомагає точніше виконати всі рухи в цілому та їх окремі компоненти, сприяє усуненню помилок.

Завдання 1. Дослідження здатності людини до відтворення заданої величини м'язового зусилля за відсутності зорового аналізатора

Із числа студентів вибирають чотири-п'ять обстежуваних, одного реєстратора величини зусиль, секретаря для ведення протоколу досліду.

Обстежувані спочатку по черзі стискають з максимальною силою кистьовий динамометр чи розтягують становий динамометр. Потім кожним із обстежуваних виконується під контролем зору зусилля, що становить 25 % максимального. У наступних трьох-чотирьох спробах обстежувані намагаються відтворити таке зусилля без зорового контролю. Результати кожної спроби доводяться до їхнього відома. Потім обстежувані відтворюють зусилля 50 % максимального під контролем зору. Після цього в трьох-чотирьох спробах перевіряється їх здатність до відтворення даного зусилля без зорового контролю. Результати кожної спроби доводяться до відома іспитованих.

Одержані дані заносять до таблиці 12, роблять висновки.

Таблиця 12.

Величини заданих і дійсних зусиль під час стискання обстежуваними кистьового (розтягуванні станового) динамометра

П.І.П.	25% від макс.	Величина дійсного зусилля			50% від макс.	Величина дійсного зусилля		
		1 спроба	2 спроба	3 спроба		1 спроба	2 спроба	3 спроба

Завдання 2. Відновлення (без участі зору) амплітуди рухів за Є.П.Ільїним. Графічний варіант методики.

Для виконання даного тесту необхідний листок паперу та олівець. Обстежуваний спочатку малює п'ять однакових ліній до обмежувача довжиною

10-20 мм, а потім п'ять ліній без обмежувача із завданням намалювати їх такої ж довжини. Потім він малює п'ять ліній до обмежувача довжиною 45-60 мм, після чого робить п'ять аналогічних рухів, але вже без обмежувача (обмежувачем може бути лінійка, дерев'яний брусок).

Показник відновлення амплітуди рухів в певній мірі може характеризувати переважання того чи іншого нервового процесу та їх зрівноваженості. Якщо у всіх п'яти спробах при великій амплітуді та у всіх спробах при малій амплітуді спостерігаються “переводи”, тоді обстежуваного відносять до групи з переважанням збудження, якщо у всіх спробах при обох амплітудах спостерігаються “недоводи”, тоді обстежуваного відносять до групи з переважанням гальмування. Якщо ж у обстежуваного спостерігаються “переводи” при малій і “недоводи” при великій амплітуді, тоді його відносять до групи “зрівноважених”.

Таблиця 13.

Характеристика виконання завдання

Типологічні особливості	Число “переводів” та “недоводів”		Сума відхилень двох разом
	При великій амплітуді	При малій амплітуді	
1. Дуже велике переважання збудження	+5	+5	+51
2. Велике переважання збудження	+5	+4-1	+20
3. Незначний зсув у бік збудження	+5	+3-2; +2-3	+9
4. Зрівноваженість	+5; +4-1	-5	+1
5. Незначний зсув у бік гальмування	+3-2; +2-3	-5	-11
6. Велике переважання гальмування	+1-4; -5	-5	-24
7. Дуже велике переважання гальмування	-5	-5	-51

Для рангування обстежуваних за ступенем переважання одного з нервових процесів рекомендується шкала. Побудована на числі “переводів” та “недоводів”. Зробити висновок.

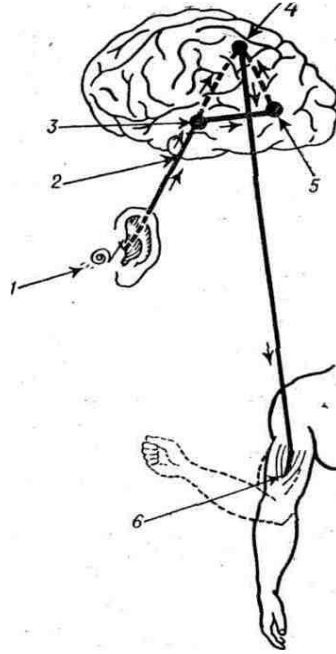
Завдання 3. Утворення позитивних і негативних умовних рефлексів

На прикладі простих рухів простежити, як у процесі навчання утворюються кіркові зв'язки. Досліди можна проводити на лекціях, лабораторних заняттях і у спортивному залі.

На лекціях і в лабораторії викладач дає настанову студентам тримати обидві руки на столах: за командою «Раз!» усім підняти передпліччя, не відриваючи ліктя від стола. За командою «Два!» — руку опустити. Потім пояснюючи будь-який навчальний матеріал (вчення про умовні рефлекси), через кожні півхвилини викладач дає команди «Раз!», «Два!» одночасно з будь-яким іншим сигналом (стуком указкою або рукою по столу, сплеском у долоні). П'яти подібних тренувань достатньо для утворення рухових умовних рефлексів на поєднуваний зі словом сигнал. На шостий раз достатньо тільки одного стуку, щоб усі студенти підняли руку, по другому — опустили її.

Користуючись таблицею локалізації функцій у корі великих півкуль головного мозку, викладач пояснює утворення кіркових тимчасових зв'язків між слуховим центром мови, слуховим відділом першої сигнальної системи і

руховими центрами (що спричинюють підймання та опускання руки) (Мал. 2.).



Мал. 2. Схема утворення мовно-рухового умовного рефлексу:

1- слухові рецептори; 2 - слуховий нерв; 3 - центр слуху (перша сигнальна система); 4 - моторний центр руки і відцентровий шлях; 5 - слуховий центр мови (друга сигнальна система); 6 - двоголовий м'яз.

Якщо підймання руки за першим сигналом слід розцінювати як позитивний умовний рефлекс, при якому виникає збудження центра згинача, то опускання руки за другим сигналом можна розглядати як негативний умовний рефлекс, що призводить до процесу гальмування. Але їх в'язок разом може бути моделлю утворення динамічного стереотипу руху чи простої рухової навички. На цьому досліді легко показати диференційоване гальмування. Попередити студентів, щоб вони виконували одні тільки команди (без стуку). Через півхвилини додати команду «Раз!», а замість другої команди - дати умовний сигнал або супроводити команду «Два!» стуком. Багато хто із студентів опустить руку. Чому? Повторити дослід з одночасним стуком і командами, добитися диференціювання.

Подібні експерименти зручно проводити у спортивному залі або на майданчику. Вишикувати студентів, пояснити, що вони повинні за командою «Раз!» підняти руку або йогу, присісти тощо; за командою «Два!» — продовжувати рухатись у строю. Команди супроводжувати сплесками в долоні, стуками, суддівським свистком та ін.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називають руховою навичкою?
2. Яка фізіологічна природа рухової навички?
3. Які фізіологічні особливості стадій формування рухової навички?
4. Що називають динамічним стереотипом?
5. Принцип зворотного зв'язку за П.К.Анохіним.

Лабораторна робота №12.

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНО-ТИПОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СПОРТСМЕНІВ

Мета роботи: навчитись визначати індивідуально-типологічні властивості вищої нервової діяльності.

Обладнання: прилад нейродинамічних обстежень (ПНДО), комп'ютерна система «Діагност – 1».

Література

1. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. – Ін-т фізіології ім. О.О.Богомольця, Київ, 2006. – 395 с.
2. Макаренко М.В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності // Фізіол. Журн. – 1999. – Т45, №4. – С.125-131.

Хід роботи

Завдання 1. Визначення функціональної рухливості та сили нервових процесів у режимі “зворотного зв'язку”

Дається інструкція обстежуваному: “Швидко і вірно натискати на праву кнопку при появі на екрані червоного кольору (квадрату, назв тварин), а на ліву кнопку натискати лівою рукою при появі на екрані зеленого кольору (кола, назв рослин) при появі жовтого кольору (трикутнику, неживих предметів) жодної кнопки не натискати”.

Сенс режиму “зворотного зв'язку” полягає в тому, що при правильній відповіді швидкість подачі сигналів підвищується, тобто час експозиції автоматично зменшується на 0,02 с. Якщо обстежуваний здійснює помилкові реакції в цьому випадку час експозиції автоматично збільшується 0,02 с, а швидкість при цьому зменшується. Обстежуваного попереджують, що у ході виконання роботи темп подачі сигналів поступово буде збільшуватися, але необхідно намагатися як можна швидше та правильно виконувати і не припиняти роботи при високих швидкостях зміни сигналів. Пред'являється підряд 120 сигналів, після чого прилад автоматично зупиняється. Результатом тестування є час (в секундах) проходження та переробки заданих 120 сигналів, який висвітлюється на цифровому дисплеї приладу відразу після виконання завдання. При натисканні відповідних кнопок приладу на цифровому дисплеї послідовно висвічуються значення мінімальної експозиції, якої досягнув обстежуваний (t_{min}), час (в мс) виходу обстежуваного на мінімальну експозицію (t_{min}).

Показником індивідуального рівня функціональної рухливості нервових процесів являється величина мінімальної експозиції сигналу, якої обстежуваний досягає за час виконання тесту.

При визначенні сили нервових процесів у режимі “зворотного зв'язку” інструкція така ж, як і при визначенні рівня функціональної рухливості у цьому режимі. Відмінністю є лише те, що для виявлення рівня функціональної рухливості в режимі “зворотного зв'язку” задавалася кількість сигналів, а в даному випадку задається час роботи, а саме – 5 хвилин.

Таблиця 14.

**Шкала оцінювання функціональної рухливості нервових процесів
(за М.В.Макаренком)**

Види подразників	Високий рівень	Вищий від середнього	Середній рівень	Нижчий від середнього	Низький рівень
Предметні	≤54,0 с	54,1-60,4 с	60,5-69,1 с	69,2-75,9 с	≥76,0 с
Словесні	≤60,0 с	60,1-68,7 с	68,8-77,3 с	77,4-83,9 с	≥84,0 с

Таблиця 15.

**Шкала оцінювання сили нервових процесів (сигн. / за 5 хвилин)
(за М.В.Макаренком)**

Види подразників	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Предметні	≥850	785-849	678-784	631-677	≤630
Словесні	≥630	587-629	532-586	481-531	≤480

Завдання 2. Дослідження сили та функціональної рухливості нервових процесів (працездатність головного мозку) у режимі «нав'язаного ритму».

Пред'явлення подразників відбувається 30-секундними серіями. Темп подачі і експозиція пред'явлення випадкової послідовності сигналів протягом кожної серії залишаються незмінними. Всього пред'являються 10 (13) серій сигналів. Швидкість подачі збільшується поступово на 10 сигналів за хвилину в кожній наступній серії починаючи з 30 подразників в першій серії і закінчуючи 120 (150) подразниками в останній. Після закінчення кожної серії на цифровому індикаторі висвітлюється якість виконання завдання у вигляді кількості помилок і проценту помилкових реакцій.

Кількісним показником сили нервових процесів у режимі “нав'язаного ритму” є кількість помилок (у відсотках), що зробив обстежуваний за період виконання всіх серій роботи. Вважається, чим менший процент помилок, тим краща працездатність головного мозку, далі розраховується відсоток зроблених помилок на швидкостях пред'явлення від 30 до 150 подразників за хвилину.

Кількісним показником рівня функціональної рухливості нервових процесів у цьому режимі є гранично висока частота зміни сигналів на максимальній швидкості, при якій обстежуваний допускає не більше 5-5,5 % помилок.

Таблиця 16.

Шкала оцінювання СНП (за М.В.Макаренком)

Види подразників	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Назви предметів	≤3,7 %	3,8 – 6,7 %	6,8-9,0 %	9,1 – 12,4 %	≥12,5 %
Слова	≤10,1 %	10,2-14,4 %	14,5-20,7 %	20,8 –25,9 %	≥26,0 %

Таблиця 17.

Шкала оцінювання ФРНП (за М.В.Макаренком)

Види подразників	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Назви предметів	140	120-130	100-110	80-90	70
Слова	130	110-120	90-100	70-80	60

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Прилади для дослідження нейродинамічних показників.
2. Подразники, їх класифікація і характеристика.
3. В чому різниця між режимом “зворотного зв'язку” та режимом “нав'язаного ритму”?
4. Як ви вважаєте чому оцінюють СНП за відсотком зроблених помилок, а рівень ФРНП за серією в якій обстежуваний здійснив 5-5,5% помилок ?
5. Яку роль відіграють в успішності спортивної діяльності ФРНП та СНП?

Лабораторна робота № 13.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Мета роботи: визначити особливості функціонального стану кардіореспіраторної системи при фізичному навантаженні.

Обладнання: скакалка, метроном, спірометр, спирт, вата.

Література

1. Шмалей С.В. Диагностика здоровья. - Херсон, 1994.-206с.
2. Маліков М.В., Богдановська Н.В., Сватъєв А.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Запоріжжя: ЗДУ, 2006. – 227 с.
3. Мурза В.П., Архипов О.А., Хорошуха М.Ф. Спортивна медицина. – К.: Університет «Україна, 2007. – 249 с.»

Кровообіг - один з найважливіших фізіологічних процесів, який підтримує гомеостаз, забезпечує всім органам і клітинам організму необхідні для їх існування поживні речовини і кисень, видаляє вуглекислий газ та інші продукти обміну, забезпечує процеси імунологічного захисту, гуморальної регуляції фізіологічних функцій.

Частота серцевих скорочень (ЧСС) залежить від багатьох факторів, в тому числі, від статі людини, умов довкілля, функціонального стану, положення тіла. ЧСС вище у вертикальному положенні ніж у горизонтальному, зменшується з віком, підлягає добовим коливанням (біоритмам) Під час сну вона знижується на 3-7 ударів і більше, після їжі підвищується, особливо, якщо їжа багата на білки, що пов'язано із збільшенням кровопостачання до органів черевної порожнини. Температура оточуючого середовища впливає на ЧСС у лінійній залежності.

У спортсменів ЧСС у спокою нижче ніж у нетренованих людей і складає 50-55 ударів за хвилину. У спортсменів екстра-класу (марафонців-бігунів, лижників-гонщиків) ЧСС складає 30-35 уд./хв. Фізичне навантаження сприяє збільшенню ЧСС, що необхідно для забезпечення зростання хвилинного об'єму серця. Причому існує ряд закономірностей, які дозволяють використати цей показник як один з найважливіших при проведенні тестів на навантаження. Відмічається лінійна залежність між ЧСС і інтенсивністю роботи в межах 50-90% витривалості максимального навантаження. Але є індивідуальні різновиди,

які пов'язані із статтю, фізичною підготовленістю та умовами середовища.

Під час малих фізичних навантажень ЧСС спочатку значно збільшується, а потім поступово знижується до рівня, який зберігається протягом всієї роботи.

ЧСС збільшується пропорційно величині м'язової роботи. При навантаженні 1000 кг/хв ЧСС досягає 160-170 уд./хв, а при подальшому збільшенні навантаження серцеві скорочення прискорюються менше і поступово досягають максимальної величини 170-200 уд./хв. Подальше підвищення навантаження вже не супроводжується збільшенням ЧСС.

Слід зауважити, що робота серця при дуже значній частоті скорочень стає менш ефективною, тому що значно скорочується час наповнення шлуночків кров'ю і зменшується ударний об'єм.

Дихання – це єдиний процес, що виконується цілісним організмом і складається з трьох ланок:

а) зовнішнього дихання, тобто газообміну між зовнішнім середовищем і кров'ю легеневи́х капілярів;

б) переносу газів системою кровообігу;

в) внутрішнього дихання (тканинного), тобто газообміну між кров'ю та клітинами організму.

Працездатність людини визначається в основному тією кількістю кисню, що забрано із зовнішнього повітря в кров легеневи́х капілярів і забезпечує тканини і клітини. Дослідження функцій зовнішнього дихання разом із системою кровообігу дозволяє оцінити функціональний стан людини.

Об'єм легень під час вдиху не завжди однаковий. Об'єм повітря, який вдихується при звичайному вдиху і видихується при звичайному видиху, називається *дихальним повітрям (ДП)*.

Частота дихання (ЧД) - кількість дихань за 1 хвилину. Середня частота дихання у здорових осіб - 16-18 за хвилину. В умовах максимального навантаження ЧД збільшується до 40-60 за хвилину.

Глибина дихання (ДО) - об'єм повітря спокійного вдиху або видиху під час одного дихального циклу. Глибина дихання залежить від довжини тіла, маси тіла статі і функціонального стану людини. У здорових осіб ДО складає 300-800 мл.

Повітря, яке можна вдихнути після спокійного вдиху при максимальному зусиллі - *додатковий об'єм повітря*. Він складає близько 1,5 л повітря. А повітря, яке можна видихнути при найглибшому видиху (1,5л) - це *резервний об'єм повітря*. Дихальне, додаткове та резервне повітря становлять життєву ємність легень.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) - це найбільша кількість повітря, яку можна видихнути після найглибшого вдиху. Це один з основних показників фізичного розвитку людини. ЖЄЛ залежить від віку, статі, розміру тіла, розвитку дихальних м'язів, які особливо розвинені у тренуваних людей. В середньому ЖЄЛ складає у жінок - 2,5-4 л, а у чоловіків - 3,5-5 л. У добре тренуваних людей ЖЄЛ може становити, навіть до 7-8 л.

Хід роботи:

Завдання 1. Визначення індекса Руф'є та Руф'є – Діксона

Визначають пульс у сидячому положенні (P_1), Для цього обстежуваний сідає на стілець і п'ять хвилин знаходиться у стані розслаблення. ЧСС визначається шляхом підрахунків ударів на променевої артерії. Для цього два-три пальці однієї руки покласти на нижню третину передпліччя іншої руки. Підрахунки роблять за 15 секунд, а потім перераховують на хвилину.

Потім обстежуваний здійснює присідання 30 разів за 40 секунд, ще 5 секунд дається на знаходження пульсової точки і за 15 секунд до хвилини в стоячому стані підраховують пульс, значення якого переводить на ЧСС у хвилину (P_2).

Третій підрахунок пульсу роблять за останні 15 секунд першої хвилини після навантаження у стоячому стані (P_3).

Індекс Руф'є розраховують за формулою:

$$IP = (P_1 + P_2 + P_3 - 200) : 10.$$

Індекс Руф'є-Діксона розраховується за формулою:

$$IPD = ((P_2 - 70) + (P_3 - P_1)) : 10$$

Таблиця 18.

Функціональний стан серцево-судинної системи

оцінка	Показник ІР	Показник ІРД
1	15 і більше	10 і більше
2	10-15	8-10
3	6-10	6-8
4	3-6	3-6
5	3 і менше	2,9 і менше

Завдання 2. Функціональний індекс за Квергом

Методика включає комплексне навантаження, яке триває загалом 5 хвилин і складається з:

- 1) 30 присідань за 30 секунд,
- 2) максимальний біг на місці - 30 секунд,
- 3) біг на місці з частотою 150 кроків/хвилину - 3 хвилини,
- 4) підскоки із скакалкою - 1 хвилину.

Зразу ж після навантаження в сидячому положенні вимірюють ЧСС за 30 секунд (Π_1), другий показник ЧСС вимірюють через 2 хвилини (Π_2), а третій - через 4 хвилини (Π_3).

Індекс оцінюється за формулою:

$$(\text{тривалість навантаження (с)} \cdot 100) : (2 (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3)),$$

Таблиця 19.

Оцінка рівнів функціонального індексу Кверга

Рівень	Оціночний результат
Високий	105 і більше
Вище середнього	99-104
Середній	93-98
Нижче середнього	85-92
Низький	84 і менше

Завдання 3. Проба Штанге та Генче

За пробою Штанге вимірюють максимальний час затримки дихання (у

секундах) після глибокого вдиху. При цьому ротова порожнина і ніс повинні бути закритими. Випробування проробити не менше двох разів і взяти для оцінки найкращий результат.

Норми оцінювання: менше 40 секунд - погано, 40-60 секунд - середній показник, більше 60 секунд - добре.

За пробою Генче вимірюють час затримки дихання (у секундах) після видиху.

Випробування проробити не менше двох разів і взяти для оцінки найкращий результат. Оцінювання як і в попередньому випадку. Спортсмени високої кваліфікації затримують дихання - до 5 хвилин, а спортсменки - 1,5-2,5 хвилин. З покращенням фізичної підготовки в результаті адаптації до рухової гіпоксії час затримки збільшується, що свідчить про покращення фізичного стану організму.

Завдання 4. Індекс Скибінської

За допомогою комбінованого *тесту Скибінської* проводять оцінку кардіо-респіраторної системи за показниками вимірів ЖЄЛ та затримки дихання за пробою Штанге. Для розрахунків *індексу Скибінської* користуються формулою: $IS = (ЖЄЛ : 100 \text{ затримка дихання (с)}) : ЧСС \text{ спокою (хв.)}$

Таблиця 20.

Шкала оцінювання індексу Скибінської

Оцінка індексу	Показники індексу для чоловіків	Показники індексу для жінок
1	5 і менше	5 і менше
2	5-10	5-10
3	10-30	10-20
4	30-60	20-40
5	60 і більше	40 і більше

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Як відрізняється показник ЧСС у тренуваних і нетренуваних людей? Чому?
2. Які чинники впливають на величину ЧСС?
3. Як змінюється значення ЧСС при збільшенні фізичного навантаження?
- 4 Яка різниця між індексом Руф'є та індексом Руф'є-Діксона?
5. Що таке життєва ємність легень і з чого складається цей показник?
6. Яке значення має тренування дихальних м'язів?
7. Як відбувається саморегуляція дихальних рухів?
8. Чому тест Скибінської називається комбінованим?

Лабораторна робота №14.

ВИЗНАЧЕННЯ АНАЕРОБНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Мета роботи: ознайомитися з поняттям анаеробної потужності та розглянути відомі тести з визначення анаеробної потужності та ємності.

Обладнання: секундомір, пульсомір, велоергометр (велотренажер).

Література

1. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во

ДонНУ, 2005. – 290 с.

2. Физиологическое тестирование спортсменов высокого класса / Под ред. Дж. Дункана-Дугалла. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 432 с.

Регенерація АТФ м'язів завдяки неокиснених механізмів являється суттєвою особливістю організму людини, особливо в умовах, що переважають в тренувальній та змагальній діяльності спортсменів. До недавнього часу було мало відомо про анаеробні умови енергозабезпечення, які мають місце під час стійкого стану навантаження.

Лабораторні вимірювання анаеробної потужності та ємності найбільш підходить для тих спортсменів, від яких специфіка видів спорту вимагає значного вкладу в енергозабезпеченні алактатними та лактатними шляхами. Тому ці виміри повинні мати місце для спортсменів, що виступають в більшості командних видів спорту, і спортсменів спеціалізуючих у видах спорту, де вимагається поява максимальної потужності в межах декількох секунд до 6 хвилин.

Розглянемо найбільш зручні та доступні тести визначення анаеробної потужності та ємності.

Хід роботи:

Завдання 1. Тест на сходах Маргаріа

Для проведення тесту необхідні сходи (сходинок 175 мм у висоту) і два перемикаючі пристрої (на основі фотоелементів або ін.), що сполучені з таймером (чутливість 0,01 с). Обстежуваний знаходиться на відстані 2 м від сходів і за сигналом біжить з максимальною швидкістю через дві сходинок вгору по сходах. Перемикаючі пристрої розташовані на 8-ій і 12-ій сходинок (виконання 4-го і 6-го кроків).

$$P = W \times 9,8 \times D / T ,$$

де, P - алактацидна потужність, Вт;

9,8 - нормальне прискорення тяжіння, м·с⁻²;

W - маса тіла обстежуваного, кг;

D - вертикальна висота між першим і другим перемикаючими пристроями, м;

T - час від 1-го до 2-го перемикаючого пристрою, с.

Завдання 2. Квебекський 10-секундний тест

Квебекський 10-секундний тест виконується на зміненому велоергометрі Monark. Фотоелемент реєструє кожну третину обертання маховика і ретранслює дані на мікропроцесор. Потенціометр сполучений з механізмом регулювання навантаження на велоергометрі і реєструє робоче навантаження. Електрична система синхронізації контролює вхід в мікропроцесор і обчислюється загальна робота, що виконується кожну секунду.

Тест складається з двох 10-секундних навантажень максимальної інтенсивності.

Обстежуваний повинен: завжди педалювати в положенні сидячи; по першому сигналу педалювати із швидкістю 80 об·хв⁻¹, доки робоче навантаження швидко регулюється дослідником (в межах 2-3с); за командою "Старт" педалювати максимально швидко протягом 10 с.

В процесі тесту обстежуваний отримує сильну словесну стимуляцію. Після першого випробування і 10-хвилинного відпочинку виконується другий дослід.

Вихід роботи реєструється в джоулях (Дж) або в джоулях на кілограм маси тіла (Дж·кг⁻¹). Вихід потужності у ватах (Вт) або у ватах на кілограм маси тіла (Вт·кг⁻¹) обчислюється як найбільш висока робота за 1 с. Може бути використаний також показник (індекс) стомлення або пониження потужності, визначуваний як відношення потужності за останню секунду (10-ю) до потужності тієї секунди роботи, де розвивалася найбільша потужність.

Завдання 3. Стрибковий тест

Даний тест складається з послідовно виконуваних вертикальних стрибків протягом 60 с. В ході тесту рахують кількість стрибків. Обстежуваний повинен стрибати безперервно з максимальним зусиллям, зігнувши коліна майже на 90° і поклавши руки на стегна, щоб скоротити до мінімуму бічний і горизонтальний зсув.

Вихід потужності обчислюється за наступною формулою:

$$W = 9,8 \times \Sigma T \times 60 / 4 \times N (60 - \Sigma T) ,$$

де, W - механічна потужність, Вт·кг⁻¹;

9,8 - нормальне прискорення тяжіння, м·с⁻²;

ΣT - сума загального часу у польоті для всіх стрибків;

N - кількість стрибків протягом 60 с.

Аналізуючи 60-секундну робочу продуктивність, можна прослідкувати зміни в різні періоди часу (наприклад, кожні 15 с) в процесі тесту. З тим же устаткуванням і аналогічними принципами можна розробити менш або триваліші тести, брати для аналізу різні періоди часу загальної діяльності, тести для оцінки зміни в динаміці потужності і визначення здатності протистояти стомленню.

Завдання 4. Визначення зовнішньої механічної роботи

Відноситься до проб з певними за часом м'язовим навантаженням з субмаксимальною потужністю. Сутність тесту заключається у визначенні максимальної кількості загальної механічної роботи на велоергометрі за 1 хв. Порядок тестування наступний. На початку обстежуваний виконується педалювання в темпі 90 об/хв. Протягом 1 хв для досягнення сумарної потужності роботи, що дорівнює 225 Вт. Після одноквилинного відпочинку спортсмен виконує тестуючи навантаження протягом 1 хв за рахунок максимально частих обертів педалей велоергометра. Під час тесту через кожні 10 с спортсмена інформують про час, що залишилася до закінчення тесту. Опір обертання педалей (O) повинен бути стандартизований за масою тіла обстежуваного. При масі тіла вище 80 кг цей опір складає 5 Вт/об.

При меншій масі тіла значення показника O розраховують із формули:

$$O = 30 - (82,5 - \text{маса тіла}) / 5, \text{ кгм/об}$$

Потужність зовнішньої механічної роботи за 1 хв визначають із формули:

$$W = O \times n$$

де W – потужність роботи, Вт

O – опір обертання педалей, Вт/об.

n – число обертів педалей за 1 хв

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттям алактацидна та лактацидна потужність.
2. Охарактеризуйте функціонування гліколітичної системи під час м'язової діяльності.
3. Назвіть основні змагальні вправи в яких домінуючу роль відіграє під час енергозабезпечення гліколітична система.

Лабораторна робота № 15.

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ МАКСИМАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

Мета роботи: визначити продуктивність роботи кардіореспіраторної системи за показником максимального споживання кисню.

Обладнання: секундомір, ростомір, медичні ваги.

Література

1. Круцевич Т.Ю. Воробйов М.І., Безверхня Г.В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді. – К.: Олімпійська література, 2011. – 224 с.
2. Шмалей С.В, Щербина Т.І., Кубатько Б.І. Валеологія та методика викладання: Методичні рекомендації. – Херсон: Айлант, 2001. – 52 с.
3. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека.- К.: Здоров'я, 1986. -152 с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

Хід роботи:

Максимальне споживання кисню ($\dot{V}O_2 \max$) є основним показником продуктивності роботи кардіореспіраторної системи. $\dot{V}O_2 \max$ - це найбільша кількість кисню, яку людина здатна засвоїти м'язами під час фізичного навантаження за одну хвилину. Вона вимірюється прямим та непрямим методом Частіше використовують непрямий метод вимірювання $\dot{V}O_2 \max$, який не потребує складної апаратури.

За нормою між величиною споживання кисню та ЧСС існує лінійна залежність. $\dot{V}O_2 \max$ - основний показник, що показує функціональну здатність серцево-судинної і дихальної систем і фізичний стан в цілому, тобто аеробну здатність. Величина $\dot{V}O_2 \max$ залежить від статі, зросту, фізичної підготовки обстежуваного і коливається у широких межах.

1. Обстежуваному пропонується методика «степ-тест»: висота сходинки для чоловіків - 40 см, а для жінок 33 см; темп руху - 22,5 цикли за хвилину (90 кроків за хвилину); термін виконання - 5 хвилин. В кінці п'ятої хвилини підраховують ЧСС. Якщо неможливо підрахувати пульс під час навантаження, то можна його виміряти у перші 10 с після навантаження (результат помножити на 6). Розрахунки $\dot{V}O_2 \max$ проводять за спеціальною номограмою.

Для цього лінійкою поєднують, враховуючи стать обстежуваного, показник ЧСС, який вимірювали на останній хвилині навантаження (шкала 2), із

значенням маси тіла (шкала В). У точці перетину із шкалою 3 визначають $VO_2 \max$ К. Знайдений показник множать на коефіцієнт виправлення, що забезпечує відповідність розрахункового $VO_2 \max$ з віком обстежуваного.

2. Непрямим методом $VO_2 \max$ можна проводити також за оцінкою чотирьох показників:

вік: за кожний рік, що прожито нараховується 1 бал.

ЧСС у стані спокою: за кожний удар нижче 95 нараховується 1 бал. Кількість балів за цей показник буде становити:

95 - ЧСС спокою

відновлення пульсу: встановлюється тестом, який виконують таким чином. На протязі 40 секунд піддослідний робить 20 присідань, потім сідає на стілець і через дві хвилини підраховує свою ЧСС за 15 с. Результат переводять у ЧСС за одну хвилину і порівнюють з оціночною таблицею (С.А.Душанин, 1978):

Таблиця 21.

Бальна оцінка відповідності відновлення ЧСС

<i>Відповідність ЧСС</i>	<i>Кількість балів</i>
Співпадає з ЧСС до навантаження	30
На 10 ударів більше	20
На 15 ударів більше	10
На 20 ударів більше	5
Більше 20 ударів	Σ балів - 10

об'єм серця: розраховується за формулою:

$V \text{ серця} = 20 \sqrt{\text{мага тіла (г) : зріст (см), (мл);}$

Бали за цей тест нараховують так: за кожні 100 мл більше 270 мл нараховується по 5 балів.

Загальний додаток балів за чотири тести (Σ балів) використовується для визначення $VO_2 \max$ за формулою:

$$VO_2 \max = (26 \Sigma \text{ балів} + 532) : \text{ маса тіла (кг);}$$

Після проведення відповідних підрахунків балів за чотирма тестами визначають рівень загального результату $VO_2 \max$, користуючись таблицею 22(С.А.Душанин, 1978):

Таблиця 22.

Шкала оцінювання рівня максимального споживання кисню

<i>Рівень $VO_2 \max$</i>	<i>Кількісний показник $VO_2 \max$</i>
Високий	60 і більше
Вище середнього	51,59,9
Середній	42-50,9
Нижче середнього	35-41,9
Низький	35 і менше

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Що таке $VO_2 \max$?
2. Яким чином можна вимірювати $VO_2 \max$?
3. Обгрунтуйте з фізіологічної точки зору, чому саме $VO_2 \max$ є основним показником роботи кардіореспіраторної системи?
4. Що таке номограма і як нею користуватися?

Лабораторна робота № 16.

ОЦІНКА РІЗНИХ ВИДІВ ПРОЯВУ СИЛИ М'ЯЗІВ

Мета роботи: навчитися оцінювати різновиди прояву сили м'язів людини.

Обладнання: кистьовий і становий динамометри.

Література

1. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
2. Левитський П.М. Лабораторні заняття з фізіології фізичних вправ та спорту. – К: Вища школа, 1972. – 103 с.

Хід роботи

Завдання 1. Визначення силових можливостей людини

1. Оцінку максимальної м'язової сили проводять за допомогою різних динамометрів. Кистьовий динамометр (динамометр Колліна) використовують для вимірювання сили м'язів передпліччя і кисті. Становий динамометр використовують для реєстрації сили м'язів-розгиначів тулуба.

Усі обстежувані проводять вимірювання сили м'язів передпліччя і кисті, а також сили м'язів-розгиначів тулуба по два-три рази і записують найкращий результат. Слід пам'ятати, що станова сила не досліджується у разі болю у попереку, ушкодженні м'язів живота, спини; у жінок — під час менструації і вагітності.

2. Визначення швидкісної сили в обстежуваних проводять за допомогою таких вправ:

- оцінка сили м'язів ніг: стрибок у довжину з місця, вистрибування угору з місця, кількість присідань за 20с, кількість підскоків на правій (лівій) нозі за 10с;
- оцінка сили м'язів рук: згинання і розгинання рук в упорі лежачи за 10 с (кількість разів), кількість підтягувань на перекладині за 10 с;
- оцінка сили м'язів живота і спини: прогинання спини з положення лежачи на животі протягом 10с (кількість разів), піднімання тулуба з положення лежачи на спині до прямого сиду (кількість разів за 10 с), у висі піднімання ніг вперед (кількість разів за 10 с).

3. Оцінку силової витривалості м'язів рук і пояса верхньої кінцівки обстежуваних можна провести під час виконання підтягування на перекладині або згинання і розгинання рук в упорі на брусах. Для м'язів живота використовують піднімання і опускання тулуба з положення лежачи на спині, а для м'язів ніг — присідання.

Отримані дані заносять до таблиці 23, порівнюють і роблять висновки про силові спроможності усіх обстежуваних.

Таблиця 23.

Визначення силових якостей

Обстежуваний	Максимальна м'язова сила	Швидкісна м'язова сила	Силова витривалість

Завдання 2. Динамометрія людини

Дослідження з динамометром проводять по двоє. Студент, який проводить дослідження, підбирає довжину ланцюжка станового динамометра за зростом обстежуваного з таким розрахунком, щоб він робив ривок тільки за рахунок розгинання спини. Руки і ноги обстежуваного мають бути розігнуті і не брати участі в силовому акті. Таким, чином, обстежуваний здійснює максимальний ривок одночасно із вдихом, не зупиняючи дихання. Потім через 6 хв відпочинку він повторює ривок, але вже на фазі видиху, який супроводжується звуком, без затримування дихання. Ще через 6 хв повторюється ривок при натужуванні після глибокого вдиху. Довго і надмірно натужуватись не слід, бо це утруднює відплив крові від голови і перешкоджає легеневому кровопостачанню. Послідовність фаз дихання під час ривків може бути змінена для того, щоб виключити вплив попередніх ривків на наступні.

Ще більш показові досліди з ручним динамометром, бо м'язи-згиначі пальців та кисті не мають прямого відношення до грудної клітки.

Студент, який проводить дослідження, встановлює стрілки динамометра на нуль і вкладає прилад у руку обстежуваного шкалою донизу. Жим треба робити сидячи, під час вдиху, поклавши обидва лікті на стіл. Обстежуваний повертає динамометр, не дивлячись на його шкалу. Через 5 хв відпочинку повторити жим у тій самій позі, але вже на фазі тривалого видиху. Ще через 5 хв відпочинку зробити максимальний жим з натужуванням. Дослідник записує результат до таблиці. Подібний дослід проводиться за допомогою гідравлічного динамометра на різних м'язах-згиначах кисті, передпліччя, гомілки.

Порівнюють результати, одержані на різних динамометрах, роблять висновки і узагальнюють їх.

Значення дихальних рухів для швидкісно-силового акту вивчається на прикладі стрибків у довжину з місця. Дослід можуть проводити два студенти на всіх інших. Один замірює стрибок, другий записує результати. Студенти стрибають у довжину з місця, намагаючись добитися кожний раз максимального результату, спочатку на фазі вдиху, потім замірюють стрибок на фазі видиху і третій раз при натужуванні. Інтервали часу між двома підходами одного студента мають бути не менше 10 хв, щоб наступний стрибок не збігався з фазою підвищеної працездатності від попереднього.

Напруження мускулатури, яка приймає участь у видиху, підвищення внутрішньогрудного тиску рефлексивно збільшують силу скелетних м'язів. Правильній постановці дихання під час розучування рухів треба приділяти особливу увагу. Під час виконання вільних рухів піднімання рук угору або розведення в боки з випрямленням грудей та розгинання тулуба і ніг сприяє актові вдиху. Опускання рук, згинання тулуба, присідання, згинання ніг створюють анатомічні передумови для видиху, зменшуючи об'єм грудної клітки. Але, якщо в русі є моменти великих силових чи швидкісно-силових зусиль, то вони повинні поєднуватись з видихом незалежно від того, чи відповідає при цьому поза зменшенню об'єму грудної клітки чи ні.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке сила?
2. Які основні види силових якостей ви знаєте?
3. Які вікові періоди є сприятливими для розвитку сили?
4. Як! фізіологічні чинники визначають прояв максимальної статичної сили?
5. Охарактеризуйте вправи силового, швидкісного, та швидкісно-силового характеру.
6. Від яких факторів залежить прояв максимальної потужності виконання фізичної вправи?
7. Які основні фізіологічні зміни відбуваються під час вправ силового та швидкісного характеру?

Лабораторна робота №17.

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЗНИХ ЗА СКЛАДНІСТЮ СЕНСОМОТОРНИХ РЕАКЦІЙ У СПОРТСМЕНІВ

Мета роботи: Навчитись визначати різні за складністю зорово-моторні реакції та реакції на рухомий об'єкт.

Обладнання: прилад нейродинамічних обстежень (ПНДО), комп'ютерна система «Діагност – 1».

Література

1. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. – Ін-т фізіології ім. О.О.Богомольця, Київ, 2006. – 395 с.
2. Макаренко М.В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності // Фізіол. журн. – 1999. – Т45, №4. – С.125-131.

Хід роботи:

Завдання 1. Виявлення параметрів простих зорово-моторних реакцій на всі види запрограмованих у системі подразників

Виявлення латентних періодів простих зорово-моторних реакцій (ЛП ПЗМР) проводиться в оптимальному режимі.

Дається інструкція обстежуваному: “Реагувати як можна швидким натисканням правою рукою правої кнопки виносного пульта на кожний пред'явлений сигнал (кольори, фігури, слова, комбінований тест), що з'являється на екрані дисплея”. Величина латентного періоду кожної реакції вимірюється автоматично з точністю до 0,01 с і висвітлюється на цифровому індикаторі. Пред'являється одна серія подразників, яка складається з 30 сигналів. Після зупинки приладу на цифровому дисплеї по чергово виводяться статистичні параметри відповідей на подразники:

1. Величина латентного періоду (M);
2. Середнє квадратичне відхилення (σ);
3. Коефіцієнт варіації(CV);
4. Помилка середньої величини ($m \pm$);

Таблиця 24.

Шкала оцінювання (за М.В.Макаренком)

Рівень ПЗМР	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Латентний період	≤182 мс	183-226 мс	227-292 мс	293-330 мс	≥331 мс

Завдання 2. Визначення латентних періодів реакції вибору одного з трьох подразників (ЛП РВ1-3).

Виявлення латентних періодів реакції вибору (ЛП РВ1-3) проводиться в оптимальному режимі.

Дається інструкція обстежуваному: "Відповідати швидким натисканням на праву кнопку при появі на екрані червоного кольору, а при появі зеленого та жовтого жодної кнопки не натискати".

Якщо пропонуються фігури, натискувати тільки при появі квадрату, якщо слова – назви тварин, коли комбінований тест – натискувати на появу червоного кольору, квадрату, назв тварин.

Пред'являється серія подразників, яка складається з 30 сигналів, на 10 з яких необхідно відповісти руховою реакцією. Величина латентного періоду кожної реакції вимірюється автоматично з точністю до 0,01 с і висвічується на цифровому індикаторі в процесі подачі сигналів. Після закінчення роботи в цьому підрежимі висвітлюються ті ж самі параметри, що й попередньому завданні та кількість зроблених помилок.

Таблиця 25.

Шкала оцінювання (за М.В.Макаренком)

Види подразників	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Предметні	≤280 мс	281-323 мс	324-398 мс	399-433 мс	≥434 мс
Словесні	≤391 мс	392-444 мс	445-499 мс	500-554 мс	≥555 мс

Завдання 3. Визначення латентних періодів реакції вибору двох подразників з трьох (ЛП РВ 2-3).

Виявлення латентних періодів реакції вибору (ЛП РВ2-3) проводиться в оптимальному режимі.

Дається інструкція обстежуваному: "Натискати на праву кнопку правою рукою при появі на екрані червоного кольору (квадрату, назв тварин), а при появі зеленого кольору (кола, назв рослин) натискати лівою рукою ліву кнопку. При появі жовтого кольору (трикутника, назв неживих предметів) жодної з кнопок не натискати, тобто відповідати гальмівною реакцією".

Таблиця 26.

Шкала оцінювання (за М.В.Макаренком)

Види подразників	Високий	Вищий від середнього	Середній	Нижчий від середнього	Низький
Предметні	≤335 мс	336-390 мс	391-463 мс	464-501 мс	≥502 мс
Словесні	≤446 мс	447-482 мс	483-539 мс	540-600 мс	≥601 мс

Пред'являється серія із 30 сигналів, 10 з яких – гальмівні. Латентні періоди реакцій вимірюються автоматично в процесі подачі сигналів і висвічуються на

цифровому дисплеї. Після зупинки приладу, як і в підрежимах 1 і 2 по чергово на цифровому дисплеї виводяться статистичні величини латентних періодів та реакцій та кількість помилок.

Завдання 4. Визначення часових характеристик реакції на рухомий об'єкт

Реакцію на рухомий об'єкт також визначали за допомогою комп'ютерної системи «Діагност-1». Завдання полягало в якомого швидшому реагуванні обстежуваного шляхом натиснення та відпусканням правою чи лівою рукою кнопки при появі на екрані рухомого об'єкту, коли цей він буде рухатися в місці певних «маяків». Обстежуваному пред'являли 10 сигналів у 3 серіях. Час руху об'єкту становив 1 с. Після закінчення пред'явлення подразників на екрані висвічувалися показники кількості правильних спів падань, випереджаючих відповідей, запізнюючих відповідей, середній час випереджаючих відповідей, середній час запізнюючих відповідей та середній час реакції на рухомий об'єкт ($M_{сер}$) у мілісекундах. Ми для аналізу реакції на рухомий об'єкт брали лише кількість відповідей випередження та запізнення у 3 серіях завдання.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називають швидкісними якостями?
2. Які існують форми прояву швидкісних можливостей?
3. Які основні фізіологічні фактори визначають прояв швидкості?
4. Які методи використовують для визначення різних форм прояву швидкісних якостей?
5. Що таке латентний період?
6. Які різновиди рухових реакцій існують для визначення швидкісних можливостей?

Лабораторна робота №18.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА ТЕСТОМ PWC 170 ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ СТЕПЕРГОМЕТРІЇ

Мета: визначити стан фізичної працездатності організму при збільшенні навантаження методом степергометрії.

Обладнання: сходинка, секундомір, метроном.

Література

1. Круцевич Т.Ю. Воробйов М.І., Безверхня Г.В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді. – К.: Олімпійська література, 2011. – 224 с.
2. Шмалей С.В, Щербина Т.І., Кубатько Б.І. Валеологія та методика викладання: Методичні рекомендації. – Херсон: Айлант, 2001. – 52 с.
3. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека.- К.: Здоров'я, 1986. -152 с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

Згідно визначення Міністерства охорони здоров'я України, **працездатність** характеризує стан людини, при якому сукупність фізичних, розумових і емоційних можливостей дозволяє працюючому виконувати роботу визначеного змісту, обсягу і якості. В свою чергу термін **«роботоздатність»** пояснюється як стан людини, визначений можливістю фізіологічних і психічних функцій організму, що характеризує його здатність виконувати конкретну кількість роботи заданої якості за необхідний інтервал часу. Відповідно можна розуміти **фізичну працездатність** як стан людини при якому її фізичні можливості дозволяють виконувати роботу визначеного змісту, обсягу та якості.

На думку Р.М.Баєвського, В.П.Казначеева - фізична працездатність пов'язана з певним обсягом м'язової роботи, яка може бути виконана без зниження заданого (або того, що встановився на максимальному рівні для даного індивідуума) рівня функціонування організму, в першу чергу серцево-судинної та дихальної систем. Виходячи з цього, автори вважають, що фізичні можливості організму - це той рівень фізичної працездатності, який може бути досягнутий без перенапруги і виснаження механізмів адаптації.

Встановлено, що найбільше уявлення про функціональні резерви організму може бути в умовах навантаження, які включають не менше 2/3 м'язового масиву. Подібне навантаження забезпечують крайню інтенсифікацію всіх фізіологічних систем і дозволяють виявити не тільки глибинні механізми забезпечення працездатності, але й граничний з нормою стан та приховану нестачу функцій. Такі тести-навантаження все більше розповсюджуються у клінічній практиці, фізіології праці і спорту.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я висунуті наступні вимоги до тестування з навантаженням:

1. навантаження повинно кількісно вимірюватися;
2. при повтореннях точно відтворюватися;
3. забезпечувати роботою близько 2/3 м'язового масиву і максимальну інтенсифікацію фізіологічних систем;
4. бути простою і виключати висококоординовані рухи;
5. забезпечувати змогу реєстрації фізіологічних показників під час виконання тесту.

На сьогодні запропоновано більше 200 різних тестів, які визначають "резервні можливості організму" на основі відповідних реакцій серцево-судинної системи. Найбільше розповсюджені проби з 20 присіданнями за 20-40 с, 3-хвилинний біг на місці, комбінована проба Летунова, орто-, і кліностатичні проби тощо.

Найчастіше про зміну фізичної працездатності (аеробної продуктивності) роблять висновки за зміною максимального споживання кисню або потужності навантаження, під час якої ЧСС встановлюється на рівні 170 ударів за 1 хвилину (PWC_{170}). У осіб старших за 50 років у зв'язку із віковими обмеженнями амплітуди зростання частоти пульсу під час виконання фізичних вправ оцінку фізичної працездатності виконують за тестом PWC_{150} .

Фізіологічною передумовою визначення PWC_{150} є наявність лінійної залежності між ЧСС і потужністю роботи, що виконується. При більш високих величинах ЧСС прямолінійний характер зв'язку порушується. $ЧСС_{170}$ є оптимальною для роботи серця здорової молодої людини і при цьому

відмічається максимальне значення серцевої продуктивності. Подальше прискорення призводить до зниження ударного об'єму крові. Перевага цього методу в тому, що при виконанні двох навантажень помірної потужності визначається працездатність (PWC_{170}).

Хід роботи

Існує два шляхи визначення PWC_{170} : методом велоергометрії та методом степергометрії.

При методі степергометрії обстежуваному пропонують виконати два навантаження, потужність яких розраховують за формулою:

$$N = 1,33 \times P \times h \times n,$$

де N - потужність навантаження;

P - маса тіла, кг;

h - висота сходинки;

n - кількість циклів підйомів на сходинку;

1,33 - коефіцієнт, що враховує величину роботи під час спуску зі сходинки.

Висота сходинки вибирається в залежності від ноги обстежуваного. Досвід практичних досліджень вчених показує, що для степ-тесту краще за все використовувати сходинку для жінок - 30 см висотою, а для чоловіків - 40 см.

При проведенні степергометрії навантаження призначають такої інтенсивності, щоб ЧСС у кінці першого навантаження стабільно знаходилося у межах 100-120, а у кінці другого - 140-160 за хвилину. Під час менших потужностей навантажень і відповідно менших значеннях ЧСС величина PWC_{170} буде визначена не точно.

Потужність другого навантаження можна підвищити за рахунок збільшення темпу підйому на сходинку. Це дозволяє скоротити загальний час випробувань до 5 хвилин. При степ-тесті виконуються два навантаження без відпочинку між ними. Термін часу першої 3 хвилини, а другої - 2 хвилини. При цьому стійкий стан досягається на 2-3 хвилині першого навантаження, а при виконання другого навантаження - на 2 хвилині. Це пов'язано з підвищенням рівня функціонування всіх систем в результаті виконання першого навантаження.

При більшому скороченні часу виконання навантаження фізіологічні процеси не досягають стійкості і величина PWC_{170} буде невірно визначеною. Відсутність стійкого стану потребує продовження навантаження ще на 1-2 хвилини. *Якщо величина пульсу 170 уд./хв. буде досягнута в кінці першого навантаження, то друге не призначається.* Таке підвищення ЧСС може бути пов'язано з невірним вибором потужності першого навантаження, вираженим станом детренованості серцево-судинної системи, емоційною лабільністю тощо.

Розрахунок PWC_{170} при степ-тесті здійснюють за формулою В.Л.Карпмана:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times (170 - f_1) / (f_2 - f_1)$$

де N_1 - потужність першого навантаження,

N_2 - потужність другого навантаження,

f_1 - ЧСС у кінці першого навантаження,

f_2 - ЧСС у кінці другого навантаження.

Найбільш високі середні величини PWC_{170} зареєстровано у спортсменів, що займаються циклічними видами спорту (лижників). За даними В.Л.Карпмана у

нетренираних чоловіків PWC_{170} коливається у межах 142-187,7 Вт, рідко підвищується до 200,4-250,5 Вт У жінок абсолютна величина PWC_{170} складає тільки 60% від показників чоловіків.

Деякі дослідження встановили високий кореляційний зв'язок між тестом PWC_{170} і максимальним споживанням кисню ($VO_2 \max$). Це дозволило виконувати тест на визначення PWC_{170} для прогнозування $VO_2 \max$.

Для нетренираних людей встановлена формула розрахунку $VO_2 \max$ за PWC_{170} :

$$VO_2 \max = 1,7 \times PWC_{170} + 1240.$$

Практичне завдання: провести визначення фізичної працездатності PWC_{170} та максимального споживання кисню використовуючи метод степергометрії.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Чому при дослідженні стану загальної працездатності ЧСС повинна бути саме 170 ударів за хвилину?
2. Чим обумовлений термін проведення дослідження PWC_{170} за 5 хвилин?
3. Як і чому змінюють хід випробування, якщо ЧСС досягає максимального значення вже під час першого навантаження?
4. Як ви гадаєте, чому існує кореляційна залежність між величинами PWC_{170} та $VO_2 \max$?

Лабораторна робота №19.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА МАКСИМАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ВЕЛОЕРГОМЕТРІЇ

Мета роботи: визначити стан фізичної працездатності організму та максимального споживання кисню при збільшенні навантаження методом велоергометрії.

Обладнання: велоергометр (велотренажер), секундомір.

Література

1. Круцевич Т.Ю., Воробйов М.І., Безверхня Г.В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді. – К.: Олімпійська література, 2011. – 224 с.
2. Чижик В.В. Оздоровча фізична культура в умовах проживання на радіоактивно забруднених територіях. – Луцьк: Вежа, 2000. - 197 с.
3. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека.- К.: Здоров'я, 1986.- 152с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

Хід роботи

Для визначення фізичної працездатності використовують два класи тестів: максимальні та субмаксимальні. Максимальні передбачають зростання навантажень до досягнення максимальних можливостей організму. Наприклад, визначення максимального споживання кисню ($VO_2 \max$). Використання максимальних навантажень пов'язане з деяким ризиком. Тому такі тести за-

стосовуються в основному лише для обстежень спортсменів. Зараз усе більшу увагу привертають субмаксимальні тести, які вимагають менших зусиль.

Дослідження фізичної працездатності слід проводити не раніше, як через 1-1,5 години після прийому їжі. Температура в приміщенні має бути 18-22 °С. Кімнату попередньо добре провітрюють. Одяг повинен бути легким, не затримувати тепловіддачу, взуття - зручним для педалювання.

Для визначення максимуму споживання кисню обстежуваному пропонують виконувати безперервну ступінчасту роботу на велоергометрі. Тривалість кожного ступеня - від двох до п'яти хвилин, темп - 60-70 обертів за одну хвилину. Вихідна потужність навантаження і наступні "ступені" вибираються залежно від статі, віку і фізичної підготовленості. Для орієнтації можуть бути рекомендовані наступні навантаження:

- для дітей і жінок - вихідна потужність 25 Вт, потім 50, 75, 100 Вт тощо.
- для чоловіків - спочатку 50, потім 100, 150 Вт тощо.

Залежно від виду спорту і кваліфікації спортсмени починають роботу з потужності 100 або 150 Вт, а спортсменки - 75 або 100 Вт.

Для оцінки експериментально визначеного $\dot{V}O_2 \max$ його порівнюють з належними величинами (Належна $\dot{V}O_2 \max$), які відповідають середньому значенню для цього віку і статі. Їх можна розраховувати за наступними формулами (Л.А.Синяков, 1987).

для чоловіків: **Належна $\dot{V}O_2 \max = 52 - (0,25 \times \text{вік})$,**

для жінок: **Належна $\dot{V}O_2 \max = 44 - (0,20 \times \text{вік})$.**

Для визначення максимального споживання кисню у практиці широко використовується тест PWC_{170} за допомогою велоергометра, проте і тепер остаточно не розв'язане питання дозування навантажень, їх тривалості й відпочинку в різних обстежуваних контингентах. ВООЗ рекомендує починати тестування дітей, старших 10 років, *навантаженнями* з врахуванням маси тіла, але не більше 100-150 кг•м/хв. (В.Л.Карпман і співавтори (1974) рекомендують підбирати таку інтенсивність роботи, щоб у кінці виконання першого навантаження досягалася тахікардія 100-120 уд/хв, а в кінці другого - 140-160 уд/хв (різниця не менше 40 уд/хв). Якщо цих умов дотримуватися, то похибка у визначенні величини фізичної працездатності буде фактично мізерною. У підлітків такі величини ЧСС досягаються при потужності 1-го навантаження 1 Вт/кг маси (або 6 кг•м/хв), потужність 2-го навантаження 2 Вт/кг маси (12 кг•м/хв) (З.Б.Білоцерківський, 1968; С.Б.Тихвинський, Я.Н.Бобко, 1991).

Частота педалювання також має значення для точності визначення PWC_{170} . Найбільші значення тесту відзначаються при частоті 40-70 об/хв. Деякі автори вважають, що для виявлення високої працездатності оптимальною буде частота педалювання 95-120 об/хв. Спостереження В.Л.Карпмана та ін. (1974) показують, що, хоча відмінності в частоті педалювання в діапазоні 60-80 об/хв деякою мірою змінюють характер залежності "потужність - пульс" при роботі малої інтенсивності, вони майже не впливають на величину PWC_{170} .

Дуже важливим елементом при моделюванні навантажень на велоергометрі є *тривалість роботи*. Її не слід встановлювати надто короткою, тому що за таких умов не настає фаза впрацьовування і організм не встигає

«відпрацювати» задану інтенсивність, але і не можна давати надто тривалої, тому що в цьому випадку експеримент буде виснажливим. Оптимальною тривалістю є 5 хвилин.

Тривалість відпочинку між першим і другим навантаженнями низкою авторів рекомендується від 1 до 5 хв. В.Л.Карпман і співавтори (1974) вважають за достатній інтервал для повноцінної реституції, який дорівнює 3 хв. На останньому інтервалі ми і зупинились у процесі дослідження.

Значне зниження ЧСС при закінченні роботи (незалежно від її інтенсивності) спостерігається у дітей і підлітків уже протягом перших 5 с відновлення (С.А.Локтев, 1991). Тому ЧСС реєструють на останніх 15 с навантаження шляхом запису електрокардіограми, пульсотохограми або пальпаторно.

Фізична працездатність PWC_{170} розраховується за формулою, запропонованою В.Л.Карпманом і співавт. (1974, 1988):

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times (170 - f_1) / (f_2 - f_1)$$

де N_1 - потужність першого навантаження,

N_2 - потужність другого навантаження,

f_1 - ЧСС у кінці першого навантаження,

f_2 - ЧСС у кінці другого навантаження.

Таблиця 27.

Оцінка рівня фізичної працездатності за даними тесту PWC_{170} , кг·м/хв (С.Н.Попов, 1987)

Віковий діапазон, роки	Низька	Нижче середнього	Середня	Вище середнього	Висока
Жінки					
20-29	449	450-549	550-749	750-849	850
Чоловіки					
20-29	699	700-849	850-1149	1150-1299	1300

За даними В.Л.Карпмана і співавторів (1974), у здорових нетренованих чоловіків величини PWC_{170} коливаються в межах 850-1100 кг-м/хв досить рідко вони становлять 750-800 кг-м/хв або 1200-1500 кг-м/хв.

Практичне завдання: визначити фізичну працездатність та максимального споживання кисню власного організму за допомогою велоергометра.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Основні вимоги до тестів максимального та субмаксимального навантаження.
2. Охарактеризувати вікові та статеві відмінності фізичної працездатності та максимального споживання кисню у людей.
3. Вказати абсолютні показники максимального споживання кисню у представників різних видів спорту.

Лабораторна робота № 20.

ФІЗІОЛОГІЧНЕ НОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПІДЛІТКІВ

Мета роботи: розглянути сучасні підходи у нормуванні фізичних навантажень для підлітків враховуючи показники фізичної працездатності, функціонального стану та темпів фізичного розвитку.

Обладнання: ваги медичні, ростомір, пульсомір, секундомір, вантаж.

Література

1. Фізіологічне нормування вантажу для підлітків (методичні рекомендації). / За ред. Коробейнікова Г.В. – Київ, Інститут геронтології АМН України, 1998.
2. Korobeynikov G., Korobeynikova L. Physical development as health crsterson in children. Potegowanie zdrowia czynniki, mechanizmy I strategie zdrowotne. – Radom, 2003. – P.313-325.

Хід роботи

Завдання 1. Вивчення особливостей фізіологічного нормування навантаження за фізичною працездатністю підлітків.

Аналізуючи структуру рухів, які існують у реальному виробництві, можна визначити два види роботи із вантажем - підіймання та переміщення. Виходячи з цього, фізична працездатність, за результатами ергометрії визначається:

$$PWC = (N \times W \text{ гр}) / T_{\text{пер}}$$

де

PWC - фізична працездатність (Вт);

N - загальний обсяг роботи (м);

W гр - вага вантажу (кг),

T - загальний час роботи (хв).

Методика проведення ергометрії оснований на підійманні вантажу. Вантаж підіймається з 10 см над підлогою, на висоту відповідно рівню грудної клітки обстеженого (2/3 від довжини тіла) максимальну кількість разів до відмови від роботи. Переміщення по горизонтальній площині виконується за умов утримання вантажу на руках під прямим кутом у ліктьовому суглобі до відмови від роботи. Вантаж (вага) квантується (дозується) від 1/8 індивідуальної максимальної станової м'язової сили.

Виходячи із формули, фізична працездатність визначається за показниками потужності роботи. Таким чином, можна зазначити, що фізична працездатність відображає потужність м'язового посилення, яке необхідно для виконання загального обсягу роботи із вантажем. Фізична працездатність визначається за інтегральною фізіологічною функцією. Тому природньо визначати фізіологічне нормування вантажу за показниками фізичної працездатності.

Можна прийняти середньо-популяційні значення фізичної працездатності за вікову норму (Коробейніков Г.В., 1998). Виходячи із цього, можна отримати вікові нормативи вантажу для підлітків в умовах підіймання та переміщення вантажу, розрахованих за показниками фізичної працездатності.

Завдання 2. Вивчення особливостей фізіологічного нормування за показниками функціонального віку та темпу фізичного розвитку підлітків

Функціональний вік та темп фізичного розвитку підлітків відображає індивідуальний рівень морфофункціональної зрілості окремих тканин, органів, систем цілісного організму.

Аналіз існуючих методів дослідження функціонального віку і темпу фізичного розвитку свідчить про відсутність єдиного підходу до цієї проблеми. Серед способів дослідження функціонального віку дітей та підлітків домінує морфофункціональні методи. Коробейніковим Г.В. та співавт. проаналізовано вікові закономірності біологічної зрілості підлітків. На основі даних досліджень відібрано параметри, які використовувались для визначення темпу фізичного розвитку функціонального віку підлітків.

Для визначення функціонального віку та темпів фізичного розвитку підлітків достатньо зареєструвати:

1. Довжину тіла (L), у см
2. Маса тіла (MT), у кг.
3. Частоту серцевих скорочень у стані спокою (ЧСС спок.), кількість.
4. Частоту серцевих скорочень після 20 присідань (ЧСС нав.), кількість.
6. Життєву ємкість легенів (ЖЄЛ) за допомогою спірометра чи спірограма у стані відносного спокою, у літрах.
6. Тривалість затримки дихання на вдосі (ЗД вд) та затримки дихання на видосі (ЗД вид), у секундах.
7. Максимальну статичну м'язову силу (СМС), у кг.

Темп фізичного розвитку підлітків (ТФР) слід розраховувати:

$$\text{ТФР} = \frac{L_f/L_t + MT_f/MT_t + \text{ЧСС}_{\text{спок } t} / \text{ЧСС}_{\text{спок } f} + \text{ЧСС}_{\text{нав } t} / \text{ЧСС}_{\text{нав } f} + \text{ЖЄЛ } f / \text{ЖЄЛ } t + \text{ЗД } \text{вд } f / \text{ЗД } \text{вд } t + \text{ЗД } \text{вид } f / \text{ЗД } \text{вид } t + \text{СМС } f / \text{СМС } t}{N}$$

де, ф - фактичне значення показника;

t - табличне значення показника;

N - кількість показників, використаних у формулі.

Наведені табличні значення показників (Коробейніков Г.В., 1998), які використані у формулі визначення ТФР підлітків, отримані за аналізом досліджень ряду авторів (Тихвинский С.Б., 1985, Бальсевич В.К., Запорожанов В.А., 1987, Тихвинский С.В., Хрущев С.В., 1990).

Лабораторна робота №21.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Мета роботи: навчитися методичним прийомам визначення фізичної працездатності дітей шкільного віку

Обладнання: сходинки або гімнастична лавка висотою 30 см, секундомір.

Література

1. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
2. Детская спортивная медицина. / Под ред. С.Б.Тихвинского, С.В.Хрущева. –

М.: Медицина, 1991. – 560 с.

3. Круцевич Т.Ю. Методы исследования индивидуального здоровья детей и подростков в процессе физического воспитания и спорта. – К.: Олимпийская литература, 1999. – 132 с.

Хід роботи

Для визначення фізичної працездатності дітей найчастіше використовують двоступінчастий тест. Для цього обстежуваний виконує підйом на сходинку висотою 30 см (можна використовувати гімнастичну лавку) у темпі 20 сходжень за 1 хв впродовж 3 хв. Після завершення роботи в положенні стоячи підраховують ЧСС впродовж перших 10 с. Через 1 хв відпочинку обстежуваному дають друге навантаження: протягом 3 хв підйом на сходинку висотою 30 см у темпі 30 сходжень за 1 хв. Після завершення роботи у положенні стоячи знову підраховують ЧСС за перші 10 с. Використовуючи дані наведеної нижче таблиці 28, на горизонтальній лінії знаходять цифру, що відповідає ЧСС після першого навантаження, а на вертикальній — ЧСС, отриману після другого навантаження. Місце перетину цих двох величин ЧСС дає певний коефіцієнт, множенням якого на масу тіла іспитованого (у кг) розраховується фізична працездатність (у кгм/хв):

$$PWC_{170}=K \times m;$$

де К — коефіцієнт, який знаходять за таблицею на перетині значень ЧСС після першого (Р₁) і другого (Р₂) навантажень, m — маса тіла.

Таблиця 28.

Таблиця для розрахунку фізичної працездатності школярів

P1/P2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	20,8	25,8	40,8							
21	17,4	19,60	24,0	37,20						
22	15,36	16,50	18,40	22,20	33,60					
23	14,00	14,64	15,60	17,20	20,20					
24	13,03	13,40	13,92	14,70	16,00	18,60				
25	12,30	12,51	12,80	13,20	13,80	14,80	16,80			
26	11,73	11,85	12,00	12,20	12,48	12,90	13,60	15,00		
27	11,28	11,33	11,40	11,49	11,60	11,76	12,00	12,40	13,20	
28			10,93	10,85	10,97	11,00	11,04	11,10	11,20	11,40
29				10,53	10,50	10,46	10,40	10,32	10,20	10,00
30					10,13	10,05	9,94	9,80	9,60	9,30
31						9,73	9,60	9,43	9,20	8,88
32							9,33	9,15	8,91	8,60

Дані дослідження порівнюють і роблять висновки про рівень їхньої фізичної працездатності.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. На які вікові періоди розподіляють життя школярів?
2. Які особливості організму дітей молодшого шкільного віку?
3. Які морфофункціональні і метаболічні особливості організму підлітків?
4. Які основні морфофункціональні і метаболічні характеристики організму юнаків?
5. Які особливості фізичної працездатності дітей шкільного віку?

6. Які основні методи використовують для характеристики фізичної працездатності школярів?

Лабораторна робота № 22.

ФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМУВАННЯ ГРУП ДЛЯ ЗАНЯТЬ ОЗДОРОВЧИМИ ВИДАМИ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Мета роботи: навчитися досліджувати фізіологічні процеси у людей похилого віку під час занять фізичними вправами.

Обладнання: секундоміри, прилад для реєстрації АТ, сухоповітряний спірометр, устаткування для реєстрації латентного часу рухової реакції на світлові подразники (комп'ютерна система «Діагност-1»).

Література

1. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
2. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медична валеологія. – К.: Здоров'я, 1998. – 245 с.
3. Вайнбаум Я.С. Дозирование физических нагрузок. - М.: Просвещение, 1991. – 64 с.
4. Милнер Е.Г. Медико-биологические основы оздоровительной физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 112 с.
5. Пирогова Е.А. Совершенствование физического состояния человека. – К.: Здоров'я, 1989. – 238 с.

Хід роботи

Вирішення ситуаційного завдання. Охарактеризувати методичні підходи до формування груп з осіб середнього і похилого віку для занять оздоровчими видами спорту.

Послідовність виконання завдання.

1. Дати морфофункціональну і метаболічну характеристику організму людей середнього (40—59 років — чоловіки, 35—54 роки — жінки) і похилого віку (60—74 роки — чоловіки, 55—74 роки — жінки).

2. Розкрити основні завдання, що вирішуються на заняттях оздоровчими видами спорту.

3. Охарактеризувати фізіологічні критерії, використовувані для включення осіб середнього і похилого віку до певних груп для занять оздоровчими видами спорту.

4. Дати рекомендації до характеру і спрямованості фізичних навантажень, пульсових режимів занять з оздоровчою спрямованістю для осіб I— III груп.

Зразок типового вирішення ситуаційного завдання

1. Теоретичні відомості з першого питання ситуаційного завдання викладено у лекційному курсі, а також у навчальному посібнику І.І.Земцової та інших авторів, що займалися проблемами вікової фізіології людей літнього віку

2. Уникнути старіння неможливо, але уповільнити темпи його прояву, зробити активним життя в ці роки можливо. Відомо, що нестача рухової діяльності (гіподинамія) стимулює інволютивні зміни в організмі й у комплексі з іншими факторами призводить до передчасного старіння. Тому фізичні вправи,

природні фактори, загартування, раціональний режим харчування, діяльності і відпочинку є ефективними засобами попередження передчасного старіння і подовження трудової активності людини.

Позитивний вплив фізичних вправ на організм осіб середнього і похилого віку зумовлює необхідність їх використання для **вирішення наступних завдань**:

- зміцнення здоров'я, протидія розвитку інволютивних процесів, збереження розумової і фізичної працездатності, подовження активного довголіття;
- стимуляція адаптаційних реакцій до дії факторів зовнішнього середовища, поліпшення загального тону і загартування організму;
- профілактика захворювань або попередження їх розвитку, підтримання функцій ЦНС, серцево-судинної, дихальної, травної систем, стимуляція обміну речовин;
- зміцнення м'язів, поліпшення і збереження рухливості суглобів, підтримання рівня рухових спроможностей, умінь і навичок, правильної постави;
- формування впевненості у необхідності систематичних занять фізичними вправами, набуття теоретичних знань і практичних навичок з основ самостійного їх застосування і самоконтролю.

3. Завдання, що вирішуються на заняттях фізичними вправами, ефективно реалізуються в організованих колективах — групах здоров'я, оскільки проводяться під керівництвом досвідчених тренерів та інструкторів за спеціально розробленими програмами і за постійного лікарсько-педагогічного контролю.

Бажаючих відвідувати заняття у групах здоров'я попередньо обстежує лікар і, відповідно до стану здоров'я, фізичної підготовленості, функціональних особливостей організму, їх зараховують в одну з трьох медичних груп:

I група — практично здорові особи з помірними віковими змінами і достатньою для свого віку фізичною підготовленістю;

II група — особи, вікові зміни у яких супроводжуються помірними відхиленнями у стані здоров'я, без суттєвих функціональних розладів і задовільною фізичною підготовленістю;

III група — особи, які окрім виразних вікових змін мають значні відхилення у стані здоров'я, слабку фізичну підготовленість і знижену пристосовуваність до фізичних навантажень.

Особи зазначених вікових груп, які мають серйозні порушення у стані здоров'я направляються у лікувально-профілактичні установи для занять лікувальною фізичною культурою (ЛФК).

Групи здоров'я формують відповідно до статі і віку. Різниця у віці осіб однієї групи може становити 5—10 років. У I групі може займатися 20—25 осіб, а в II і III — не більше 12—15. Заняття чоловіків і жінок краще проводити окремо, але можливі й змішані групи.

4. Планування занять має бути річним із розрахунку — два заняття на тиждень, за умови переважного їх проведення на відкритому повітрі. Найдоцільнішими є комплексні заняття, що включають різні види вправ, або ті, що чергуються за змінним графіком: спочатку у гімнастичному залі, потім на ігро-

вому майданчику, у басейні, на стадіоні тощо.

Тривалість підготовчої і заключної частин тренувальних занять із збільшенням віку збільшується у зв'язку з уповільненням процесів впрацьовування і відновлення. Тривалість занять протягом перших двох місяців для I групи становить 30—45 хв, для II групи — 20—30 хв, для III групи — 15—20 хв. Протягом року тривалість занять може бути збільшена відповідно до 60—90, 45—60 і 30—45 хв. Для представників III групи тренувальні заняття можна проводити 4—5 разів на тиждень, зменшивши їх тривалість.

У програмі занять більшу увагу приділяють вправам основної гімнастики завдяки їх всебічній дії на організм, можливості індивідуального дозування, вибіркового впливу на певні м'язові групи, суглоби, хребет, окремі органи. Використовують вправи без предметів і з предметами, на гімнастичній стінці й гімнастичні лаві, профілакторі Євмінова та тренажерах для зміцнення мускулатури, а також вправи, спрямовані на збільшення гнучкості, розслаблення, координації.

Для жінок середнього віку до програми занять рекомендується вводити елементи художньої гімнастики, а для чоловіків — деякі вправи атлетичної гімнастики. У похилому віці можна використовувати танцювальні елементи і їх комбінації, вільні вправи.

Особам, віднесеним до III групи, показана щоденна ходьба (3—4 км за 30—50 хв), тим, які займаються у II групі — 5—7 км за 60—75 хв, представникам I групи — 7—10 км за 70—100 хв. Біг у II групі рекомендується людям похилого віку у вигляді коротких пробігів у чергуванні з прискореною ходьбою, а у III групі — у вигляді короткочасного бігу підтюпцем. Як самостійну форму його можна використовувати людям середнього та похилого віку I групи, а за додаткового дозволу лікаря — й у II.

У заняття всіх вікових груп включають спортивні ігри (волейбол, баскетбол, бадмінтон, теніс, городки) за спрощеними правилами. У представників II і III груп похилого віку ігри мають бути короткочасними, щоб не викликати надто великого емоційного підйому, перенапруження, травми.

Ходьба на лижах, плавання, веслування, катання на ковзанах мають велике оздоровче і загартовуюче значення. Займатися ними рекомендується людям середнього віку, які оволоділи даними руховими навичками, і людям похилого віку, які набули їх раніше. Плавання за своєю всебічною профілактичною і оздоровчою дією є незамінним засобом у заняттях з людьми середнього і похилого віку. Заняття складаються з гімнастичних вправ на суші (15—25 хв) і плавання (35—45 хв) у басейні з підігрівом при температурі води 22—26 °С і повітря 20—21 °С.

Фізичні вправи сприятливо впливають на людей середнього і похилого віку лише за умови раціонально спланованих, чітко організованих і методично правильно побудованих занять. Для контролю за інтенсивністю і величиною навантаження орієнтуються на значення ЧСС. Для цього перед заняттям, в основній і наприкінці заключної частин визначають ЧСС. Допустима її величина становить для 40—49-річних 150, 50—59-річних — 140, 60-річних і старше — 130 за 1 хв. Фізіологічна крива навантаження має поступово підвищуватися

на початку заняття, досягаючи свого максимуму у середині основної частини заняття і плавно знижуватися до кінця заняття. Щільність занять у перші місяці не повинна перевищувати 40—55 %, через півроку може становити близько 60—65 %. У подальшому рекомендується у III групі підтримувати досягнуту щільність, а у II і I групах збільшувати її до 70—80 %.

Два рази на рік визначають ефективність занять, використовуючи лікарсько-педагогічні спостереження, контролюючи зміну антропометричних показників, амплітуди рухів у суглобах, ЧСС, АТ, проводячи лікарські обстеження.

Завдання 1. Дослідити особливості фізіологічних процесів осіб похилого віку.

Для подібного дослідження підбирають 5 обстежуваних різного віку: 20-29 років; 30-39 років; 40-49 років; 59-60 років; 60 і більше років.

У стані спокою в обстежуваних осіб зрілого та похилого віку визначають:

1. ЧСС двічі за 10 с з перерахунком на 1 хв.
2. АТ сист, АТ діаст. і пульсовий тиск.
3. Величину ЖЄЛ, об'єми які її складають, відношення резервного об'єму видиху до резервного об'єму вдиху.
4. Час затримки дихання на вдиху і видиху з одночасним оксигеметричним контролем.
5. Латентний час рухової реакції на світлові подразники.

Далі обстежувані виконують фізичні навантаження — біг на місці протягом 15 с або протягом 1 хв у темпі відповідно 160 і 140 кроків за 1 хв. Можна використовувати сходження на сходинку висотою 40 см (20—30 разів за 1 хв). Після виконання фізичного навантаження проводять реєстрацію тих самих показників. Отримані результати усіх обстежуваних порівнюють з даними таблиці 29 і роблять висновки щодо функціональних особливостей осіб зрілого та похилого віку.

Таблиця 29.

Припустима гранична і максимальна (але припустима під час тестування) ЧСС у людей різного віку, уд/хв.

Вік, роки	ЧСС за 1 хв			
	Припустима гранична		Максимальна	
	Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
20-29	161	167	195	198
30-39	156	160	187	189
40-49	152	154	178	179
50-59	145	145	170	171
60 і більше	146	142	162	163

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які зміни в організмі людини відбуваються у процесі старіння?
2. Які основні завдання занять оздоровчими видами спорту?
3. Які механізми впливу фізичних вправ на людей середнього і похилого віку?
4. Які особливості організації занять фізичною культурою з особами середнього і похилого віку?
5. У чому полягають особливості методики занять фізичними вправами з людьми середнього і похилого віку?

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ТА ТЕРМІНІВ

Адаптація – пристосування організму людини до умов зовнішнього середовища. **А.** характерна як для цілого організму, так і для окремих органів і систем.

Аеробний метаболізм (або клітинне дихання) — процес, що відбувається у мітохондріях і припускає використання кисню для утворення енергії (АТФ).

Акселерація – прискорений фізичний і функціональний розвиток дітей та підлітків. Виділяють епохальну та внутрішню групову **А.** Епохальна акселерація означає прискорення фізичного розвитку сучасних дітей і підлітків порівняно з попереднім поколіннями. Внутрішньогруповою акселерація означає прискорення фізичного розвитку окремих дітей та підлітків у певних вікових групах.

Анаболізм — «створення» тканини тіла; конструктивна фаза метаболізму (асиміляція).

Анаеробний — без кисню.

Анаеробний поріг — момент, коли метаболічні потреби, що ставить фізичне навантаження, не задовольняються наявними аеробними джерелами, у цьому випадку збільшується анаеробний метаболізм, котрий проявляється підвищенням концентрації лактату в крові.

Артеріовенозна різниця за киснем (АВР- O_2) — різниця у вмісті кисню між артеріальною та змішаною венозною кров'ю, що відображає кількість кисню, засвоєного тканинами.

Бета-окиснення (β -окиснення) — перший етап окиснення жирних кислот — розщеплення жирних кислот на окремі двовуглецеві одиниці оцтової кислоти, кожна з котрих потім перетворюється на ацетил-КоА.

Вдих - активний процес з участю діафрагми та зовнішніх міжреберних м'язів, що розширюють грудну клітку та легені. Розширення викликає зниження тиску в легенях, в результаті цього у легені надходить повітря.

Вентиляторний еквівалент діоксиду вуглецю (V_E / V_{CO_2}) - відношення об'єму вентиляваного повітря (V_E) до кількості утворюваного діоксиду вуглецю (V_{CO_2}).

Вентиляторний еквівалент кисню (V_E / V_{O_2}) — відношення об'єму вентиляваного повітря (V_E) до кількості утворюваного кисню (V_{O_2}); показник економічності дихання.

Видих — процес виштовхування повітря з легень внаслідок розслаблення дихальних м'язів та еластичної тяги легеневої тканини, що збільшує тиск у грудній клітці.

Витривалість — здатність протистояти стомленню; включає м'язову та кардіореспіраторну витривалість.

Віддалене виникнення болісних відчуттів у м'язах - болісні відчуття, що виникають через 1-2 дні після значного фізичного навантаження.

Вітаміни — група органічних сполучень, виконуючих особливі функції — забезпечення розвитку (росту) та збереження здоров'я. Діють в основному як каталізатори хімічних реакцій.

Внутрішнє дихання — газообмін між кров'ю та тканинами.

Вправи аеробної спрямованості низької інтенсивності — вправи аеробної спрямованості, виконуються з невеликою інтенсивністю, і призводять до спалювання великої кількості жирів.

Гемоглобін — білок еритроцитів, що містить залізо і зв'язує кисень, здійснюючи його транспорт кров'ю.

Гемоконцентрація — відносне збільшення маси еритроцитів на одиницю об'єму крові, зумовлене зменшенням об'єму плазми.

Гіпервентиляція — збільшена швидкість дихання або залишковий об'єм, що перевищує звичайний.

Гіперглікемія — підвищений вміст глюкози у крові.

Гіперполяризація — збільшення різниці потенціалів на мембранах клітини.

Гіпертермія — підвищена температура тіла.

Гіпертрофія — збільшення розміру або маси органа або тканини тіла, м'язу.

Гіпоглікемія — низький вміст глюкози у крові.

Гіпоксія — знижений вміст кисню.

Гіпотермія — низька температура тіла.

Глікоген — форма вуглеводів, що зберігаються в організмі (головним чином, у м'язах та печінці).

Глікогенез — перетворення глюкози на глікоген.

Глікогенне навантаження — різні сполучення фізичних навантажень та харчування, спрямовані на підвищення запасів глікогену в організмі.

Глікозурія — наявність глюкози у сечі.

Гліколіз — поступове перетворення глюкози на пірвіноградну кислоту в результаті анаеробних процесів.

Гліколітична система — система утворення енергії шляхом гліколізу.

Глюконеогенез — перетворення білків або жирів на глюкозу.

Гормон — хімічна речовина, що утворюється або виділяється залозою внутрішньої секреції та транспортується кров'ю до певної клітини-мішені.

Гормон росту — гормон, що забезпечує анаболізм та, на думку деяких спортсменів, має властивість підвищувати працездатність.

Деполаризація — зниження електричного потенціалу на мембрані клітини.

Детренованість — зміни, зумовлені припиненням або зменшенням обсягу регулярних фізичних занять.

Дифузійна здатність легень — газообмін між легеньми та кров'ю.

Дихальний коефіцієнт (ДК) — відношення кількості діоксиду вуглецю до кількості споживуваного кисню на рівні легень.

Дихальний об'єм — об'єм вдихуваного або видихуваного повітря під час нормального циклу дихання.

Діастолічний тиск крові — мінімальний артеріальний тиск, зумовлений діастолою шлуночка (фаза відпочинку серця).

Довгочасна адаптація — фізіологічні зміни в організмі людини внаслідок повторюваних фізичних навантажень протягом тижнів або місяців. Як правило, поліпшує продуктивність організму як у спокої, так і при фізичному навантаженні.

Додаткове споживання кисню — вдихання додаткової кількості кисню, що сприяє, на думку деяких спортсменів, підвищенню працездатності.

Ексцентрична дія (м'яза) — подовження м'яза.

Ексцентричне тренування — тренування, що включає ексцентричну дію.

Електрокардіограма (ЕКГ) — крива електричної діяльності серця.

Електроліт — рідина з розчиненими в ній іонами, що може проводити струм.

Ендомізій — оболонка сполучної тканини, що покриває кожне м'язове волокно.

Епімізій — зовнішня сполучна тканина, що обгортає увесь м'яз.

Ергогенний — здатний підвищувати працездатність або м'язову діяльність.

Еритропоетин — гормон, що стимулює утворення еритроцитів.

Естроген — жіночий статевий гормон.

Життєва ємність легенів (ЖЄЛ) — максимальний об'єм повітря, видихуваного з легень після максимального вдиху.

Задишка — утруднене дихання.

Збуджувальний постсинаптичний потенціал — деполяризація постсинаптичної мембрани внаслідок збуджувального імпульсу.

Зниження інтенсивності тренування — скорочення інтенсивності тренувальних занять перед головним змаганням, що забезпечує відпочинок від виснажливих тренувальних занять.

Зовнішнє дихання — процес переходу повітря у легені, в результаті чого здійснюється газообмін між альвеолами та капілярною кров'ю.

Зовнішній нервовий контроль кровообігу — перерозподіл крові на системному рівні або на рівні організму, що контролюється нервовими механізмами.

Інтервальний метод тренувань — повторювані короткочасні фізичні навантаження у високому темпі з короткими інтервалами відпочинку.

Кардіореспіраторна витривалість — здатність серцево-судинної та дихальної систем організму витримувати тривале фізичне навантаження.

Катаболізм - руйнування тканини чи поживних речовин; деструктивна фаза метаболізму (дисиміляція).

Катехоламіни — біологічно активні аміни, такі, як адреналін та норадреналін, що мають потужний вплив, подібний до впливу симпатичної нервової системи.

Кінцево-діастолічний об'єм — об'єм крові всередині лівого шлуночка наприкінці систоли, безпосередньо перед скороченням серця.

Кінцево-систолічний об'єм — об'єм крові, що залишається у лівому шлуночку наприкінці систоли, безпосередньо після скорочення серця.

Кисневий борг — кількість кисню, що споживається після фізичного навантаження вища рівня спокою.

Кисневий запит — кількість кисню, що необхідна для окиснювальних процесів, які забезпечують певну роботу.

Клітини-мішені — клітини, що мають рецептори до певних гормонів.

Коловий метод тренувальних навантажень силової спрямованості — сполучення колового та силового тренування. Як правило, виконання фізичного навантаження з інтенсивністю 40-60 % максимального протягом 30 с, з 15-секундними інтервалами відпочинку між циклами.

Концентрична дія — скорочення довжини м'яза.

Креатинфосфат (КФ) — макроергічна сполука, що відіграє найважливішу роль у забезпеченні м'язів енергією та підтримує концентрацію АТФ.

Лактат — сіль, що утворена з молочної кислоти.

Ланцюжок транспорту електронів — серія хімічних реакцій, внаслідок котрої іони водню, що утворилися в результаті гліколізу та циклу Кребса, перетворюються на воду, утворюючи енергію для окиснювального фосфорилування.

Легенева вентиляція — послідовність актів вдиху та видиху.

Легенева мембрана — мембрана, що розділяє альвеолярне повітря та кров, складається з альвеолярної стінки, капілярної стінки та базальних мембран.

Максимальна експіраторна вентиляція ($V_{E\max}$) — максимальна вентиляція при виснажливому фізичному навантаженні.

Максимальна частота серцевих скорочень ($ЧСС_{\max}$) — максимальний показник серцевих скорочень при максимальному зусиллі до виснаження.

Максимальне споживання кисню ($VO_2 \max$) — максимальна здатність засвоєння кисню при максимальному зусиллі. Інші назви: аеробна потужність, максимальне поглинання кисню, кардіореспіраторна витривалість.

Мембранний потенціал спокою — різниця потенціалів між електричним зарядом всередині та ззовні клітини, зумовлена наявністю мембрани.

Механізм відчуття спраги — нервовий механізм, що «вмикає» відчуття спраги у відповідь на зневоднення організму.

Механізм Франка-Старлінга — механізм, за допомогою котрого збільшений об'єм крові у шлуночку спричиняє сильніше його скорочення, що призводить до викиду більшого об'єму крові.

Мієлінова оболонка — зовнішня оболонка мієлінізованого нервового волокна

Міоглобін — складне сполучення, подібне з гемоглобіном; міститься у м'язовій тканині; забезпечує перенесення кисню з клітинної мембрани до мітохондрій.

Міозин — один з білків, що утворюють філаменти, котрі продукують м'язове скорочення.

Міокард — серцевий м'яз.

Міофібрили — скоротні елементи скелетного м'яза.

М'язова витривалість — здатність м'яза уникати стомлення.

М'язове волокно — окрема м'язова клітина.

Надмірне тренування — тренувальне заняття, що характеризується підвищеним обсягом, інтенсивністю або і тим, і іншим, або дуже швидким їх збільшенням (з порушенням принципу поступовості).

Насиченість гемоглобіну — кількість кисню, зв'язаного кожною молекулою гемоглобіну.

Нейромедіатор — хімічна речовина, що здійснює «спілкування» між нейроном та іншою клітиною.

Непереривний метод тренування — проведення тренувальних занять без інтервалу відпочинку, почергове виконання вправ з високою, середньою та низькою інтенсивністю.

Непряма калориметрія — метод оцінки витрат енергії, оснований на

вимірюванні об'єму дихальних газів.

Нервовий імпульс — електричний сигнал, що проходить по нейрону, може передаватися іншому нейрону або кінцевому органу, наприклад, групі м'язових волокон.

Нервово-м'язове волокно — чутливий рецептор у м'язі, що визначає ступінь його розтягнення.

Нервово-м'язове сполучення — ділянка з'єднання рухового нейрона з м'язовим волокном.

Нервово-сухожилкове веретено — чутливий рецептор у м'язовому сухожилку, що контролює величину напруження.

Нестероїдні гормони — гормони, утворювані з білків, пептидів або амінокислот, що не можуть легко проникати крізь клітинні мембрани.

Окиснювальна здатність м'язів — показник максимальної здатності використання кисню м'язом.

Окиснювальна система — найбільш складна енергетична система організму, що утворює енергію у результаті розкладу джерел енергії за допомогою кисню і забезпечує утворення великої кількості енергії.

Онтогенез — сукупність перетворень організму в процесі індивідуального розвитку з моменту зачаття до кінця життя.

Парціальний тиск - тиск окремих газів у газовій суміші.

Перимізій — оболонка сполучної тканини навколо кожного м'язового пучка.

Периферичний кровоток — кровоток у голові, кінцівках, шкірі.

Період відновлення частоти серцевих скорочень — відрізок часу, протягом котрого ЧСС після фізичного навантаження вертається до показника у стані спокою.

Повільноскоротне волокно (ПС - волокно) — тип м'язового волокна з високою окиснювальною та низькою гліколітичною здатністю, пов'язаною з фізичною діяльністю, що потребує прояву витривалості.

Позаклітинна рідина — 35-40 % води, що знаходиться за межами клітин, включаючи плазму, лімфу, тканинну, цереброспинальну та інші рідини.

Поперечний місток міозину — виступаюча частина міозинового філаменту. Включає міозинову головку, що знаходиться на активній ділянці на активному філаменті.

Поперечні трубочки (Т-трубочки) — продовження сарколеми (мембрани плазми), що латерально проходять через м'язове волокно і забезпечують швидку передачу нервових імпульсів в окремі міофібрили та транспорт у них поживних речовин.

Поріг — мінімальна величина стимулу, необхідна для того, щоб викликати реакцію. Також мінімальна деполяризація, необхідна для утворення потенціалу дії.

Поріг анаеробного обміну (ПАО) — момент під час виконання фізичного навантаження зі збільшеною інтенсивністю, під час котрого відбувається швидке накопичення лактату понад рівень, що спостерігався у стані спокою.

Принцип індивідуальності — теорія, згідно з котрою будь-яка програма фізичних навантажень має враховувати індивідуальні потреби та можливості

кожного спортсмена.

Принцип систематичності — теорія, згідно з котрою програма тренування має передбачати план збереження досягнутих результатів, інакше досягнуте буде втрачено.

Принцип поступового збільшення навантаження — теорія, згідно з котрою усі тренувальні програми мають забезпечувати поступове збільшення навантаження.

Пряма калориметрія — метод визначення інтенсивності та кількості утворюваної енергії на основі безпосереднього вимірювання кількості тепла, утворюваного тілом.

Резерв максимальної частоти серцевих скорочень — різниця між максимальною частотою серцевих скорочень та частотою серцевих скорочень у спокої.

Респіраторні центри — автономні центри, розташовані у довгастому мозку та варолієвому мосту, котрі задають частоту та глибину дихання.

Ретардація розвитку — затримка фізичного розвитку й формування функціональних систем організму дітей та підлітків. До біологічних механізмів ретардації належать спадкові й набуті чинники, а також соціальні чинники, які сприяють затримці розвитку дитини.

Рухова активність — потреба в русі що виявляється у виконанні певної кількості рухових актів.

Рухова навичка — індивідуально набуті рухові акти, що формуються умовнорефлекторним шляхом. Основою вироблення рухових навичок є утворення тимчасових зв'язків між різними відділами ЦНС у результаті багаторазового повторення однотипних вправ.

Рухова одиниця — руховий нерв та група м'язових волокон, котрі він іннервує.

Руховий рефлекс — рухова реакція на даний стимул.

Сарколема — клітинна мембрана м'язового волокна.

Саркомір — основна функціональна одиниця міофібрили.

Саркоплазма - гелеподібна цитоплазма у м'язовому волокні.

Саркоплазматичний ретикулум — система трубочок, що зв'язана з міофібрилами та містить запаси кальцію для здійснення м'язових скорочень.

Серцевий викид (Q) — об'єм крові, що прокачується серцем з 1 хв ($Q = \text{частота серцевих скорочень} \times \text{систолічний об'єм крові}$).

Серцевий цикл — період між двома послідовними скороченнями серцевого м'яза.

Сила — здатність м'яза продукувати зусилля.

Синапс — з'єднання між двома нейронами, також з'єднує аксон нейрона з м'язовими волокнами.

Система АТФ-КФ — проста анаеробна енергетична система, що забезпечує підтримання рівнів АТФ. При розщепленні креатинфосфату (КФ) вивільнюється фосфат, котрий потім вступає у реакцію з АДФ і утворює АТФ.

Система транспорту кисню — компоненти серцево-судинної та дихальної систем, що приймають участь у транспорті кисню.

Систолічний артеріальний тиск — найвищий артеріальний тиск крові,

зумовлений систолою (сколроченням серця).

Систолічний об'єм крові — кількість крові, що викидається з лівого шлуночка при скороченні, визначається різницею між кінцево-діастолічним та кінцево-систолічним об'ємами.

Спринтерські тренувальні навантаження — форма тренування анаеробної спрямованості, що передбачає короточасні інтенсивні заняття.

Статична дія — дія, під час котрої м'яз скорочується без руху і продукує силу, у той час як її довжина залишається у статичному положенні (не змінюється). (ізометрична дія).

Стероїдні гормони — гормони, хімічні структури котрих нагадують структуру холестерину; ліпідорозчинні і тому легко дифундують крізь клітинні мембрани.

Стійка частота серцевих скорочень — підтримання постійної частоти серцевих скорочень при субмаксимальних рівнях фізичного навантаження та постійній інтенсивності роботи, що виконується.

Терморегуляція — процес, завдяки котрому терморегуляторний центр, що знаходиться у гіпоталамусі, коректує температуру тіла у відповідь на її відхилення від заданої.

Терморекцептори — чутливі рецептори, що виявляють зміни температури тіла та зовнішньої температури і передають цю інформацію до гіпоталамуса.

Тредбан — ергометр з двигуном та системою блоків, що забезпечують рух широкої стрічки, по котрій обстежуваний може йти або бігти.

Тренування аеробної спрямованості — тренування, що підвищує ефективність аеробних систем утворення енергії, а також кардіореспіраторну витривалість.

Тренування анаеробної спрямованості — тренування, що підвищує ефективність анаеробних систем утворення енергії, а також м'язову силу та толерантність до порушення кислотно-основного стану при значному зусиллі.

Тренування силової спрямованості — тренувальні заняття, спрямовані на збільшення сили, потужності та м'язової витривалості.

Тропонін — складний білок, прикріплений через однакові інтервали до актинових жилок та тропоміозину.

Тропоміозин — білок, що має форму трубочки, накрученої навколо актинових ниток.

Фізіологія м'язової діяльності — галузь, що вивчає зміни структури та функцій тіла внаслідок короточасних та довгочасних фізичних навантажень.

Цикл Кребса — серія хімічних реакцій, що включає повне окиснення ацетил-КоА та утворення 2 молів АТФ (енергії), водню та вуглецю, котрі, з'єднуючись з киснем, утворюють H_2O та CO_2 .

Швидкість основного обміну — мінімальна швидкість обміну речовин (використання енергії), що забезпечує підтримання життя і вимірюється в (оптимальних) лабораторних умовах після нічного сну.

Швидкоскоротне волокно (ШС - волокно) — тип м'язового волокна з низькою окиснювальною та високою гліколітичною здатностями; схильне до швидкісної діяльності або діяльності, що потребує прояву витривалості.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

1. Апанасенко Г.Л., Михайлович С.О. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. – Ужгород: УжНУ, 2004. – 144 с.
2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). – М.: Академа, 2003. – 415 с.
3. Вілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. – К.: Олімп. літ-ра, 2003.
4. Возний С.С., Голяка С.К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. Навчальний посібник. – Херсон: ХДУ, 2006. – 142 с.
5. Возрастная физиология / Под ред. Ю.Ермолаева. – М.: Наука, 2003. – 420с.
6. Гандельсман А.Б., Смирнов К.М. Физиологические основы методики спортивной тренировки. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
7. Голяка С.К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. Метод. рекомен. до провед. лабор. занять. – Херсон: ХДУ, 2008. – 48 с.
8. Голяка С.К. Практикум з фізіологічних основ фізичної культури та спорту. Метод. рекомен. до провед. лабор. занять. – Херсон: ХДУ, 2010. – 72 с.
9. Дубровский В.И. Спортивная физиология. – М.: ВЛАДОС, 2005.
10. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1985. – 384.
11. Земцова І.І. Спортивна фізіологія. Навчальний посібник. – К.: Олімпійська література, 2008. – 208 с.
12. Леонтьева Н.М., Маринова К.В. Анатомия и физиология детского организма. – М.: Просвещение, 1986. – 234 с.
13. Маруненко І.М. та ін. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. – К.: Професіонал, 2004. – 480 с.
14. Основы физиологии человека. / Под. ред. Б.И.Ткаченка. - СПб: Наука, 1994. – 400 с.
15. Плахтій П.Д., Зубаль М.В., Мисів В.М. Біологічні основи фізичного виховання студентів. – Кам'янець-Подільський: ПП. Буйницький О.А., 2008. – 232 с.
16. Ровный А.С. Курс физиологии. Физиология спорта. – Харьков: ХаГИФК, 1997. – 212 с.
17. Ровный А.С., Язловецький В.С. Фізіологія спорту. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КПДУ імені Володимира Винниченка, 2005. – 208 с.
18. Ровный А.С. Фізіологія спортивної діяльності. / А.С.Ровний, В.М.Ільїн, В.С.Лизогуб, О.О.Ровна. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 556 с.
19. Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта. - М.: ВЛАДОС, 2002.
20. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. – М.: Олимпия Прес, 2005. – 528 с.
21. Спортивная медицина. / Под рею В.Л.Карпмана. – М.: Физкультура и спорт, 1988.

22. Спортивная физиология. / Под. ред. Я.Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986.
23. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – К.: Олимп. лит-ра, 1997.
24. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры. / Под ред. Я.М.Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
25. Физиология человека. / Под ред. Н.В.Зимкина. - М.: Физкультура и спорт, 1975.
26. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса. / Под ред. Дж.Мак-Дугалла. – К.: Олимп. лит-ра, 1998.
27. Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. В серии: «Руководство по физиологии». / Под ред. В.Н.Черниговского. – М.: Наука, 1969.
28. Фомин Н.А. Физиология человека: Учеб.пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1982. – 320 с.
29. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 224 с.
30. Чижик В.В. Спортивна фізіологія: навч. посібник для студентів / В.В.Чижик. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2011. – 256 с.

Додаткова література

1. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. - К.: 1979.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 234 с.
3. Апанасенко Г. Л. Фізичний розвиток дітей та підлітків. - К.: Здоров'я, 1985. – 59 с.
4. Апанасенко Г. А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. - СПб: МГП «Петрополис», 1992. - 125 с.
5. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медична валеологія. – К.: Здоров'я, 1998. – 245 с.
6. Аршавский И.А. Скелетная мускулатура и основные закономерности онтогенеза. В кн. Двигательная активность и старение. – К.: Наука, 1969.
7. Бальсевич В.К., Запорожанов ВЛ. Физическая активность человека. - К.: Здоров'я, 1987.
8. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активности. – М.: Наука, 1990.
9. Булич Э.Г. Физическая культура и здоровье. – М.: Знание, 1981.
10. Булич Э.Г., Муравов И.В. Здоровье человека: Биологическая основа жизнедеятельности и двигательная активность в её стимуляции. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
11. Вайнбаум Я.С. Дозирование физических нагрузок. - М.: Просвещение, 1991. – 64 с.
12. Васильева В.В. Сосудистые реакции у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1971.
13. Виру А.А. и др. Аэробные упражнения. – М.: Физкультура и спорт, 1988.

14. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека / Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страшко Н.П. – К.: Здоров'я, 1986. – 152 с.
15. Готовцев П.И., Дубровский В.И. Спортсменам о восстановлении. – М.: Физкультура и спорт, 1981.
16. Зациорский В.М. Физические качества спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
17. Карпман В.Л., Белоцерковский И.А., Гудков И.А. Исследование физической работоспособности у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1974.
18. Карпман В.Л., Любина Б.Г. Динамика кровообращения у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1982.
19. Короленко С.А. Т-система мышечных волокон. – Л.: Наука, 1975.
20. Маліков М.В., Богдановська Н.В., Сватсьєв А.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Запоріжжя: ЗДУ, 2006. – 227 с.
21. Круцевич Т.Ю., Воробйов М.І., Безверхня Г.В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді. – К.: Олімпійська література, 2011. – 224 с.
22. Мелвин Уильям. Эргогенные средства в системе спортивной тренировки. – К.: Олимп. лит-ра, 1997.
23. Милнер Е.Г. Медико-биологические основы оздоровительной физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 112 с.
24. Михайлов В.В. Дыхание спортсмена. – М.: Физкультура и спорт, 1973.
25. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоров'я, 1990.
26. Мурахов И.В. Физическая культура и активное долголетие. – М.: Физкультура и спорт, 1974.
27. Мурза В.П., Архипов О.А., Хорошуха М.Ф. Спортивна медицина. – К.: Університет «Україна», 2007. – 249 с.»
28. Пирогова Е.А. Совершенствование физического состояния человека. – К.: Здоров'я, 1989. – 238 с.
29. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страшко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека. - К.: Здоров'я, 1986. - 152с.
30. Питание в системе подготовки спортсмена. – К.: Олимп. лит-ра, 1996.
31. Рогозкин В.А. и др. Питание спортсменов. – М.: Физкультура, 1989.
32. Розенблат В.В. Проблема утомления. – М.: Медицина, 1975.
33. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.
34. Ромаскевич Ю.О., Кедровський Б.Г., Ротонос С.О. Посібник з основних питань оптимізації харчування в спорті. – Херсон, 2006.
35. Сергиенко Л.П. Генетика и спорт. – М.: Физкультура, 1990.
36. Спортивная медицина: Практические рекомендации. / Под. ред. Р. Джексона. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 580 с.

37. Спортивна фізіологія: навчальна програма для вузів фізичного виховання і спорту./ За ред. Євгенєвої Л.Я.- К.: Олімп. літ-ра, 2000.
38. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. - М.: Медицина, 1991. – 272 с.
39. Теория и методика физического воспитания. В 2-х томах. - Т.1. / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
40. Шиян Б.М. Теорія і методика фізичного виховання школярів. Ч. 1. - Тернопіль: Навчальна книга - Богдан, 2001. – 272 с.
41. Шмалей С.В. Диагностика здоровья. - Херсон, 1994. – 206 с.
42. Шмалей С.В, Щербина Т.І., Кубатько Б.І. Валеологія та методика викладання: Методичні рекомендації. – Херсон: Айлант, 2001. – 52 с.
43. Чижик В.В. Оздоровча фізична культура в умовах проживання на радіоактивно забруднених територіях. – Луцьк: Вежа, 2000. – 198 с.

ЗМІСТ

	стор
ПЕРЕДМОВА.....	3
ЧАСТИНА I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ	
Розділ 1. Загальні закономірності фізіології фізичних вправ.....	5
1.1. Введення. Цілі, завдання та розвиток фізіології фізичних вправ.....	5
1.2. Фізіологічна класифікація фізичних вправ спортивної та оздоровчої спрямованості.....	8
1.3. Динаміка функціональних станів організму під час м'язової діяльності.....	14
1.4. Загальні поняття про адаптацію організму до фізичних навантажень.....	21
1.5. Загальні закономірності росту та розвитку дітей і підлітків.....	26
Розділ 2. Нервова система і руховий апарат людини та їх роль у забезпеченні м'язової діяльності.....	34
2.1. Структура та функції нервової системи.....	34
2.2. Скелетний м'яз. Механізм м'язового скорочення.....	40
2.3. Фізіологічні основи формування рухових навичок і навчання спортивної техніки.....	46
2.4. Скелетний м'яз та фізичне навантаження.....	51
2.5. Адаптація нервової системи та рухового апарату людини до фізичних навантажень.....	54
2.6. Вікові особливості нервової системи та рухового апарату дітей та підлітків....	59
Розділ 3. Фізіологічні особливості вегетативних систем забезпечення м'язової діяльності.....	63
3.1. Структура та функції серцево-судинної системи.....	63
3.2. Реакції серцево-судинної системи на фізичні навантаження.....	72
3.3. Фізіологічні особливості дихальної системи.....	80
3.4. Реакції дихальної системи на фізичні навантаження.....	87
3.5. Адаптація кардіореспіраторної системи до систематичних занять фізичними вправами.....	91
3.6. Вікові особливості серцево-судинної та дихальної систем дітей та підлітків....	99
Розділ 4. Обмін речовин та енергозабезпечення м'язової діяльності.....	103
4.1. Обмін речовин під час м'язової діяльності.....	103
4.2. Баланс води та електролітів.....	111
4.3. Ендокринна система та м'язова діяльність.....	116
4.4. Адаптація обміну речовин та ендокринної системи до м'язової діяльності....	123
4.5. Коротка характеристика вікових особливостей обміну речовин та ендокринної системи дітей і підлітків.....	127
Розділ 5. Фізіологічні основи розвитку фізичних якостей. Вікові особливості розвитку фізичних якостей.....	131
5.1. Поняття про силові якості та вікові особливості їх розвитку.....	131
5.2. Загальна характеристика швидкості як фізичної якості. Вікові особливості її розвитку.....	135
5.3. Поняття витривалості як фізичної якості та вікові особливості її розвитку.....	139
Розділ 6. Фізіологічні закономірності оздоровчої фізичної культури	144
6.1. Рухова активність та здоров'я.....	144
6.2. Вплив оздоровчої фізичної культури на організм людини. Види оздоровчої фізичної культури.....	148
6.3. Фізіологічні основи оздоровчого фізичного тренування.....	156

6.4. Фізіологічні особливості людей літнього віку під час занять фізичними вправами.....	163
ЧАСТИНА 2. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	
Лабораторна робота 1. Оцінка рівня фізичного стану організму за бальною системою «КОНТРЕКС - 2».....	170
Лабораторна робота 2. Зміна кровообігу і дихання після вправ максимальної інтенсивності.....	173
Лабораторна робота 3. Зміна кровообігу і дихання після вправ субмаксимальної інтенсивності.....	175
Лабораторна робота 4. Визначення передстартових реакцій за динамікою ЧСС...	177
Лабораторна робота 5. Динаміка показників серцево-судинної та дихальної систем під час розминки.....	179
Лабораторна робота 6. Динаміка показників серцево-судинної та дихальної систем під час впрацювання.....	180
Лабораторна робота 7. Визначення характеру відновлення фізичної працездатності за індексом Гарвардського степ-тесту.....	181
Лабораторна робота 8. Оцінка термінових реакцій на фізичні вправи різного характеру.....	182
Лабораторна робота 9. Оцінка довгочасної адаптації організму до тренувальних навантажень за показником адаптаційного потенціалу.....	183
Лабораторна робота 10. Методи вивчення та оцінка фізичного розвитку дітей і підлітків.....	185
Лабораторна робота 11. Фізіологічні механізми формування рухових навичок та управління рухами.....	188
Лабораторна робота 12. Визначення індивідуально-типологічних властивостей вищої нервової діяльності у спортсменів.....	191
Лабораторна робота 13. Визначення фізіологічного стану кардіореспіраторної системи під час фізичного навантаження.....	193
Лабораторна робота 14. Визначення анаеробної потужності.....	196
Лабораторна робота 15. Визначення індексу максимального споживання кисню.....	199
Лабораторна робота 16. Оцінка різних видів прояву сили м'язів.....	201
Лабораторна робота 17. Визначення часових характеристик різних за складністю сенсомоторних реакцій у спортсменів.....	203
Лабораторна робота 18. Визначення фізичної працездатності за тестом PWC ₁₇₀ за допомогою методу степергометрії.....	205
Лабораторна робота 19. Визначення фізичної працездатності та максимального споживання кисню за допомогою методу велоергометрії.....	208
Лабораторна робота 20. Фізіологічне нормування навантаження для підлітків....	211
Лабораторна робота 21. Визначення фізичної працездатності дітей шкільного віку.....	212
Лабораторна робота 22. Фізіологічне обґрунтування формування груп для занять оздоровчими видами фізичної культури.....	214
Словник основних понять та термінів.....	218
Список рекомендованої літератури.....	225