

Міністерство освіти і науки України  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Уманський державний педагогічний університет  
імені Павла Тичини

П.Д.Плахтій, Т.В.Коваль, Л.С.Соколенко

**ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ  
І ТВАРИН.  
ФІЗІОЛОГІЯ  
М'ЯЗІВ І М'ЯЗОВОЇ  
ДІЯЛЬНОСТІ**

Кам'янець-Подільський  
2011

УДК612.73/.74:577.1(075.8)

ББК 28.9

П 37

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.  
(лист № 1/11-1407 від 18 лютого 2011 р.)*

**Рецензенти:**

**В.М. Ільїн**

– доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології людини (КНУ фізичного виховання і спорту);

**С.В. Страшко**

– кандидат біологічних наук, професор, завідувач кафедри медикобіологічних і валеологічних основ життя і здоров'я (КПНУ імені М.П. Драгоманова);

**Е.О. Жигульова**

– кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання та фізичної реабілітації (Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка).

**П.Д. Плахтій, Т.В. Коваль, Л.С. Соколенко**

**П 37 Фізіологія людини і тварин. Фізіологія м'язів і м'язової діяльності:** Навчальний посібник. За ред. П.Д. Плахтія – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2011. – 164 с.

**ISBN 978-617-608-009-1**

В посібнику розглядаються питання морфофункціональних та біохімічних особливостей м'язової тканини, розкриваються питання механізму та енергетики м'язового скорочення, регуляції напруження м'язів, розвитку втоми м'язів та перебігу відновних процесів після фізичної роботи. Кожна тема посібника побудована за структурою модульного викладу і включає теоретичний матеріал, вимоги щодо знань, вмінь і навичок, словник термінів і понять, завдання для самостійної підготовки, тести.

Для студентів факультетів фізичної культури та природничих факультетів закладів освіти III-IV рівнів акредитації, магістрантів, аспірантів, викладачів вузів, тренерів, методистів оздоровчих та реабілітаційних центрів, вчителів фізичного виховання, спортсменів.

УДК612.73/.74:577.1(075.8)

ББК 28.9

*Друкується згідно з рішенням вченої ради  
Кам'янець-Подільського національного університету  
імені Івана Огієнка  
протокол № 12 від 28 грудня 2010 р.*

**ISBN 978-617-608-009-1**

© П.Д. Плахтій

## ЗМІСТ

Найчастіше вживані скорочення .....	5
Переднє слово .....	6
<b>Розділ I. Морфофункціональні та біохімічні особливості м'язової тканини. Обмін речовин в м'язовій тканині</b> .....	8
1.1. Рухова активність – обов'язкова умова збільшення обсягу функціональних резервів організму людини .....	10
1.2. Морфофункціональні особливості м'язової тканини .....	15
1.3. Хімічний склад скелетних м'язів. ....	22
1.4. Фізіологічна характеристика рухових одиниць м'язів. ....	31
1.5. Нервово-м'язовий синапс. ....	33
1.6. Обмін речовин у м'язовій тканині. ....	35
<i>Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів)</i> .....	39
<i>Тести</i> .....	41
<b>Розділ II. Механізм і енергетика м'язового скорочення</b> .....	49
2.1. Сучасні уявлення механізму м'язового скорочення. ....	50
2.2. Біохімія м'язового скорочення. ....	52
2.3. Енергетика м'язового скорочення. ....	54
2.4. Робоча гіпертрофія м'язів. ....	59
2.5. Фізіологічні механізми впливу різного рівня рухової активності на здоров'я людини .....	60
<i>Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів)</i> .....	66
<i>Тести</i> .....	67
<b>Розділ III. Регуляція напруження м'язів</b> .....	72
3.1. Форми і типи м'язових скорочень. ....	74
3.2. Режими скорочень м'язових волокон .....	76
3.3. Фізіологічні механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарата .....	81
3.4. Робота м'язів та її механічна ефективність .....	84
<i>Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів)</i> .....	87
<i>Тести</i> .....	89

<b>Розділ IV. Втома м'язів та особливості її розвитку при виконанні вправ різного характеру та інтенсивності.....</b>	<b>95</b>
4.1. Зміни фізіологічних функцій при втомі.....	96
4.2. Фізіологічні механізми виникнення втоми .....	98
4.3. Особливості розвитку втоми при виконанні вправ різного характеру і інтенсивності.....	102
4.4. Вікові особливості прояву втоми .....	104
<i>Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів) .....</i>	<i>105</i>
<i>Тести .....</i>	<i>105</i>
<b>Розділ V. Засоби рекреації працездатності людини.....</b>	<b>107</b>
5.1. Загальні закономірності відновлення функцій організму людини після роботи.....	108
5.2. Відновлення енергозапасів організму.....	111
5.3. Класифікація засобів, що сприяють прискореному перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичних навантажень .....	112
5.4. Медико-біологічні засоби відновлення працездатності людини після фізичних навантажень .....	115
5.4.1. <i>Лазня як засіб рекреації.....</i>	<i>117</i>
5.4.2. <i>Роль масажу у відновленні працездатності людини .....</i>	<i>124</i>
5.4.3. <i>Фармакологічні засоби відновлення фізичної працездатності .....</i>	<i>128</i>
5.5. Психологічні засоби рекреації і підвищення фізичної працездатності .....	134
5.5.1. <i>Фізіологічні механізми аутогенного тренування .....</i>	<i>134</i>
5.5.2. <i>Різновиди аутогенного тренування .....</i>	<i>138</i>
5.5.3. <i>Ідеомоторне тренування .....</i>	<i>141</i>
5.5.4. <i>Музика як рекреаційний засіб .....</i>	<i>142</i>
<i>Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів) .....</i>	<i>143</i>
<i>Тести .....</i>	<i>144</i>
Література .....	148
Додатки:	
Додаток А. Відповіді до тестів .....	152
Додаток Б. Глосарій .....	154
Додаток В. Іменний покажчик .....	160
Додаток Г. Предметний покажчик .....	161



## НАЙЧАСТІШЕ ВЖИВАНІ СКОРОЧЕННЯ

**АДФ** – аденозиндифосфорна кислота

**АТ** – аутогенне тренування

**АТФ** – аденозинтрифосфорна кислота

**АХ** – ацетилхолін

**ГТФ** – гуанозинтрифосфат

**ДК** – дихальний коефіцієнт

**ДНК** – дезоксирибонуклеїнова кислота

**ІТ** – ідеомоторне тренування

**КБ** – кисневий борг

**ККД** – коефіцієнт корисної дії

**КР** – коефіцієнт резерву

**КрФ** – креатинфосфат

**МСК** – максимальне споживання кисню

**НМС** – нервово-м'язовий синапс

**ПДМВ** – потенціал дії м'язового волокна

**ПМА** – психом'язовий ауотренінг

**ПМТ** – психом'язове тренування

**ПРТ** – психорегулююче тренування

**ПФС** – психофізіологічна саморегуляція

**РНК** – рибонуклеїнова кислота

**РО** – рухова одиниця

**СМ** – спинний мозок

**УДФ** – уридилдифосфат

**ФРО** – функціональні резерви організму

**ХР** – холінорецептори

**ЦНС** – центральна нервова система

**ЧСС** – частота серцевих скорочень



## ПЕРЕДНЄ СЛОВО

На всіх етапах історичного розвитку суспільства, починаючи з первіснообщинного, людина повинна була бути винятково витривалою і сильною. Напружена фізична праця для первісної людини була визначальним чинником у її боротьбі за існування. Вона і обумовила відповідний розвиток інших функцій організму, підкоривши їх головній функції – руху.

Рухаючись, людина активно впливає на навколишній світ, змінюючи його для своїх гомеостатичних потреб. При цьому рухова активність вже виступає не просто як засіб переміщення в просторі, а як тонкий механізм реалізації усіх форм трудової і творчої діяльності.

Рухова діяльність людини – основа способу активного перетворення природи. Проте, активно змінюючи довкілля для своїх досить часто егоїстичних потреб, людина час від часу допускається серйозних помилок. Забруднення води, повітря, харчових продуктів, порушення режиму праці і відпочинку (постійне недовідновлення з одного боку і гіподинамія з іншого), перезбудження нервової системи – усе це чинники, які призводять до зниження фізіологічної реактивності організму і зростання смертності від неінфекційних захворювань – хвороб цивілізації (порушення обміну речовин, інфаркти, інсульти, неврози, гіпертонії тощо). У виникненні цих захворювань значну роль відіграє гіподинамія, як чинник ризику. Тому фізичні вправи за даних умов є ефективним засобом оздоровлення.

Фізична робота завжди пов'язана з підвищенням енергетичних затрат і збільшенням засвоєння кисню. Забезпечення цих підвищених вимог призводить до стимулювання функцій всіх органів і систем організму і, в першу чергу, серцево-судинної, дихальної, нервової та ендокринної. Таким чином, скорочення скелетних м'язів, спричинене виконанням фізичних вправ є основним чинником активізації механізмів, направлених на збільшення обсягу функціональних резервів киснезабезпечуючих систем, отже – збереження і зміцнення здоров'я людини. Крім того, визначальною функцією

діяльності м'язів є функція активної адаптації організму до постійно змінних умов довкілля. Кінцевою метою цього активного пристосування є підтримання сталості внутрішнього середовища, розширення гомеостатичних меж окремих фізіологічних констант, забезпечення високопродуктивної діяльності.

Знання будови тіла людини, закономірностей функціонування окремих його тканин, органів і систем, особливостей перебігу фізіологічних процесів життєдіяльності необхідні вчителю фізвиховання, тренеру, спортсмену, усім, хто займається оздоровчою фізкультурою і спортом для того, щоб якнайповніше оптимізувати процес фізичного вдосконалення з врахуванням завдань тренування та індивідуальних особливостей тих, хто займається фізичними вправами.

Систематичні заняття фізичною культурою є важливою запорукою нормального фізичного і духовного розвитку людини, обов'язковою умовою виховання пріоритетних орієнтацій на здоров'я, мотиваційним стимулом до регулярних самостійних занять фізичними вправами.

## **Розділ І. Морфофункціональні та біохімічні особливості м'язової тканини. Обмін речовин в м'язовій тканині**

1. Рухова активність – обов'язкова умова збільшення обсягу функціональних резервів організму людини. Філогенетичний розвиток м'язової тканини. Фізіологічне обґрунтування потреб людини в руховій активності. Функціональні резерви організму людини та показники їх оцінки.
2. Морфофункціональні особливості м'язової тканини. Функції м'язів. Фізіологічні особливості м'язової тканини. Загальні особливості будови м'язів. Саркоплазматичний матрикс. Структура міофібрил. Саркоплазматичний ретикулум. Саркосоми.
3. Хімічний склад скелетних м'язів. Характеристика білків м'язової тканини. Ліпіди м'язів. Екстрактивні і мінеральні речовини м'язової тканини. Особливості хімічного складу серцевого і гладеньких м'язів. Зміни хімічного складу м'язової тканини в онтогенезі.
4. Фізіологічна характеристика рухових одиниць м'язів. Композиція м'язів і перспективи розвитку окремих рухових здібностей. Фізіологічна характеристика великих і малих, швидких і повільних РО. Генетичне походження співвідношень різних типів РО.
5. Нервово-м'язовий синапс. Морфофункціональні особливості нервово-м'язових синапсів. Пре- і постсинаптичний нервово-м'язовий блок.
6. Обмін речовин у м'язовій тканині. Хімічні процеси в працюючому ізольованому м'язі та в м'язах при роботі організму. Біохімічні зміни в м'язах при патології. Особливості обміну речовин в серцевому м'язі. Заклякання м'язів.

### ***В результаті вивчення матеріалу теми***

#### ***Ви повинні знати:***

- що м'язова діяльність є засобом підтримання гомеостазу організму людини;
- що рухова активність є обов'язковою умовою зростання обсягу функціональних резервів організму, - збереження і зміцнення здоров'я людини;



- морфофункціональні особливості і функції м'язової тканини;
- характерні особливості великих і малих, повільних і швидких РО м'язів;
- морфофункціональні особливості нервово-м'язових синапсів;
- хімічний склад скелетних і гладеньких м'язів;
- особливості обміну речовин в працюючому ізольованому м'язі та в м'язах цілісного організму;
- біохімічні зміни в м'язах при патології;
- особливості хімічної будови серцевого м'язу;
- особливості обміну речовин в м'язах міокарда;
- біохімічні зміни при заляканні м'язів.

**вміти:**

- розраховувати коефіцієнт резерву (рівень здоров'я) за окремими показниками функцій окремих фізіологічних систем організму;
- використовувати знання матеріалу теми в практиці оздоровчого тренування людини;
- використовувати знання про помпувальну функцію скелетних м'язів в підборі фізичних вправ для оптимізації центрального і периферійного кровообігу;
- дозувати фізичні навантаження з врахуванням активності різних типів РО для направленої розвитку окремих рухових здібностей людини;
- попереджувати розвиток пре- і постсинаптичного нервово-м'язового блоку, а отже – периферійної втоми.

**Основні терміни, поняття і скорочення**

*Акінезія; активне пристосування; актин; актоміозин; ансерин; амоніак; атрофія; ацетилхолінестераза; білки саркоплазми; білки міофібрил; білки м'язової строми; «внутрішньом'язові серця»; гіпобіоз; гіподинамія (гіпокінезія); глобулін X; гуанозинтрифосфат (ГТФ); дистрофія; екстрактивні речовини м'язової тканини; енергетичне правило скелетних м'язів; епімізій; залякання м'язів; ізофрагма; імунна реактивність; «кількість здоров'я»; креатин; креатинин; карнозин; карнітин; коефіцієнт резерву; леатонін; міоальбумін; «м'язова ейфорія»; міоген; міоглобін; міозин; міофібрила; мінеральні речовини; молочна кислота; нервово-м'язовий синапс (НМС); перимізій; повільні РО; пуринові та піримідинові сполуки;*

*ретикулум саркоплазматичний; рухова одиниця (РО); сарколема; саркомер; саркоплазма; саркосоми; структурні і ферментні білки; тропонін; тропоміозин; уридилдифосфат (УДФ); функціональні резерви організму (ФРО); холінорецептори (ХР); цикл трикарбонових кислот; швидкі РО; Z-мембрана (телофрагма).*

### **1.1. Рухова активність – обов'язкова умова збільшення обсягу функціональних резервів організму людини**

В процесі еволюції живих організмів м'язова тканина все більше диференціюється, а рухи організму стають все більш точними і швидкими. У найпростіших (інфузорії та ін.) в зовнішніх шарах цитоплазми є скоротливі ниткоподібні «міонеми». У багатоклітинних тварин рухи здійснюються за допомогою особливих спеціалізованих клітин. В кишковопорожнинних (гідри, медузи) функцію скорочення виконують епітеліально-м'язові клітини – скоротливі волокна. У червів і нижчих молюсків більша частина м'язів гладенька, тільки серцевий м'яз і невелика частина м'язів тіла поперечносмугасті; у головоногих молюсків майже всі м'язи поперечносмугасті. В членистоногих поперечносмугасті м'язи кріпляться до хітинового скелету і складаються з окремих м'язів. У хордових, починаючи з ланцетника, спостерігається чіткий поділ м'язів на поперечносмугасті, які здійснюють рухи тіла, і гладенькі м'язи внутрішніх органів, які забезпечують тривалі тонічні напруження. Поява поперечносмугастих м'язів дала можливість тваринам пересуватись більш координовано і швидко.

В процесі еволюційного розвитку та ускладнення рухової функції у хребетних з'являються все нові м'язи і групи м'язів, які виконують нові рухи, забезпечуючи можливість ефективного пристосування до постійно змінних умов довкілля.

Розвиток поперечносмугастих (скелетних) м'язів у філогенезі є відображенням переходу кількісних змін в якісні: формування в червів і молюсків поперечносмугастих м'язів серця відбувалося з гладенької м'язової тканини кровоносних судин. Ця діалектична закономірність виявляється і щодо розвитку скелетної мускулатури: на основі кількісних змін в м'язах (накопичення маси), спричинених систематичними тренуваннями, відбувається подальший розвиток сили, пружкості, витривалості та інших рухових здібностей.

Нормальне функціонування та вдосконалення м'язової системи можливе лише за умов наявності тісних зв'язків з нервовою і ендокринною системами. Такі взаємозв'язки є необхідною передумовою підтримання сталості внутрішнього середовища як обов'язковою умови «комфортного» життя індивіду в постійно змінному довкіллі. Порушення вказаного взаємозв'язку, викликане гіподинамією, призводить до дискоординації функцій опорно-рухового апарату й інших систем організму, спричиняє розвиток атеросклерозу судин неврозів, інфарктів тощо.

Існує три основних способи (форми) пристосувань живих організмів до постійно змінних умов довкілля. Першою, найбільш простою формою адаптації є здатність організмів в несприятливих умовах (при виражених змінах внутрішнього середовища) переходити на максимально низький рівень обміну речовин (*гінобіоз*). Цей спосіб пристосувань характерний для мікроорганізмів (спороутворення) і частково хребетних тварин (низька активність пойкилотермних організмів зимою, зимова сплячка ведмедів тощо). Здатність організмів до гінобіозу використовується в медицині для тривалого зберігання сперматозоїдів, яйцеклітин, окремих тканин і органів.

Другою формою пристосувань є пошуки найсприятливіших для підтримання гомеостазу внутрішнього середовища організму умов існування. Ця форма пристосувань реалізується через здатність тварин до переміщення в просторі. Розрізняють пасивне (водою, вітром), активне (осінні перельоти птахів) і змішане переміщення тварин у просторі (весняні активно-пасивні переміщення гірських жаб з гір в долини за допомогою гірських потоків тощо).

Для людини, на відміну від тварин, найбільш характерним способом підтримання сталості внутрішнього середовища є ***спосіб активного пристосування***. Активно діючи на навколишній світ, людина навчилася пристосовувати його для своїх гомеостатичних потреб. При цьому трудова діяльність людини стала прямим наслідком і причиною подальшого вдосконалення її рухової активності. За таких умов рух є не просто засобом переміщення в просторі, а й визначальним чинником реалізації всіх форм трудової, творчої і перетворюючої діяльності. Тому цей спосіб пристосування називається способом ***активного перетворення***. На жаль, таке активне перетворення, природи, спричиняє високими темпами інтенсифікації виробництва особливо в теперішній час, все частіше приносить шкоду

здоров'ю людини: забруднення повітря, води, їжі, недостатність загартованості, зумовлюючи зниження імунної реактивності організму тощо, сприяють розвитку неінфекційних захворювань.

***Рухова активність і функціональні резерви організму людини.***

Загальновідомо, що в умовах оптимального емоційного збудження людина може виконати значно більший обсяг роботи, ніж в умовах відсутності вольового зосередження. Значно більші можливості мобілізації функцій має фізично натренований організм в порівнянні з ненатренованим. Таким чином, резервні можливості організму зростають в процесі систематичних фізичних тренувань, в умовах тривалої дії тих чи інших несприятливих чинників довкілля (тепла, холоду, атмосферного тиску тощо).

Фізично натренована людина відрізняється від ненатренованої не лише за обсягом фізіологічних резервів, а і за будовою тіла, розвитком м'язової і кісткової тканин, міцністю і рухливістю зв'язок та суглобів. Виходячи з цього, всі резерви умовно поділяють на функціональні і морфологічні. До складу ***функціональних резервів*** входять резерви біологічні (біохімічні та фізіологічні) і соціальні (психічні та професійно-технічні).

***Психічні резерви***, пов'язані з пусковими (оцінки значимості сигналів до діяльності) і корегуючими (вольові зусилля) механізмами мобілізації функцій. ***Професійно-технічні резерви*** визначаються наявністю рухових і тактичних навичок, спроможністю до їх вдосконалення, ефективністю формування нових навичок на базі старих. ***Біохімічні резерви*** лежать в основі ефективності енергозабезпечення діяльності та швидкості відновлення енергоресурсів.

***Фізіологічні резерви*** пов'язані з інтенсивністю і тривалістю роботи окремих клітин (нервових, м'язових тощо), органів (серця, легень, нирок тощо), систем органів (кардіореспіраторної, видільної тощо), з досконалістю механізмів нейрогуморальної регуляції функцій. При цьому фізіологічні резерви клітин переважно забезпечують адаптацію до тривалої дії тих чи інших зовнішніх чинників; резерви органів і систем органів обумовлюють безпосередній перехід організму від спокою до діяльності; резерви регуляторних систем забезпечують узгоджені зміни функцій вегетативних і анімальних систем для досягнення найбільшого пристосувального ефекту – розвитку високого рівня фізичної підготовленості (П.К. Анохін, А.С. Мозжухін).

Фізіологічні системи в організмі взаємопов'язані і входять до складу функціональних систем, які зумовлюють вирішення конкретних задач і досягнення певної мети. Проте, хоч фізіологічні резерви є основною складовою частиною функціональних резервів і сприяють досягненню високої працездатності, вони не гарантують її. Адже висока працездатність є результатом мобілізації усіх видів резервів.

Для об'єктивної оцінки рівня резервів організму людини академік М.М. Амосов (1989) запропонував користуватись терміном «кількість здоров'я». Здоров'я – це сумарна величина резервів легень, серця, нирок, інших органів і організму в цілому, якими володіє дана людина. Про рівень резервів окремих органів і систем організму судять за показниками *коефіцієнту резерву* (КР). КР – відношення величини функції даної системи, визначеної в умовах максимальних навантажень до її величини в стані спокою (табл. 1.1).

**Таблиця 1.1**

*Величини фізіологічних резервів кардіореспіраторної системи*

Функціональні показники	Стан спокою	При максимальному навантаженні	Коефіцієнт резерву
Частота серцевих скорочень, ск/хв	60–70	260	4
Систолічний обсяг кровообігу, л/хв	50–80	240	4
Хвилинний обсяг кровообігу, л/хв	4,0–6,0	40	8
Частота дихання, дих. цикл/хв	10–16	90	7
Дихальний обсяг, л/хв	400–800	3600	6
Хвилинний обсяг дихання, л/хв	6,0–8,0	200	30
Киснева ємність крові, об %	17–19	23	1,3
Споживання кисню, л/хв	0,25	6	24

Активізація тканин і органів даної функціональної системи при виконанні людиною напруженої фізичної роботи (як і при дії інших чинників довкілля) єдиноспрямована – посилення функції одних органів, як правило, проходить на фоні компенсаторного гальмування функцій інших (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

*Резерви перерозподілу кровообігу при максимальному фізичному навантаженні (М. М. Амосов, А. Я. Бендет, 1975)*

	Спокій		Робота	
	л/хв	%	л/хв	%
Органи черевної порожнини	1,400	24	0,300	1
Нирки	1,100	19	0,250	1
Мозок	0,750	13	0,750	3
Коронарні судини	0,250	4	1,000	4
Скелетні м'язи	1,200	21	22,000	88
Шкіра	0,500	9	0,600	2
Інші органи	0,600	10	0,100	1
Разом	5,800	100	25,000	100

Основною умовою збільшення обсягу фізіологічних резервів організму людини є фізичні систематичні тренування і загартовування. Викликані ними функціональні зміни в організмі посилюють компенсаторні механізми адаптації, формуючи якісно новий структурний слід в системі (Ф.З. Меерсон). При цьому збільшується синтез нуклеїнових кислот і білків, які відповідають за специфічну адаптацію до дії даного подразника (тренувального навантаження). Як наслідок, мобілізуються структури, що раніше лімітували функцію даної клітини (тканини, органу), збільшуються резерви тих функціональних систем, які обумовлюють розвиток специфічної працездатності.

Мобілізація фізіологічних резервів відбувається завдяки активізації механізмів нервової і гуморальної регуляції функцій. Механізмом термінової мобілізації резервів є емоції і вольові зусилля. Їх направлено вдосконалення можна досягти систематичним аутогенним тренуванням. Для швидкого збільшення обсягу фізіологічних резервів, що визначають ефективний розвиток рухових здібностей, використовують різноманітні фармакологічні засоби (див розділ V. «Засоби рекреації працездатності людини»).

## 1.2. Морфофункціональні особливості м'язової тканини

Рухова активність є основою усіх пристосувальних реакцій людини і тварин до змін зовнішнього середовища. Система органів і тканин, що виконують функцію руху, називають *руховим апаратом*. Він складається з кісток скелету, з'єднаних між собою суглобами і зв'язками, скелетних (поперечносмугастих) м'язів, прикріплених до кісток і мотонейронів - нервових клітин, що іннервують м'язові волокна.

До складу скелетних м'язів входить м'язова, нервова і сполучна (зв'язки, сухожилля) тканини. Зверху м'яз покритий зовнішньою сполучнотканинною оболонкою – *епімізієм*. Він надає м'язу певної форми. Під епімізієм знаходяться пучки м'язових волокон, покриті іншою сполучнотканинною оболонкою – *перімізієм*. М'язові волокна – багатоядерні циліндричної форми видовжені поперечносмугасті клітини (рис. 1.1).

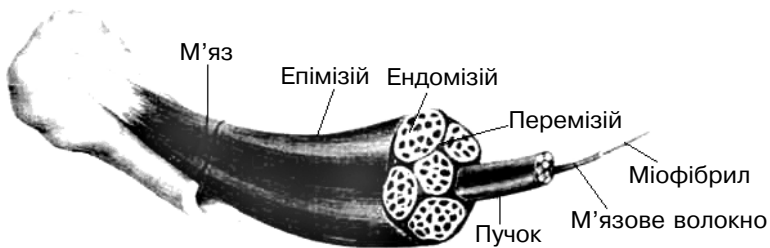


Рис. 1.1

Будова скелетного м'язу

У людини кількість м'язових волокон в м'язі встановлюється через 4–5 місяців після народження і майже не змінюється з віком. Кожне м'язове волокно має велику кількість (1 тис і більше) м'язових ниток – міофібрил.

Товщина окремих м'язових волокон – 10–100 мкм, довжина – від 1–2 до 10–12 см. При народженні дитини товщина м'язових волокон становить близько 1/5 товщини волокон дорослих людей. Діаметр м'язових волокон значно зростає під впливом систематичних фізичних тренувань.

Загальна маса м'язів в осіб середнього рівня фізичної натренованості близько 30–40 % ваги тіла. В організмі людини 327 парних скелетних м'язів і 2 м'язи непарні, 49 м'язів внутрішніх органів і органів відчуття. М'язи містять 75–80 % води, 18 % білків, 0,2 % жиру, 0,7 % глікогену, 0,45 % креатинфосфату.

М'язове волокно покрите тонкою еластичною мембраною – *сарколемою* (від грецького слова «саркос» – м'ясо), яка з'єднується із сполучною тканиною м'яза. Сарколема відіграє важливу роль у виникненні і проведенні збудження. В середині м'язового волокна знаходиться *саркоплазма*. До її складу входить саркоплазматичний матрикс і ретикулум – сітка (рис. 1.2).

*Саркоплазматичний матрикс* – це рідина, в яку занурені скоротливі елементи м'язового волокна – міофібрили. Крім міо-

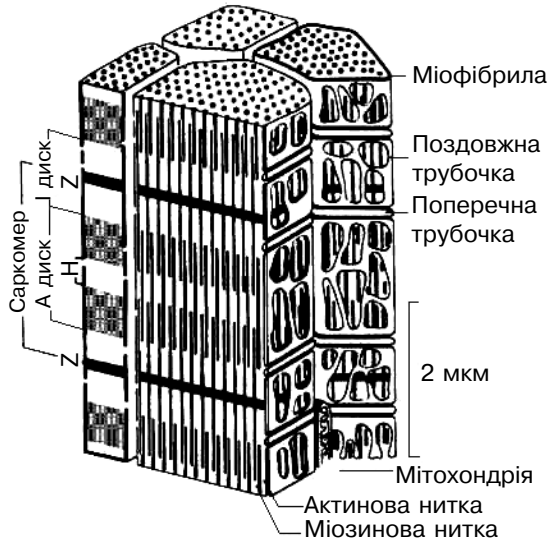


Рис. 1.2 Саркоплазматичний ретикулум м'язового волокна

фібрил до складу матрикса входять гранули глікогену, крапельки жиру, фосфатні речовини та інші малі молекули та йони, розчинні білки (16,5–21,0 %). Розрізняють саркоплазматичні (міоген, глобулін, білок-пігмент, міоглобін, міоальбумін, різні ферменти, нуклеопротеїди ядер, багаті ДНК) і міофібрилярні (міозин, актин, актомізін, тропонін, тропоміозин, контрактин та ін.) білки. Тропонін і тропоміозин входять до складу актинових протофібрил. Тропонін-тропоміозинова система під час відсутності йонів  $\text{Ca}^{2+}$  в стані спокою гальмує змикання поперечних містків з актиновими нитками і блокує АТФ-азну активність міозинових головок.

З білків саркоплазми особливу роль виконує *міоглобін*. З'єднуючись з киснем крові, цей білок забезпечує депонування 15 % кисню. Кисень, зв'язаний з міоглобіном, використовується лише в екстремаль-



них ситуаціях, зокрема при виконанні напруженої м'язової роботи. Багато міоглобіну в м'язах дельфіна, тюленя (15–30 % від сухого залишку м'язової тканини), а також у людей, професія яких вимагає тривалої затримки дихання (збирачі перлин, спортсмени підводного плавання тощо).

При з'єднанні міофібрилярного білку міозину з актином утворюється скоротливий білок **актоміозин**. Міозин і актоміозин є ферментами АТФ. Ферментативна дія міозину на АТФ активується йонами  $\text{Ca}^{2+}$ .

В кожному м'язовому волокні знаходиться до 1000 і більше міофібрил. Це спеціалізовані скоротливі структури діаметром 1–3 мкм. До складу міофібрил входять товсті міозинові і тонкі актинові філаменти (рис. 1.3).

Міозинові філаменти утворені великою кількістю (близько 200) молекул міозину, які вбудовані бік в бік кінцями одна до одної. Кожна молекула міозину складається з двох сплечених білкових пучків (рис. 1.4 а, б). Один кінець кожного пучка утворює глобулярну (міозинову) головку. Висуваючись вперед, головка міозинового філаменту утворює поперечні містки, які взаємодіють в час м'язового скорочення з спеціальними активними ділянками на актинових філаментах.

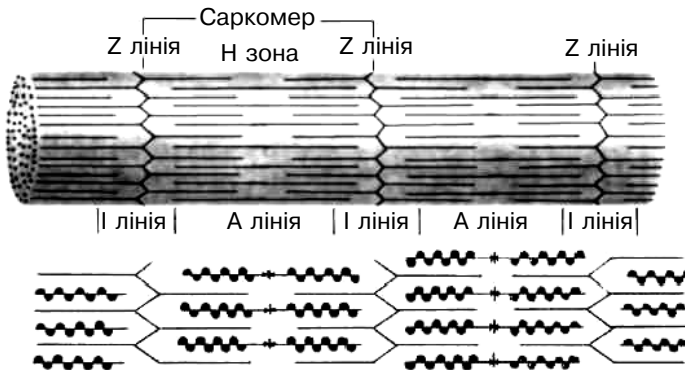
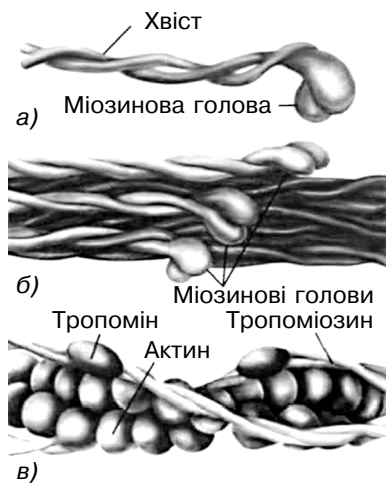


Рис. 1.3

Схема ділянки волокна скелетного м'язу (за Щагатієвою)

Кожний актиновий філамент складається з трьох різних протеїнових молекул: актину, тропоміозину і тропоніну. Актин є основою філаменту. Окремі глобулярні актинові молекули, з'єднуючись, утворюють нитки актинових молекул; білок тропоміозин має форму трубочки, яка звивається навколо актинових ниток. Більш складний



**Рис. 1.4**

*а – молекула міозину;  
б – міозиновий філамент;  
в – актиновий філамент, який  
складається з молекул актину,  
тропоміозину і тропоніну*

*(за Х. Уїлмором і  
Д. Костіллом, 1997)*

білок тропонін через рівні проміжки прикріплений до ниток актину і до тропоміозину (рис. 1.4).

Просторове розташування міофіламентів визначає посмугованість скелетних м'язів, яку добре видно під мікроскопом. Тонкі Z-мембрани (телофрагма-Т), до яких прикріплюються тонкі філаменти, ділять міофібрили на саркомери. **Саркомер** – це основна структурно-функціональна скоротлива одиниця міофібрили. В саркомерах актинові філаменти розташовані між міозиновими, які мають довгі «хвости» і «головки». Головки міозинових молекул повернуті в косому напрямі до актинових ниток і мають назву поперечних містків.

Поперечна посмугованість міофібрил є наслідком чергування ділянок саркомера з сильним і слабким заломленням променів. В тій частині

саркомера, де розміщені тільки тонкі нитки (диск-І), заломлення променів невелике. В місцях перекриття товстих і тонких ниток (диск-А) заломлення променів подвійне, а тому вони виглядають темними. В середині диска-А тонких ниток немає – це Н-зона, вона світла. Посередині А-диска поперек проходить мембрана – ізофрагма (М), вона взаємозв'язана з телофрагмою (Z-лінією) і з сарколемою.

Міофібрили згруповані в пучки (колонки) по 4–10 штук в кожному. Колонки тісно зв'язані з транспортною системою м'язового волокна (саркоплазматичною сіткою), по якій циркулюють поживні речовини і розповсюджується електрична хвиля збудження.

**Саркоплазматична сітка** (ретикулум) складається з поперечних (Т-трубочок) і поздовжніх трубочок, розташованих між міофібрилами паралельно до них (рис. 1.2). В розширених кінцях поздовжніх трубочок (міхурах) зосереджені йони  $\text{Ca}^{2+}$ . Саме йонам Кальцію належить ключова роль в механізмі м'язового скорочення. Важливими функціями саркоплазматичної сітки є передача

потенціалу м'язового волокна з поверхні мембрани до цистерн та виділення продуктів обміну (молочної кислоти, вуглекислого газу тощо) з м'язової тканини в міжклітинні простори.

В м'язовій клітині по ходу міофібрил знаходяться мітохондрії (саркосоми). Їх кількість зумовлює функціональну активність м'язів. До складу мітохондрій входять білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти, а також велика кількість ферментів, які беруть безпосередню участь у процесах ресинтезу АТФ. Найбільше мітохондрій в постійно працюючому серцевому м'язі.

**Непосмугована м'язова тканина.** Гладенькі м'язи утворюють стінки внутрішніх органів (органів травної системи, бронхів, кровеносних і лімфатичних судин, сечового міхура, матки тощо), шкіри і залоз. На відміну від посмугованої м'язової тканини міофібрили гладеньких м'язів не мають посмугованості. До їх складу входить білок **тономіозин** (різновидність актоміозину), а також **леатонін**, функцією якого є підтримання тривалого тонічного напруження. Цьому сприяє хаотичне розташування скоротливих білків у волокнах гладеньких м'язів. Довжина клітин гладеньких м'язів залежить від органу, до складу якого вони входять (20–500 мкм), діаметр – 5–20 мкм.

Гладенькі м'язи менш збудливі, ніж поперечносмугасті, вони мають більш тривалий рефрактерний період і невелику швидкість поширення нервового імпульсу (2–15 см/с). Збудження по непосмугованих м'язах може вільно передаватися з одного волокна на інше. Ці та інші морфофізіологічні особливості гладеньких м'язів зумовлюють ряд відмінних ознак їх функціонування (табл. 1.3).

**Таблиця 1.3**

*Порівняльна характеристика властивостей скелетного, серцевого і гладенького м'язів*

Показники	Скелетний м'яз	М'яз серця	Гладенький м'яз
Хронаксія, мс	0,08–0,4	2–3	20–40
Тривалість рефрактерного періоду, с	0,005–0,01	0,3–0,4	десяті долі секунди
Швидкість проведення збудження, мс	6–11	1–4	0,5–1
Тривалість поодиноких скорочень, с	0,05–0,1	0,5–0,8	десятки секунд

Скорочення непосмугованих м'язів відбувається більш повільно і тривало (енергоекономне тонічне скорочення). Упродовж всього життя людини в тонусі знаходяться м'язи стінок кровоносних і лімфатичних судин, тривалий період часу в тонусі перебувають гладенькі м'язи сфінктерів травного каналу, сечового і жовчного міхурів, матки та інших органів. Гладенькі м'язи здатні зберігати тривалий час зумовлену розтягненням довжину без зміни напруження (пластичність), що лежить в основі ефективного функціонування стінок порожнистих органів (матки, сечового та жовчного міхурів).

Для гладеньких м'язів характерна **автоматія**. Автоматія зумовлена нервовими елементами, розташованими в стінках відповідних органів (наприклад, мейснерового і аурбахового сплетінь у травному тракті), а також хімічними речовинами (ацетилхолін, адреналін, гістамін, серотонін тощо).

Ефект від одних і тих же хімічних подразників для різних непосмугованих м'язів різний. Так, для гладеньких м'язів шлунково-кишкового тракту ацетилхолін є збуджуючим, а адреналін – гальмівним. Щодо м'язів стінок деяких кровоносних судин адреналін, навпаки, викликає скорочення, а ацетилхолін – розслаблення. Гладенькі м'язи іннервуються симпатичними і парасимпатичними нервами, які також виявляють вплив на їхніх функціональний стан.

**Функції м'язів:** опорно-рухова, інтерорецептивна, депонуєча (глікоген, водносоллові розчини), теплотворна, помпувальна (нагнітально-присмоктувальна). Скелетні м'язи, як і серцевий м'яз, здатні виконувати роль потужної, постійно діючої присмоктувально-нагнітальної помпи крові та лімфи.

Для виконання своєї нагнітальної функції по перекачуванню крові і лімфи серцевий м'яз мав би бути в 40 разів потужнішим, ніж є. Допомагають серцю рухати кров по судинах поперечносмугасті скелетні м'язи – «внутрішньом'язові периферійні серця» (М.І. Арінчин, Г.Д. Медвецька та ін.). Особливо виразний вплив м'язових скорочень на венозний кровообіг (рис. 1.5).

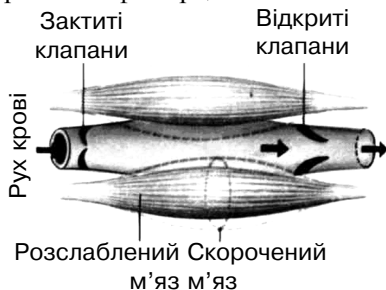


Рис.1.5.

Вплив м'язового скорочення на венозний кровообіг

«Внутрішньом'язові периферійні серця» функціонують не лише в умовах фізичних навантажень, а і в стані спокою, що зумовлено по-

стійною мікрівібрацією м'язових волокон. Феномен мікрівібрації був відкритий австрійським невропатологом Г. Рорахером ще в 1943 р.

Активна внутрішньоорганна присмоктувально-помпувальна функція притаманна не лише поперечносмугастим скелетним м'язам, а й серцевому м'язу (наявність в серці функціонуючого додаткового «серця»). Таким чином, серцевий м'яз одночасно виконує дві помпувальні функції: перша забезпечує нагнітання крові в судини малого і великого кіл кровообігу, друга – зумовлює рух крові у власних судинах (присмоктує артеріальну кров, проштовхує її по мікроциркуляторному руслу і нагнітає у венозні судини та порожнини серця).

Ефективність внутрішньоорганної помпувальної функції серця і скелетних м'язів не однакова в різні вікові періоди. Поступово дозріваючи з моменту народження дитини, внутрішньом'язові серця найбільш ефективно функціонують в зрілому віці. У чоловіків ефективність помпувальної функції скелетних м'язів більш висока, ніж у жінок. В процесі старіння людини, а особливо в осіб, які ведуть малорухливий спосіб життя, ця функція поперечносмугастих м'язів згасає.

Гемодинамографічні дослідження роботи скелетних м'язів у школярів показали, що лише у 50 % з числа обстежених дітей підготовчих і перших класів периферійні м'язові серця проявляють активність, у інших вони недорозвинуті (М.І. Арінчин, 1984).

Найбільш високі показники роботи периферійних м'язових помп характерні для спортсменів витривалісних видів спорту (Г.Д. Медвецька, 1987). Таким чином, довільно регулюючи інтенсивність та обсяг рухової активності, можна направлено змінювати ефективність помпувальної функції скелетних м'язів, а отже, керувати центральним та периферійним кровообігом.

Факт наявної природної мікрівібрації скелетних м'язів використовується в пошуках методів електричної та біомеханічної стимуляції скелетних м'язів. Біомеханічна стимуляція працюючих м'язів з частотою, близькою до частоти природної мікрівібрації м'язів, сприяє більш швидкому зростанню сили, покращує рухливість в суглобах. Метод біомеханічної стимуляції успішно використовується і з метою в ідновлення рухової активності після перенесених операцій (травм). Висока ефективність використання біомеханічних тренажерів в практиці опанування новими руховими навичками зумовлена покращенням крово- і лімфообігу в м'язах під впливом потужного зростання їх помпувальної функції.

### 1.3. Хімічний склад скелетних м'язів

Вагомий внесок у вивчення біохімії м'язової тканини зробили вчені української біохімічної школи – О.В. Палладін, Д.Я. Фердман, С.О. Костерин і особливо М.Д. Курський.

Хімічний склад м'язів вивчається не в окремо взятих її мікроскопічних елементах, а в загальній масі. Для повного уявлення про складові частини м'язових волокон враховують вміст в м'язі білків сполучної тканини.

В скелетних м'язах теплокровних тварин міститься 75-80% води і 20-25% сухого залишку. В м'язах холоднокровних тварин води дещо більше – 80-82%.

В працюючому до втоми м'язі вміст води зростає до 80-83%. Причиною цього є значне утруднення відтоку води від напруженого м'яза.

Вміст води в м'язах, як і в організмі в цілому, залежить від віку людини (тварини). Чим молодший організм, тим більше в його м'язах води. Близько 22% сухого залишку м'язів складають білки. Крім них, в м'язах є азотисті небілкові речовини, неорганічні солі.

Білки м'язової тканини поділяють на три групи: **білки саркоплазми**, **білки міофібрил**, **білки м'язової стромы**. До білків саркоплазми належать міоген, міоглобін, глобулін Х, міоальбумін.

**Міоген** є гетерогенною фракцією білків м'язів. Цей простий, глобулярний білок становить у середньому близько 30% їх загальної маси. Складається з міогену А і міогену В. **Міоген А** володіє ферментативною активністю альдолази (розщеплює 1,6-дифосфат до фосфодіоксіацетону і 3-фосфогліцеринового альдегіду). **Міоген В** ферментативно неактивний.

**Міоглобін** – хромопротеїд, основна роль якого – фіксування кисню в м'язах.

У тварин, життя яких тісно пов'язане з водою, до 47% кисню зв'язується у формі **оксиміоглобіну**. У людини і наземних хребетних з міоглобіном зв'язується близько 14% усього кисню. Молекула міоглобіну складається з одного поліпептидного ланцюга, що містить 153 залишки амінокислот (рис.1.6). Молекулярна маса білка – 17 тисяч. Активною частиною молекули міоглобіну є гем.

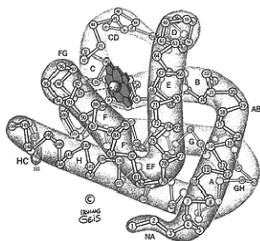


Рис. 1.6. Будова міоглобіну

**Глобулін X** – гетерогенний білок, що залишається в м'язовій тканині після виділення міогенової фракції. За хімічними властивостями він подібний до глобулінів. Нерозчинний у воді, розчиняється в розчинах солей NaCl, KCl. Володіє ферментативною активністю. Становить у середньому 20% загальної кількості білків тканини.

**Міоальбумін.** За хімічними властивостями цей білок м'язів подібний до альбумінів крові. Його багато в м'язах ембріонів і в гладеньких м'язах.

До білків міофібрил належать міозин, актин, актоміозин, тропоміозин.

**Міозин** становить 40% від сухої маси м'язів. За хімічною природою – глобулін. Молекули міозину складаються з двох поліпептидних ланцюгів, скручених у спіраль. Молекулярна маса міозину м'язів близько 500 тис. Молекула міозину складається з 5000 залишків 18 амінокислот. Міозин погано розчиняється у воді. При з'єднанні з актином утворює актоміозин – основний білок скоротливої системи м'язів. Виявляє АТФ-азну активність (В.О. Енгельгардт та М.Н. Любимова, 1939), що дає можливість перетворювати енергію АТФ на механічну роботу м'язового скорочення. Ензиматична активність міозину посилюється в присутності йонів  $Ca^{2+}$ , а йони  $Mg^{2+}$ , навпаки, гальмують її. Міозин має також властивості АМФ-аміногідролази.

Розчин міозину дуже в'язкий. Міозин відрізняється від інших білків своєю нестійкістю, навіть при оптимальних умовах; при зберіганні він поступово змінюється і втрачає свої вихідні властивості. Особливо чутливий міозин до слідів металів. При повільній денатурації молекули агрегують (злипаються) і розчинність міозину знижується.

**Актин.** Виділений з м'язів у 1942 році угорським дослідником Ф.Б. Штраубом. Становить близько 14% загальної кількості білків м'язів. Є глобулярним білком. Актин може бути у вигляді мономеру ( $M=70000$ ), а також у вигляді димеру ( $M=140000$ ). Відповідно до цього є дві форми актину: глобулярна (Г-А) і фібрилярна (Ф-А), які переходять одна в одну. Перетворення глобулярної форми актину на фібрилярну зумовлюється поєднанням окремих глобул у ланцюг. Розчини Г-А рухомі і володіють незначною в'язкістю, розчини ж Ф-А мають велику в'язкість. Актин знаходиться в усіх клітинах еукаріотів і становить близько 15% усіх білків. Він забезпечує також формування цитоскелету клітин.

**Актоміозин** – комплекс, який, утворюється з білків актину і міозину. Цей основний скоротливий білок м'язової тканини поєднує в

собі фізико-хімічні та ферментативні властивості обох білків. Молекулярна маса – близько 5 млн. Актomioзин володіє властивостями АТФ-ази. Головною особливістю білка є його здатність за наявності йонів  $K^+$  і  $Mg^{2+}$  стискатися під впливом АТФ. При цьому витісняється вода, зменшується частинка білка, після чого він розпадається на актин і міозин. Актomioзин знаходиться в усіх м'язових волокнах людини та тварин, забезпечуючи процеси скорочення м'язів та рух органел клітин.

*Реакція взаємодії актоміозину з АТФ є основою механізму скорочення м'язів.*

Виділяють актоміозин шляхом висолювання його з гомогенатів поперечно-посмугованих м'язів розчинами нейтральних солей, наприклад 0,6 М розчином  $KCl$ .

**Тропоміозин** має молекулярну масу 50 тис. і становить 4-11% загальної кількості білків м'язів. Існує в двох формах – водорозчинній і водонерозчинній. Багато тропоміозину в гладеньких м'язах. За властивостями подібний до міозину. До складу тропоміозину входять 18 амінокислот, особливо багато лізину, аланіну, глутамінової кислоти.

**Білки м'язової стромы** – це білки, які залишаються в м'язовій тканині після екстракції білків саркоплазми та міофібрил сольовими розчинами. Становлять 15-20% загальної кількості білків м'язів. До їх складу входять **структурні** (колаген, еластин, нейрокератин) і **ферментні** (АТФ-аза, АМФ-аміногідролаза) **білки**.

До складу м'язів входять також **ліпіди**. В основному це нейтральні жири, стерини і стериди, гліколіпіди, фосфатиди. М'язи містять в середньому близько 1% ліпідів, але в їх розподілі, а також у співвідношенні окремих ліпідів в різних м'язах є суттєві відмінності. Загальний вміст стеринів і стеридів коливається в межах 0,03-0,23%, фосфатидів – 0,4-1%. Вміст тригліцеридів у міжм'язовій сполучній тканині коливається в широких діапазонах.

Нейтральні жири м'язів є резервними жирами, які розташовуються між окремими м'язовими волокнами в сполучній тканині; їх присутність не є обов'язковою. Навпаки, холестерин і фосфатиди – необхідні складові частини всіх м'язів. Серцевий м'яз містить приблизно в два рази більше холестерину і фосфатидів, ніж скелетна мускулатура; в гладеньких м'язах багато холестерину і мало фосфоліпідів. В деякій мірі між вмістом ліпідів і працездатністю м'яза спостерігається певний паралелізм: м'язи, які постійно працюють з



великим навантаженням, містять більше холестерину і фосфоліпідів. Відповідно у вмісті цих речовин існують значні індивідуальні коливання, зумовлені рівнем рухової активності відповідних м'язів (таблиця 1.4).

**Таблиця 1.4**

*Особливості співвідношень фосфатидів і холестерину в різних видах м'язів (% від загальної маси)*

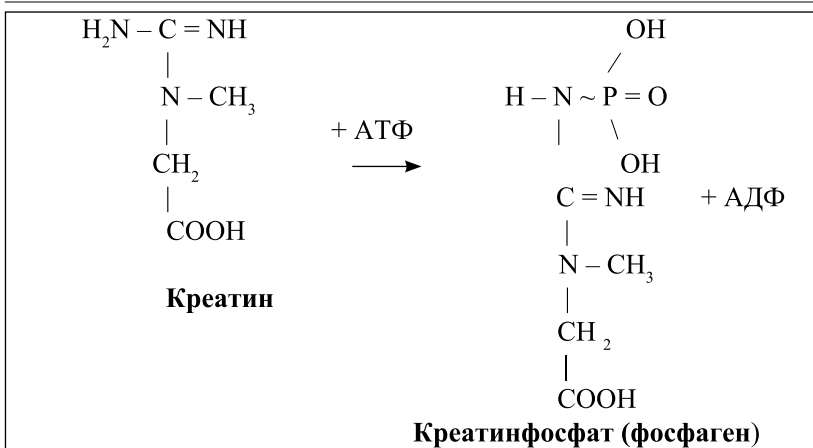
Вид м'язів	Фосфатиди	Холестерин
Скелетний м'яз	0,85	0,06
Серцевий м'яз	1,50	0,12
Гладкий м'яз	0,75	0,21

При голодуванні в першу чергу використовуються резервні жири. Нейтральні жири, холестерин і фосфоліпіди залишаються в складі м'язової тканини. Згодом, при тривалому голодуванні, на енергетичні цілі використовуються не лише жири, а й білки м'язів.

**Екстрактивні речовини м'язової тканини.** Це органічні і мінеральні сполуки, які добре екстрагуються водою з подрібненої м'язової тканини. Органічні сполуки поділяють на азотисті й безазотисті.

**Азотисті екстрактивні речовини** становлять близько 1% загальної маси м'язів. Вміст небілкового азоту в складі м'язової тканини досягає 0,3-0,9% (300-350 мг%). До них належать різні вільні амінокислоти, аденозинфосфати (АТФ, АДФ, УДФ, ГТФ та інші), креатин, креатинфосфорна кислота (фосфаген), креатинин, карнозин, карнітин, ансерин, амоніак, пуринові та піримідинові сполуки, поліпептиди. Більшість цих речовин перебуває у фосфорильованому стані, становлячи кислоторозчинну і кислотонерозчинну фракції.

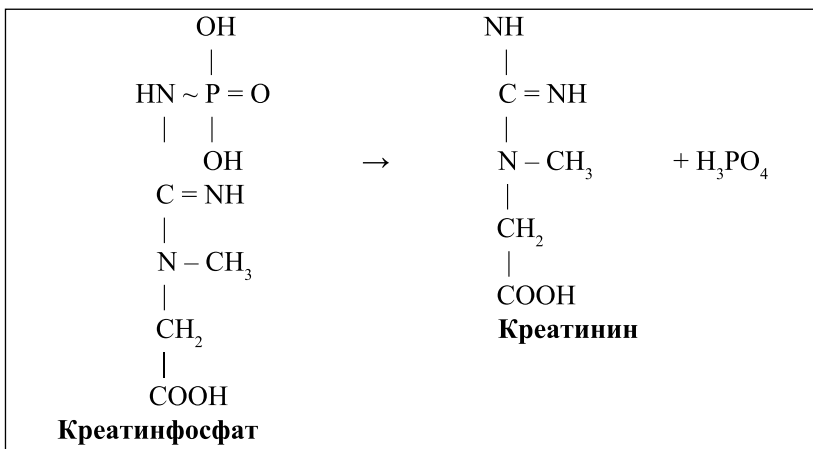
Найбільше значення в енергозабезпеченні м'язової діяльності має відкритий в 1835 році **креатин**. Ця сполука синтезується в нирках з трьох амінокислот: гліцину, аргініну, метіоніну. Спочатку у нирках з гліцину і аргініну під впливом відповідних ферментних систем синтезується гуанідиноцтова кислота, а з неї і метіоніну в тканинах печінки утворюється креатин. Звідси з током крові креатин надходить у м'язову тканину і під впливом ферменту креатинкінази фосфорилується, перетворюючись на креатинфосфат (КрФ, фосфаген):



Понад 50% креатину перебуває у вигляді креатинфосфату, який міститься у скелетних м'язах, серці, мозку, нервовій тканині і бере участь в енергетичному обміні. Скелетні м'язи, на відміну від інших органів, здатні утримувати значні кількості креатину.

Біологічна роль креатинфосфату полягає у підтриманні в тканинах сталого вмісту АТФ. Вміст креатинфосфату у м'язах в стані спокою у 5-8 разів більший, ніж АТФ, що повністю забезпечує сталий рівень АТФ в період фізичного навантаження. При відсутності м'язових скорочень, під час гліколізу та окисного фосфорилування, поповнюються запаси АТФ і посилюються процеси утворення креатинфосфату.

Кінцевим продуктом обміну креатинфосфату є *креатинин*, який утворюється при спонтанному неферментативному гідролізі креатинфосфату і виділяється із сечею:



Виділення креатинину з організму здійснюється через нирки з сечею. Перебіг цього процесу значно зменшується при діабеті, м'язовій дистрофії, гіпертиреозі, порушенні функцій нирок. В м'язовій тканині, як і в плазмі крові, креатинину мало.

**Ансерин** – природний дипептид, утворюється з амінокислот 1-метилгістидину і β-аланіну, під час метилування карнозину. Ансерин міститься в м'язах більшості хребетних тварин, в інших тканинах організму він практично відсутній. Його не виявлено в рослинах і нижчих безхребетних.

Біологічна роль ансерину пов'язана з фізіологічною функцією м'язів – забезпеченням скоротливості м'язових волокон. М'язи, що несуть значне функціональне навантаження, відзначаються високим вмістом ансерину.

Вважають, що ансерин впливає на фосфорилуюче окиснення та синтез макроергічних сполук на мембранах мітохондрій, посилює процеси вуглеводного обміну, забезпечує нормальне функціонування клітинних структур та м'язових волокон.

**Карнітин** (від латинського *carnis* – м'ясо). Належить до вітамінноподібних сполук. Його ще називають вітаміном  $V_T$ .

Молекулярна маса карнітину – 161200. Завжди присутній у тканинах рослинних і тваринних організмів, а також в клітинах бактерій та мікроорганізмів. Значна кількість карнітину міститься у м'язовій тканині. Для деяких видів тварин карнітин є необхідним фактором росту, оскільки він не синтезується в їх організмі. В організмі людини карнітин може частково синтезуватися з лізину.

Біологічна роль карнітину полягає в його участі у багатьох обмінних реакціях організму. Наприклад, він стимулює процеси β-окиснення жирних кислот – є кофактором, який забезпечує транспорт залишків жирних кислот крізь мембрани з цитоплазми в мітохондрії. У медицині використовується у вигляді карнітинхлориду, який володіє виразною анаболічною дією.

**Карнозин** – природний дипептид, що утворюється з амінокислот гістидину і β-аланіну. Цей імідазолвмісний дипептид входить до складу азотистих сполук, добре розчинний у воді і нерозчинний в етанолі. Значний вміст карнозину виявлено в скелетних м'язах – 150-1000 мг на 100 г тканини. Бере участь в обміні речовин у скелетних м'язах, посилює частоту та силу м'язових скорочень шляхом підвищення ефективності роботи йонних насосів м'язової тканини.

Карнозин є попередником ансерину, він прискорює загоювання ран і використовується для лікування катаракти. У м'язах ссавців (у розрахунку на сиру масу) міститься 0,2-0,3% карнозину, 0,09-0,15% ансерину і 0,02-0,5% карнітину.

Серед амінокислот в м'язовій тканині багато *глутаміну* і *глутамінової кислоти* та їхніх амідів (близько 75% усіх амінокислот та їхніх амідів). Зв'язаний амоніак у вигляді глутаміну використовується тканиною для амінування пуринових і піримідинових основ, карбонових кислот, а його надлишок з кров'ю надходить у печінку, де з нього синтезується сечовина.

У незначних кількостях в м'язах містяться сечова кислота, аденін, гуанін і продукти їх дезамінування – гіпоксантин і ксантин.

До *безазотистих екстрактивних речовин м'язів* належать глікоген (3-4%) та продукти анаеробного та аеробного обміну вуглеводів:

- молочна кислота;
- гексозофосфати (глюкозо-1-фосфат, глюкозо-6-фосфат, фруктозо-1-фосфат та інші);
- тріозофосфати (фосфодіоксіацетон, 3-фосфогліцеринний альдегід);
- глюкоза;
- янтарна кислота;
- вітамін С;
- інозит тощо.

Вміст глікогену в скелетних м'язах коливається в значних межах (від 0,2 до 2% і вище) і залежить від кількості вуглеводів в їжі. Глікоген легко використовується в м'язах при їх роботі, на що вказує факт його різкого зниження навіть після навантажень тривалістю 0,5-1 хв.

**Мінеральні речовини м'язової тканини.** При спалюванні м'яза залишається зола (1-1,5% загальної маси), яка складається з мінеральних речовин. М'язова тканина багата на йони  $K^+$ ,  $Na^+$ ; містить йони  $Co^{2+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cl^-$ , вільний та зв'язаний Фосфор. Йони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  переважно сконцентровані всередині м'язових волокон. Йони  $Fe^{3+}$  входять до складу міоглобіну.

**Особливості хімічного складу серцевого і гладеньких м'язів.** В серцевому м'язі 78-79% води. Щільний залишок на 80% складається з білків. За своїми властивостями білки серцевого м'язу мало відрізняються від білків скелетних м'язів. Відмінності пов'язані перш

за все з кількісним складом окремих білків і білкових фракцій. В серцевому м'язі менше, ніж в скелетних м'язах креатину (приблизно в два рази) і аденозинтрифосфорної кислоти, проте більше глутаміну і глутамінової кислоти. Вміст глікогену в серцевому м'язі (близько 0,5%) є величиною постійною, і вона майже не змінюється в процесі виконання фізичних вправ. В скелетних м'язах концентрація цього енергосубстрату при виконанні напруженої фізичної роботи може зменшуватися в 2-3 рази.

Порівняно багатий серцевий м'яз на фосфатиди, при окисненні яких виробляється значна кількість енергії, необхідної для скорочення міокарду (табл. 1.5).

Гладенькі м'язи містять близько 75% води. Основою їх сухого залишку є білки з великим вмістом актоміозину, креатину, АТФ. Серед білків гладеньких м'язів знайдені сліди ансерину і карнозину; вони бідніші на фосфатиди, багатші на холестерин, тропоміозин та білки строми.

**Таблиця 1.5**

*Вміст фосфоліпідів (в % до сухої маси тканини)  
в різних видах м'язів*

Тип мускулатури	Рівень фосфоліпідів
Скелетна	0,85
Серцева	1,50
Гладенька	0,75

**Зміни хімічного складу м'язової тканини в онтогенезі.** Ембріональна м'язова тканина за своїм хімічним складом значно відрізняється від скелетної мускулатури дорослих особин. В м'язах ембріонів міститься більше води, ніж у функціонально зрілій мускулатурі. Відповідно загальний вміст білка в м'язовій тканині ембріонів, в перерахунку на сиру тканину, є більш низьким, ніж в м'язах тварин того ж виду у постнатальному періоді. В порівнянні з м'язами дорослого організму, у функціонально незрілому м'язі нижчий вміст міофібрилярних білків (міозину і актоміозину) і більш високий – білків строми, міоальбуміну, а також глобуліну Х. З розвитком плоду кількість міофібрилярних білків зростає, одночасно зростає і АТФ-азна активність в м'язових екстрактах.

Ембріональна м'язова тканина характеризується високим вмістом нуклеопротейдів, а також РНК і ДНК. З розвитком ембріону кіль-

кість нуклеопротеїдів і нуклеїнових кислот в м'язах швидко зменшується. У функціонально незрілому м'язі значно менше, ніж в м'язах зрілих особин, макроергічних сполук (АТФ і креатинфосфату).

В чітко визначеному періоді онтогенезу в м'язовій тканині з'являються імідазолвмісні дипептиди (ансерин і карнозин). Період виникнення цих дипептидів тісно пов'язаний з м'язовою функцією і співпадає з формуванням рефлекторних дуг, які забезпечують можливість проявів рухових рефлексів, появу  $\text{Ca}^{2+}$  – чутливості актоміозину і початок роботи йонних помп.

Для ембріонального періоду розвитку м'язової тканини характерні певні особливості у ферментних та ізоферментних спектрах м'язової тканини. Специфічно змінюється ізоферментний спектр лактатдегідрогенази. В екстрактах із скелетних м'язів 3-5-місячного ембріону на долю ізоферментів ЛДГ<sub>3</sub> і ЛДГ<sub>2</sub> приходить відповідно 40% і 31% від загальної активності лактатдегідрогенази. В процесі ембріонального розвитку в скелетній мускулатурі проходить поступове зростання активності катодних і зниження активності анодних ізоферментів ЛДГ; у дорослих особин в скелетній мускулатурі найбільшою активністю володіють уже ізоферменти ЛДГ<sub>5</sub> і ЛДГ<sub>4</sub>.

З розвитком плода змінюється також ізоферментний спектр гексокінази в м'язовій тканині; підвищується активність ізоферменту ГК-I і знижується активність ізоферменту ГК-II. Вище наведені дані про зміни хімічного складу м'язової тканини в онтогенезі майже виключно відносяться до скелетної мускулатури.

### 1.4. Фізіологічна характеристика рухових одиниць м'язів



Рис.1.7

*Будова рухової одиниці  
(за А.В. Коротковим  
С.А. Чесноковою, 1986)*

Головним структурно-функціональним елементом нервово-м'язового апарата є **рухова одиниця** (РО). Її утворюють: тіло мотонейрона, яке знаходиться в передньому розі спинного мозку або в руховому ядрі головного мозку; аксон цього нейрона (один довгий відросток); кінцеві розгалуження аксона; нервово-м'язові синапси; м'язові волокна, з якими з'єднується аксон (рис. 1.7).

Усі РО організму складають нервово-м'язовий апарат. М'язове волокно є структурною одиницею м'яза, а РО – структурно-функціональною одиницею нервово-м'язового апарату. Нервово-м'язовий апарат не слід ототожнювати з опорно-руховим апаратом людини, до складу якого окрім рухових одиниць, входять кістки скелету, суглоби і зв'язки.

Рухові одиниці відрізняються між собою розмірами тіл мотонейронів, товщиною аксонів, а також числом м'язових волокон. У зв'язку з цим виділяють **великі і малі РО**. Кількість м'язових волокон у них коливається від декількох десятків одиниць (в м'язах ока людини один мотонейрон іннервує 3-6 м'язових волокон) до декількох тисяч (у великих м'язах ніг – 200). Малі РО переважно входять до складу м'язів, які забезпечують швидкі і точні рухи (м'язи очного яблука, пальців кисті, дрібні м'язи обличчя). В інших м'язах малі РО забезпечують повільні рухи. Великі РО переважають в м'язах тулуба і кінцівок, які здійснюють як швидкі, так і повільні рухи. Великі РО є переважно високопороговими (В.І. Сафянц). Їх активація можлива лише при виконанні фізичних вправ з значним напруженням м'язів. В цілому ж в кожному м'язі є різні за розміром РО, що зумовлює можливість розвитку ними різної величини напруження (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

*Структурна і функціональна характеристика різних типів м'язових волокон (Х. Уілмор, Д. Костілл, 1997)*

Характеристика	Тип волокна		
	I	II A	II B
Кількість волокон на мотонейрон	10–180	300–800	300–800
Розмір мотонейрону	невеликий	великий	великий
Швидкість нервової провідності	невелика	велика	велика
Швидкість скорочення, мс	50	110	110
Тип міозинової АТФ-фази	повільний	швидкий	швидкий
Сила рухової одиниці	невелика	велика	велика
Аеробна продуктивність	висока	середня	низька
Окисно-гліколітична продуктивність	низька	висока	висока

Функціонально РО поділяють на *повільні* (тип I) і *швидкі* – (тип II). Всі м'язові волокна, які входять до складу діючої РО, за своїми властивостями ідентичні. Кількісне співвідношення м'язових волокон цих двох типів РО має генетичне походження і змінюється в онтогенезі за спадковою програмою.

У дітей дошкільного і молодшого шкільного віку основна маса скелетних м'язів складається з волокон типу I. В період статевого дозрівання, під впливом статевих гормонів, особливо тестостерону, в скелетних м'язах настають значні зміни в розвитку м'язових волокон. Починають швидко збільшуватись у поперечному розрізі і в кількості волокна типу II. Абсолютна кількість волокон типу I при цьому залишається незмінною (Д.А. Фарбер та ін., 1990).

Сила, швидкість скорочень і витривалість повільних і швидких м'язових волокон різні, що зумовлено їх морфологічними і біохімічними особливостями.

**Повільні м'язові волокна** (тип I) мають багато капілярів, міоглобін і мітохондрій. Їх ще називають «червоними» м'язами, вони повільно стомлюються, забезпечуючи виконання довготривалих навантажень порівняно невеликої сили. Чим більше генетично обумовлених повільних волокон, тим вищий спадковий показник максимального споживання кисню. Робоча гіпертрофія повільних волокон лежить в основі розвитку витривалості.



**Швидкі м'язові волокна** (тип II) називаються гліколітичними, це – «білі» м'язи. На відміну від повільних окисних волокон вони працюють переважно в безкисневому (анаеробному) режимі. Розвиваючи велику силу статичних і динамічних скорочень, швидкі м'язові волокна зумовлюють «вибухову» силу і високу швидкість рухів (стрибки, підняття вантажів тощо).

В процесі направлених тренувань на витривалість відбувається перетворення частини швидких чисто гліколітичних анаеробних волокон (тип II) у другу частину швидких волокон – у волокна окисно-гліколітичні цього ж типу (IIA), які можуть інтенсивно скорочуватись, розвиваючи значні напруження упродовж відносно тривалого часу, повільно стомлюючись. Такі перетворення можливі тільки в межах м'язових волокон типу II.

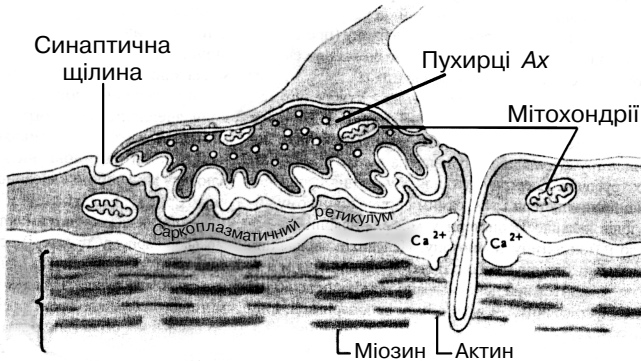
Таким чином, поруч з поділом м'язових волокон на волокна типу I і волокна типу II, вчені стали розрізняти м'язові волокна двох видів типу II: підтип – II A і підтип II B. Волокна підтипу II A за своїми властивостями наближаються до повільних волокон типу I. Вони окисно-гліколітичні, тобто можуть працювати як волокна типу I (повільні) і як волокна типу II B (швидкі). Волокна підтипу II A здатні функціонувати не тільки в анаеробних, а й в аеробних умовах, пристосовуючись до виконання довготривалих фізичних вправ великої сили і швидкості.

Перетворення повільних волокон типу I у швидкі волокна типу II (підтип II A чи в підтип II B) і, навпаки, перетворення волокон типу II у волокна типу I, при будь-яких тренуваннях не можливе, оскільки співвідношення волокон типів I і II для кожного індивіду є величиною постійною, яка має генетичне походження. Цей факт необхідно враховувати в практиці фізичного виховання, зокрема при вирішенні питань спортивної орієнтації дітей та підлітків.

### **1.5. Нерво-м'язовий синапс**

Збудження і скорочення скелетного м'язу викликається нервовими імпульсами, які надходять від мотонейронів спинного мозку або рухових ядер головного мозку, до нерво-м'язових синапсів. В структурі нерво-м'язового синапсу багато синаптичних складок, завдяки яким значно збільшується площа синаптичної щілини.

**Синапс** складається з мембрани нервового закінчення (пресинаптична мембрана), мембрани м'язового волокна (постсинаптична мембрана) і розміщеної між ними синаптичної щілини (рис. 1.8).



**Рис.1.8**

*Нерво-м'язовий синапс у розрізі*

В пресинаптичному нервовому закінченні є багато міхурців, які містять медіатор ацетилхолін (Ах). Вихід ацетилхоліну з пресинаптичних міхурців у синаптичну щілину відбувається під впливом нервових імпульсів. Переходячи через синаптичну щілину, ацетилхолін, взаємодіючи з холінорецепторами постсинаптичної мембрани м'язового волокна, деполяризує її. Так виникає **потенціал дії м'язового волокна** (ПДМВ).

Таким чином, в процесі передачі збудження з нерва на м'яз можна виділити три ланки: електрична (нервовий імпульс), хімічна (утворення комплексу Ах-рецептор) і знову електрична (утворення ПДМВ).

Для проведення збудження через нерво-м'язовий синапс необхідно 0,2–0,5 мс, через міжнейронний синапс – 1,5–2 мс. Цей час називається **синаптичною затримкою**. Він складається з часу, необхідного для вивільнення Ах з нервового закінчення, часу дифузії Ах від пресинаптичної мембрани до постсинаптичної, часу, необхідного для взаємодії Ах з рецепторами кінцевої пластинки.

Запас Ах в нервовому закінченні достатньо для проведення близько 10 000 мотонейронних імпульсів. При тривалій імпульсації мотонейрону вміст Ах в кінцевих розгалуженнях може суттєво зменшитися, що призводить до розвитку **пресинаптичного нерво-м'язового блоку**.

Комплекс «Ах-рецептор» швидко руйнується спеціальним ферментом – ацетилхолінестеразою (АХЕ) кінцевої пластинки. Це руйнування супроводжується відновленням вихідної проникності постсинаптичної мембрани, її готовністю сприймати повторне збудження. Але при тривалій високочастотній імпульсації мотонейрону в синаптичній щілині

може накопичуватися надлишок Ах, який не встигає руйнуватися. При цьому здатність постсинаптичної мембрани до генерації потенціалу кінцевої пластинки знижується і розвивається частковий чи повний **постсинаптичний нервово-м'язовий блок**. Обидва типи нервово-м'язового блоку (пре- і постсинаптичний) можуть бути причиною розвитку втоми із зниженням скоротливої здатності м'язів.

### **1.6. Обмін речовин у м'язовій тканині**

М'язова тканина характеризується високим ступенем метаболізму. Обмін речовин м'язу в стані спокою знаходиться на відносно низькому рівні; при роботі він може зростати більше ніж в 100 разів. За таких умов необхідна мобілізація великих обсягів енергії. Джерелом енергії є реакції анаеробного глікогенолізу і циклу трикарбонних кислот. При виконанні роботи великої потужності в тканині різко зростає вміст молочної кислоти, зменшується вміст глікогену, макроергічних сполук тощо. При цьому накопичується багато продуктів обміну, деякі з них – шкідливі для організму.

**Хімічні процеси в працюючому ізольованому м'язі.** На початку ХІХ століття Й. Берцеліус висунув гіпотезу, що при роботі м'яза утворюється молочна кислота. Це припущення знайшло своє підтвердження в дослідженнях Ю. Лібіха, який встановив наявність молочної кислоти в автолізованих м'язах (м'ясі).

Вивчаючи хімічний склад м'язів, Флетчер і Гопкінс (1907) вперше використали метод їх сильного охолодження. Ними було показано, що вміст молочної кислоти в м'язах в стані спокою дуже незначний і що вона утворюється при роботі. Була також встановлена пряма залежність між інтенсивністю утворення молочної кислоти та інтенсивністю (потужністю) роботи м'язів. При втомі м'яза в ньому виявляли велику кількість молочної кислоти. Згодом було досліджено, що втомлений м'яз в присутності кисню поступово відновлює свою працездатність, причому паралельно з ним в ньому зменшується вміст молочної кислоти.

О. Мейергоф встановив, що в м'язі, який активно скорочується, молочна кислота виробляється в процесі розпаду глікогену. При розщепленні глікогену, який знаходиться в 1 г м'язу, до молочної кислоти вивільнюється 1-2 ккал енергії, яка може бути використана для виконання роботи. У всьому організмі за таких умов може накопичитися близько 100 г молочної кислоти.

Тривалий час вченим був відомий тільки один процес енергозабезпечення м'язової роботи, який не потребував кисню – розпад глі-

когену з утворенням молочної кислоти. Близько 20% утвореної при роботі в анаеробних умовах молочної кислоти аеробно окиснюється з утворенням вуглекислого газу і води. Відновлена при цьому енергія використовується для зворотного ресинтезу використаного глікогену із другої частини (80%) молочної кислоти. Вуглеводи вважалися єдиним джерелом енергії, які забезпечують роботу м'язів.

В 1927 році у зв'язку з відкриттям в м'язах хребетних тварин креатинфосфорної кислоти, утворення молочної кислоти при роботі м'язів в анаеробних умовах не могло вже вважатися єдиним джерелом енергії. Виявилось, що при роботі м'язів в них зменшується кількість креатинфосфорної кислоти і зростає вміст креатину і фосфорної кислоти. Розпад креатинфосфорної кислоти завжди супроводжувався вивільненням енергії.

В 1930 році Е. Лундсгаардом встановлена можливість роботи м'язів без утворення молочної кислоти. Вчений встановив, що при повному гальмуванні (інгібуванні) гліколізу моноіодоцтовою кислотою молочна кислота не утворюється взагалі, але скорочення м'язів продовжується. При цьому спостерігається енергетичний розпад креатинфосфату.

Таким чином, вчені прийшли до висновку про те, що робота м'язів можлива не лише в анаеробних умовах, а й при використанні креатинфосфату, ресинтез (відновлення) якого здійснюється за рахунок реакцій гліколізу.

В подальшому детальне вивчення м'язів, яке проводив вчений Г. Ембден, показало, що головним джерелом енергії м'язової діяльності є реакція розщеплення АТФ.

**Обмін речовин в м'язах при роботі організму.** В організмі робота м'язів викликана імпульсами, які йдуть до них по руховим нервам від центральної нервової системи. Посилена робота м'язів викликає їх втому і накопичення молочної кислоти та продуктів розпаду АТФ і КрФ. Молочна кислота і амоніак легко дифундують із м'язів в кров, при посиленій роботі вміст їх в крові значно зростає. Одночасно з цим з кров'ю до м'язів доставляються такі поживні речовини як глюкоза, ацетооцтова кислота та інші. Тому робота м'язів в цілісному організмі, яка відбувається за сприятливих умов, більш тривала та ефективна, ніж робота ізольованого м'язу.

При правильному поєднанні періодів роботи та відпочинку м'язи можуть працювати тривалий час без накопичення в них молочної кислоти, продуктів розпаду АТФ та КрФ, а також без ознак втоми. Тільки в тих випадках, коли розпад енергетично важливих

речовин в м'язових волокнах в період скорочення проходить більш інтенсивно, ніж їх синтез в період розслаблення, в м'язах накопичується молочна кислота, амоніак, креатин і фосфорна кислота. За таких умов м'язи поступово стомлюються, і для відновлення їх працездатності необхідний тривалий проміжок відпочинку.

На початковій стадії роботи м'язів спостерігається інтенсивне використання накопичених в них запасів АТФ, КрФ та глікогену. Ця стадія роботи характеризується переважанням в м'язах процесів, які не потребують участі кисню, і проходять в анаеробних умовах. При продовженні роботи на перший план виступають аеробні процеси, які супроводжуються використанням поживних речовин, що надійшли до м'язів з кров'ю.

**Біохімічні зміни в м'язах при патології.** Ураження рухових нервів, рухова бездіяльність, перерізування сухожилів викликають атрофію м'язів із зменшенням їх маси та якісними змінами м'язової тканини. В м'язах зростає вміст сполучної тканини і зменшується кількість білків, які входять до складу м'язових волокон. З розвитком атрофії м'язів, внаслідок їх змін хімічного складу і порушень процесів обміну речовин, працездатність м'язів знижується (див. 2.5).

Подібні зміни в м'язах спостерігаються у людини при пораненнях рухових нервів, а також при деяких порушеннях функцій нервової системи. До важких м'язових захворювань людини належить прогресивна м'язова дистрофія та ряд інших функціональних розладів м'язів.

Вивчення біохімічних змін в м'язах, які наступають при атрофії і дистрофії, показало, що порушення фізіологічної функції м'язів супроводжується глибокими змінами в обміні вуглеводів, фосфорних сполук та азотистих речовин, включаючи білки. При захворюваннях м'язів в них зменшується вміст глікогену, знижується активність гліколітичних ферментів. М'язи втрачають здатність нормально використовувати поживні речовини, порушується їх трофіка (звідси назви «атрофія» і «дистрофія»).

Загальним для більшості захворювань м'язів (прогресуючі м'язові дистрофії, атрофія м'язів в результаті їх денервації, тенотомія, поліміозит, деякі авітамінози тощо) є різке зниження в м'язах вмісту міофібрилярних білків, зростання концентрації білків строми та деяких саркоплазматичних білків, в тому числі міоальбуміну. Поряд із змінами фракційного складу м'язових білків при ураженні м'язів спостерігається зниження концентрації АТФ і креатинфосфату. Наприклад, через 12 днів після денервації литкового м'язу кроля вміст АТФ в ньому знижується більше ніж в два рази.

При прогресуючих м'язових дистрофіях та інших хворобах, пов'язаних з розпадом м'язової тканини, часто спостерігаються зміни фосфоліпідного складу м'язів: значно знижується кількість фосфатидилхоліну і фосфатидилетаноламіну, концентрація ж сфінгомієліну підвищується.

Для багатьох форм патологій м'язової тканини характерне порушення метаболізму креатину та його посилене виділення з сечею (креатинурія). Вважається, що креатинурія у хворих на міопатію є наслідком порушення в скелетній мускулатурі процесів фіксації (утримання) креатину та його фосфорилування.

Якщо порушується процес синтезу креатинфосфату, то не утворюється і креатинин; вміст останнього в сечі різко знижується. При креатинурії і порушенні синтезу креатинину різко зростає креатининний показник сечі.

На наявність патології м'язової тканини вказують такі зміни активності ферментів у м'язах: зменшується активність ферментів, які локалізовані в саркоплазмі; змінюється активність ферментів, які пов'язані з мітохондріями; помітно зростає активність лізосомальних ферментів.

**Особливості обміну речовин в серцевому м'язі.** Серцевий м'яз функціонує безперервно, в той час як для скелетних м'язів характерним є чергування роботи і відпочинку. Міокард дорослої людини за одне скорочення виштовхує в аорту близько 60 мл крові, за 1 хв – 5 л, за 1 год – 300 л, за добу – 7,2 т. Серце ритмічно працює упродовж всього життя людини. Уже незначні зміни ритму роботи серця призводять до порушення кровообігу, що викликає істотні зміни забезпечення організму киснем і поживними речовинами.

Для серцевого м'язу характерний аеробний шлях розщеплення вуглеводів. Високий вміст в серцевому м'язі міоглобіну забезпечує певний запас кисню, який використовується у випадку підвищення потреби в ньому, зокрема при посиленні роботи серця. Окисні процеси відбуваються у мітохондріях м'язових волокон. Частину енергії, у вигляді АТФ серцевий м'яз отримує внаслідок окиснення жирних кислот і гідроокисикислот, а також реакцій пентозного шляху.

Переважаання в серцевому м'язі аеробних процесів енергозабезпечення над анаеробними призводить до того, що при розпаді глікогену в ньому накопичується значна кількість молочної кислоти. Крім того, в серці інтенсивно окиснюється молочна кислота, яка доставляється кров'ю по системі коронарних судин. При посиленій роботі скелетних м'язів утворена в них молочна кислота частково

поступає в кров. В печінці вона перетворюється в глікоген, а в серцевому м'язі – піддається аеробному окисненню.

При інтенсивній м'язовій роботі посилюється доставка до серцевого м'язу молочної кислоти, яка утворюється в скелетних м'язах, отже, створюються сприятливі умови для живлення серця. Цей факт цікавий з фізіологічної точки зору. Він є прикладом кореляційної координації функції органів. При посиленій роботі м'язів зростає інтенсивність кровообігу. Об'єм роботи серця зростає, і одночасно з цим до серця доставляється в збільшеній кількості молочна кислота, яка використовується в якості енергосубстрату.

**Заклякання м'язів.** Після смерті припиняється кровообіг і м'язова тканина позбавляється поживних речовин. Уповільнюється, а згодом припиняється видалення продуктів розпаду, реакція середовища стає кислою, м'язи вкорочуються і тверднуть. Розвивається трупне заклякання – посмертне тверднення м'язів і пов'язана з ним нерухомість суглобів. Воно може настати через кілька хвилин або годин після клінічної смерті. Швидкість заклякання м'язів залежить від наявності в тканині глікогену, кислих продуктів обміну (молочної кислоти, вуглекислоти) і навколишньої температури. В тканині різко зменшуються запаси глікогену, АТФ, КрФ, глюкози тощо. Незабаром вони зникають зовсім. Внаслідок значного зростання вмісту молочної кислоти і фосфатів і збільшення кислотності, відбувається коагуляція білків. Ці процеси швидше настають у скелетних, повільніше – у гладеньких м'язах. Через деякий час заклякання м'язів припиняється і вони знову стають м'якими. Відсутність у трупа заклякання м'язів є важливою ознакою небезпечної хвороби – сибірської виразки.

### ***Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів)***

1. Розрахуйте коефіцієнт резерву (рівень здоров'я) людини за показником частоти серцевих скорочень (ЧСС). ЧСС у обстежуваного в стані спокою – 60 ск/хв; ЧСС при тестуванні максимально допустимого рівня фізичної активності (МДРФА) – 200 ск/хв.
2. Обґрунтуйте значимість для практики фізичного виховання вікових особливостей становлення кількості м'язових волокон в скелетних м'язах.
3. Для проведення збудження через нервово-м'язовий синанс необхідно 0,2–0,5 мс (через міжнейронний синанс – 1,5–2,0 мс). Назвіть складові компоненти часу синаптичної затримки.

4. Співвідношення швидких і повільних м'язових волокон у різних людей різне. Вкажіть на значимість даного положення при вирішенні питань трудової профорієнтації і спортивної спеціалізації молоді.
5. В м'язах юнака 80% швидких (гліколітичних) м'язових волокон. За рахунок яких рухових одиниць юнак розвиватиме витривалість в процесі систематичних тренувань?
6. Наявність ряду морфофізіологічних особливостей гладеньких м'язів (менша збудливість, більш тривалий рефрактерний період, мала швидкість поширення нервових імпульсів тощо), зумовлює ряд відмінних, в порівнянні з скелетними м'язами, ознак функціонування. Вкажіть на основні з них.
7. Перерахуйте основні функції скелетних м'язів. Вкажіть на вікові особливості внутрішньоорганної нагнітальної функції скелетних м'язів.
8. Кваліфікований працівник витрачає на виконання конкретної справи (дозованого навантаження) менше енергії ніж початківець. Чому?
9. Систематичне виконання фізичних навантажень оптимальної величини, за умови дотримання усіх педагогічних принципів фізичного тренування, позитивно впливає на здоров'я людини. Розкрийте суть (механізм) і біологічне значення цього впливу.
10. Найбільш характерним способом підтримання сталості внутрішнього середовища для людини є спосіб активного пристосування. Вкажіть на характерні для розвинутого суспільства недоліки цієї форми адаптації людини до постійно змінних умов довкілля.
11. Креатин синтезується в нирках з трьох амінокислот: гліцину, аргініну, метіоніну. Запишіть формули даних амінокислот.
12. Запишіть реакцію фосфорилювання креатину під впливом ферменту креатинкінази і перетворення його на креатинфосфат (КрФ, фосфаген).
13. Карнозин є природним дипептидом, який утворюється з амінокислот гістидину і β-аланіну. Запишіть формулу цієї сполуки.
14. Ансерин – природній дипептид, який утворюється під час метилування карнозину. Запишіть формулу цієї сполуки.



### *Тести*

#### **Рухова активність – основна умова збільшення обсягу функціональних резервів організму людини**

1. Енергетичне правило скелетних м'язів, як основу функціональної індукції анаболізму (збудження синтезу і накопичення в організмі білків та інших речовин), встановив:  
а) *О. Аршавський;* б) *П. Анохін;*  
в) *М. Амосов;* г) *О. Крестовніков.*
2. Термін «рухова ейфорія» – комплекс приємних відчуттів, що виникає у людей, які систематично займаються фізичними вправами, запропонований:  
а) *М. Амосовим;* б) *О. Крестовніковим;*  
в) *І. Муравовим;* г) *М. Зімкіним.*
3. Вчені вважають, що для забезпечення фізично повноцінного довголіття людині необхідно так організувати свою рухову активність, щоб у дорослому віці ЧСС і частота дихальних циклів за 1 хв були такими):  
а) *90 і 20;* б) *80 і 16;*  
в) *70 і 13;* г) *50 і 10.*
4. Функції м'язів:  
а) *опорно-рухова і інтерорецептивна;*  
б) *депонуюча і теплотворна;*  
в) *нагнітально-присмоктувальна (помпувальна) і корсетна;*  
г) *секреторна і видільна.*
5. Функцію «внутрішньом'язових периферійних сердець» скелетних м'язів вперше встановив:  
а) *М. Арінчин;* б) *І. Муравов;*  
в) *М. Амосов;* г) *І. Аршавський.*
6. Недостатня рухова активність людини позначається терміном:  
а) *гіпердинамія;* б) *акінезія;*  
в) *гіподинамія;* г) *гіпертрофія.*
7. Наслідком гіпокінезії є:  
а) *атрофія скелетних і серцевого м'язів з одночасним збільшенням маси тіла за рахунок жирової тканини;*  
б) *підвищення холестерину і зменшення глюкози в крові;*  
в) *тахікардія;*  
г) *збільшення м'язової маси, зменшення холестерину і підвищення глюкози в крові.*

8. Виділяють дві групи резервів організму, які можуть бути мобілізовані них в процесі діяльності:
  - а) психічні і професійні;
  - б) функціональні і морфологічні;
  - в) біологічні і соціальні;
  - г) біохімічні і фізіологічні.
9. До складу функціональних резервів організму входять резерви:
  - а) біологічні і соціальні;
  - б) біохімічні і фізіологічні;
  - в) психічні та професійно-технічні;
  - г) фізіологічні та психічні.
10. Фізіологічні резерви пов'язані з:
  - а) інтенсивністю і тривалістю роботи окремих клітин, органів і системи органів;
  - б) досконалістю механізмів нейро-гуморальної регуляції функцій;
  - в) ефективністю енергозабезпечення;
  - г) швидкістю відновлення енергоресурсів.
11. Сумарна величина резервів легень, серця, нирок, інших органів і організму в цілому, якими володіє даний організм позначається терміном:
  - а) кількість здоров'я;
  - б) рівень здоров'я;
  - в) коефіцієнт резерву;
  - г) якість життя.
12. Резерви перерозподілу кровотоку в скелетних м'язах при максимальних навантаженнях (чисельник – показник кровотоку в спокої, знаменник – при максимальній напруженій роботі):
  - а) 5/85;
  - б) 10/95;
  - в) 20/85;
  - г) 40/60.
13. Резерви перерозподілу кровотоку в органах черевної порожнини при максимальній фізичній роботі (чисельник – показник кровотоку в спокої, знаменник – при роботі):
  - а) 24/1;
  - б) 40/60;
  - в) 60/24;
  - г) 80/10.
14. Відношення величини функції даної системи, визначеної в умовах максимального навантаження, до її величини в стані спокою, називається:
  - а) коефіцієнтом зношення;
  - б) коефіцієнтом резерву;
  - в) життєвим показником;
  - г) коефіцієнтом витривалості.

- 15.** Максимально можливе збільшення ЧСС при виконанні максимально напруженої фізичної роботи (кількість разів):
- а) 2;
  - б) 4;
  - в) 6;
  - г) 8.
- 16.** Коефіцієнт резерву за показником хвилинного обсягу кровообігу:
- а) 2;
  - б) 4;
  - в) 8;
  - г) 10.
- 17.** Основною умовою збільшення обсягу фізіологічних резервів організму людини, без втрат здоров'я, є:
- а) використання анаболіків;
  - б) використання стимуляторів функції ЦНС;
  - в) систематичні фізичні тренування;
  - г) загартування.
- 18.** Механізмом термінової мобілізації фізіологічних резервів є:
- а) емоції;
  - б) волевіль зусилля;
  - в)  $a+b$ ;
  - г) вживання анаболіків.
- 19.** Коефіцієнт резерву (рівень здоров'я) за показником частоти дихань:
- а) 7;
  - б) 10;
  - в) 15;
  - г) 20.
- 20.** Коефіцієнт резерву за показником хвилинного обсягу дихання:
- а) 10;
  - б) 20;
  - в) 30;
  - г) 40.
- 21.** Зміни, зумовлені систематичним виконанням порогових величин фізичних навантажень:
- а) гіпертрофія м'язів і економізація роботи серця;
  - б) трофотропна направленість обміну речовин і зниження холестерину сироватки крові;
  - в) атрофія м'язів;
  - г) збільшення холестерину в крові.
- 22.** Зменшення вмісту білків гама-глобулінової природи в крові знерухомлених тварин свідчить про:
- а) зростання імунної реактивності організму;
  - б) зниження імунної реактивності організму;
  - в) підвищення загальної реактивності організму;
  - г) підвищення фізіологічної резистентності організму.
- 23.** Максимально можливе збільшення величин споживання кисню при виконанні максимально напружених фізичних навантажень (кількість разів):
- а) 10;
  - б) 15;
  - в) 20;
  - г) 25.

**Морфофункціональні особливості скелетних і гладеньких м'язів**

24. Товщина окремих поперечносмугастих м'язових волокон (мкм):  
а) 1–10; б) 10–100;  
в) 100–200; г) 300–400.
25. М'язові волокна мають довжину від декількох міліметрів до (см):  
а) 2–5; б) 10–15;  
в) 20–25; г) 30–35.
26. Кількісний склад м'язових волокон в окремих м'язах встановлюється у віці:  
а) 4–5 міс.; б) 1–2 років;  
в) 3–5 років; г) 10–12 років.
27. Загальна маса м'язів у осіб нормостенічного типу будови тіла близько (% від маси тіла):  
а) 80; б) 60;  
в) 30; г) 20.
28. М'язове волокно покрите тонкою еластичною мембраною, яка називається:  
а) саркоплазмою; б) сарколемою;  
в) матриксом; г) ретикулумом.
29. Всередині м'язового волокна знаходиться:  
а) саркоплазма; б) сарколема;  
в) кінцева пластинка.
30. Рідина саркоплазми, в яку занурені скоротливі елементи м'язового волокна, називається:  
а) ретикулумом; б) матриксом;  
в) сарколемою; г) саркоплазмою.
31. До складу саркоплазматичного матрикса м'язового волокна входять такі міофібрилярні білки:  
а) міоген, міоглобін, міоальбумін;  
б) міозин, актин, актоміозин, тропонін, тропоміозин;  
в) альбуміни, глобуліни, фібриноген.
32. Тропонін-тропоміозинова система поперджує взаємодію актину і міозину та блокує АТФ-азну активність міозинових головок при відсутності:  
а) йонів Калію; б) ацетилхоліну;  
в) йонів Кальцію; г) міоглобіну.

- 33.** Червоний колір м'язів зумовлений присутністю в ньому білка:  
а) міоальбуміну; б) актину і міозину;  
в) тропоніну; г) міоглобіну.
- 34.** М'язове волокно скелетного м'язу складається з спеціалізованих скоротливих органоїдів, які називаються:  
а) протофібрилами; б) міофібрилами;  
в) телофрагмами; г) саркомерами.
- 35.** Основною структурно-функціональною одиницею міофібрили є:  
а) сарколема;  
в) саркоплазма;  
б) саркоплазматичний ретикулум;  
г) саркомер.
- 36.** Функція саркоплазматичного ретикулула м'язового волокна:  
а) виділення продуктів обміну з м'язової клітини в міжклітинні простори;  
б) передача збудження з поверхні мембрани м'язового волокна до міофібрил;  
в) енергозабезпечення скорочення м'язового волокна.
- 37.** Непосмугована м'язова тканина входить до складу:  
а) стінок внутрішніх органів;  
б) шкіри, залоз, сечового міхура;  
в) бронхів, кровеносних і лімфатичних судин;  
г) скелетних м'язів.
- 38.** Відмінними ознаками функціонування непосмугованих м'язів (в порівнянні з посмугованими) є:  
а) більш повільне і тривале скорочення;  
б) автоматія;  
в) виразна пластичність;  
г) відсутність автоматії, швидкі і нетривалі скорочення.

### Хімічний склад скелетних м'язів

- 39.** Білки саркоплазми – це:  
а) міоглобін; б) актин і міозин;  
в) глобулін X і міоальбумін; г) актоміозин і тропоміозин;  
д) міоген.
- 40.** Білки міофібрил – це:  
а) міоглобін і глобулін X; б) актин і актоміозин;  
в) міоальбумін і міозин; г) міозин і тропоміозин.

41. Основними білками м'язової строми є:
- а) міоглобін;
  - б) актин і актоміозин;
  - в) глобулін Х і міоальбумін;
  - г) структурні і ферментні білки;
  - д) міозин і тропоміозин.
42. Міоген А ферментативною активністю:
- а) володіє;
  - б) не володіє;
  - в) наукою не встановлено.
43. Міоген В ферментативною активністю:
- а) володіє;
  - б) не володіє;
  - в) наукою не встановлено.
44. Міоглобін – складний білок із класу:
- а) нуклеопротеїдів;
  - б) фосфопротеїдів;
  - в) хромопротеїдів;
  - г) глікопротеїдів;
  - д) ліпопротеїдів.
45. Основним скоротливим білком м'язової тканини є:
- а) тропоміозин;
  - б) актоміозин;
  - в) актин;
  - г) міозин.
46. Креатин синтезується в нирках з трьох амінокислот:
- а) лізину, аргініну, цистеїну;
  - б) гліцину, аргініну, метіоніну;
  - в) валіну, триптофану, метіоніну;
  - г) гліцину, лейцину, серину.
47. Біологічна роль креатинфосфату полягає у:
- а) підтриманні в тканинах сталого вмісту АТФ;
  - б) транспортуванні поживних речовин;
  - в) синтезі білків.
48. Біологічна роль ансерину полягає у:
- а) підтриманні в тканинах сталого вмісту АТФ;
  - б) транспортуванні поживних речовин;
  - в) синтезі білків;
  - г) забезпеченні скоротливості м'язових волокон.
49. Карнітин відноситься до:
- а) вітаміноподібних сполук;
  - б) вітамінів;
  - в) гормонів;
  - г) ферментів.

**50.** Попередником ансерину є:

- а) карнітин; б) карнозин;  
в) креатин; г) креатинфосфат.

**51.** Глікоген належить до:

- а) безазотистих екстрактивних речовин м'язів;  
б) азотистих екстрактивних речовин м'язів;  
в) мінеральних речовин м'язової тканини.

### **Фізіологічна характеристика рухових одиниць м'язів**

**52.** Головним структурно-функціональним елементом нервово-м'язового апарату є:

- а) міофібрила; б) актин і міозин;  
в) м'язове волокно; г) рухова одиниця.

**53.** Рухові одиниці (РО) відрізняються між собою:

- а) розмірами тіла мотонейронів;  
б) товщиною аксону мотонейрону;  
в) числом м'язових волокон, які входять до складу РО;  
г) а + б + в.

**54.** М'язові волокна, що входять до складу даної РО володіють:

- а) однаковими властивостями;  
б) різними властивостями;  
в) різними властивостями, за винятком сили, яка у окремих м'язових волокон даної РО однакова;  
г) однаковими властивостями, за винятком сили, яка у окремих м'язових волокон даної РО різна.

**55.** Малі РО входять, як правило, до складу м'язів:

- а) пальців кисті і очного яблука;  
б) дрібних м'язів лиця;  
в) тулуба;  
г) кінцівок.

**56.** Малі РО забезпечують:

- а) швидкі рухи; б) точні рухи;  
в) повільні рухи.

**57.** Великі РО переважно входять до складу м'язів:

- а) пальців кисті; б) очного яблука;  
в) дрібних м'язів лиця; г) тулуба і кінцівок.

**58.** Повільні окисні волокна (тип I), в порівнянні з швидкими (типу II), мають:

- а) більш багату капілярну сітку;*
  - б) підвищений вміст міоглобіну і мітохондрій;*
  - в) менше капілярів, міоглобіну і мітохондрій.*
- 59.** Повільні м'язові волокна, в порівнянні з швидкими:
- а) більш витривалісні;*
  - б) менш витривалісні;*
  - в) пристосовані до потужних короткотривалих скорочень.*
- 60.** Швидкі м'язові волокна в порівнянні з повільними:
- а) більш витривалі;*
  - б) менш витривалі;*
  - в) пристосовані до потужних короткотривалих скорочень м'язів.*
- 61.** Чим більша кількість швидких РО в м'язі, тим:
- а) вища швидкість його скорочення;*
  - б) більша його максимальна сила;*
  - в) більша його витривалість.*
- 62.** Чим більша кількість в м'язі повільних РО, тим:
- а) вища швидкість його скорочення;*
  - б) більша максимальна сила;*
  - в) більша витривалість.*

### **Обмін речовин у м'язовій тканині**

- 63.** При роботі в м'язах накопичується велика кількість:
- а) фосфатної кислоти;*
  - б) молочної кислоти;*
  - в) ацетатної кислоти;*
  - г) масляної кислоти.*
- 64.** Безпосереднім джерелом енергії для м'язової діяльності є:
- а) реакція розщеплення АТФ;*
  - б) енергетичний розпад креатинфосфату;*
  - в) енергія окиснення жирів;*
  - г) енергія окиснення вуглеводів.*
- 65.** Для серцевого м'яза характерний:
- а) анаеробний шлях розщеплення вуглеводів;*
  - б) аеробний шлях розщеплення вуглеводів;*
  - в) пентозо-фосфатний шлях обміну вуглеводів.*



## **Розділ II. Механізм і енергетика м'язового скорочення**

1. Сучасні уявлення механізму м'язового скорочення. Послідовність механічно-хімічних процесів, які протікають в м'язах при їх скороченні. Схеми ковзання міофіламентів міофібрил. Роль тропонін-тропоміозинової системи в механізмі скорочення міофібрил.
2. Біохімія м'язового скорочення. Основні речовини для м'язового скорочення. Фази м'язового скорочення. Біохімічні процеси в м'язах під час тренувань і при стомленні.
3. Енергетика м'язового скорочення. АТФ — єдине пряме джерело енергії для м'язового скорочення. Ресинтез АТФ в м'язах. Поняття ємності і потужності енергетичних систем. Характеристика анаеробних енергосистем. Киснева енергетична система.
4. Робоча гіпертрофія м'язів. Різновидності робочої гіпертрофії м'язів. Морфофункціональні зміни в атрофованих м'язах.
5. Фізіологічні механізми впливу різного рівня рухової активності на здоров'я людини. Вісцеро-моторні та моторно-вісцеральні рефлекси. Наслідки гіподинамії.

### ***В результаті вивчення матеріалу теми Ви повинні знати:***

- особливості механізму скорочення скелетних м'язів;
- роль тропонін-тропоміозинової системи в механізмі скорочення міофібрил;
- речовини, що беруть участь в механізмі м'язового скорочення, фази м'язового скорочення;
- механізми енергозабезпечення м'язового скорочення;
- енергоємність і енергопотужність анаеробних і аеробної систем енергозабезпечення м'язової діяльності;
- умови розвитку міофібрилярної і саркоплазматичної гіпертрофії м'язів;
- наслідки гіподинамії;
- механізми впливу рухової активності на здоров'я і тривалість життя людини.

**вміти:**

- використовувати знання матеріалу теми в практиці оздоровчого фізичного тренування і трудової діяльності людини;
- дозувати фізичні навантаження з врахуванням шляхів енергозабезпечення м'язових скорочень;
- нормувати величину фізичних навантажень з врахуванням енерговитрат на рухову діяльність;
- підбирати фізичні вправи для направленої розвитку бажаного типу робочої гіпертрофії м'язів;
- попереджувати розвиток атрофії м'язів;
- визначати функціональні ефекти фізичного тренування.

**Основні терміни, поняття і скорочення**

*Аденозиндифосфорна кислота (АДФ); аденозинтрифосфорна кислота (АТФ); аеробна робота; анаеробна робота; андрогени; атрофія; гіпертрофія м'язів: міофібрилярна, саркоплазматична; глікоген; глікогеноліз; гліколіз; енергоємність ЕС; енергопотужність ЕС; енергосистема (ЕС): киснева, лактацидна, фосфатна; креатинфосфорна кислота (КрФ, фосфаген); лактацид; максимальне споживання кисню (МСК); фізичні тренування (ФТ); функціональні ефекти (ФЕ); функціональні резерви (ФР).*

**2.1. Сучасні уявлення механізму м'язового скорочення**

Утворений під впливом нервових імпульсів, ПДМВ розповсюджується на поверхні мембрани (по сарколемі) і по мембранах поперечних трубочок входить всередину волокна до цистерн поздовжніх трубочок. Електрична хвиля збудження деполяризує мембрани цистерн і тим самим сприяє швидкому виходу йонів Кальцію із цистерн у міжфібрилярний простір — до ниток актину та міозину. Цей вихід звільнених йонів Кальцію знаменує собою початок скорочення м'яза, він розпочинається при деполяризації мембрани до 60 мВ і триває упродовж всього часу деполяризації. Йони Кальцію зв'язуються з тропоніном так, що молекула останнього деформується і штовхає тропоміозин у жолобок між двома ланцюгами актину в активне положення. В зв'язку з цим відкриваються раніше заблоковані тропоміозином ділянки актину для прикріплення поперечних містків міозину. Разом з тим, активуючи АТФ-азу міозинових головок, йони Кальцію розщеплюють АТФ

з вивільненням енергії. Енергія АТФ забезпечує дію поперечних містків, які втягують тонкі актинові нитки в проміжки між товстими міозиновими нитками.

Під впливом енергії АТФ в присутності йонів Кальцію міозинові містки ритмічно прикріплюються до активних ділянок актину та відкріплюються від них і таким чином тягнуть актинову нитку до середини саркомера, нагадуючи при цьому групу людей, які тягнуть довгий канат, перехоплюючи його руками. Рухаючись з двох сторін саркомера назустріч одна одній, актинові нитки забезпечують вкорочення саркомера (від 2 мкм до 1,25 мкм); вкорочуються, скорочуючись, міофібрили, м'язові волокна і м'яз в цілому (рис. 2.1).

При надмірному розтягуванні м'яза або при сильному і швидкому його скороченні число взаємодіючих з актиновими нитками поперечних містків зменшується, їх зчеплення послаблюється, напруження м'яза знижується. Найбільше напруження м'яз розвиває при середній довжині саркомерів – 2,0-2,25 мкм. За таких умов зчеплення між нитками актину і поперечними містками міозину найбільш оптимальне. При сильному скороченні, коли актинові нитки в саркомері перекриваються між собою і міозинові нитки впираються в Z-перегородку, напруження м'яза зменшується.

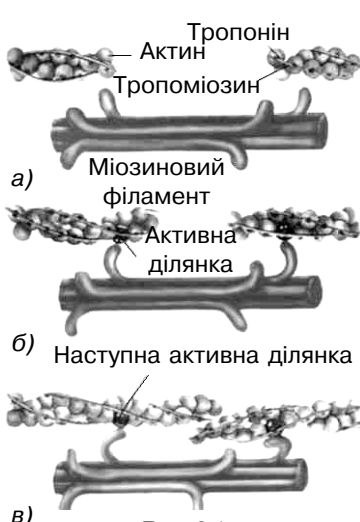


Рис. 2.1.

Механізм ковзання актинових і міозинових філаментів (за Х. Уілмором і Д. Костіллою, 1997):

м'язове волокно в стані розслаблення (а), в процесі скорочення (б) і повністю скорочене (в)

Йони Кальцію затримуються біля міофіламентів (у міжфібрилярному просторі) всього декілька мілісекунд, а тоді, внаслідок дії спеціальної кальцієвої помпи, повертаються в цистерни. При цьому настає розслаблення м'язового волокна.

Тропонін і тропоміозин повертаються до виконання своєї гальмівної функції. Загальна схема послідовності процесів, які забезпечують м'язове скорочення, представлена на рис. 2.2.

## 2.2. Біохімія м'язового скорочення

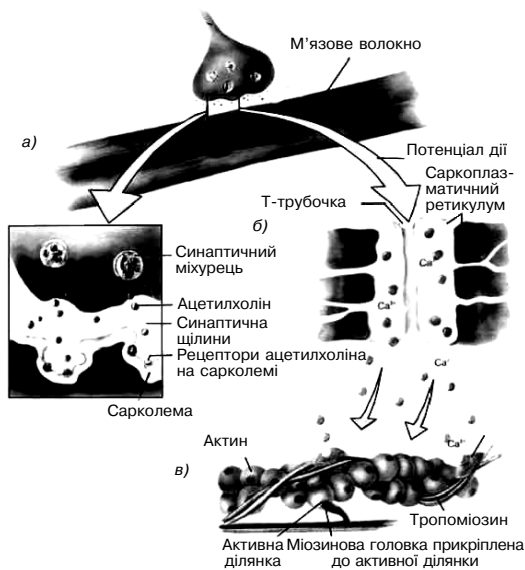


Рис. 2.2.

Послідовності дій, які зумовлюють м'язове скорочення (за Х. Уілмором і Д. Костіллом, 1997): **а** – мотонейрон виділяє ацетилхолін, який приєднується до рецепторів ацетилхоліна в сарколемі; на м'язовім волокні утворюється потенціал дії; **б** – потенціал дії «включає» виділення Ca<sup>2+</sup> з саркоплазматичного ретикулума в саркоплазму; **в** – Ca<sup>2+</sup> приєднується до тропоніна на активній ділянці філаменту і тропонін «відтягує» тропоміозин від активних ділянок, дозволяючи міозиновим головкам прикріпитись до активного філаменту

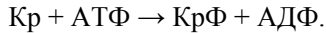
та міозин, які, сполучаючись, утворюють комплекс актоміозин, і енергія від АТФ, яка ресинтезується за рахунок енергії фосфагену. Про те, що актин і міозин мають АТФ-азну активність, встановили російські вчені Енгельгардт і Любімова.

Постійний вміст АТФ у м'язовій тканині пов'язаний з утворенням і розщепленням креатинфосфорної кислоти (КрФ). При надлишку в тканині АТФ вона під впливом креатинкінази взаємодіє з креатином (Кр):

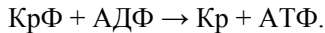
Перші дані про хімізм м'язового скорочення були отримані в 1907 році англійськими вченими М. Флетчером і Ф. Гопкінсом, які встановили, що чим більше м'яз виконує фізичну роботу, тим більше нагромаджується в ньому молочної кислоти.

В 1927 році О.Мейєргоф довів, що молочна кислота утворюється внаслідок розщеплення глікогену. Спочатку вважалось, що енергія для м'язового скорочення утворюється за рахунок фосфагену (креатинфосфату). Але пізніше було встановлено, що першою речовиною, яка дає енергію для скорочення м'язів, є АТФ.

Таким чином, основними біохімічними компонентами м'язового скорочення є актин



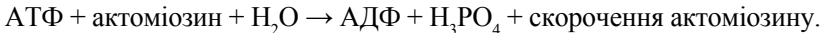
При нестачі АТФ, наприклад в працюючій м'язовій тканині, здійснюється регенерація АТФ:



Деяка частина АТФ може синтезуватися з фосфопіровиноградної кислоти і з 1,3-дифосфогліцеринової кислоти.

В хімізмі м'язового скорочення розрізняють дві фази:

1. АТФ в присутності актоміозину і води:



Взаємодія АТФ з актоміозином є основою м'язового скорочення. При цьому витискується вода і зменшується об'єм часточок актоміозину.

2. АДФ + фосфаген  $\rightarrow$  АТФ + креатин.

АТФ відновлюється за рахунок фосфагену (креатинфосфату). АТФ-азна функція актину і міозину активується за допомогою йонів  $\text{Ca}^{2+}$ , які виділяються в гіалоплазму.

Після скорочення м'язів комплекс актин-міозин розщеплюється до актину і міозину. Саркомер і міофібрила відновлюються до вихідного стану. В гіалоплазмі м'язового волокна різко зменшується вміст йонів  $\text{Ca}^{2+}$ . Гальмується діяльність міозинової АТФ-ази. М'язове волокно відновлює попередні запаси АТФ і КрФ.

Під час інтенсивної роботи м'язів витрачаються АТФ, глікоген і глюкоза. Утруднюється доступ речовин, необхідних для фізіологічної регенерації. Уповільнюється клітинне дихання, накопичується молочна кислота, амоніак, похідні пурину та інші продукти обміну. Порушується ефективність механізмів нейрогуморальної регуляції функцій. Настає стомлення м'язів.

Фізично тренований організм характеризується більш високим рівнем працездатності. В ньому всі органи працюють узгоджено. В результаті цього поліпшуються кровообіг і газообмін, біосинтез білків і фосфатидів, глікогену і макроергів, інтенсивніше видаляються з організму кінцеві продукти обміну речовин, підвищується активність різних ферментів, зменшується вміст жиру. Робота тренованих м'язів супроводжується меншим накопиченням в них молочної кислоти, а також більш швидкою дифузєю її в кров, ніж робота нетренованих м'язів.

Зміни хімічного складу м'язів і інтенсивності перебігу в них процесів обміну речовин, спричинені систематичним виконанням

фізичних вправ (тренуванням), через зміну пластичності обміну речовин забезпечують пристосування організму в цілому, і м'язів зокрема, до змін умов їх діяльності. В цьому полягає важлива загальнобіологічна роль фізичних тренувань.

### 2.3. Енергетика м'язового скорочення

Робота міофібрил здійснюється за принципом хемодинамічної машини, в якій хімічна енергія прямо переходить в механічну, обминувши теплову. Звідси і відносно високі величини коефіцієнта корисної дії роботи окремих м'язів (30–40 %).

Безпосереднім джерелом енергії для м'язового скорочення є аденозинтрифосфат (АТФ). Його розщеплення зв'язане з дією міозину як ферменту. При цьому утворюються аденозидифосфат (АДФ), відщеплюється фосфатна група і виділяється близько 10 ккал енергії. Відновлення АТФ йде за рахунок креатинфосфату (КрФ), вуглеводів, жирів і рідше білків. Енергія розпаду цих речовин забезпечує зв'язок АДФ і фосфату з утворенням АТФ (рис. 2.3).

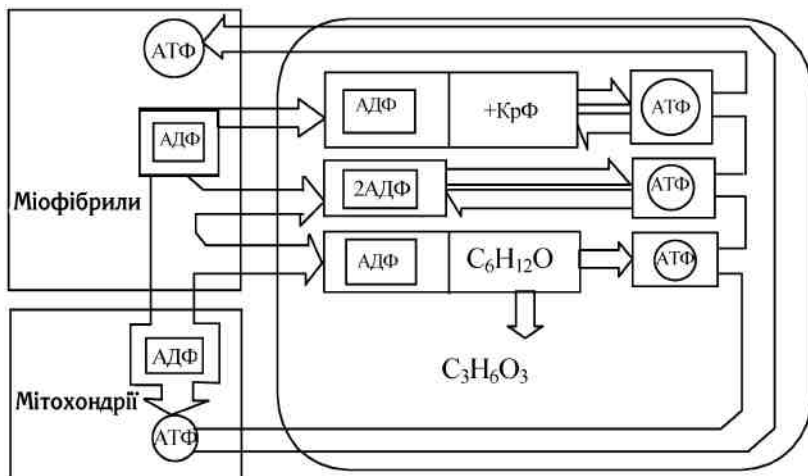


Рис. 2.3

Енергетичний обмін в м'язах (за А. Леві і Ф. Сікевичем, 1971):

I – ресинтез АТФ за рахунок енергії КрФ;

II – ресинтез АТФ з двох молекул АДФ;

III – ресинтез АТФ за рахунок анаеробного розпаду вуглеводів

Робота при якій ресинтез АТФ здійснюється переважно аеробним шляхом, називається *аеробною*, якщо ж енергозабезпечення діяльності в основному йде без участі кисню, то така робота називається *анаеробною*.

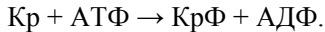
Відновлення АТФ в працюючому м'язі здійснюється за допомогою трьох енергосистем: фосфатної, лактацидної, кисневої. Перші дві енергосистеми — фосфатна і лактацидна — анаеробні, третя — аеробна. Відмінність однієї енергосистеми від іншої полягає у використанні для енергопродукції різних речовин (енергосубстратів), в їх енергоємності і енергопотужності.

**Енергоємність системи** — максимальна кількість енергії, яка може бути утворена за рахунок даної енергосистеми; **енергопотужність** — найбільша кількість енергії, яка може бути утворена за рахунок даної енергосистеми в одиницю часу. Ємність енергосистеми визначає тривалість роботи, її загальний обсяг; потужність енергосистеми зумовлює граничну інтенсивність діяльності. Отже, участь кожної з енергосистем в енергозабезпеченні м'язової діяльності визначається її потужністю і тривалістю. Потужність фосфатної енергосистеми — 36 ккал/хв, лактацидної — 12 ккал/хв, кисневої (при окисненні глікогену і глюкози) — 8 ккал/хв, при окисненні жирів — 4 ккал/хв; ємність цих енергосистем відповідно рівна — 5, 12, 800 і 60 000 ккал енергії.

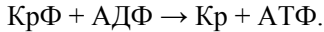
У людини вагою 70 кг м'язова маса складає близько 25–30 кг. У найбільш типових видах глобальної м'язової діяльності бере участь близько 2/3 всієї м'язової маси. Загальна маса м'язів, що скорочуються (активна м'язова маса), — 20 кг. Цю величину м'язової маси і беруть за основу при розрахунках ємностей і потужностей енергетичних систем. Найбільшою енергетичною ємністю з усіх м'язових джерел енергії володіють жири. Один моль жирів при окисненні дає 2400 ккал, 1 моль глюкози при анаеробному розщепленні — 50 ккал, при аеробному — близько 700 ккал, 1 моль АТФ забезпечує 10 ккал, 1 моль КрФ — 10,5 ккал.

**Фосфатна енергосистема.** При дії цієї енергосистеми ресинтез АТФ здійснюється за рахунок креатинфосфату (АТФ і КрФ належать до групи фосфагенів). При розпаді КрФ утворюється креатин, незв'язаний фосфат і близько 10,5 ккал енергії (в розрахунку на 1 моль КрФ), яка негайно використовується для ресинтезу АТФ. Таким чином, КрФ — це перший енергетичний резерв м'яза, безпосереднє джерело енергії для відновлення АТФ.

При надлишку в тканині АТФ вона під впливом креатинкінази взаємодіє з креатином (Кр):



При нестачі АТФ у працюючій м'язовій тканині здійснюється її регенерація (відновлення):



Фосфатна енергосистема найбільш потужна — 36 ккал/хв, її енергія завжди використовується на початку м'язових скорочень і особливо при використанні короточасних напружених навантажень — (швидкий біг, підняття вантажу, стрибки тощо). Ємність фосфатної системи невелика, — приблизно 5 ккал. Саме цим і пояснюється невелика тривалість граничних навантажень. Так, енергозабезпечення швидкого бігу з енергозапитом 1 ккал/с, за рахунок даної енергосистеми може тривати не більше 5 с. Таким чином, запаси КрФ для ресинтезу АТФ обмежені, тому при більш тривалій роботі вслід за фосфатною енергосистемою включаються в дію інші енергосистеми — гліколітична і аеробна.

**Лактацидна енергосистема.** Вона забезпечує ресинтез АТФ і КрФ шляхом анаеробного розщеплення глікогену (анаеробний глікогеноліз) і глюкози (гліколіз). Внаслідок цих реакцій утворюється значна кількість молочної кислоти — лактациду.

Глікогеноліз, що проходить в м'язах, має перевагу над гліколізом. При розщепленні однієї глюкозної одиниці, отриманої з м'язового глікогену, в процесі гліколізу утворюється 30 ккал енергії, а з молекули глюкози — 20 ккал. Лактацидна енергосистема має першочергове значення в енергозабезпеченні фізичних навантажень тривалістю від 20–30 с, до 1–3 хв. В цей період в крові виявляється і найбільший вміст молочної кислоти. При менш тривалій роботі енергетична роль лактацидної енергосистеми зменшується.

Потужність лактацидної енергосистеми — 12 ккал/хв, енергоємність — 12 ккал. Важливим чинником, який лімітує ємність лактацидної енергосистеми, є лактацид. Нагромаджуючись у м'язах, молочна кислота пригнічує активність гліколітичних ферментів (фосфорилаз, фосфофруктокінази), що в свою чергу призводить до зниження швидкості гліколізу, а, значить, енергоутворення.

Лактацидна енергосистема завжди активна в тих випадках, коли працюючі м'язи не забезпечуються необхідною кількістю кисню.



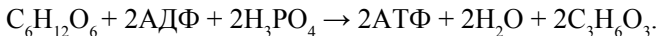
Такі умови виникають при виконанні роботи великої потужності, а також при статичному скороченні м'язів, коли через високий внутрішньом'язовий тиск різко обмежується кровопостачання і забезпечення м'язів киснем.

**Киснева енергосистема.** Однією з причин зниження працездатності людини, яка виконує напружену фізичну роботу, є дефіцит кисню. Він завжди виникає за умови, коли кисневий запит більший максимального споживання кисню (МСК). Для повного окиснення продуктів розпаду, що утворилися при виконанні напруженої роботи, необхідно більше 20 л кисню за 1 хв, в той час як МСК не перевищує 5–6 л/хв.

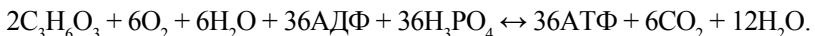
Основними енергосубстратами кисневої енергосистеми є вуглеводи і жири. Співвідношення їх використання визначається потужністю аеробної роботи (рівнем МСК): чим вона вища, тим більший енергетичний вклад вуглеводів, що окиснюються, і відповідно менший вклад жирів в загальну енергопродукцію працюючих м'язів.

Енергозабезпечення тривалих фізичних навантажень (споживання кисню до 50 % від МСК) проходить переважно за рахунок окиснення жирів; при навантаженнях, близьких до МСК, основна частина аеробної енергопродукції утворюється за рахунок окиснення вуглеводів. Киснева енергосистема, в основі якої лежать процеси окиснення вуглеводів (глікогену та глюкози) і жирів до  $H_2O$  і  $CO_2$ , має найбільшу енергетичну ємність і найменшу потужність.

М'язова тканина має незначні запаси АТФ, тому вони швидко витрачаються. Реакції гліколізу (глікогенолізу) і клітинного дихання зумовлюють відновлення запасу АТФ у м'язовій тканині. Так, під час гліколізу з однієї молекули глюкози утворюється дві молекули АТФ:



При повному розщепленні однієї молекули глюкози утворюється 38 молекул АТФ. Якщо джерелом глюкози є глікоген, то під час глікогенолізу з однієї молекули глюкози утворюється три молекули АТФ; 80-85% молочної кислоти йде на ресинтез глікогену, решта є джерелом енергії в циклі трикарбонних кислот. Із сумарного рівняння клітинного дихання випливає:



Частина АТФ синтезується з 1,3-дифосфогліцеринової і фосфопіровиноградної кислот.

На синтез 1 моля АТФ при аеробному розщепленні глюкози необхідно 3,54 л кисню, а при розпаді глікогену — 3,45 л кисню. Тому м'язовому глікогену як енергосубстрату надається перевага при виконанні інтенсивної м'язової роботи: чим більша потужність роботи, тим більша швидкість розщеплення м'язового глікогену. Аеробний глікогеноліз переважає при потужності роботи до 70 % від МСК. При більш високих навантаженнях збільшується швидкість аеробного глікогенолізу, проте при цьому утворюється в 13 разів менше АТФ, ніж при аеробному розпаді глікогену. Отже, вуглеводи як енергетичний субстрат використовуються організмом як в умовах анаеробної, так і в умовах аеробної роботи.

Потужність кисневої енергосистеми при окисненні глюкози і глікогену — 8 ккал/хв, енергоємність — 800 ккал. В час роботи використовується близько 50–60 г глікогену печінки і 200–250 г глікогену м'язів (середній запас глікогену в печінці приблизно 70–80 г, у м'язах — 300 г). Сюди ж слід додати 30 % глюкози, яка утворюється в печінці за рахунок окиснення лактациду.

Важливим субстратом кисневої енергосистеми є *жири*. В нормі вони становлять 20 % маси тіла. Близько 5 % усіх жирних запасів знаходиться в м'язах у вигляді тригліцеридів, які складаються з однієї молекули гліцерину і трьох молекул жирних кислот. В час роботи м'язів окиснюються як вільні жирні кислоти в крові, так і тригліцериди. Процес окиснення проходить в мітохондріях і називається *бета-окисненням*.

Питома енергоємність (кількість енергії, що міститься у ваговій одиниці енергосубстрату) жирів найбільша, це найлегше «пальне» (при розпаді 1 г жиру виділяється 9,3 ккал, а 1 М жиру дає 2400 ккал). Найбільша у жирів і загальна енергоємність — близько 60 000 ккал (цієї енергії вистачило б для легкого бігу упродовж 5–7 діб). Проте жири поступаються перед вуглеводами при порівнянні кількості енергії, що утворюється з одиниці використаного кисню (калоричний еквівалент кисню при окисненні вуглеводів — 5,05, жирів — 4,7). Саме тому у жирів, в порівнянні з вуглеводами, вдвічі менша максимальна енергопотужність, і їхнє використання в енергозабезпеченні зменшується в міру зростання потужності виконуваної роботи.

Великі резерви енергетичних потужностей, яких досягають фізкультурники виконанням інтенсивних і тривалих фізичних на-

вантажень, є необхідною передумовою міцного здоров'я. Такі навантаження тренують майже всі робочі системи енергозабезпечення — серце, кровоносні судини, печінку, нирки і одночасно — регулюючі системи.

#### **2.4. Робоча гіпертрофія м'язів**

Наслідком систематичного виконання фізичних вправ є збільшення анатомічного поперечника м'язів — **робоча гіпертрофія** (від грец. «троφος» — живлення, збільшене живлення). Вона розвивається в основному за рахунок потовщення існуючих м'язових волокон (від 10 до 100 мкм). Вчені допускають також можливість «клітинного ділення» (розщеплення) товстого м'язового волокна з утворенням двох тонких. Розрізняють два основних типи робочої гіпертрофії м'язів: саркоплазматичний і міофібрилярний.

**Саркоплазматична гіпертрофія** відбувається переважно за рахунок збільшення обсягу нескоротливої частини м'язового волокна — саркоплазми. При цьому типі гіпертрофії спостерігається суттєве підвищення метаболічних резервів м'яза (збільшення вмісту креатинфосфату, глікогену, міоглобіну тощо), збільшення числа функціонуючих капілярів. Найбільш схильні до гіпертрофії повільні (тип I) і швидкі окиснювальні (тип II A) м'язові волокна. Саркоплазматична гіпертрофія мало впливає на ріст сили м'язів, в більшості випадків вона не змінюється або несуттєво знижується (Я. М. Коц, 1986). Основним наслідком саркоплазматичної гіпертрофії є значне зростання витривалості.

**Міофібрилярна гіпертрофія** розвивається переважно за рахунок збільшення числа і обсягу міофібрил, збільшення їх щільності в м'язовому волокні. Даний тип гіпертрофії м'язів сприяє значному зростанню сили м'язів. Найбільш схильні до міофібрилярної гіпертрофії швидкі (тип II B) м'язові волокна.

В звичайних умовах життя у людини розвивається змішана (саркоплазматично-міофібрилярна) гіпертрофія з перевагою, в залежності від професійної діяльності, першого або другого типу. Саркоплазматична гіпертрофія розвивається при виконанні великого обсягу динамічних вправ, міофібрилярна — при виконанні вправ з великими м'язовими напруженнями (більше 70 % від максимальної довільної сили м'язів). При тренуванні сили гіпертрофуються переважно швидкі м'язові волокна, а при тре-

нуванні витривалості — повільні (М. Принс та ін., 1976). Таким чином, високий відсоток швидких волокон у м'язах — важлива передумова розвитку м'язової сили, а високий вміст у м'язах повільних волокон — свідчення великих потенційних можливостей розвитку витривалості.

Важлива роль у розвитку гіпертрофії м'язів належить чоловічим статевим гормонам — андрогенам, які у чоловіків виробляються статевими залозами (сім'яниками) і корою наднирників, у жінок — лише наднирниками. Андрогени посилюють синтез міофібрилярних білків, поліпшують координацію рухів, підвищують «агресивність» людини в єдиноборствах. Саме низьким вмістом андрогенних гормонів в організмі жінок можна, ймовірно, пояснити значно меншу силу їхніх м'язів (приблизно на 20 % у порівнянні з силою м'язів чоловіків). Адже збільшення секреції андрогенів наднирниками у жінок з підвищеним обміном речовин завжди приводить до збільшення у них м'язової маси і сили. Введення тестостерону в організм чоловіків, які тренують силу, сприяє прискореному розвитку міофібрилярної гіпертрофії з одночасним зростанням м'язової сили.

Гіпертрофію м'язів можна прискорити, вводячи в організм не лише чоловічі статеві гормони, а й їх синтетичні аналоги (неробол, діанобол, ретаболіл та ін.) Усі вони володіють вираженим анаболітичним ефектом щодо скелетних м'язів, сприяють швидкому відновленню організму після тренувальних навантажень. Проте належить знати, що використання значних доз цих препаратів, пригнічуючи синтез власних статевих гормонів, з часом призводить до погіршення статевої функції, порушення обміну речовин тощо. Вченим відомі і канцерогенні властивості анаболіків. Виражену анаболітичну дію на організм людини має ряд неандрогенних препаратів. До них належать 4-метилурацил, оротат калію, інозит та ін.

Протилежна робочій гіпертрофії є *атрофія м'язів* від бездіяльності (див. 2.5).

## **2.5. Фізіологічні механізми впливу різного рівня рухової активності на здоров'я людини**

Фізіологічна природа позитивного впливу рухової активності на організм людини зумовлена складними взаємозалежними і взаємообумовленими зв'язками між м'язовою системою та внутрішніми

(вегетативними) органами. Посередником у цьому взаємозв'язку є центральна нервова система.

У випадку малої рухової активності людини (гіподинамія), а також при надмірному нервово-емоційному перенапруженні, порушується функціональний стан ЦНС як посередника між м'язами і внутрішніми органами. Як наслідок, знижується імунна реактивність, погіршується функціональний стан всього організму, створюються сприятливі передумови для виникнення неінфекційних захворювань.

Дослідженнями Н.І. Красногорського, О.О. Ухтомського, М.Р. Могендовича було встановлено наявність двох типів рефлєкторних впливів: з внутрішніх органів на м'язи — *вісцеромоторні рефлєкси*, і з м'язів на внутрішні органи — *моторно-вісцеральні рефлєкси*. У відповідності до потреб організму в діяльності вегетативних систем (дихання, кровообігу тощо) моторно-вісцеральні рефлєкси направлено змінюють (шляхом зміни обміну речовин) функціональний стан цих систем. Так, одночасно з скороченням м'язів, що виникають при збудженні моторної зони кори мозку, зменшується нервова стимуляція симпатичних волокон, що йдуть до кровоносних судин працюючих м'язів; розширення кровоносних судин за таких умов сприяє покращенню кровообігу.

Про суттєвість змін, що відбуваються в організмі під впливом м'язових скорочень, можна судити на прикладі першого вставання цуценят на кінцівки. З цього періоду істотно змінюється функціональний стан вегетативних органів. Їх робота стає значно економічнішою: сповільнюється ЧСС і частота дихання, збільшується тривалість діастолічної паузи, зменшуються енерговитрати на роботу дихальних і серцевого м'язів тощо.

Слід пам'ятати, що нічого специфічного, безпосередньо спрямованого на боротьбу з інфекцією (конкретним захворюванням) в захисній дії моторно-вісцеральних рефлєксів немає. Через покращення обміну речовин і тканинного живлення ці рефлєкси лише стимулюють фізіологічні процеси, підвищують стійкість органів і систем організму до дії шкідливих чинників довкілля.

Отже, оздоровче значення рухової активності для людини полягає в нейтралізації самих передумов захворювань у вигляді визваних гіпокінезією порушень функцій організму. У випадку, коли захворювання спричинене недостатністю руху (наприклад, при атеросклеро-

зі і гіпертонічної хвороби), фізичні вправи можуть бути використані як специфічний засіб лікування, якщо ж захворювання не пов'язано з гіподинамією, а має інфекційну природу, то фізичні вправи виявляють неспецифічну лікувальну дію.

Пристосовуючи природу до своїх гомеостатичних потреб, змінюючи середовище свого існування, людина втрачає набуті нею в процесі еволюції психомоторні здібності та руйнує тим самим свій організм. Тепла кімната, теплий одяг, тепле взуття, тепла або гаряча їжа, теплі напої, недостатня рухова активність, систематичні порушення режиму праці і відпочинку, наявність шкідливих звичок (тютюнопаління, вживання алкоголю, наркоманія, токсикоманія, переїдання, статеві надмірності) — усе це чинники, які призводять до зменшення обсягу функціональних резервів, зниження рівня здоров'я. Без систематичних занять фізичними вправами неможливо забезпечити зростання функціональних резервів здоров'я, неможливо адаптувати організм до постійно змінних умов існування і, нарешті, неможливо забезпечити філогенетично сформовану потребу людини в руховій активності. Окрім того, недостатність рухової активності, формуючи малий обсяг функціональних резервів, є однією з головних причин дезадаптації людини до зростаючих темпів зміни довкілля (забрудненість повітря, води, їжі), зростаючих нервово-емоційних перенапружень, пов'язаних з неможливістю позитивного вирішення елементарних соціальних завдань (житло, професія, працевлаштування тощо).

Розглядаючи проблему здоров'я людини з позицій ролі фізичних вправ в реалізації генетично запрограмованої тривалості життя індивіда, логічним є формулювання терміну «здоров'я» як психофізичного стану людини з великим обсягом функціональних резервів, як основи її повноцінного бісоціального існування, високої фізичної та інтелектуальної працездатності, високої імунної і фізіологічної стійкості щодо впливу чинників довкілля та відсутності патологічних відхилень в організмі.

**Наслідки гіпокінезії (гіподинамії).** Обмеження рухової активності (гіпокінезія) супроводжується рядом функціональних і морфологічних змін в організмі. Найбільш виражено ці зміни проявляються у космонавтів, підводників, у людей з травмованими мотонейронами та сухожилками або з гіпсовими пов'язками. В поєднанні з всезростаючим нервово-психічним напруженням гіпокінезія

сприяє формуванню дистресових станів з різким зниженням імунної реактивності організму, створенням сприятливих умов для виникнення різноманітних захворювань (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1**

*Вплив фізичного тренування і гіподинамії на організм людини  
(С.Е. Strauzenberg, 1979)*

<b>Фізіологічні системи, органи і показники життєдіяльності організму</b>	<b>Зміни, зумовлені тренуванням</b>	<b>Зміни, зумовлені гіподинамією</b>
М'язи	Збільшення м'язової маси (гіпертрофія)	Зменшення м'язової маси (атрофія або інволюція)
Вегетативна нервова система	Відносна ваготонія, зняття напруження нервової системи, трофотропна направленість обміну речовин	Відносна симпатикотонія, енерготропна направленість обміну речовин
Серце і система кровообігу	Економізація роботи серця із збільшенням обсягу наповнення, зниження ЧСС і артеріального тиску	Економізація не розвивається, як наслідок, посилюється зношення серцево-судинної системи
Холестерин сироватки крові	Зниження	Підвищення
Глюкоза крові	Збільшення, включення в обмін. Поліпшення пристосувальних реакцій	Зменшення. Погіршення пристосувальних реакцій
Маса тіла	Зменшення за рахунок жирової тканини	Збільшення за рахунок жирової тканини (при відсутності обмежень надходження поживних речовин з їжею)

Обов'язковим наслідком гіподинамії є атрофія скелетних і серцевого м'язів. **Атрофія** — часткова смерть живої протоплазми клітини в ще живому організмі, викликана бездіяльністю. При цьому зменшується маса м'язової тканини і знижується працездатність м'язів. Атрофія (дистрофія) міокарду серця призводить до зниження систологічного обсягу кровообігу, підвищення ЧСС, надмірного підвищення (зниження) тонуусу кровеносних судин.

Наслідком гіподинамії є порушення структури і функції м'язів, зв'язок, сухожилів, нервово-м'язових синапсів. За таких умов згасають сформовані рухові навички, зменшується суглобна рухливість, погіршується координація рухів та прояв інших рухових здібностей (рис. 2.4).



**Рис. 2.4**

*Зміна стійкості різних показників рухової діяльності людини під впливом гіподинамії (за А. Коробковим)*

Негативний вплив гіподинамії на організм обумовлений перш за все зниженням функціональної активності ЦНС і залоз внутрішньої секреції. Основною причиною цього є різке і тривале зменшення надходження тонізуючих ЦНС аферентних імпульсів з пропріорецепторів м'язів, зв'язок і сухожилів (обмеженість прояву моторно-вісцеральних рефлексів).

При тривалій бездіяльності м'язів відбувається надмірне накопичення в організмі недоокиснених продуктів обміну, зокрема молочної кислоти та неорганічних фосфатів. Частина їх відкладається у вигляді солей в суглобах, камінців в нирках, жовчному міхурі тощо. Перевага процесів розпаду білків тканин над їх синтезом призводить до значних втрат організмом азоту, сірки і фосфору.

Фізично малоактивні люди часто хворіють такими серцево-судинними захворюваннями як інфаркт міокарду, гіпертонія, атеросклероз, ішемічна хвороба серця. Недостатня рухова активність людини є причиною зниження енергетичного обміну, що при надмірному харчуванні призводить до відкладання жиру про запас. Як



наслідок, збільшується довжина судинного русла і опір руху крові, підвищується кров'яний тиск, збільшується навантаження на серце.

В умовах гіподинамії знижується функціональна активність легень. Зменшення легеневої вентиляції призводить до розвитку атрофії дихальних м'язів і недостатнього забезпечення тканин киснем (зниження енергоємності і енергопотужності аеробної системи енергозабезпечення м'язової діяльності).

Гіпокінезія негативно впливає на сталість внутрішнього середовища, на склад крові, лімфи і міжклітинної рідини. Кров експериментальних тварин, які тривалий час були знерухомлені, містила в собі зменшену кількість гемоглобіну, формених елементів крові і загального білку. Зменшений вміст білків гама-глобулінової фракції в сироватці крові знерухомлених тварин, в порівнянні з контрольними, свідчить про виражене зниження їх імунної реактивності (П.Д. Плахтій, 1990). Тривала бездіяльність є першопричиною зменшення загальної кількості крові в організмі. Узагальнено вплив гіпокінезії на організм людини представлено на рис. 2.5.

Зниження витрат енергії	Зниження метаболізму в м'язах	Зменшення імпульсації з пропріорецепторів
Зниження синтезу АТФ	Зменшення м'язової маси	Порушення пропріорецептивної чутливості м'язів
Зниження сили м'язів і працездатності	Збільшення маси тіла за рахунок збільшення жирових запасів	Порушення координації рухів
<b>ГІПОКІНЕЗІЯ</b>		
Зниження тону судин	Порушення кальцієво-фосфорного обміну в кістках	Порушення аферентної імпульсації
Зменшення маси міокарду	Підвищення виділення йонів Кальцію з сечею	Порушення трофічної функції нервової системи
Детренованість серцево-судинної системи	Порушення міцності кісток	Зниження реактивності, астенія

**Рис. 2.5.** Гіпокінезія та її наслідки

Внаслідок перебудови вегетативних функцій на більш низький рівень гомеостазу в умовах гіподинамії знижується витривалість та економічність діяльності рухового апарату і вегетативних систем енергозабезпечення, знижується обсяг функціональних резервів. За таких умов людина швидко стомлюється при виконанні будь-якої роботи.

***Ситуаційні запитання і задачі  
(самостійна робота студентів)***

1. Енергетичний запит людини, що виконує інтенсивну динамічну роботу (біжить стометрову дистанцію) — 1 ккал/с, ємність фосфатної енергосистеми організму — 0,5 М АТФ. Визначте максимально можливу тривалість роботи досліджуваного за рахунок енергії фосфатної енергосистеми.
2. Визначте енерговитрати людини, яка упродовж двох годин виконувала велоергометричну роботу. Відомо, що енергозабезпечення роботи здійснювалось за рахунок АТФ (3М), КрФ (5М), глюкози при анаеробному розщепленні (4М), глюкози при аеробному розщепленні (1М), жирів (0,1 М).
3. Дистанцію 1 км досліджуваний працівник пройшов із швидкістю руху 6 км/год, інший працівник цю ж дистанцію подолав, біжучи підтюпцем, з швидкістю 10 км/год. З врахуванням енергоекономічності бігу та ходьби дайте оцінку ефективності роботи, виконаної першим і другим досліджуваним.
4. Визначте величину енерговитрат людини, яка виконала 6-хвилинну роботу на велоергометрі. Споживання кисню ( $\text{CPO}_2$ ) — 4,2 л/хв, дихальний коефіцієнт (ДК) — 0,9. Калоричний еквівалент кисню ( $\text{KEO}_2$ ) при даному ДК — 4,92 ккал.
5. Працюючи на велоергометрі, юнак витрачав упродовж кожної хвилини 2 г вуглеводів і 0,2 г жирів. Тривалість роботи — 2 години. Яку кількість енергії витратив юнак на виконану роботу за даних умов?
6. Скільки днів необхідно бігати людині масою тіла 70 кг по 1 год в день, щоб позбутися зайвих 5 кг жирової маси? Відомо, що за 1 год повільного бігу на 1 кг маси тіла витрачається 6,7 ккал. Енергетична вартість 1 г жиру — 9,3 ккал.
7. Вкажіть, в якому віковому періоді найбільш інтенсивно розвиваються механізми аеробного, анаеробно-гліколітичного та креатинфосфатного енергозабезпечення м'язової діяльності.

8. Вікові особливості вдосконалення механізмів енергозабезпечення м'язової діяльності зумовлюють відповідні зміни розвитку окремих рухових здібностей. Вкажіть, які рухові здібності найбільш доцільно розвивати в період переважаючого природного розвитку даної системи енергозабезпечення діяльності?
9. При споживанні людиною, що систематично тренується, анаболіків (синтетичних аналогів чоловічих статевих гормонів) спостерігається прискорений розвиток міофібрилярної гіпертрофії м'язів. Разом з тим відомі небажані наслідки використання анаболіків в практиці фізичного виховання та у спорті. Вкажіть на них.
10. Поясніть, чому в людини, яка систематично виконує відносно великий обсяг малоінтенсивних циклічних навантажень, майже не розвивається міофібрилярна гіпертрофія м'язів.
11. Важливе значення для забезпечення процесу скорочення м'язів має АТФ. Запишіть її формулу.
12. АТФ можна отримати з інших макроергічних сполук, які називають АТФ-генеруючі речовини, *наприклад*:
  - а) *креатинфосфат + АДФ → АТФ + креатин*;
  - б) *фосфоенолпірвіноградна кислота + АДФ → АТФ + пірвіноградна кислота*;
  - в) *1,3-дифосфогліцерінова кислота + АДФ → АТФ + 3-фосфогліцерінова кислота*.
 Напишіть рівняння цих реакцій.
13. Напишіть рівняння реакції кислотного гідролізу АТФ у відповідності із схемою:
 
$$\text{АТФ} \rightarrow \text{пірофосфат} + \text{аденін} + \text{рибозо-5-фосфат}.$$
14. При гідролізі АТФ розведеним лугом отримується АМФ і пірофосфат. Напишіть рівняння цієї реакції.

### **Тести**

#### **Нервово-м'язове з'єднання**

1. Скелетний м'яз має володіти такими фізіологічними властивостями:
  - а) *автоматизм, збудливість, провідність, скоротливість*;
  - б) *збудливість і скоротливість*;
  - в) *збудливість і провідність*;
  - г) *провідність і скоротливість*.

2. В механізмі м'язового скорочення Кальцій відіграє роль активатора:
  - а) міоглобіну;
  - б) саркоплазматичного ретикулуму;
  - в) актину;
  - г) міозину.
3. Скорочення м'язових волокон здійснюється за рахунок енергії, яка безпосередньо вивільняється при розщепленні:
  - а) глюкози і глікогену;
  - б) жирів;
  - в) АТФ;
  - г) креатинфосфату.
4. Міозинові головки (мостики):
  - а) активують розщеплення АТФ під час м'язового скорочення;
  - б) здатні з'єднуватись з нитками актину;
  - в) гальмують процес зчеплення міозинових і актинових ниток;
  - г) а + б.
5. Медіатор ацетилхолін нервово-м'язового синапсу бере участь:
  - а) у вивільненні йонів Кальцію з цистерн поздовжніх трубочок саркоплазматичного ретикулуму;
  - б) в передачі збудження від аксону до сарколеми;
  - в) в передачі збудження від сарколеми до аксону;
  - г) у деполяризації мембрани.

### Механізм м'язового скорочення

6. М'язовий потенціал дії, що виникає під впливом нервових імпульсів, викликає:
  - а) деполяризацію пресинаптичної мембрани;
  - б) деполяризацію мембран цистерн і вихід з них йонів Кальцію;
  - в) активацію тропоміозину;
  - г) активацію кальцієвої помпи.
7. При м'язовому скороченні саркомер м'язового волокна:
  - а) вкорочується;
  - б) не змінюється;
  - в) збільшується;
  - г) б + в.
8. Безпосереднім джерелом енергії для ресинтезу АТФ є енергія:
  - а) білків;
  - б) вуглеводів;
  - в) креатинфосфату;
  - г) жирів.

### Біохімія м'язового скорочення

9. Біологічна роль креатинфосфату полягає у:
  - а) підтриманні в тканинах сталого вмісту АТФ;
  - б) транспортуванні поживних речовин;
  - в) синтезі білків.

10. Основними речовинами, які беруть безпосередню участь у механізмі м'язового скорочення, є:
- а) АТФ;
  - б) міоальбумін;
  - в) актин і міозин;
  - г) тропоміозин.

### Енергетика м'язового скорочення

11. Ресинтез АТФ в аеробних умовах забезпечується:
- а) гліколітичними реакціями при розщепленні глюкози і глікогену до молочної кислоти;
  - б) енергією креатинфосфату;
  - в) енергією окиснення білків;
  - г) енергією окиснення вуглеводів і жирів.
12. Максимальна кількість енергії, яка може бути отримана за рахунок даної енергосистеми, називається:
- а) енергопотужністю;
  - б) енергоємністю;
  - в) енергобалансом.
13. Максимальна кількість енергії, яка може бути вивільнена за рахунок даної енергосистеми за одиницю часу, називається:
- а) енергопотужністю;
  - б) енергоємністю;
  - в) енергобалансом.
14. При розщепленні 1 моля АТФ виділяється така кількість енергії (ккал):
- а) 10;
  - б) 20;
  - в) 10,5;
  - г) 20,5.
15. При розщепленні 1 моля креатинфосфату виділяється така кількість енергії (ккал):
- а) 10; б) 20; в) 10,5; г) 20,5.
16. Ємність фосфатної енергосистеми, що оцінюється запасом АТФ в 20 кг м'язової маси, складає:
- а) 1 моль АТФ (10 ккал); б) 0,5 моля АТФ (5 ккал);
  - в) 0,1 моля АТФ (1 ккал); г) 0,05 моля АТФ (0,5 ккал).
17. Енергопотужність фосфатної енергосистеми (ккал):
- а) 16;
  - б) 26;
  - в) 36;
  - г) 46;
18. Потужність лактацидної енергосистеми (ккал/хв):
- а) 6;
  - б) 12;
  - в) 18;
  - г) 24.

19. Ємність лактацидної енергосистеми (ккал/хв):  
а) 6; б) 12;  
в) 18; г) 24.
20. При повному аеробному розщепленні однієї молекули глюкози до води і вуглекислого газу утворюється така кількість енергії (ккал):  
а) 700; б) 500;  
в) 300; г) 100.
21. При анаеробному розщепленні однієї молекули глюкози до молочної кислоти утворюється така кількість енергії (ккал):  
а) 10; б) 20;  
в) 30; г) 50.
22. Енергозабезпечення тривалих фізичних навантажень (споживання кисню до 50 % від МСК) проходить переважно за рахунок окиснення:  
а) вуглеводів; б) жирів;  
в) білків; г) вуглеводів і білків.
23. При інтенсивних навантаженнях (споживання кисню близьке до МСК) основна частина аеробної енергопродукції утворюється за рахунок окиснення:  
а) вуглеводів; б) жирів;  
в) білків; г) вуглеводів і білків.
24. Потужність кисневої енергосистеми при окисненні глюкози і глікогену (ккал/хв):  
а) 2; б) 4;  
в) 8; г) 16.
25. Енергоємність кисневої енергосистеми при окисненні глюкози і глікогену (ккал):  
а) 400; б) 800;  
в) 1000; г) 60000.
26. Енергоємність кисневої енергосистеми при окисненні жирів, (ккал):  
а) 400; б) 800;  
в) 1000; г) 60000.
27. В нормі середній вміст жирів в організмі людини становить (в % від маси тіла):  
а) 5–10; б) 10–20;  
в) 20–40; г) 40–50.



- в) при виконанні допорогових навантажень;*  
*г) при виконанні субмаксимальних навантажень.*
- 36.** Функціональні ефекти тренування:
- а) специфічні;*  
*б) неспецифічні;*  
*в) специфічні лише при тренуванні сили;*  
*г) специфічні лише при тренуванні витривалості.*
- 37.** Враховуючи специфічність функціональних ефектів адаптації організму до фізичних навантажень, тренування працівників доцільно проводити:
- а) в умовах максимально наближених до виробничих;*  
*б) в умовах, суттєво відмінних від виробничих;*  
*в) в постійно змінних умовах.*
- 38.** Зворотність тренувальних ефектів обумовлює необхідність дотримання такого педагогічного принципу тренування:
- а) доступності;*                      *б) систематичності;*  
*в) активності;*                      *г) свідомості.*
- 39.** Величина навантажень як визначального чинника у формуванні функціональних ефектів тренування включає:
- а) тривалість та інтенсивність навантажень;*  
*б) частоту тренувань і інтенсивність навантажень;*  
*в) тривалість навантажень і частоту тренувань;*  
*г) частоту тренувань.*

### **Розділ III. Регуляція напруження м'язів**

1. **Форми і типи м'язових скорочень.** Характеристика основних форм м'язових скорочень. Поняття долаючих, підтримуючих і уступаючих зусиль.
2. **Режими скорочень м'язових волокон.** Характеристика режиму поодиноких скорочень. Суперпозиція. Тонічне напруження м'язів. Міотонетрія. Тетанічне напруження м'язів. Контрактура.
3. **Фізіологічні механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарата.** Регуляція числа активних рухових одиниць. Регуляція режиму роботи (активності) рухових одиниць в часі. Механізми міжм'язової координації. Характеристика електроміограми.



4. Робота м'язів та її механічна ефективність. Залежність коефіцієнта корисної дії від величини навантаження і швидкості скорочення м'язів. Фізіологічні особливості динамічної і статичної роботи м'язів. Натуження.

***В результаті вивчення матеріалу теми***

***Ви повинні знати:***

- основні форми і типи м'язових скорочень, відмінні особливості долаючих, підтримуючих і уступаючих зусиль;
- характерні особливості різних режимів роботи скелетних м'язів;
- механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарату;
- залежність ефективності роботи від величини навантаження і швидкості скорочення м'язів;
- чинники, які впливають на ефективність м'язової роботи;
- фізіологічні особливості динамічної і статичної роботи.

***вміти:***

- класифікувати фізичні вправи з врахуванням типів м'язових скорочень;
- характеризувати різні режими скорочень м'язів;
- використовувати метод міотометрії для оцінки напруженості м'язової роботи, – ефективності використання відновних засобів;
- попереджувати виникнення контрактур;
- використовувати метод електроміографії для аналізу ефективності внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарату;
- визначати роботу м'язів і її механічну ефективність;
- характеризувати динамічну і статичну роботу м'язів.

***Основні терміни, поняття і скорочення***

*Коефіцієнт корисної дії (ККД); контрактура; м'язові веретена; м'язові волокна: екстрафузальні, інтрафузальні; міотометрія; мозочок; натуження; нова кора; пропріорецептор; режим скорочень м'язів; спинний мозок (СМ); стара кора; тетанус: гладенький, зубчастий; тип скорочення м'язів: ексцентричний, ізометричний, ізотонічний, концентричний; тонічне напруження м'язів; тонус м'язів; форми скорочення м'язів: ауксотонічна, динамічна, статична.*

### 3.1. *Форми і типи м'язових скорочень*

В залежності від характеру зміни довжини м'яза, що скорочується, розрізняють динамічну, статичну і ауksотонічну форми м'язового скорочення. *Динамічним* називається скорочення м'яза, яке викликає зміну його довжини. Таке скорочення лежить в основі динамічної роботи.

Динамічні скорочення бувають двох типів: концентричні і ексцентричні. Коли зовнішнє навантаження менше, ніж напруження м'яза, що скорочується, м'яз, скорочуючись, вкорочується, викликаючи рух. *Це концентричний тип скорочення*. Скорочення м'яза при сталому напруженні називають *ізометричним* (ізоs — рівний, тонос — напруження). Якщо зовнішнє навантаження більше, ніж напруження м'яза в час скорочення, говорять про *ексцентричний або міометричний тип скорочення*. Такий м'яз розтягується в час скорочення. В природних умовах даний тип скорочення може спостерігатися при роботі м'язів в уступаючому режимі (опускання вантажу, робота м'язів-розгиначів під час скорочення м'язів-згиначів). Динамічні вправи, які лежать в основі динамічної роботи, мають фізичне вираження (кгм, Вт, Дж, ккал), для них може бути визначений коефіцієнт корисної дії.

Скорочення м'язів, при яких вони розвивають напруження, але не змінюють своєї довжини, називають *статичними*. Такі скорочення забезпечують підтримання тіла в просторі, вони направлені на протидію земному тяжінню і сприяють збереженню відповідної пози тіла. Підтримання людиною природної пози здійснюється енергоекономічними, маловтомлюваними тонічними напруженнями м'язів. Більшість же статичних вправ (положень, поз), які зустрічаються у житті людини, пов'язані з тетанічними напруженнями м'язів.

Статичній формі скорочень відповідає *ізометричний тип скорочень*, що проявляється в двох випадках: коли зовнішнє навантаження дорівнює напруженню, яке розвиває м'яз, і коли зовнішнє навантаження більше напруження м'яза, але відсутні умови для його розтягнення.

Прикладом концентричного та ізометричного скорочень м'язів може бути стискання м'язами кисті руки динамометра з рухливою стрілкою. В момент руху стрілки динамометра м'язи обстежуваного, стискаючи прилад, працюють в концентричному режимі. Як тільки стрілка динамометра зупиниться, що відповідає максималь-

ній довільній силі обстежуваного, концентричний тип скорочення змінюється ізометричним, при якому м'язи напружені, але не вкорочуються.

Скорочення, при яких змінюється і довжина, і напруження м'язів, називають *ауксотонічним*. Така форма скорочень м'язів зустрічається найчастіше, адже в реальних умовах діяльності людини чисто ізометричні і чисто ізотонічні скорочення практично не зустрічаються. Узагальнена характеристика форм і типів м'язових скорочень подана в табл. 3.1.

**Таблиця 3.1**

*Характеристика форм і типів м'язових скорочень*

Форми скорочення м'язів	Тип скорочення	Зовнішнє навантаження	Зовнішня робота
Динамічна	концентричний (ізотонічний)	менше, ніж напруження м'язів	позитивна
	ексцентричний	більше, ніж напруження м'язів	негативна
Статична	ізометричний	дорівнює напруженню м'язів	рівна нулю

У відповідності з типом скорочення м'язів, які забезпечують виконання даної вправи, усі фізичні вправи поділяються на статичні та динамічні. Відповідно і будь-яка фізична робота в крайніх значеннях може бути динамічною і статичною. Частіше статична робота є тимчасовим елементом в одному з циклів динамічної роботи.

При динамічному скороченні виконується зовнішня робота: при концентричному скороченні — позитивна, при ексцентричному — негативна. Величина роботи в обох випадках визначається як добуток зовнішнього навантаження (ваги) на пройдену відстань. При ізометричному скороченні «відстань» дорівнює нулю, а, значить, м'яз виконує «нульову» роботу. Проте ізометричне скорочення пов'язане з значними витратами енергії і тому може бути дуже втомливим. В даному випадку роботу м'язів оцінюють за тривалістю часу підтримання ним даної величини напруження (імпульс сили у фізиці).

Співвідношення вираженості динамічних і статичних скорочень у виконанні даної роботи дозволяє виділити *долаючі* або *переборюючі* (підняття вантажу), *підтримуючі* (утримання вантажу) та *уступаючі* (опускання вантажу) вправи. Долаючі вправи характеризуються концентричним (ізотонічним) скороченням м'язів внаслідок їх вкорочення. Уступаючі скорочення — ексцентричні. В них зовнішня сила, яка діє на м'яз, більша за силу, яку розвиває працюючий м'яз. З долаючими та уступаючими вправами пов'язана уява про позитивну та негативну роботу.

Робота в спадаючому режимі здійснюється значно меншою мобілізацією гемодинаміки. При цьому необхідний рівень хвилинного обсягу кровообігу при роботі в даному режимі здійснюється не стільки за рахунок збільшення ЧСС і систолічного тиску, скільки через зниження діастолічного тиску за рахунок збільшення пульсового тиску (І. Б. Тьомкін, 1974).

При виконанні роботи в переборюючому (долаючому) режимі ступінь активізації пропріорецепції, внаслідок протилежно спрямованої дії сил гравітації, більш високий, ніж при роботі в спадаючому режимі. Як наслідок, і вираженість функцій систем киснезабезпечення при виконанні долаючих вправ більш висока. Робота в спадаючому режимі висуває менші вимоги до серцево-судинної системи, а пристосування до неї здійснюється більш раціональним шляхом.

### ***3.2. Режими скорочення м'язових волокон. Мітонометрія***

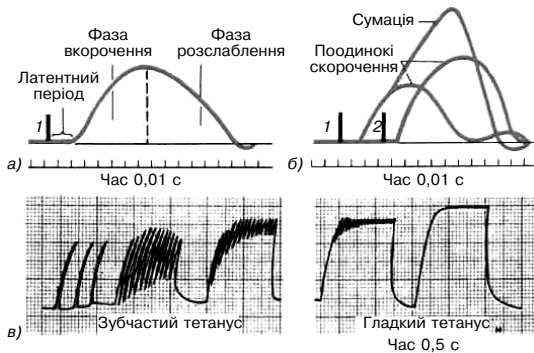
В залежності від частоти імпульсації мотонейрона м'язові волокна рухової одиниці (РО) можуть працювати в двох режимах — в режимі поодинокого скорочення і в режимі тетанічного скорочення (рис. 3.1).

Режим поодиноких скорочень виникає тоді, коли інтервал між суміжними імпульсами мотонейрона дорівнює або дещо більший тривалості поодинокого скорочення інервованих ним м'язових волокон.

Робота м'язових волокон в режимі поодиноких скорочень відбувається при відносно низькій частоті імпульсації мотонейронів, яка не однакова у різних рухових одиниць. Це зумовлено перш за все різною тривалістю поодинокого скорочення різних м'язових волокон (рис. 3.2).

Так, для повільних РО, м'язові волокна яких мають тривалість поодиноких скорочень 100 мс (0,1 с), режим поодиноких скорочень

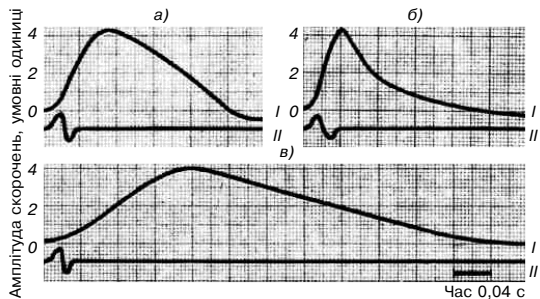
спостерігається при частоті імпульсації мотонейрона, яка не перевищує 10 імп/с.



**Рис. 3.1**

Поодинокі скорочення (а), сумація (б), тетанус (в):  
1 – момент першого подразнення,  
2 – момент другого подразнення

**Рис. 3.2**  
Криві поодинокого скорочення змішаного м'яза (а), м'яза з білих (б) і червоних (в) волокон:  
I – скорочення,  
II – струм дії



Для швидких РО, м'язові волокна яких мають меншу тривалість поодинокого скорочення (наприклад, 20 мс), режим поодиноких скорочень спостерігатиметься при частоті імпульсації мотонейрона — 50 імп/с.

В кривій поодинокого ізометричного скорочення м'яза виділяють три фази: латентний (прихований) період збудження, фаза підйому напруження і фаза розслаблення. При концентричному скороченні ці фази позначаються дещо інакше: латентний період збудження, фаза вкорочення, фаза видовження. Тривалість фази напруження (вкорочення) приблизно вдвічі коротша, ніж фаза розслаблення (видовження).

Тривалість фази вкорочення окремих РО, а, отже, швидкість скорочення різних м'язів, у різних тварин і у людини не однакова. Так, для м'язів крила колібри вона складає 8 мс, для згиначів пальців кішки — 10 мс, для скелетних м'язів людини — 10–70 мс, для литко-

вого м'яза черепахи — 300 мс; середній час поодиноких скорочень РО різних м'язів ссавців - від 10 до 20 мс, а сила поодиноких скорочень — від десятої долі грама до 100 г.

Працюючи в режимі поодиноких скорочень, м'язові волокна неспроможні розвинути велике напруження. Це пояснюється коротким періодом активного стану, внаслідок чого скоротливі елементи м'яза починають розслаблюватись, не досягнувши максимуму напруження.

**Тонічне напруження м'язів.** Здатність скелетної мускулатури тривало, стійко підтримувати скорочення (напруження), називається **тонусом, або тонічним напруженням**. Робота м'язів в умовах тонічного напруження пов'язана з меншими енерговитратами, ніж при звичайному гладенькому тетанусі. Цим пояснюється низька втомлюваність м'язів, які знаходяться в тонусі. Тонус скелетних м'язів підтримується завдяки надходженню до них з ЦНС відносно нечастих імпульсів (до 10 імпульсів за 1 с). Такі еферентні імпульси є проявом тонусу нервових центрів. Надходячи по мотонейронах до м'язових волокон, вони викликають слабкий **зубчастий тетанус**, який і проявляється у вигляді енергоекономних тонічних скорочень м'язів. В режимі поодинокого скорочення працюють повільні РО, які включаються в активний стан по черзі, тривалий час підтримуючи позу тіла та протидіючи силам земного тяжіння.

Тонус м'язів має рефлекторне походження. Його виникнення і підтримання зумовлене наявністю в м'язах тонічно напружених РО, які постійно контролюються нервовими центрами. В свою чергу, тонус нервових центрів підтримується по зворотних зв'язках аферентними імпульсами, що йдуть від пропріорецепторів. М'язовий тонус є основою підтримання необхідної пози тіла в умовах постійної дії силгравітації.

Дослідження м'язового тонусу є важливим елементом у вивченні стану опорно-рухомого апарату працівників фізичної праці та осіб, які займаються фізичною культурою. Особливо важливе значення має вивчення м'язового тонусу для нормування навантажень.

Розкриття регуляції тонусу скелетних м'язів у людини в умовах дії земного тяжіння створює необхідні передумови для дослідження тонусу скелетних м'язів в умовах абсолютної і відносної невагомості. Адже польоти людей в космос вимагають знань того, як змінюватиметься в умовах невагомості координація рухів, в якій мірі та за яких умов вона зберігатиметься якнайдовше.

**Міотометрія.** Вивчення тонусу м'язів ґрунтується на вимірюванні напруження м'язів в даний момент часу. Звідси, тонус м'язів —

це їх реакція на механічні впливи (дії) поздовжньої чи поперечної направленості. В залежності від цих впливів виділяють **динамічний тонус**, коли визначається опір м'язів, розтягнених в поздовжньому напрямку, і **пластичний**, — коли визначається опір м'язу тиску, що діє в поперечному напрямку щодо певної точки м'язу.

Амплітуда тонусу (різниця між показниками тонуса м'язу при його довільному скороченні і розслабленні) завжди більш висока у осіб фізичної праці, ніж у ненаренованих осіб. Чим вища амплітуда тонусу, тим вища фізична підготовленість людини.

Існують вікові особливості тонусу скелетних м'язів. У хлопчиків 8–9-літнього віку він вищий, ніж у дівчаток. Суттєве збільшення тонусу скелетних м'язів відмічається у підлітків 12–15-літнього віку.

У ранньому віці скелетні м'язи знаходяться в стані постійного тонусу і рівень виходу актинових ниток за межі міозинових не суттєвий. В дошкільному віці, із зменшенням участі скелетних м'язів в теплоутворенні, вони набувають все більшої здатності до розслаблення. Як наслідок зростає рівень входження актинових ниток між міозинові, зростає показник амплітуди тонусу. Довільне розслаблення скелетних м'язів більш утруднене, ніж їх довільне напруження. Спроможність м'язів до розслаблення з віком зростає.

Вимірювання тонусу м'язів в умовах максимального напруження і при розслабленні (**міотометрія**) дозволяє кількісно характеризувати їх скоротливу функцію і здатність до розслаблення (еластичність, твердість, пружність). Скорочення та розслаблення окремих груп м'язів обумовлені досконалістю центральнонервових механізмів координації (див. 3.3). Міотометричні дослідження згаданих процесів є важливим об'єктивним методом оперативної оцінки рівня функціонального стану нервово-м'язового апарату і впливу на нього різних за характером навантажень.

Міотометрію проводять з допомогою приладів Уфлянда, Жукова, Дубровського, Дерябіна, Козловського. Одиницею виміру тонусу м'язів є міотон (умовна одиниця шкали міотометра). Міотони приладів різних конструкцій нерівноцінні, а тому для попередження помилок при порівняльній міотометрії необхідно користуватися одним типом приладів.

Свідоме напруження чи розслаблення м'язів пов'язане з формуванням складних і тонких диференційовок. Тому спроможність гальмувати м'язовий тонус у ненаренованих до фізичної роботи осіб розвинута

недостатньо. Це свідчить про низьку здатність м'язів до розслаблення. Свідоме бажання знизити м'язовий тонус малоефективне.

**Тетанічне скорочення м'язів.** При руховій діяльності до м'язових волокон надходить серія нервових імпульсів, які викликають тривале тетанічне скорочення м'язів — **тетанус**. Тетанічні скорочення властиві тільки скелетним м'язам і не властиві гладеньким м'язам внутрішніх органів та поперечносмугастим м'язам серця, які мають тривалий рефрактивний період. Тетанічні скорочення, в порівнянні з поодинокими, більш тривалі та сильні.

Тетанус викликається сумациєю поодиноких м'язових скорочень, коли повторний нервовий імпульс надходить до м'яза раніше, ніж повністю завершиться його поодиноке скорочення (рис. 3.3).

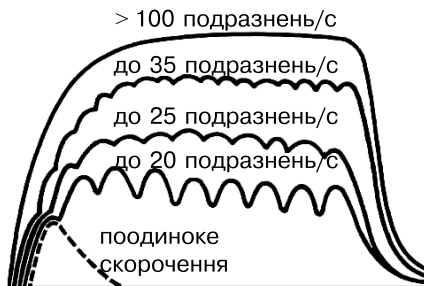


Рис. 3.3. Формування тетанусу в залежності від частоти подразнення

За таких умов відбувається накладання однієї хвили поодиноких скорочень на другу (**явище суперпозиції**).

Якщо ж кожний наступний імпульс надходить до м'яза в той момент, коли він починає розслаблюватись, то виникає **зубчастий неповний тетанус**; якщо ж повторний імпульс приходить в період його скорочення — виникає **суцільний (повний) або гладенький тетанус**. В умовах суцільного тетанусу м'яз розвиває більш сильне скорочення, ніж в умовах зубчастого тетанусу.

Частота імпульсів, яка необхідна для виникнення тетанусу, обернено пропорційна швидкості поодиноких скорочень. Для виникнення суцільного тетанусу в повільних РО достатня частота імпульсів 25 за 1 с, а для швидких РО — 50 імпульсів за 1 с і більше.

В цілісних м'язах, які складаються з багатьох сотень РО, тетанус є наслідком сумачі асинхронних позмінних скорочень різних РО. В режимі такого скорочення (при оптимальній частоті подразнення) досягається максимальне скорочення м'яза. Надмірне збільшення



частоти імпульсів (більше 120 імпульсів за 1 с) викликає зниження сили скорочення м'язів, що є наслідком стійкої деполяризації мембрани, яка виникає при сумарній постсинаптичній потенціалів.

Поряд з тетанічним скороченням м'язів зустрічається така різновидність тривалого скорочення м'язів як **контрактура**. Контрактура — локальне, тривале і сильне скорочення м'язових волокон. Воно характеризується стійким напруженням (стягуванням) м'яза з сильно сповільненим розслабленням.

Контрактура буває вродженою (вроджене різке обмеження рухомості внаслідок недорозвинутості м'язів і суглобів) і набутою. Набуті контрактири виникають при порушеннях функцій нервової системи, а також в умовах дії надмірного за силою больового або температурного подразника. Професійні контрактири зумовлені тривалою та інтенсивною активністю певних груп м'язів. Контрактура при стомленні характеризується збільшенням тривалості періоду скорочення та розслаблення м'язів. В даному випадку вона зумовлена змінами обміну речовин у м'язах.

### ***3.3. Фізіологічні механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарату.***

#### ***Електроміограма***

Регуляція напруження м'язів здійснюється через механізми управління м'язовим апаратом — механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації. **Внутрішньом'язова координація** рівня напруження м'яза досягається:

- регуляцією числа активних РО м'яза;
- режимом активності РО м'яза (роботи більшості РО в тетанічному режимі);
- одночасною активністю більшості мотонейронів.

РО, яка в даний момент часу отримує від мотонейрона нервові імпульси і її волокна скорочуються, називається **активною РО**. Чим більше активних РО у даного м'яза, тим більше напруження він розвиває. Число активних РО визначається інтенсивністю збуджуючих еферентних впливів ЦНС, які в значній мірі регулюються вольовими зусиллями. Якщо для виконання даного рухового завдання м'яз повинен розвивати невелике напруження, то до його мотонейронів (малих мотонейронів з низьким порогом збудження) надходять відносно слабкі за силою нервові імпульси, які активують повільні РО.

Для розвитку м'язом великого напруження центральною нервовою системою активуються великі високопорогові мотонейрони, які включають в діяльність швидкі (великі) РО. Цей механізм включення (*рекрутування*) РО у відповідності з їх розмірами, називається «*правилом розміру*» (Е. Хеннеман). У відповідності з цим правилом малі (повільні) РО активні при будь-якому напруженні м'яза, а великі (швидкі) РО – лише при значному м'язовому напруженні. Тому ступінь використання, а отже і функціонального вдосконалення (тренування) великих (швидких) РО у звичних умовах повсякденної діяльності завжди нижчий, ніж малих (повільних) РО.

Активність різних видів РО визначається потужністю і тривалістю виконуваної роботи. При виконанні тривалої м'язової роботи помірної потужності в першу чергу функціонують низькопорогові повільні РО. В міру їх стомлення в роботу включаються більш високопорогові РО.

**Режим активності РО.** Режим роботи РО визначається частотою імпульсації мотонейронів. Чим вища (в межах оптимуму частоти) частота імпульсації мотонейрона, тим більше напруження розвиває РО (перехід зубчастого тетанусу в гладенький). Частота імпульсації мотонейронів визначається збуджуючими впливами рухових центрів кори мозку і підкіркових моторних центрів. Функціональний стан нервових центрів, в свою чергу, залежить від вольових якостей людини та її емоційного стану. Якщо частота імпульсації з боку ЦНС невелика, то працюють низькопорогові, малі (повільні) мотонейрони, які активують повільні РО. А оскільки частота імпульсації мотонейронів невелика, то РО працюють у режимі поодиноких скорочень або в режимі зубчастого тетанусу. Такий режим роботи РО забезпечує виконання м'язом тривалої, малоінтенсивної невтомливої роботи, направленої, наприклад, на збереження пози тіла. При більш високій частоті імпульсації з боку ЦНС, раніше працюючі в режимі зубчастого тетанусу, низькопорогові РО починають працювати в режимі гладенького тетанусу. У цей період, спочатку в режимі поодиноких скорочень, а потім у тетанічному режимі, починають працювати і великі, високопорогові РО. Такий режим роботи м'язів пов'язаний з великими витратами енергії, він дуже втомливий, а тому короткотривалий.

**Зв'язок активності РО у часі.** Ступінь напруження м'яза визначається також тим, як пов'язані в часі імпульси, які надходять від різних мотонейронів до даного м'яза. В звичайних умовах більшість

РО даного м'яза працює асинхронно-рівномірно, незалежно одна від одної, що зменшує амплітуду фізіологічного тремору і забезпечує необхідну плавність скорочення м'яза та велику точність утримання необхідної пози. Втома м'яза приводить до синхронного (одночасного) скорочення його РО. При цьому рух втрачає плавність, порушується точність, виникає втома — великі коливальні рухи з частотою близько шести коливань за 1 с.

При роботі РО у режимі гладенького тетанусу характер зв'язку в час імпульсної активності мотонейронів практично не впливає на величину максимального напруження. Але при короткочасних скороченнях або на початку будь-якого скорочення м'язів, синхронізація імпульсної активності мотонейронів впливає на швидкість розвитку напруження («градієнт сили» або «вибухова сила»): чим більше співпадань у скоротливих циклах різних РО на початку скорочення м'яза, тим швидше зростає величина напруження.

Координація активності окремих м'язів здійснюється шляхом включення «потрібних» для успішного виконання даної вправи м'язів-синергістів і виключення «непотрібних» в даний момент м'язів-антогоністів. Завдяки високій досконалості механізмів міжм'язової координації істотно зменшується загальна напруженість м'язів, зростає їх максимальна довільна сила.

**Електроміограма.** У відповідності до частоти подразнень збуджене м'язове волокно відповідає повним ритмом електричних потенціалів. З допомогою електроміографа ці електропотенціали м'язових волокон реєструють у вигляді електроміограми (ЕМГ).

При слабкому скороченні м'яза, коли активні тільки деякі його РО, вдається зареєструвати електричну активність окремих РО. При збудженні багатьох м'язових волокон відбувається сумація їхніх струмів дії, яка має характер осциляції — потенціали дії активних РО нашаровуються один на одного (явище *інтерференції*). При цьому амплітуда коливань збільшується, а ЕМГ перетворюється у інтерференційну ЕМГ, в якій не вдається відокремити ПД окремих РО. Між сумарною електричною активністю і силою скорочення м'яза, в межах від слабких до субмаксимальних фізичних навантажень, існує пряма залежність.

Кількісну оцінку електричної активності м'язів проводять шляхом інтегрування інтерференційної ЕМГ — визначення загальної площі кривої коливань електричної активності досліджуваного

м'яза. В міру розвитку втоми амплітуда ЕМГ збільшується. Це пояснюється включенням в роботу високопорогових РО.

За ЕМГ оцінюють рівень вдосконалення рухової навички (правильність включення окремих м'язів), структуру рухової навички (черговість включення окремих м'язів) напруженість м'язів, виразність втоми тощо.

### 3.4. Робота м'язів і її механічна ефективність

Скорочуючись, м'яз виконує зовнішню *механічну роботу* — добуток величини сили (наприклад, піднятого вантажу) на відстань переміщення. Одиниця виміру роботи — кілограмометр (кгм) або джоуль (Дж). Один Дж — це робота сили в 1 Ньютон при переміщенні тіла на відстань 1 м.

Відношення величини роботи до часу її виконання, називається *потужністю*. Потужність вимірюється в ватах (Вт), кгм/с або кгм/хв (1 Дж/с = 1 Вт; 1 кгм/с = 9,8 Вт; 1 Вт = 0,102 кгм/с або 6,12 кгм/хв).

Ефективність роботи м'язів (ефективність використання енергії) оцінюють шляхом визначення *коефіцієнта корисної дії* (ККД). ККД — це виражене у відсотках відношення корисної механічної енергії (КМЕ), затраченої на роботу до загальних енерговитрат (ЗЕ) мінус витрати енергії, які б мали місце у стані спокою за період виконання роботи (ВЕС).

$$ККД = \frac{КМЕ}{ЗЕ - ВЕС} \cdot 100$$

Величина ККД при ходьбі — 20–25 %, бігу, їзді на велосипеді — 30–40 %, підніманні вантажу — 10–15 %, плаванні — 3–6 %. Низький ККД при плаванні пояснюється значними енерговитратами, пов'язаними з високою теплоємністю води.

Таким чином, тільки близько 20–30 % енергії скорочення м'язів витрачається на механічну роботу, а решта 70–80 % розсіюється у вигляді тепла (для порівняння: ККД паровоза — близько 6 %, тепловоза — 40 %, сучасного електровоза — 60 %, стрибаючого кенгуру — 76 %). Висока економічність руху кенгуру зумовлена здатністю її скелетних м'язів багаторазово використовувати вивільнену енергію, яка нагромаджується в «м'язах-пружинах». Явище повторного використання енергії (*рекуперація*) спостерігається і у спортсменів — стрибунів, лижників, гребців. Оскільки потенційна енергія м'язів

може зберігатися дуже короткий час (через 5–6 с вона майже повністю розсіюється), її використання можливе тільки при високому темпі рухів. Принцип рекуперації враховується при конструюванні спеціальних черевиків з пружинами для стрибання «по-кенгуриному».

Ефективність роботи м'язів залежить від величини навантаження і швидкості скорочення — він найбільший при навантаженнях, які складають половину від максимальної сили м'язів (**закон середніх навантажень**), і при швидкості скорочення — 35 % від максимальної (**закон середніх швидкостей**). При більш високих швидкостях значна частина енергії витрачається на подолання внутрішньом'язового тертя (в'язкості): чим більша швидкість скорочення м'язів, тим більше внутрішнє тертя.

Закони середніх навантажень і середніх швидкостей необхідно враховувати на виробництві і в практиці фізичного виховання. У процесі фізичних тренувань, одночасно із збільшенням функціональних можливостей рухового апарату, збільшуються і абсолютні значення середніх навантажень і швидкостей. Тому величину середніх навантажень і швидкостей, в кожному окремому випадку, необхідно визначати експериментально, враховуючи вік, стать, розвиток окремих груп м'язів досліджуваних та інші чинники. Прикладом практичного використання законів середніх швидкостей і середніх навантажень може бути їзда на велосипеді з переключенням передач або зигзагоподібне піднімання туристів вгору тощо.

При вантажах більших від величини напруження, яку м'яз розвиває, зовнішня робота дорівнює нулю. Проте у цьому випадку м'яз знаходиться в стані напруження і витрачає енергію (статична робота), яка повністю перетворюється в тепло.

Знаючи рівень споживання кисню, механічну продуктивність роботи (ККД м'язової діяльності) розраховують за формулою:

$$ККД = 0,49 \cdot \frac{MP}{C_n O_2} \cdot 100$$

де:  $MP$  — механічна (зовнішня) робота в кгм;  $C_n O_2$  — обсяг (рівень) використаного при роботі кисню в мл; 0,49 — коефіцієнт еквівалентності між механічною роботою і обсягом використаного кисню.

Із зростанням фізичної підготовленості людини ефективність роботи м'язів зростає. Це досягається шляхом зменшення енерговитрат за рахунок покращення діяльності (економічності функціонування) дихальної і серцево-судинної систем, які забезпечують

працюючі м'язи киснем та енергосубстратами, а також завдяки покращенню координації рухів (гальмування активності м'язових груп, які не беруть участі у виконанні даної роботи).

**Динамічна і статична робота.** М'язова робота, при якій відбувається переміщення вантажу і рух кісток в суглобах, називається **динамічною**. При виконанні такої роботи спостерігається вкорочення і розслаблення м'язів. Робота, при якій м'язові волокна розвивають напруження, але майже не вкорочуються, називається **статичною** (м'язи знаходяться в ізометричному напруженні).

Динамічна робота може продовжуватись тривалий час. Це пояснюється почерговим скороченням і розслабленням окремих м'язів. Динамічна робота м'язів лежить в основі ходьби, бігу, плавання, багаточисельних виробничих рухових актів тощо.

Статична робота швидко викликає стомлення і не може продовжуватись тривалий час. Це пояснюється розвитком у рухових центрах працюючих м'язів захисного гальмування, яке завжди виникає тим швидке, чим інтенсивніша пропріорецептивна імпульсація. В умовах інтенсивних статичних навантажень, внаслідок розвитку великого внутрішньом'язового тиску, порушується капілярний кровообіг м'язів, розвивається гіпоксемія, нагромаджується значна кількість продуктів обміну. Все це призводить до швидкого розвитку втоми і мимовільного припинення статичного зусилля.

**Натуження.** Статичні вправи силового характеру виконуються з затримкою дихання і натуженням. Натуження пов'язане з напруженням м'язів живота та діафрагми при підніманні вантажу або при подоланні зовнішнього опору (в єдиноборствах). При цьому різко підвищується внутрішньочеревний та грудний тиск, фіксується грудна клітка, знижується забезпечення організму киснем. Натуження завжди починається на вдиху, закінчується на видиху. Досить часто натуження поєднується з напруженням м'язів кінцівок.

Різке зменшення відтоку венозної крові до правого передсердя при натуженні призводить до застою крові у венозній частині великого кола кровообігу, при цьому зменшується і надходження крові до лівого передсердя. Як наслідок, зменшується величина систолічного обсягу крові та падає кров'яний тиск (у натренованих людей звуження периферичних судин може призвести до незначного підвищення кров'яного тиску). Після натуження, внаслідок збільшення притоку крові до серця, збільшується систолічний обсяг крові і підвищується кров'яний тиск.

При натуженні відзначають незначне зростання м'язової сили, що, ймовірно, є наслідком подразнення механо- та хеморецепторів, розташованих у легеневій та черевній порожнинах. Ці рецепторні впливи через ЦНС підвищують збудливість м'язів. Не виключено тут і формування домінанти, яка забезпечує посилення збудливості доміантних рухових центрів кори мозку за рахунок імпульсів, адресованих іншим нервовим центрам.

Вплив статичних навантажень на організм людини вивчено недостатньо, що значно ускладнює використання статичних вправ в оздоровчому тренуванні школярів і дорослих. Статичні навантаження повинні бути адекватними позам і статичним напруженням, які властиві дітям і підліткам в повсякденному житті і при заняттях фізкультурою та спортом.

Найбільш адекватними статичними навантаженнями є зусилля, направлені на утримання маси тіла в положенні лежачи на стегнах, лежачи на спині, верхній чи нижній половині свого тіла. При цьому спостерігається тривале (до відмови) напруження великих груп м'язів. Розвиваючи статичну витривалість, такі вправи сприяють удосконаленню вегетативного забезпечення м'язових напружень за рахунок оптимізації функцій серцево-судинної і дихальної систем (вдосконалення механізмів аеробного енергозабезпечення м'язової діяльності). Статичні навантаження з вихідним положенням стоячи не повинні виконуватись до відмови і перевищувати 70 % від максимального зусилля.

При тренуванні статичної витривалості доцільно поєднувати ізометричні скорочення м'язів (не тривалих і не максимальних за потужністю) з динамічними, з включенням вправ на розслаблення. Оптимальним навантаженням для розвитку статичної витривалості є статичні вправи тривалістю 80–85 % часу від максимально можливого утримання статичного напруження.

### ***Ситуаційні запитання і задачі (самостійна робота студентів)***

1. При стисканні кистьового динамометра проявляються як концентричні (ізотонічні), так і ізометричні скорочення м'язів-згиначів пальців кисті. Вкажіть, якому періоду стискання динамометра, при тестуванні максимальної довільної сили, відповідатимуть згадані типи скорочень м'язів.

2. Виконання інтенсивних статичних вправ протипоказанні дітям середнього і особливо молодшого шкільного віку. Обґрунтуйте значимість цього положення для практики фізичного виховання.
3. Чим шкідливі надмірні розтягнення м'язів? Чому при заняттях з дітьми належить уникати пасивних рухів, які сприяють перерозтягненню м'язів?
4. Важливим методом тестування функціонального стану м'язів є міотонометрія. Вкажіть на значення міотонометрії для практики фізичного виховання.
5. У двох досліджуваних визначені показники максимальної довільної (МДС) і максимальної істинної сили (МІС) згиначів плеча. У першого досліджуваного ці показники відповідно становили 6 і 8 кг/см<sup>2</sup>, у другого — 7 і 8 кг/см<sup>2</sup>. У кого з обстежуваних юнаків більш досконале центральнонервове управління м'язовим апаратом?
6. Поряд з тетанічним скороченням м'язів існує ще одна різновидність тривалого скорочення м'язів — контрактура. Дайте характеристику основним різновидам контрактур.
7. Перед виконанням швидкісно-силових вправ (метання списа, штовхання ядра тощо) учня навчають дещо розтягувати м'язи (за межі довжини спокою), які беруть участь у виконанні вправи. Для чого це робиться?
8. Поясніть природу прямої залежності величини ізометричного напруження (статична робота на витривалість) від його тривалості. Яким повинно бути навантаження, щоб робота в ізометричному режимі могла продовжуватись якнайдовше?
9. Фізичним тренуванням можна поліпшити рівень ефективності (ККД) роботи. Що це значить з точки зору енергетики? Чому при виконанні професійної роботи не бажано, щоб величина навантаження перевищувала 50 % від МСК?
10. Хвилине споживання кисню досліджуваним, який виконав велоергометричне навантаження величиною 2000 кгм/хв, — 4000 мл кисню. Яка ефективність виконаної роботи? Коефіцієнт еквівалентності між механічною роботою (МР) і обсягом використаного кисню ( $C_n O_2$ ) — 0,49.
11. Визначте величину степ-ергометричної роботи і споживання кисню досліджуваним вагою 70 кг; висота двосходинкової драбинки — 0,5 м, частота сходжень за 1 хв — 33.



## Тести

### Форми і типи м'язових скорочень

1. В залежності від характеру зміни довжини м'яза, що скорочується, розрізняють такі форми м'язового скорочення:
  - а) *концентричну, ексцентричну і динамічну;*
  - б) *статичну, ізометричну і аксотонічну;*
  - в) *концентричну, ізометричну, ауксотонічну;*
  - г) *статичну, динамічну, ауксотонічну.*
2. Розрізняють два типи динамічних скорочень:
  - а) *ізометричний та ізотонічний;*
  - б) *ізометричний та ексцентричний;*
  - в) *концентричний та ексцентричний;*
  - г) *ізотонічний та концентричний.*
3. Основним типом статичної форми скорочень м'язів є:
  - а) *ізометричний;*
  - б) *ізотонічний;*
  - в) *концентричний;*
  - г) *ексцентричний.*
4. Скорочення м'язів, при яких змінюється їх довжина і напруження, називаються:
  - а) *динамічними;*
  - б) *статичними;*
  - в) *ауксотонічними;*
  - г) *переборюючими.*
5. Співвідношення вираженості динамічних і статичних скорочень у виконанні окремих вправ дозволяє умовно поділити їх на:
  - а) *переборюючі, утримуючі, уступаючі;*
  - б) *динамічні, статичні, ауксотонічні;*
  - в) *переборюючі, статичні, динамічні;*
  - г) *аеробні, анаеробні, аеробно-анаеробні.*
6. В основі більшості фізичних вправ лежить така форма м'язових скорочень:
  - а) *динамічна;*
  - б) *статична;*
  - в) *ауксотонічна;*
  - г) *динамічна і статична людина.*
7. З ростом фізичної підготовленості затримка дихання і натуження, які виникають при виконанні статичних вправ силового характеру, стають:
  - а) *більш виразними;*
  - б) *менш виразними;*
  - в) *змін не спостерігається.*

8. Феномен статичних напружень характеризується більш виразним посиленням вегетативних функцій:
  - а) в час статичної роботи;
  - б) в перші секунди після її закінчення;
  - в) на 3–5 хв після її закінченні;
  - г) на перших секундах статичної роботи.
9. Феномен статичних напружень частіше проявляється у:
  - а) дітей;
  - б) ненаренованих до статичної роботи осіб;
  - в) спортсменів;
  - г) працівників високої кваліфікації.
10. Систематичні тренування з включенням в тренувальну програму статичних вправ, прояв феномена статичних напружень:
  - а) посилюють;
  - б) згладжують;
  - в) приводять до його повного зникнення.
11. Напруженість дихання і кровообіг при статичній роботі, в порівнянні з динамічною:
  - а) менша;
  - б) більша;
  - в) однакова.

### **Режими скорочень м'язових волокон**

12. Розрізняють два режими скорочень м'язів:
  - а) поодиноких скорочень і зубчатого тетанусу;
  - б) зубчатого і гладенького тетанусу;
  - в) поодиноких і тетанічних скорочень;
  - г) ізометричних і ізотонічних скорочень.
13. На кривій поодинокого ізометричного скорочення виділяють дві фази:
  - а) підйому напруження і розслаблення;
  - б) вкорочення і видовження;
  - в) підйому напруження і видовження;
  - г) вкорочення і розслаблення.
14. Тривалість фази напруження (вкорочення) при поодинокому режимі скорочень м'язів, в порівнянні з фазою розслаблення (видовження), приблизно:

- а) вдвічі коротша;                      б) вдвічі довша;  
в) втричі коротша;                      г) втричі довша.
15. На кривій поодинокого ізотонічного скорочення виділяють:  
а) підйому напруження і розслаблення;  
б) вкорочення і видовження;  
в) підйому напруження і видовження;  
г) вкорочення і розслаблення.
16. Підтримання звичної пози стояння людиною здійснюється енергоекономічним:  
а) тонічним напруженням м'язів;  
б) тетанічним напруженням м'язів;  
в) напруженням м'язів в режимі зубчатого тетанусу.
17. Тетанічні скорочення характерні:  
а) гладеньким м'язам;                      б) м'язу серця;  
в) скелетним м'язам;                      г) а + б.
18. Людина прикладає зусилля, щоб підняти вантаж, який за своєю вагою набагато більший її максимальної сили. Основним типом скорочень м'язів за даних умов є:  
а) концентричний;                      б) ексцентричний;  
в) ізотонічний;                      г) ізометричний.
19. Суцільний (гладенький) тетанус виникає в умовах, коли повторні нервові імпульси надходять так часто, що співпадають з:  
а) фазою скорочення м'яза;  
б) фазою розслаблення м'яза;  
в) латентним періодом скорочення;  
г) періодом після завершення повного циклу скорочення.
20. Неповний (зубчатий) тетанус виникає в умовах, коли повторні нервові імпульси надходять так часто, що співпадають з:  
а) фазою вкорочення;  
б) фазою видовження і розслаблення м'яза;  
в) латентним періодом скорочення;  
г) періодом після завершення повного циклу скорочення.
21. Тетанус характерний для:  
а) ауксотонічних скорочень м'яза;  
б) ексцентричних скорочень м'яза;  
в) сильних і тривалих скорочень м'яза при великій частоті подразнення;  
г) тонічних скорочень м'яза статичної форми, направлених на підтримання пози тіла.

## Регуляція напруження м'язів. Електроміограма

22. Регуляція рівня напруження даного м'яза здійснюється шляхом:
- а) регуляцією числа активних РО даного м'яза;*
  - б) зміною режиму активності РО;*
  - в) одночасною активністю більшості м'язових волокон;*
  - г) гормонами підшлункової залози.*
23. В звичайних умовах повсякденної діяльності рівень використання великих (швидких) РО в порівнянні з малими (повільними) РО:
- а) вищий;*
  - б) нижчий;*
  - в) однаковий.*
24. Самі малі (повільні) РО активні при:
- а) будь-якому напруженні м'язів;*
  - б) сильних напруженнях м'язів;*
  - в) максимальних напруженнях м'язів.*
25. Для розвитку м'язом великого напруження до його мотонейронів з ЦНС надходять більш часті імпульси, що викликають активацію:
- а) високопорогових мотонейронів;*
  - б) швидких РО;*
  - в) низькопорогових мотонейронів і повільних РО;*
  - г) високорогових мотонейронів і швидких РО.*
26. Великі (швидкі) РО активні при:
- а) будь-якому напруженні м'язів;*
  - б) сильних напруженнях м'язів;*
  - в) слабких напруженнях м'язів;*
  - г) мінімальних м'язових напруженнях.*
27. При тривалій м'язовій роботі, яка пов'язана з відносно помірним м'язовим скороченням, в першу чергу активуються:
- а) повільні РО;*
  - б) швидкі РО (типу ІБ);*
  - в) швидкі маловтомливі РО (типу ІА);*
  - г) повільні РО і швидкі маловтомливі РО (тип ІА).*
28. В міру розвитку втоми у виконання напруженої динамічної роботи включаються:
- а) більш високопорогові великі РО;*
  - б) менш високопорогові великі РО;*
  - в) менш високопорогові малі РО.*

29. Для розвитку м'язом невеликого напруження, до його мотонейронів підходять відносно слабкі збуджуючі аферентні імпульси, що активують:
- а) високопорогові мотонейрони;
  - б) швидкі РО;
  - в) низькопорогові мотонейрони і повільні РО;
  - г) високопорогові метанейрони і швидкі РО.

### Робота м'язів та її механічна ефективність

30. Піднявши вантаж вагою 50 кг на висоту 2 м, юнак виконав роботу (кг/м):
- а) 500;
  - б) 100;
  - в) 200;
  - г) 300.
31. Працівник підняв вантаж вагою 70 кг на висоту 2 м за 1 секунду. Потужність виконаної роботи складатиме (кгм/с):
- а) 40;
  - б) 80;
  - в) 140;
  - г) 240.
32. Виражене у відсотках відношення корисної механічної енергії, затраченої на роботу, до загальних енергозатрат, називається:
- а) коефіцієнтом корисної дії (ККД);
  - б) механічною продуктивністю роботи;
  - в) силовим дефіцитом;
  - г) натуженням.
33. Величина ККД паровоза 6 %, тепловоза 40 %, електровоза 60 %, стрибаючого кенгуру — 75 %, людини (%):
- а) 5–10;
  - б) 20–30;
  - в) 40–50;
  - г) 50–60.
34. ККД при плаванні (%):
- а) 3–6;
  - б) 8–12;
  - в) 15–20;
  - г) 20–30.
35. ККД залежить від швидкості скорочення м'яза. Він найбільший при скороченні м'язів з швидкістю, що дорівнює (% від максимальної):
- а) 15;
  - б) 35;
  - в) 55;
  - г) 65.
36. ККД залежить від величини навантаження. Він найбільший при навантаженнях, які складають таку частину від її максимальної сили:
- а) 1/2;
  - б) 1/3;
  - в) 1/4;
  - г) 1/5.

37. Найбільш низький ККД у спортсменів, які спеціалізуються з:
- а) гімнастики;*
  - б) спортивних ігор;*
  - в) велоспорту;*
  - г) плавання.*
38. Для практичних розрахунків ККД за показником споживання  $O_2$ , необхідно знати:
- а) величину виконаної роботи в кГм;*
  - б) обсяг використаного при роботі кисню в мл;*
  - в) коефіцієнт еквівалентності між механічною роботою і обсягом спожитого кисню (0,49);*
  - г) дихальний коефіцієнт;*
  - д) калоричний еквівалент кисню.*
39. Підвищення ККД при систематичних тренуваннях характеризується:
- а) специфічністю;*
  - б) специфічність відсутня;*
  - в) специфічність виникає лише виконанні вправ, направлених на розвиток сили;*
  - г) специфічність характерна лише при виконанні вправ на витривалість.*
40. Аеробною називається робота, енергозабезпечення якої здійснюється в основному за рахунок такої енергосистеми:
- а) лактацидної;*
  - б) окисної (окиснення глікогену і глюкози);*
  - в) окисної (окиснення жирів);*
  - г) фосфатної.*
41. Анаеробною називається робота, енергозабезпечення якої здійснюється переважно за рахунок такої енергосистеми:
- а) фосфагенної;*
  - б) лактацидної;*
  - в) окисної (окислення вуглеводів);*
  - г) окисної (окиснення жирів).*

## **Розділ IV. Втома м'язів та особливості її розвитку при виконанні вправ різного характеру та інтенсивності**

1. Зміни фізіологічних функцій при втомі. Суб'єктивні відчуття втоми. Об'єктивні ознаки втоми.
2. Фізіологічні механізми виникнення втоми. Втома і розвиток фізичної підготовленості. Перевтома.
3. Особливості розвитку втоми при виконанні вправ різного характеру і інтенсивності. Фазовий характер розвитку втоми при виконанні динамічної роботи. Вплив втоми і охолодження на організм людини.
4. Вікові особливості прояву втоми.

### ***В результаті вивчення матеріалу теми***

#### ***Ви повинні знати:***

- як змінюються фізіологічні функції окремих органів і систем організму при втомі;
- про суб'єктивні відчуття втоми та її об'єктивні ознаки;
- механізми, які лежать в основі розвитку втоми при виконанні роботи різного характеру і потужності;
- про взаємозв'язок втоми і розвиток фізичної підготовленості людини;
- особливості розвитку втоми у дітей і підлітків.

#### ***вміти:***

- оцінювати рівень втоми за суб'єктивними відчуттями і об'єктивними показниками (ознаками);
- попереджувати (сповільнювати) розвиток втоми при виконанні роботи різного характеру і потужності;
- використовувати втому для розвитку швидкісно-силових здібностей і анаеробної витривалості;
- попереджувати розвиток втоми у дітей і підлітків.

### ***Основні терміни, поняття і скорочення***

*Аутотренінг; відпочинок: активний, пасивний (сон); втома: компенсована, некомпенсована, непереборювальна, переборювальна; гідротерапія; гіпоксемія; голкорексфлексотерапія; гостра перевтома; електро-*

*пунктура; кисневий борг (КБ); об'єктивні ознаки втоми; перевтома: гостра, хронічна; суб'єктивні відчуття втоми; суперкомпенсація.*

#### **4.1. Зміни фізіологічних функцій при втомі. Суб'єктивні відчуття і об'єктивні ознаки втоми**

При тривалій та інтенсивній фізичній діяльності виникає стан втоми, прямим наслідком якого є дискоординація функцій і тимчасове зниження працездатності. Втома, що не переходить певних меж, є фізіологічним, а не патологічним станом, і вона, звичайно, корисна для організму. Втома відображає перебудову регуляторних функцій від оптимального режиму роботи до екстремального, який визначає мобілізацію наявних фізіологічних резервів організму для підтримання певного рівня працездатності.

Зовнішні об'єктивні ознаки втоми при фізичній роботі проявляються порушенням координації рухів, порушенням дихання надмірною пітливістю, почервонінням шкіри, зниженням продуктивності роботи тощо. Вираженість цих ознак в значній мірі залежить від умов довкілля, індивідуальних особливостей людини, характеру виконаних вправ. Для контролю за станом здоров'я туристів Я. С. Вайнбаум (1991) пропонує використати такі об'єктивні і суб'єктивні ознаки втоми (табл. 4.1).

**Таблиця 4.1**

*Об'єктивні і суб'єктивні ознаки втоми туристів*

Ознака втоми	Невелика (фізіологічна) втома	Значна втома (гостра перевтома)	Виражена перевтома
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Колір шкіри	Невелике почервоніння	Значне почервоніння	Різке почервоніння, збліднення і синюшність
Пітливість	Невелика	Велика	Надмірна (особливо нижче пояса). Вихід солей на поверхню шкіри
Дихання (дихальних циклів за 1 хвилину)	На рівні до 20–26 дихань за 1 хв, при підніманні вгору до 36 дихань за 1 хв	38–46 дихань за 1 хв, поверхневе	Різке (більше 50–60 дихань за 1 хв), поверхневе, ротове, аритмічне



продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Рух	Бадьора хода	Невпевнена хода, легке похитування, відставання від групи	Різка похитування, поява некоординованих рухів. Відмова від подальшого руху
Загальний вигляд	Звичайний	Зниження інтересу до довкілля, втомлений вираз обличчя, порушення постави (сутулість, опущені плечі)	Знесилений вираз обличчя, апатія, різке порушення постави
Увага	Добре, безпомилкове виконання вказівок	Неточність у виконанні вказівок, помилки при зміні напрямку руху	Сповільнене, невірне виконання команд. Сприймаються лише гучні команди
Самопочуття	Ніяких скарг, крім почуття легкої втоми	Скарги на виражену втому, біль в ногах, серцебиття, задуха	Скарги на різку слабкість, сильне серцебиття, головний біль, нудота
ЧСС (ск/хв)	110–150	160–180	180–200 і більше

Стан втоми проявляється і суб'єктивними відчуттями болю, що локалізуються в області працюючих м'язів. Формування цих відчуттів зумовлено всезростаючою за силою і тривалістю аферентною імпульсацією, яка виникає внаслідок гіпоксії та збільшенням у м'язах і крові недоокиснених продуктів обміну (іншими зрушеннями у м'язах), значних напружень діяльності вегетативних систем, які відповідають за енергозабезпечення працюючих органів, за підтримання сталосії внутрішнього середовища (температури, осмотичного і онкотичного тисків тощо).

Суб'єктивні відчуття втоми не завжди співпадають з *об'єктивними змінами* фізіологічних функцій. Основною причиною цього є наявність або відсутність досвіду в аналізі м'язових відчуттів. Так, у кваліфікованих робітників, які добре вміють аналізувати м'язові відчуття, число співпадань суб'єктивного відчуття втоми з об'єктивними ознаками втоми значно вищі, ніж у початківців. Досить рідко співпадають суб'єктивні відчуття втоми з об'єктивними змінами функцій у дітей і підлітків. Тому вчителю і тренеру необхідно уважно стежити за появою об'єктивних проявів втоми юнних спорсменів. Систематичний лікарський контроль стану їхнього здоров'я дозволить попередити розвиток хронічної перевтоми і перенатованості.

#### ***4.2. Фізіологічні механізми виникнення втоми.***

##### ***Втома і розвиток фізичної натренованості***

Відомо чимало причин (чинників), які зумовлюють виникнення втоми. Переважно, це гуморально-локалістичні чинники, кожний з яких підкреслює одну із сторін змін, що розвиваються при втомі.

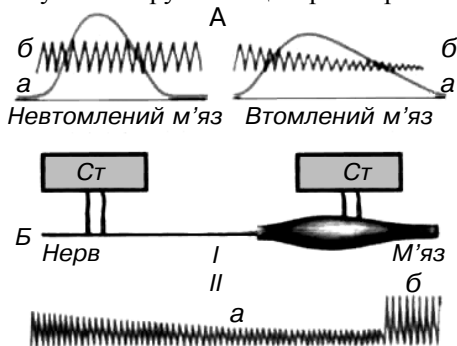
Однією з причин втоми є виснаження енергозапасів. Виснаження внутрішньом'язових запасів фосфагенів (АТФ і КрФ) відіграє важливу роль у розвитку м'язової втоми при виконанні короткотривалих динамічних вправ максимальної потужності. В кінці таких навантажень вміст АТФ в м'язах знижується на 30–50 %, КрФ — на 80–90 % (Д. Карлсон та ін., 1971). Важливим чинником втоми при виконанні анаеробних вправ є виснаження запасів глікогену в м'язах та печінці і глюкози в крові, яка відіграє важливу роль в енергозабезпеченні нервових клітин.

Втома може бути спричинена надмірним нагромадженням в м'язах продуктів анаеробного обміну, зокрема молочної кислоти (лактациду). Високий вміст молочної кислоти у внутрішньому середовищі організму може призвести до зміни сталості складу крові і міжклітинної рідини (зміщення рН в кислу сторону), що, в свою чергу, погіршує умови для нормального функціонування нервової системи, знижує скоротливу здатність м'язів, порушує функціонування вегетативних органів. Надмірне нагромадження лактациду в працюючих м'язах є суттєвим чинником втоми при виконанні вправ тривалістю від 20–30 хв до 30–40 хв. У вправах, які не викликають вираженого нагромадження лактациду у м'язах, «засмічення» організму молочною кислотою не відіграє поміжної ролі в розвитку втоми.

Прихильники гуморально-локалістичних теорій втоми не заперечують ролі ЦНС у виникненні втоми, проте відстоюють при цьому точку зору, згідно з якою втома перш за все виникає на периферії, а тоді вже і в нервовій системі.

Досліджуючи це питання вчені звернули увагу на такий факт. Якщо повністю втомлений від довільної роботи м'яз подразнювати електричним струмом, то він знову скорочуватиметься. Це дає підставу зробити висновок про те, що причина втоми не в самому м'язі, а в порушенні регулюючої діяльності нервової системи, зокрема, в порушенні функції міоневральних синапсів (рис. 4.1).

Згідно з центрально-нервовою теорією втоми, розробленою І. М. Сеченовим, процеси, що зумовлюють втому, безпосередньо зв'язані з розвитком гальмування в рухових центрах кори великих півкуль.



**Рис. 4.1. Втома м'язів:** А – крива поодинокого скорочення (а) і ергограма (б) невтомленого і втомленого м'язу; Б – локалізація втоми в нервово-м'язовім препараті: I – схема досліджу, II – крива втоми м'язу; а – втома при непрямому подразненні, б – скорочення м'язу при прямому подразненні (дослід показує локалізацію втоми в міоневральному синапсі)

Розвиваючи вчення І. М. Сеченова про втому, І. П. Павлов показав, що втома відповідних рухових нервових центрів є проявом позамежного гальмування, яке виникає в інтенсивно працюючих нервових клітинах внаслідок інтенсивної пропріорецептивної імпульсації від працюючих м'язів.

Сучасні уявлення про втому базуються на положенні про багатосистемність змін функцій при роботі. Втома є наслідком змін не в якому-небудь одному органі або системі органів, а в багатьох із них. Іншими словами, ніяких спільних для усіх випадків механізмів

втоми не існує. В залежності від конкретної ситуації головна роль в розвитку втоми може належати різним фізіологічним системам. Втома може бути зумовлена змінами функціонального стану регулюючих систем (нервової і гуморальної), систем вегетативного забезпечення діяльності, або ж змінами в самому руховому апараті (зміни скоротливої функції міофібрил, порушення електромеханічного зв'язку м'язових волокон, погіршення проведення імпульсів в нервово-м'язових синапсах тощо).

Подібно впливу втоми, спричинена виконанням фізичної роботи, діє на організм охолодження. Шляхом активізації процесів теплопродукції холод забезпечує тренування механізмів терморегуляції, розширює межі температурного гомеостазу. Направлено змінюючи інтенсивність і тривалість впливів, які спричиняють м'язову і терморегуляційну втому, можна цілеспрямовано змінювати як фізичну працездатність, так і загартованість організму. Для досягнення виразного оздоровчого ефекту дія холодового чинника за обсягом і інтенсивністю повинна бути достатньою (пороговою), але не надмірною (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

*Вплив втоми і охолодження різної інтенсивності на організм людини (М. М. Амосов, І. В. Муравов, 1985)*

<b>Інтенсивність впливу</b>	<b>Тривалість</b>	<b>Оздоровчий ефект</b>
Незначна втома	Короткотривала	Відсутній
	Довготривала	Повільно розвивається, довго зберігається, виражений слабо
Незначне охолодження	Короткотривала	Відсутній
	Довготривала	Повільно розвивається, довго зберігається, виражений слабо
Виражена втома	Короткотривала	Швидко розвивається, чітко виражений і нестійкий
	Довготривала	Добре виражений, стійкий, можливе перенапруження
Виражене охолодження	Короткотривала	Швидко розвивається, чітко виражений і нестійкий
	Довготривала	Добре виражений, стійкий, можливе перенапруження

**Втома і розвиток фізичної натренованості.** Значні фізичні навантаження, як правило, проходять на фоні великої втоми. Такі тренування на фоні вираженої втоми забезпечують адаптацію нервової та інших систем організму до підвищених тренувальних навантажень, до несприятливих (змінених) умов внутрішнього середовища. Сприяючи мобілізації адаптивних механізмів організму, втома, таким чином, стає визначальним чинником підвищення його функціональних можливостей і працездатності. Повторення тренувань на фоні переборювальної втоми приводить до морфологічних і функціональних змін в організмі і, як наслідок, до зростання фізіологічних резервів організму. Якщо ж тренувальні навантаження припиняються до початку втоми, розвиток натренованості сповільнюється або зовсім припиняється.

Порушення сталості внутрішнього середовища, яке виникає при вираженій втомі, може носити риси дисстресу з його негативними наслідками (Г. Сельє). Біологічне значення втоми в цьому випадку полягає у своєчасному захисті організму і, перш за все, його нервової системи від виснаження і руйнування. Це досягається включенням механізмів захисного гальмування.

**Перевтома.** При інтенсивних фізичних навантаженнях, що не відповідають рівню натренованості організму, при недостатньому за часом відпочинку між окремими тренуваннями, можливий розвиток перевтоми. Розрізняють гостру і хронічну перевтому. **Гостра перевтома** частіше розвивається при одноразових фізичних перевантаженнях, зокрема при проведенні тренувань в умовах високої температури і вологості повітря, коли швидко посилюється потовиділення і компенсаторні механізми неспроможні забезпечити підтримання сталості внутрішнього середовища (зміни рН крові, надмірне зростання температури тіла). При цьому різко зростає величина кисневого боргу, в тканинах і крові нагромаджується значна кількість продуктів анаеробного обміну.

При частому повторенні тренувань в умовах неповного відновлення функцій організму розвивається стан **хронічної втоми**. Його характерними ознаками є прогресуюче зниження загальної працездатності, порушення координації рухів, погіршення загального самопочуття (втрата апетиту, безсоння). Хронічна перевтома — головна причина розвитку перенапружень і перенатренованості. Природно, що розвиток натренованості за таких умов припиняється.

### ***4.3. Особливості розвитку втоми при виконанні вправ різного характеру та інтенсивності***

Швидкість настання втоми та її вираженість залежить від специфіки фізичних вправ та інтенсивності їх виконання. Значно швидше вона настає при виконанні статичної роботи, менш втомлива динамічна робота. В цілому ж механізми розвитку втоми завжди конкретні для даних умов рухової діяльності.

Великі статичні напруження пов'язані з активністю великої кількості спинальних мотонейронів, до яких від рухових центрів кори мозку надходять збуджуючі високочастотні імпульси. Проте інтенсивна «кіркова команда» може підтримуватись всього декілька секунд, що і визначає швидкий розвиток втоми. При тривалих напруженнях тетанічного характеру втома, перш за все, є наслідком порушення капілярного кровообігу, спричиненого підвищенням внутрішньом'язовим тиском. При цьому різко зменшується надходження до м'язових волокон кисню, активізуються анаеробні процеси енергозабезпечення, в м'язах нагромаджується надмірна кількість кислих продуктів обміну.

Картина втоми при динамічній роботі визначається насамперед її потужністю. При циклічній роботі анаеробної потужності головною причиною втоми є розвиток позамежного гальмування в рухових центрах кори мозку, зумовленого високою пропріорецептивною імпульсацією. Другою, не менш важливою, причиною втоми в даній зоні потужності є вичерпання запасів енергії фосфатної енергосистеми. Системи вегетативного забезпечення діяльності, для впрацювання яких необхідно чимало часу, не відіграють вирішальної ролі в результативності максимально напруженої роботи анаеробного енергозбереження.

Виникнення втоми в процесі виконання циклічних навантажень тривалістю від 20–30 хв до 30–40 хв (зона субмаксимальної потужності) зумовлене, по-перше, вираженими змінами діяльності ЦНС (з причин високої імпульсації від пропріо- і хеморецепторів працюючих м'язів), по-друге, недостатністю вегетативного забезпечення працюючих систем організму, що призводить до змін сталості внутрішнього середовища (високий кисневий борг, гіпоксемія, висока концентрація молочної кислоти) і, по-третє, функціональними змінами в периферичному нервово-м'язовому апараті (погіршення засвоєння ритму доцентрових імпульсів, порушення діяльності нервово-м'язових синапсів тощо).

Головною причиною втоми, що розвивається при виконанні роботи тривалістю від 3–5 хв до 30–40 хв (зона великої потужності), є зміна сталості внутрішнього середовища (зниження рН, недостатнє забезпечення м'язів киснем упродовж тривалого часу) з наступним розвитком захисного гальмування в ЦНС. Знижуючи лабільність нервових центрів, тривала гіпоксемія призводить до дискоординації вегетативних і рухових функцій.

Втому при роботі тривалістю більше 30–40 хв (зона помірної потужності) вчені пов'язують з монотонністю роботи, з погіршенням функції наднирників, із значним зниженням рівня глюкози в крові, з великими витратами жирів, недоокиснені продукти розпаду яких можуть викликати зміни гомеостазу. При виконанні вправ помірної потужності значно зростає навантаження на систему транспорту кисню, необхідного для окиснення глікогену і глюкози. Таким чином, основними причинами втоми при виконанні фізичних вправ тривалістю більше 30–40 хв є виснаження запасів глікогену, депонованого у працюючих м'язах і печінці, порушення терморегуляції (надмірне підвищення температури тіла), а також перевитрати глюкози, зниження концентрації якої в крові приводить до порушення функції ЦНС.

Компенсованій і некомпенсованій фазам втоми відповідають дві фази втоми за Ю.І. Данько (1974) — *переборювальна, непереборювальна* (табл. 4.3).

**Таблиця 4.3**

*Характеристика фаз втоми при виконанні динамічної роботи*

Фаза втоми	Руховий апарат	ЦНС	Вегетативні системи
Фаза переборювальної втоми	Збереження ефективності рухів	Посилення домінантного збудження (вольове зусилля, поява індукційного гальмування)	Максимальне посилення функцій і зниження ККД
Фаза непереборювальної втоми	Порушення біомеханіки рухів	Виражений розвиток захисного гальмування	Дискоординація функцій і можливе їх послаблення

Підтримання постійного рівня працездатності в першій фазі втоми досягається всезростаючим збудженням відповідних рухових центрів кори мозку. Коефіцієнт корисної дії при цьому знижується. При подальшому продовженні роботи настає друга фаза втоми з розвитком захисного гальмування і з зниженням працездатності аж до припинення роботи. Для цієї фази втоми характерна більш виражена дискоординація рухових і вегетативних функцій організму, знижується ефективність роботи, погіршується прояв рухових здібностей (порушується точність і координованість рухів, знижується швидкість рухових дій).

#### ***4.4. Вікові особливості прояву втоми***

У дітей, у зв'язку з анатомо-фізіологічними особливостями організму, втома розвивається швидше, ніж у дорослих. Причиною втоми може бути порушення режиму дня, монотонність занять, часті і тривалі перенавантаження. Усі ці чинники приводять до швидкого розвитку зовнішнього (охоронного) гальмування і послаблення внутрішнього гальмування. За таких умов знижується увага і посидючість дітей, вони частіше порушують дисципліну. Враховуючи, що працездатність дітей знижується від першого до останнього уроку, а також до кінця робочого тижня, в режимі дня школяра необхідно передбачити відповідні заходи, направлені на підвищення працездатності нервових центрів кори мозку.

При систематичних перенавантаженнях дітей і підлітків втома легко переходить у перевтому. Для її попередження необхідно суворо регламентувати режим дня школяра, оптимально чергувати фізичну роботу з розумовою, виключити недосипання і монотонність роботи, збільшувати перебування дітей на свіжому повітрі; з метою прискорення перебігу відновних процесів, чергувати різноманітні види робіт.

Попереджують швидкий розвиток втоми у школярів позитивні емоції. Підвищуючи тонус симпатичної нервової системи і посилюючи синтез наднирниками катехоламінів (адреналіну і норадреналіну), вони (позитивні емоції) сприяють мобілізації енергоресурсів у працюючих органах, підвищують працездатність організму.



**Ситуаційні запитання і задачі  
(самостійна робота студентів)**

1. Вкажіть на основні об'єктивні та суб'єктивні ознаки втоми при виконанні роботи різного характеру і потужності.
2. Розкрийте сутність гуморально-локалістичних і центрально-нервової теорій втоми.
3. Подібно впливу втоми спричиненої виконанням фізичної роботи на організм охолодження. Якої величини за обсягом і інтенсивністю має бути дія холодового чинника для досягнення виразного оздоровчого ефекту?
4. Порушення сталості внутрішнього середовища, яке виникає при вираженій втомі, може носити риси дистресу. Яке біологічне значення втоми в цьому випадку?
5. Вкажіть на відмінність понять «гостра перевтома» і «хронічна втома».
6. Вкажіть на основні причини втоми при виконанні вправ різного характеру і різної інтенсивності.
7. Розкрийте фізіологічну сутність позитивного впливу втоми на організм людини. За яких умов неприємні відчуття втоми можуть змінюватись приємними відчуттями «м'язової ейфорії»?
8. Наприкінці 3-го уроку в учнів другого класу з'явився руховий неспокій, загальне занепокоєння, знизився рівень зосередженості, виникли прояви недисциплінованості. Яка фізіологічна суть цих змін? Що повинен зробити вчитель за даних умов, щоб нормалізувати працездатність учнів?
9. Якщо повністю втомлений від довільної роботи м'яз подразнювати струмом оптимальної сили і частоти, то він знову скорочуватиметься. Які висновки можна зробити з цього досліджу?
10. Як змінюватиметься функціональний стан дихальної системи (частота дихання, дихальний обсяг і хвилинний обсяг дихання) у юного легкоатлета у фазу компенсованої і некомпенсованої втоми?
11. Статична робота, на відміну від динамічної, більш швидко викликає втому. Чим це пояснюється?

**Тести**

1. Втома як результат надмірних втрат енергії найбільш характерна для динамічних навантажень максимальної потужності тривалістю:  
а) 30 хв і більше;                      б) від 3 хв до 30 хв;  
в) від 30 с до 3 хв;                      г) до 30 с.

2. Втома як результат надмірного нагромадження в м'язах продуктів анаеробного обміну характерна перш за все для роботи такої потужності:
  - а) *максимальної;*
  - б) *субмаксимальної;*
  - в) *великої;*
  - г) *помірної.*
3. Втома швидше настає при виконанні роботи:
  - а) *динамічної;*
  - б) *статичної;*
  - в) *змішаної;*
  - г) *а + в.*
4. Виникнення втоми при виконанні циклічної роботи максимальної потужності перш за все зумовлено:
  - а) *розвитком позамежового гальмування в рухових центрах кори мозку;*
  - б) *вичерпанням запасів фосфагенів;*
  - в) *вичерпанням запасів вуглеводів;*
  - г) *вичерпанням запасів вуглеводів і жирів.*
5. Виникнення втоми при виконанні циклічної роботи субмаксимальної потужності зумовлено:
  - а) *втомою в рухових центрах кори мозку;*
  - б) *зміною сталості внутрішнього середовища;*
  - в) *функціональними змінами в периферичному нервово-м'язовому апараті;*
  - г) *вичерпанням запасів вуглеводів і жирів..*
6. Основною причиною втоми, що розвивається при виконанні циклічних вправ великої потужності, є:
  - а) *зміна постійності внутрішнього середовища;*
  - б) *позамежне гальмування в рухових центрах кори мозку;*
  - в) *виражене зниження рівня глюкози в крові;*
  - г) *великі втрати жирів.*
7. Втому при роботі в зоні помірної потужності пов'язують з:
  - а) *погіршенням функцій наднирників;*
  - б) *вираженням зменшення рівня глюкози в крові;*
  - в) *порушенням терморегуляції;*
  - г) *вичерпанням запасів вуглеводів і жирів.*
8. Характерною ознакою фази компенсованої втоми, яка виникає при виконанні динамічної роботи, є зменшення довжини кроків:
  - а) *при збільшенні їх частоти;*
  - б) *без зміни їх частоти;*
  - в) *при зменшенні їх частоти.*

9. Фаза некомпенсованої втоми при виконанні динамічної роботи характеризується зменшенням довжини кроків:
- а) з одночасним збільшенням їх частоти;
  - б) без зміни їх частоти;
  - в) з одночасним зменшенням частоти кроків.
10. У дітей, в порівнянні з дорослими, втома розвивається:
- а) швидше;
  - б) повільніше;
  - в) повільніше при виконанні навантажень статичного характеру.

## **Розділ V. Засоби рекреації працездатності людини**

1. Загальні закономірності відновлення функцій організму людини після роботи. Особливості перебігу відновних процесів у дітей та підлітків.
2. Відновлення енергозапасів організму.
3. Класифікація засобів, що сприяють прискореному перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичних навантажень. Педагогічні засоби відновлення. Роль активного відпочинку у відновленні працездатності м'язів.
4. Медико-біологічні засоби відновлення працездатності людини після фізичних навантажень. Лазня як засіб рекреації. Роль масажу у відновленні працездатності людини. Фармакологічні засоби відновлення фізичної працездатності.
5. Психологічні засоби рекреації і підвищення фізичної працездатності. Фізіологічні механізми аутогенного тренування. Різновиди аутогенного тренування. Идеомоторне тренування. Музика як рекреаційний засіб.

### ***В результаті вивчення матеріалу теми***

#### ***Ви повинні знати:***

- закономірності перебігу відновних процесів під час і після виконання фізичної роботи;
- біохімічні і фізіологічні механізми відновлення енергоресурсів організму, спричинені виконанням фізичних навантажень порогової і надпорогової величин;
- педагогічні, медико-біологічні, біохімічні і психологічні засоби прискорення перебігу відновних процесів після роботи;
- роль активного відпочинку і лазні як засобів рекреації.

**вміти:**

- класифікувати засоби, що сприяють відновленню функцій організму людини після фізичних навантажень;
- планувати використання рекреаційних засобів в оздоровчому тренувальному процесі;
- поєднувати різноманітні засоби рекреації для прискорення відновлення працездатності людини після виконання фізичної роботи та фізичного тренування.

**Основні терміни, поняття і скорочення**

*Активний відпочинок; аутогенне тренування (АТ); ванни: гіпертермічні, контрастні; відновні процеси; відновлення; вітамінні препарати; гетерохронність відновлення; гідротерапія; дегідратація; емоційно-вольова підготовка; засоби відновлення: медико-біологічні, педагогічні, психологічні, фармакологічні (біохімічні); ідеомоторне тренування (ІТ); кисневий борг (КБ); масаж: баночний, вібромасаж, дренажний, кріомасаж, пневмомасаж; оксигенотерапія; повільний компонент КБ; психом'язовий аутотренінг (ПМА); психом'язове тренування (ПМТ); психорегулююче тренування (ПРТ); психофізіологічна саморегуляція (ПФС); раціональне харчування; релаксація; седативні засоби; суперкомпенсація; терморегуляція; транквілізатори; фармакологічні засоби; швидкий компонент КБ.*

**5.1. Загальні закономірності відновлення функцій організму людини після роботи**

Прогресивне зростання фізичної підготовленості людини сьогодні неможливе без глибокого розуміння закономірностей перебігу відновних процесів після напруженої діяльності, без використання різноманітних засобів і прийомів, що прискорюють відновлення працездатності. Велике значення питанням відновлення працездатності приділяється і в системі соціальних, економічних та медичних заходів по зміцненню здоров'я і продовженню тривалості життя людини.

**Відновні процеси** — сукупність зворотних змін у функціональних системах організму, які брали участь у виконанні даної роботи. У відновному періоді з організму виводяться продукти

робочого метаболізму, відбувається відновлення енергосубстратів, пластичного матеріалу, окисних ферментів, гормонів, інших речовин. Проте відновлення — це не лише процес повернення організму до початкового рівня, — це конструктивний період перебудови організму, переходу до нового стану, якісно відмінного від доробочого. Цей новий стан, пов'язаний із зростанням функціональних можливостей організму, підвищенням його загальної і спеціальної працездатності.

При виконанні напруженої фізичної роботи відбувається мобілізація функціональної активності усіх систем організму і особливо тих, що забезпечують клітини киснем та сприяють виведенню продуктів обміну в довкілля. Цьому в значній мірі сприяє збудження симпатичної нервової системи.

Швидкість і тривалість відновлення більшості функціональних показників знаходяться в прямій залежності від потужності роботи: чим менша тривалість роботи, тим коротший період відновлення. Так, після швидкісної роботи (10–20 с) відновлення триває декілька годин, а після довготривалої (марафонського бігу) — чотири доби.

У відновному (післяробочому) періоді виділяють 4 фази (Я.М. Коц): 1) швидкого відновлення, 2) сповільненого відновлення, 3) надвідновлення (резервного відновлення), 4) тривалого (пізнього) відновлення. Перша і друга фази відновного періоду характеризується відновленням працездатності, зниженої внаслідок виконання роботи, в третій фазі працездатність вища від рівня, який був перед тренуванням, в четвертій фазі відбувається повернення працездатності до початкового (передробочого) рівня.

Відновлення функцій окремих органів і систем до рівня, що мав місце перед роботою, проходить *гетерохронно*. Перша фаза (фаза швидкого відновлення) в більшості випадків триває всього 6–8 хв (в цій фазі спрацьовують нейрогуморальні механізми регуляції функцій); друга — 60–80 хв і більше (тривале відновлення). Чим більш напруженою була робота, тим більш ефективною буде друга фаза відновлення, більш виразні структурні зміни. В цілому, про завершення процесів відновлення організму варто судити не за яким-небудь одним показником, а за якнайбільшою їх кількістю. Після напруженої і тривалої роботи перш за все завершується відновлення системи дихання, тоді — серцево-судинної системи, згодом — системи крові.

У фазі пізнього відновлення відбувається закріплення слідових реакцій від попередньо виконаної фізичної роботи. При цьому сумація слідових реакцій проявляється не лише у функціональних змінах органів і тканин, а й фіксується у вигляді морфологічних змін відповідних структур (конструктивні зміни) — фаза пізнього відновлення. Закріплення наслідків фази резервного відновлення (надвідновлення) енергосубстратів позначається терміном «*суперкомпенсація*» (М.М. Яковлев) .

Морфологічні зміни, спричинені систематичним повторенням фізичних вправ порогової і надпорогової величин, призводять до гіпертрофії і гіперплазії м'язових волокон, сприяють зростанню функціональних резервів органів і тканин (розвиток натренованості). Чим довше і інтенсивніше триває фаза резервного відновлення, тим швидше наростає натренованість, а отже і працездатність.

**Особливості перебігу відновних процесів у дітей та підлітків.** Відновні процеси після роботи протікають неоднаково швидко у дітей і дорослих. Час їх завершення визначається характером роботи. Після фізичних навантажень відновлення триває тим довше, чим менший вік досліджуваних. Це, ймовірно, і обумовлює відносно низьку витривалість дітей і підлітків в порівнянні з дорослими. Повільніше у дітей проходить відновлення і після статичних навантажень. Проте після навантажень на швидкість відновлення у школярів 11-16 років протікає швидше, ніж у дорослих, що зумовлено, більш інтенсивним перебігом відновних процесів в рухових нервових центрах кори мозку, більш високою пластичністю їх нервової системи.

Вікові особливості організму варто враховувати і при використанні педагогічних засобів для прискорення перебігу відновних процесів після фізичних навантажень. Так, активний відпочинок щодо підлітків, які виконували малоінтенсивну м'язову роботу, в порівнянні з дорослими виявився більш ефективним; при вираженій втомі, ефективність активного відпочинку у підлітків навпаки нижча, ніж у дорослих.

Досліджуючи закономірності виникнення і перебігу фізіологічних реакцій в організмі людини при виконанні різних за характером і потужністю фізичних навантажень, фізіологія збагачує нас знаннями особливостей функціонування органів і систем організму в умовах рухової активності, відкриває перспективи пошуків найбільш ефективних засобів боротьби з перевтомою, – методів підви-

щення загальної і спеціальної працездатності, збереження та зміцнення здоров'я.

### 5.2. Відновлення енергозапасів організму

Після роботи відбувається відновлення затрачених запасів кисню, фосфагенів (АТФ і КрФ), глікогену м'язів і печінки, глюкози крові. Відновлення жирових запасів залежить від величини надходження їх з їжею, а також від достатності вуглеводного забезпечення організму.

У відновному періоді спостерігається більш високе, ніж перед роботою (тренуванням), споживання кисню — **кисневий борг**. Кисень кисневого боргу (КБ) іде на відновлення витрачених під час роботи запасів кисню, зв'язаних з гемоглобіном крові і міоглобіном м'язів, — усунення (окиснення) молочної кислоти. Рівень споживання кисню на перших 2–3 хв після робочого періоду знижується дуже швидко (швидкий компонент КБ), тоді сповільнюється (повільний компонент КБ), досягаючи через 0,5–1 год рівня характерного перед виконанням вправ. Після інтенсивних навантажень КБ значно перевищує кисневий дефіцит.

Відновлення кисневого боргу у відновному періоді протікає не однаково швидко. На перших 2-3 хвиликах після роботи швидкість споживання кисню найбільша, — це алактатний або **швидкий компонент кисневого боргу**. В цей період кисень використовується в основному на відновлення фосфагенів в працюючих м'язах, на насичення гемоглобіну крові і міоглобіну м'язів. В наступному, лактатному періоді, відновлення енергоресурсів сповільнюється — це **повільний компонент кисневого боргу**. Кисень цієї частини кисневого боргу використовується головним чином для окисного ресинтезу глікогену із лактату крові, для підтримання ще повністю не відновлених функцій дихальної, серцево-судинної і інших систем організму.

Повільний компонент кисневого боргу триває до тих пір, поки споживання кисню не досягне доробочого рівня. Його середня тривалість — 30-60 хвилин. Проте відновлення глікогену в м'язах може продовжуватися більше двох діб, що в значній мірі залежить від характеру харчового раціону в період відновлення. При харчовому раціоні з високим вмістом вуглеводів (метод вуглеводного нагромадження) процес відновлення глікогену в м'язах після виснажувального навантаження завершується до кінця доби (Я.М.Коц). Вже через дві-три

добі спостерігається феномен суперкомпенсації. Вміст глікогену в м'язах і печінці при цьому перевищує доробочий рівень в 2-3 рази.

Дуже швидко у відновному періоді відновлюються запаси фосфагенів – КрФ, АТФ. Так, вже на 30 с після роботи відновлюється 70 % фосфагенів, за 3–5 хв — 100 %. Відновлення фосфагенів іде виключно за рахунок окиснення вуглеводів.

Відновлення запасів глікогену в м'язах залежить від рівня його використання в час роботи і характеру харчового раціону в післяробочому періоді. При значних витратах глікогену після роботи, його відновлення при звичайному раціоні іде дуже повільно і триває до двох діб. Процес відновлення глікогену значно прискорюється при споживанні людиною харчового раціону з високим вмістом вуглеводів (70 % і більше добових енергопотреб). Через 2–3 доби після напруженої і тривалої роботи рівень глікогену в м'язах і печінці може перевищувати доробочий рівень в 1,5–3 рази.

Зниження рівня молочної кислоти в крові, м'язах і міжтканинній рідині після роботи здійснюється шляхом її окиснення до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  (70 %), використання для синтезу білків (10 %), виведення через нирки і потові залози (1–2 %). Значно прискорюється відновлення рівня молочної кислоти в організмі при використанні після тренувань вправ активного відпочинку.

Позитивний вплив легкої роботи на окиснення молочної кислоти у відновному періоді пояснюється тим, що найбільша частина її окиснюється в повільних м'язових волокнах, які найбільш активні при малих навантаженнях.

### ***5.3. Класифікація засобів, що сприяють прискореному перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичних навантажень***

З метою прискорення перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичних навантажень використовуються найрізноманітніші засоби, кожний з яких специфічно впливає на організм. Умовно їх можна поділити на педагогічні, медико-біологічні (фізіотерапевтичні і фармакологічні) та психологічні (табл. 5. 1).



Таблиця 5.1

<b>Засоби, які прискорюють перебіг відновних процесів після м'язової діяльності</b>		
<i>Педагогічні</i>	<i>Медико-біологічні</i>	<i>Психологічні</i>
1. Рациональна побудова тренувальних занять: повноцінна розминка, індивідуалізація, створення позитивного емоційного фону, відновні вправи, різноманітність умов тренування тощо	1. Рациональне харчування	1. Психотерапія
	2. Гідротерапія, лазня (сауна)	2. Навіюваний сон
	3. Спеціальні вправи на розтягнення	3. М'язова релаксація
2. Рациональне планування тренувального процесу: оптимальна побудова мікро- і макроциклів, відновні цикли і дні профілактичного відпочинку, засоби переключення тощо	4. Масаж (сегментарний, точковий, кріо-масаж, баночний, перкусійний тощо)	4. Спеціальні дихальні вправи
	5. Спортивні тейпи	5. Індивідуальні і колективні психорегулюючі тренування
3. Оптимальні зовнішні умови	6. Оксигенотерапія, кисневі коктейлі	6. Зниження негативних емоцій
4. Рациональний режим життя	7. Голкорефлексотерапія, електропунктура	7. Створення комфортних умов побуту
	8. Фармакологічні препарати (лікарські препарати рослинного походження; вітамінні комплекси з мікроелементами та солями; білкові препарати тощо)	8. Різноманітність способів проведення вільного часу

**Педагогічні засоби відновлення працездатності** після попередніх напружених навантажень обумовлюють режим та оптимальну узгодженість навантажень і відпочинку упродовж тривалого часу. Вони включають в себе ряд вимог, пов'язаних з організацією тренувального процесу.

Серед педагогічних засобів, які сприяють перебігу відновних процесів, важлива роль належить **активному відпочинку**. І.М. Сеченов встановив, що відновлення працездатності втомлених роботою м'язів проходить швидше, якщо людина після роботи не відпочиває пасивно, а включає в діяльний стан м'язи, які не брали участі у попередній діяльності. Активний відпочинок — це можливість істотного підвищення ефективності відпочинку стомленого організму за рахунок фізичних вправ, які виконуються невтомленими м'язами. Встановлену особливість вчений пояснював тим, що загальмовані виконанням роботи рухові центри мозку здатні прискорено відновлюватись за рахунок неспецифічного впливу інших центрів.

Активний відпочинок, як потужний оздоровчий чинник, реалізує свою дію в двох взаємозв'язаних різних типах впливу: негайного і довготривалого (ефект кумуляції). Негайний ефект активного відпочинку забезпечує покращення функціонального стану організму безпосередньо в час використання активізуючого чинника і в найближчий період після нього. Кумулятивний ефект активного відпочинку характеризується розвитком стану адаптації до умов втомливої роботи (Є.Г. Булі, І. В. Мурахов, 1994).

Позитивний вплив активного відпочинку на перебіг відновних процесів і наступну працездатність найбільш виразно проявляється при навантаженнях, що викликають середню втому, при підключенні до роботи в період відпочинку м'язів-антагоністів, а також при зміні виду діяльності. Важливо враховувати, що чим виразніша втома після основної роботи, тим меншої інтенсивності повинно бути навантаження активного відпочинку, і навпаки. Має значення і ступінь фізичної підготовленості людини: чим вона вища, тим ефективніший активний відпочинок. Дуже цінні в період активного відпочинку вправи на розслаблення м'язів, гігієнічне плавання, біг в легкому темпі. При активному відпочинку можливості відновлення працездатності можуть збільшуватись в порівнянні з пасивним відпочинком в 4–5 разів. В ряді випадків, зокрема, коли активуюча діяльність сприймається організмом як додаткове навантаження, активний відпочинок може привести до зниження працездатності.

Виразний оздоровчий ефект від вправ активного відпочинку спостерігається тоді, коли ці вправи насичені руховими переключеннями (вправи із східних оздоровчих систем — тайузіцюань, ушу, йоги). З метою підвищення ефективності активного відпочинку до-

цільно збільшувати різноманітність вправ, ускладнювати їх координаційну структуру, використовувати емоційно-насичену музику.

Ефективність активного відпочинку значно зростає в несприятливих (екстремальних) умовах діяльності і при підвищенні або пониженні температури навколишнього повітря, підвищення або пониження атмосферного тиску тощо. Позитивний ефект активного відпочинку характерний і щодо розумової діяльності.

До педагогічних засобів, які посилюють ефективність перебігу відновних процесів в час м'язової діяльності, належить розминка. Недооцінка її ролі може бути причиною різноманітних травм опорно-рухового апарату, сповільненого впрацьовування і відносно запізненого встановлення стійкого стану працездатності. Розминка є складовою частиною підготовчої частини будь-якої роботи.

#### **5.4. Медико-біологічні засоби відновлення працездатності людини після фізичних навантажень**

З медико-біологічних засобів активізації відновних процесів, які сприяють підвищенню фізичної працездатності людини, в практиці оздоровчого тренування знайшли застосування такі: раціональне харчування, фармакологічні препарати і вітаміни, спортивні напої, білкові препарати, електростимуляція, фізіо- і гідротерапія, різні види масажу, бальнеотерапія, лазні, адаптогени і препарати, що активізують енергетичні процеси тощо (табл. 5.1).

**Раціональне харчування** — обов'язкова умова відновлення енергетичних ресурсів і забезпечення пластичної функції організму. Харчовий раціон людини повинен бути достатньо калорійним і мати всі необхідні організму мінеральні солі, органічні сполуки, вітаміни. У відповідності з біологічними особливостями людського організму рослинна їжа повинна складати не менше 60–70 % енерговартості всього харчового раціону.

**Оксигенотерапія** – більш швидке відновлення працездатності за допомогою додаткового надходження кисню. Особливо ефективна в умовах гіпоксії, яка завжди спостерігається при виконанні напруженої фізичної роботи.

Інгаляційна оксигенотерапія успішно використовується для нормалізації функції опорно-рухового апарату, при тривалих перевтомах, травмах, інших порушеннях стану здоров'я. При цьому додаткове надходження кисню в організм здійснюється не лише через дихальні

шляхи, а й локально — підшкірно і в порожнину суглоба. Активізуючи перебіг окисних процесів, така місцева оксигенотерапія посилює репаративну регенерацію пошкоджених тканин (в м'язах, шкірі, кістках, периферійних нервах), сприяє розсмоктуванню крововиливів, гематом, зменшує колагенізацію тканин, нормалізує обмін, попереджує розвиток склерозу синовіальної оболонки, дегенеративно-дистрофічних процесів в суглобній хрящовій тканині (В.І. Дубровський, 1991).

**Гідротерапія.** Дія гідропроцедур на організм пояснюється їх впливом на рецептори, розташовані в шкірі. Подразнення температурних і тактильних рецепторів шкіри позитивно впливає на відновлення оптимальних міжнейронних взаємозв'язків між окремими відділами мозку, активізує окисно-відновні реакції, поліпшує капілярний кровообіг в м'язах, підвищує спроможність м'язів до розслаблення. Ефект водних процедур значно зростає при перемінному використанні теплої і холодної води, а також при почерговій дії холодної води і гарячого повітря термокамери лазні. До водних процедур і температурних впливів організм майже не адаптується, тому ефект використання цих засобів відновлення зберігається тривалий час.

**Ванни.** Мета прийняття ванн може бути різна: гігієнічна, відновна, лікувальна. Гігієнічна ванна частіше є прісною, з температурою води 36–37 °С. Вона завжди використовується в час прийняття лазні і після тренувальних занять. Після гігієнічної ванни доцільним є дощовий душ з температурою води 33–35 °С.

Виражений тренувальний ефект щодо серцево-судинної системи характерний **для контрастних ванн**. Спочатку приймають теплу ванну (7–5 хв), тоді - холодну (1–2 хв). Бажано, щоб різниця температур гарячої і холодної води була не менше 5–10 °С. Холодні ванни після термокамери лазні сприяють загартуванню і є ефективним профілактичним засобом щодо простудних захворювань.

Для нормалізації функції опорно-рухового апарату та з метою профілактики перевтоми і травм використовують **гіпертермічні ванни** (для ніг, рук або нижньої частини тулуба) з температурою води 39–43 °С. Ефективність гіпертермічних ванн значно зростає при додаванні у воду різних лікарських добавок (ароматичні ванни).

З метою нормалізації діяльності ЦНС, при шкірних захворюваннях, місцевих болях (особливо ревматичного походження) використовують сірчані ванни (температура води 34–36°, тривалість процедури 10–20 хв., курс 10–12 ванн). Сірчані ванни бажано приймати не

частіше як через 2-3 дні. Після ванни бажано відпочити 24-30 хв, а тоді прийняти теплий душ.

При міозитах, артрозах, остеохондрозі, ефективними є скипідарні ванни. Для зняття втоми після тренувань і швидкого засинання рекомендуються ванни з настоєм висівок із сухого сіна. Аналогічно готують ванни з інших лікарських рослин — м'яти, ромашки, хвої, квітів липи тощо.

При захворюваннях опорно-рухового апарату для нормалізації функції вегетативної нервової системи та відновлення працездатності після напруженої роботи, ефективними є газові (вуглекисла, сірководнева, киснева, азотна, перлинна, родонова) і парові ванни (в закриту ванну або дерев'яну бочку по трубках підводять гарячий пар).

Останнім часом все частіше для зняття втоми і відновлення працездатності людини після напружених занять використовують метод флюїдо- або гідропунктури — стимуляція акупунктурних точок струменем води під тиском 1,86 атм. За своєю дією гідропунктура більш природна, ніж уколи голки при акупунктурі; її використовують з метою профілактики неврозів, лікуванні хронічних травм і захворювань опорно-рухового апарату.

#### ***5.4.1. Лазня як засіб рекреації***

Ефективним методом тренування терморегуляторних механізмів, підвищення імунної реактивності організму та направлено розвитку рухових здібностей є систематичне відвідування лазні. Термопроцедурам лазні належить особлива роль серед заходів, які прискорюють перебіг відновних процесів після фізичних навантажень. Загальновідома роль лазні як лікувально-профілактичного та оздоровчого заходу.

Проте варто пам'ятати, що мікроклімат лазень, окрім оздоровчолікувального, може бути причиною розвитку третьої фази стресу – фази виснаження з її негативними наслідками. Оздоровчотренувальний ефект лазні, як і фізичного тренування, проявляється при використанні нормативних (порогових, середніх і рідше максимальних) величин термонавантажень. Як і при фізичному тренуванні, тут обов'язково належить дотримуватися педагогічних принципів систематичності, прогресування та індивідуалізації.

Важливою є компенсаторна роль лазні, як чинника, що тонізує вегетативну нервову систему і прискорює перебіг відновних процесів в м'язах та системах енергозабезпечення діяльності. Активні подраз-

нення екстеро- та інтерорецепторів в умовах лазні (термокамера, душ, контрастні ванни, басейн, масаж, розтягнення тощо) покращують функціональний стан системи кровообігу, дихання, теплообміну тощо. Подразнюючи розташовані в шкірі людини рецептори, термо- і гідропроцедури сприяють формуванню оптимальних міжнейронних взаємозв'язків між окремими відділами мозку, посилюють окисно-відновні реакції, поліпшують капілярний кровообіг, сприяють розслабленню м'язів. Саме тому після лазні людина відчуває стан піднесеного настрою, легкості та впевненості в своїх силах. Наслідком систематичних відвідувань лазні є підвищення імунної реактивності організму, зниження випадків захворюваності, значне зростання працездатності.

Чинники лазні (тепло, волога тощо) сприяють більш швидкому відновленню клітин шкіри, знищують мікроорганізмів, які знаходяться на тілі людини, відкриваючи та прочищаючи пори шкіри, покращують її функціональні можливості. В умовах напруженої діяльності в спекотних умовах висока термореактивність є важливою передумовою підтримання високого рівня працездатності. Відома роль сауни як ефективного засобу позбавлення зайвої маси тіла.

Поєднання термопроцедур з гідропроцедурами, масажем та розтягненням м'язів, є ефективним засобом профілактики та лікування захворювань, пов'язаних з відкладанням солей в суглобах, міжхребцевих дисках, стінках кровоносних судин тощо.

Недоліком термокамери сауни є те, що повітря в ній майже нерухоме. В процесі експлуатації воно швидко збагачується вуглекислою, а інколи і чадним газом. Як наслідок, через короткий проміжок часу у термокамерах таких лазень утворюється ефект задухи. Вказаний недолік значно знижує оздоровчу дію лазні і гальмує її примінення в практиці фізичного виховання та реабілітації хворих.

Сауна є одним із методів, який дозволяє корегувати підвищену реакцію на біометеорологічні зміни у хворих з патологією суглобів. Вона виявляє позитивний ефект при інфекційних або параінфекційних артритах, міопатіях і підвищеній втомі м'язів, при вірусних захворюваннях (М. Матей, 1985). Ефективним є використання сауни при порушеннях постави, підвищенім тонусі м'язів, позасуглобнім ревматизмі, після травм суглобів і м'язких тканин опорно-рухового апарату. Завдяки своїй доступності сауна може бути ефективним методом підтримання доброго функціонального стану хворих анкілозуючим спонділітом (хвороба Бехтерева).

Першочерговою реакцією організму на термонавантаження сауни є активізація процесів обміну речовин і енергії. Вивільнена енергія зразу ж перетворюється в тепло, рефлекторно відкриваються і розширюються капіляри шкіри, посилюється тепловіддача потовиділенням. Разом з потом в навколишнє середовище віддається не лише тепло, а і кінцеві продукти обміну. Температура лазні, зумовлюючи підвищення температури тіла людини, сприяє більш активному використанню в якості енергосубстрату холестерину, що є ефективним профілактичним засобом проти атеросклерозу.

Великі перепади температури повітря між природним повітряним середовищем, кімнатою відпочинку і термокамерою викликають почергове звуження і розширення кровоносних судин шкіри. Виразність перебігу цих двох фаз функціонального стану кровоносних судин визначається рівнем перепаду температур і вологості повітря. Активізуючи серцеву діяльність і розширюючи периферійні судини шкіри і підшкірної клітковини, лазня попереджує застійні явища крові, активізує механізми використання депонованої крові. Перерозподіл крові, який виникає в умовах дії чинників лазні позитивно впливає на венозний тиск і лімфообіг, поліпшує еластичність і пружність шкіри. Збільшення кровообігу в шкірі сприяє прискореному розсмоктуванню запальних інфільтратів, виведенню патологічних метаболітів через органи виділення.

Значно зростає навантаження на серцево-судинну систему при поєднанні лазні з холодними процедурами (обливання після відвідування термокамери лазні холодною водою, купання в басейні з холодною водою або в ополонці озера). Додаткове навантаження на систему кровообігу створюється за умови відвідування термокамери лазні з високою вологістю. Тому людям з порушеннями функцій системи кровообігу необхідно остерігатись різкого охолодження і тривалого перебування в лазні з високою вологістю повітря (О.О. Бірюков, 1987, 1989).

За даними В.М. Боголюбова (1985) в період перебування в термокамері російської лазні і в перші 5 хвилин після неї, у здорових осіб діастолічними артеріальний тиск істотно знижується, а систологічний майже не змінюється, ЧСС зростає до 160 ск/хв, систологічний об'єм крові – до 180 мл, периферійний опір зменшується на 40%. Прийняття лазні хворими гіпотонією зумовлює зростання кров'яного тиску; у гіпертоніків після лазні кров'яний тиск, навпаки, знижується.

При погіршенні самопочуття, наявності будь-яких неприємних відчуттів в ділянці серця (біль, відчуття тиску, завмирання серця, значне підвищення діастологічного тиску і ЧСС), належить покинути лазню і проконсультуватись у лікаря щодо доцільності прийняття такої процедури.

Тепло сауни сприяє релаксації тканин, які забезпечують вентиляцію легенів, поліпшує рухливість реберно-хребтових суглобів, розширює бронхи, зменшує напруження дихальних м'язів, збільшує еластичність тканинних структур грудної клітки і легень.

Сауна виявляє вираз профілактичний вплив щодо виникнення банальних респіраторних інфекцій. Підвищуючи специфічну реактивність слизової оболонки порожнини носа, гаряче повітря сприяє зменшенню виділення секретів носа. Після сауни хворі рідше кашляли, в їх легенях зменшувалась або зовсім зникали хрипи і шуми.

**Використання лазні з метою зростання резервів терморегуляції та згонки маси тіла.** Перебування в термокамері лазні призводить до підвищення температури усіх ділянок шкіри, підшкірного жирового шару і м'язів. Температура ядра тіла при цьому досягає 38-40°C, оболонки – 44-50°C. Втрата маси тіла при одноразовому відвідуванні термокамери сауни, визначена за допомогою зважування, становить 500 г і більше. Звичайно величина дегідратації організму залежить від тривалості перебування в парній і від систематичності її відвідування. Так, у осіб, які регулярно відвідують сауну втрати маси тіла значно вищі (15-20 г/м<sup>2</sup> за 1 хв), ніж у тих, які її відвідували вперше (10 г/м<sup>2</sup> за 1 хв). Значне посилення потовиділення спостерігається за умови, коли температура шкіри досягає 41°C.

Форсована втрата маси тіла в процесі комплексної дегідратації (дієта, сауна, інтенсивні фізичні навантаження) веде до зниження рівня глюкози в крові, збільшення в ній вмісту сечової і пірвовиноградної кислоти. Зменшення запасів глікогену в тканинах дегідратованого організму приводить до використання вуглеводних та жирних джерел енергії.

Форсоване зменшення маси тіла, викликане дегідратацією призводить до збільшення в крові бета-ліпопротеїдів, загальних ліпідів, холестерину, фосфоліпідів і ефіров'язаних кислот. Про прискорене використання ліпідів в умовах дегідратації свідчить поява кетонів в сечі. Значна кетонурія викликає розчинення структурних ліпідів клітин, перспіраторний ацидоз з одночасним гальмуванням окисних процесів.



Як і при фізичному навантаженні, виражена дегідратація викликає зростання в крові вмісту загального білку, залишкового азоту, креатину, креатинину, сечовини (К.П. Левченко). Оскільки підвищення рівня сечовини в крові відповідає ступеню дегідратації організму, то даний показник, як критерій рівня зневоднення організму, доцільно враховувати при дозуванні дегідратаційних заходів.

При виконанні фізичної роботи на фоні дегідратації вище зазначені зрушення гомеостазу значно посилюються, що необхідно брати до уваги при дозуванні фізичних навантажень після форсованого зменшення маси тіла. В умовах гіпергідратації, прискорюючи початок потовиділення, м'язова робота сприяє більш ранній стабілізації теплового балансу організму.

Активізація обміну речовин при форсованій дегідратації організму, в умовах інтенсивного використання термокамери лазні є основною причиною порушення гомеостазу та зниження фізичної працездатності людини. Після форсованого зменшення маси тіла тривалість відновлення фізіологічних функцій збільшується. Цю обставину необхідно враховувати при плануванні тренувальних навантажень – вони (навантаження) повинні бути тим меншими, чим більша ступінь дегідратації була досягнута.

В першій фазі термічної дегідратації об'єм крові внаслідок компенсаторного перерозподілу вологи довго не змінюється або навіть збільшується за рахунок переходу вологи з тканини в кров'яне русло. Втрата води плазмою крові за таких умов здійснюється шляхом швидкої мобілізації депонованої води. Для корекції викликаних гіперемією зрушень обмінних процесів, після лазні необхідно дотримуватись вільного питтєвого режиму. При обмеженому споживанні води відновлення біохімічного гомеостазу значно затримуватиметься.

Фізіологічний механізм позбавлення надмірної маси тіла з допомогою лазні полягає у активізації окисних процесів, значному посиленні потовиділення. Висока ефективність дегідратуючої терапії для повних людей зумовлена її специфічною дією на водно-електролітний обмін. Відзначаючи відносний характер гідратації при ожирінні, варто використовувати дієти з фізіологічним вмістом солі та вологи.

Обмеження щодо прийняття води в умовах значної дегідратації організму (після сауни, інтенсивних фізичних навантажень) можуть

викликати затримку шлаків в організмі і сприяти утворенню каміння в нирках, – посиленню процесів згортання крові (тромбоутворення). Навпаки, довготривалі і інтенсивні теплові навантаження з наступним повним (часто надмірним) відновленням витрат води, зумовлюючи посилене виведення солей з організму, можуть викликати порушення діяльності нервової системи, дратівливість, інколи судомні скорочення литкових м'язів і навіть напади «тропічного психозу». При цьому зменшується сечоутворення і сечовиведення, збільшується питома вага сечі.

Таким чином, оскільки форсована дегідратація призводить до порушень обміну речовин, необхідно практикувати поступову і м'яку дегідратаційну терапію, при якій зміни обмінних процесів менш виразні. Використання сауни необхідно регламентувати, не допускаючи надмірних втрат води, особливо особам, які користуються саунотерапією вперше.

З метою посилення дегідратаційного ефекту, що сприяє позбавленню зайвої маси тіла, після термокамери сауни не слід охолоджуватись в басейні або під холодним душем. Холодові процедури рефлекторно гальмуватимуть потовиділення. Для посилення потовиділення після термокамери бажано облитись теплою (гарячою), а не холодною водою, тепло вкритись і 20-30 хвилин пасивно відпочити. Перед наступним відвідуванням термокамери приймають теплий душ і витираються насухо. Для більш глибокого прогрівання доцільно користуватися березовим або дубовим віником.

При згонці ваги не варто плавати в басейні, виходити в холодне приміщення. Адже подразнення холодних рецепторів спричиняючи рефлекторне звуження периферійних капілярів, гальмуватиме потовиділення.

Враховуючи інерцію процесів теплорегуляції, відвідування термокамери лазні має бути більш частим та менш тривалим. Це дозволить без особливих вольових напружень досягти естетично-оздоровчого ефекту. Втрати води при такому режимі використання термокамери не менші, а в ряді випадків навіть більші, ніж при більш тривалих перебуваннях в парній.

Для активізації процесів потовиділення, перед відвідуванням термокамери лазні, сухе тіло натирають дрібною сіллю, медом або спиртом. Натирання тіла спиртом слід проводити безпосередньо в термокамері лазні. Тут воно проходить безболісно і майже не відчу-

вається. Ефективними щодо дегідратації організму за таких умов є перші 5-10 хв після термокамери. В цей період тепловиділення значно активізується і часто буває навіть інтенсивнішим, ніж в термокамері. Піт з шкіри збирають за допомогою скребка, поролону або простої мильниці. Відпочивати після термокамери доцільно лежачи, загорнувшись в махрову простиню або одягнувши теплий халат.

Включаючи сауну в арсенал оздоровчо-тренувальних заходів, обов'язково належить визначити конкретну мету, з якою планується її використання. Якщо сауна призначається для ліквідації втоми, то безпосередньо після навантаження необхідно відновити втрати води, прийняти легку їжу і пасивно відпочити. В залежності від самопочуття тривалість часу з моменту закінчення роботи до прийняття сауни може становити від однієї-двох годин до однієї доби. Бажано приймати сауну за 2-3 години після обідньої пори, щоб з її завершенням, після легкої вечері, відійти до сну. Якщо ж сауна приймається до обіду, то після неї необхідно 2-3 години пасивно відпочити.

Питання можливості відвідування сауни людьми, що захворіли, вирішує лікар. Адже передчасне призначення сауни або невірної підібраний режим її використання не сприятиме виздоровленню, а навпаки, може призвести до втрати здоров'я.

Безпосередньо після фізичних навантажень (в період фази швидкого відновлення) режим знаходження в сауні має бути помірним. Не годиться відвідувати сауну після надмірно високих навантажень, або після тривалих фізичних тренувань середньої і навіть малої інтенсивності. Після таких тренувань необхідно компенсувати втрати води та солей і відвідувати сауну не раніше, ніж через 1-2 год після тренування.

Сухоповітряні лазні в поєднанні з ароматотерапією широко використовуються в практиці лікування простудних захворювань. З цією метою стіни термокамери поливають настоєм евкаліпта, шалфея, подорожника, ромашки, хвої ялини або ялиці. Повітря, насичене летючими ефірними маслами ароматичних трав, позитивно впливає на слизові оболонки дихальних шляхів, вегетативні органи і ЦНС, що широко використовується для прискореного відновлення працездатності людини після напруженої фізичної роботи, зокрема для нормалізації функції нервової системи.

#### **5.4.2. Роль масажу у відновленні працездатності людини**

Масаж є досить ефективним і в той же час простим методом зняття втоми і відновлення працездатності. Він широко використовується в як засіб реабілітації після напружених тренувальних і фізичних навантажень, після травм і захворювань. Оскільки організм людини може звикати до масажу, його необхідно час від часу поєднувати з фізіо- та гідротерапією.

Відновний масаж виконується через 1-2 год після фізичної роботи, його середня тривалість – 30 хв. Ефективність відновного масажу значно зростає, якщо його проводити в затемненій кімнаті в супроводі музики або кольоромузики. Загальний масаж роблять в такій послідовності: спина, задня поверхня нижніх кінцівок, передня поверхня нижніх кінцівок, груди, руки і живіт. Основну увагу приділяють травмованим частинам тіла і м'язам, які виконували найбільше навантаження. При виразній втомі відновний масаж повинен бути менш тривалим. Особливо ефективними прийомами відновного масажу є поглажування, розтирання, розминання та вібрація.

*Сегментарний масаж.* Це різновидність рефлекторного масажу. Основними прийомами сегментарного масажу є розтирання і розминання. Суть розтирання полягає в зміщенні, або розтягненні тканини в різних напрямках. Розрізняють ряд різновидностей розтирання.

Розтирання – «сверління» виконується II-IV пальцями правої або лівої руки (або двома руками), при масажі сегментарних зон спини масажист кладе руку так, щоб хребетний стовп знаходився між великим і іншими пальцями; великий палець виконує роль опори, а II-IV пальцями виконують колові гвинтоподібні рухи в напрямку до хребтового стовпа з зміщенням усіх тканин.

*Розтирання «пилка».* Великий і вказівний пальці обох рук розташовують по бокам хребта так, щоб між ними утворилась шкірна складка. Обома руками роблять пилкоподібні рухи в протилежних напрямках. Даним методом піддають масажу всю спину (знизу вверх).

*Розтирання остистих відростків хребта.* Перший та другий пальці обох рук розташовують так, щоб між ними знаходився один остистий відросток. Після цього виконують дрібні колові рухи, направлені в протилежні сторони, в глибину, між остистими відростками поряд розташованих хребців.

*Розтирання методом «зсування».* Шкіру захоплюють на ділянці двох-трьох хребців пальцями обох рук і зміщують її знизу вгору, перебираючи пальцями. Даний спосіб має багато різновидів.

*Розтирання в підлопатковій зоні.* Лівою рукою масажист фіксує ліве плече, а правою виконує розтирання кінчиками пальців по краю лопатки і під нею. Ліва рука пацієнта при цьому знаходиться на поперековому відділі хребта.

Існує декілька різновидів *розминання*: розминання натисканням (виконується подушечками великих пальців), розминання поціпуванням (шкіра збирається в складку з наступним коловим повертанням пальців), розминання розтягуванням тощо.

*Масаж ногами* (10-20 хв). Його доцільно проводити при масажі людей великої ваги, а також особам з підвищеним м'язовим тонутом. Ефективність масажу ногами значно зростає, якщо його проводити після відвідування лазні, покривши спину пацієнта простирадлом. Розминання м'язів приводять від поясниці до шийного відділу. Після масажу ногами проводять масаж руками.

*Масаж у воді.* Ефективність масажу у воді зростає при додаванні у воду екстракту хвої, морської солі, настою ромашки, аїру тощо. Існує ряд різновидів масажу у воді – масаж руками, масаж у воді з щітками, масаж у воді струменем води з підвищеним тиском (пневмогідромасаж) тощо.

При простудних захворюваннях доцільно проводити масаж, який сприяє зниженню температури тіла. Зниження температури тіла хворого, якому зробили масаж, зумовлено покращенням мікроциркуляції в шкірі, м'язах і легенях, що в свою чергу активізує тепловиділення і тепловіддачу.

Вихідне положення пацієнта – лежачи. В якості масажних прийомів використовують поглажування, розтирання, розминання, сегментарний і перкусійний масаж. Піддаючи масажу грудну клітку, виконують прийоми активуючі дихання (стискання грудної клітки на видиху). При масажі у вечірню пору процедуру завершують розтиранням з розігрівачими мазями. Тривалість масажу – 5-15 хв. У перші дні його доцільно проводити декілька разів на день. Після масажу хворому дають склянку гарячого чаю з лимонником китайським або лимоном і добре утеплюють.

*Баночний масаж.* Фізіологічний механізм лікувальної дії банок полягає в подразненні рецепторів шкіри створеним в банці вакуу-

мом. Баночний масаж сприяє активізації крово- і лімфообігу, покращує дихання шкіри, знижує температуру тіла. Перед процедурою поверхню тіла, яку масажуватимуть, змащують розігрітим маслом – вазеліновим, евкаліптовим, сонячниковим, ялівцевим тощо. Тоді беруть банку ємністю 200 мл, вводять в неї на одну-дві секунди стержень з запаленою ватою, попередньо змоченою в ефірі або спирті і, швидко забравши стержень, банку негайно прикладають до шкіри. Після цього присмоктаючу до шкіри банкою роблять різнонаправлені ковзаючі рухи від поясниці до шийного відділу хребта. При остеохондрозі, спондиліозі, хронічному попереково-куприковому радикуліті та інших захворюваннях хребта присмоктаючу банкою рухають від поясниці до шиї, відступаючи 2-3 см від остистих відростків; при бронхіті, пневмонії та інших простудних захворюваннях – банкою проводять від нижніх кутів лопаток до плеча (на спині) та по боковим поверхням грудної клітки, а також від саблевидного відростка грудної кістки до плеча. Після масажу хворого вкривають ковдрою, дають склянку гарячого потогінного чаю. Баночний масаж проводять щодобово або через добу, тривалість сеансу – 5-15 хвилин.

*Кріомасаж* (масаж льодом). Холод (лід, сніг, холодна вода) є високоєфективним лікувальним засобом. При його дії на тіло відбувається спазм дрібних судин, знижується їх проникність, зменшується збудливість нервових закінчень, сповільнюється кровообіг, попереджується виникнення набряків, зменшується біль при травмах, розтягненні тканин тощо.

Масаж льодом (або аплікації) використовують при гострих травмах сухожилок, зв'язок, хронічному остеохондрозі хребта, плечопаточному поліартриті, артрозі колінних суглобів тощо.

Для кріомасажу готують целофанові мішечки, наповнені льодом (воду в мішечках заморожують завчасно в морозильній камері холодильника). Перед виконанням кріомасажу травмовану ділянку трохи піднімають, а тоді роблять розтирання льодовим мішечком. Тривалість кріомасажу – 5 хвилин. Целофанові мішечки з льодом можна прикласти до травмованої ділянки і зафіксувати бинтом на 10-15 хвилин. В перші дні такі процедури повторюють через кожні 2-3 години, згодом – чергують масаж льодом з тепловими процедурами, ваннами, ще пізніше – з спеціальними вправами. При відсутності больових відчуттів і відсутності набряку травмовану ділянку фіксують еластичним бинтом (тейкують).

*Дренажний (відсмоктувальний) масаж* використовується при набряках, лімфостазі. При масажі одних ділянок тіла, відбувається компенсаторне посилення крово- і лімфообігу інших ділянок, які не піддавались масажу. Це необхідно враховувати, плануючи проведення масажу особам з травмованими ділянками тіла, на які накладена шина, гіпсова пов'язка тощо.

*Вібромасаж.* Проводиться з допомогою вібратора. Спочатку піддають масажу м'язи спини, задньої поверхні ніг, тоді – м'язи передньої поверхні нижніх кінцівок, м'язи рук, грудей, живота.

Відновний вібромасаж (колові, зигзагоподібні рухи) проводиться з малими частотами (5-15 Гц) і великою амплітудою вібратора, 2-3 рази упродовж тижня по 15-25 хв. З метою рефлекторної дії на наднирники масажу піддають поперекову зону.

*Пневмомасаж* (вакум-масаж). Принцип роботи апаратів для пневмомасажу полягає в почерговому підвищенні та пониженні тиску повітря в масажному аплікаторі (колоколі), який накладається на відповідну частину тіла і з'єднується шлангом з приладом. Рух аплікатора по завчасно змащеній вазеліном (масажним кремом) поверхні тіла здійснюють по ходу лімфатичних і кровоносних судин (вздовж, поперечно, зигзаго-і спіралеподібно). Тривалість вакум-масажу 15-20 хвилини.

Пневмомасаж використовують при лікуванні радикуліту, невралгії, міозиту тощо. Протипоказаний даний вид масажу при тромбофлебії, запальних процесах на шкірі, серцево-судинній недостатності II-III ступеня за Г. Лангом, гематомах і лімфостазах, гострих травмах опорно-рухового апарату (В.І. Дубровський, 1991).

При використанні масажу в якості засобу, прискорюючого відновлення після фізичних навантажень у дітей та підлітків, необхідно враховувати незавершеність формування скелету, слабкість зв'язкового апарату і м'язів, незавершеність дозрівання нервової і вегетативних систем, гетерохронність розвитку окремих фізіологічних систем тощо.

Суттєво впливають на психіку підлітків та розвиток рухових якостей залози внутрішньої секреції, що проявляється в посиленні реактивності вегетативної нервової системи, посиленні процесів збудження, підвищеній чутливості до болю при травмах.

В заняттях з юними спортсменами використовують усі види масажу. Проте тривалість процедур, сила їх впливу повинні бути зменшеними; такі прийоми масажу як рублення і вдаряння не використовують взагалі. Більш послаблено необхідно виконувати такі

прийоми, як витискування і глибоке розминання. Недоцільно виконувати масаж щітками у ванні, а також в лазні, оскільки резерви серцево-судинної системи юних спортсменів ще не достатньо високі і масаж за таких умов може бути додатковим навантаженням на серце.

### **5.4.3. Фармакологічні засоби відновлення фізичної працездатності**

Різноманітні фармакологічні засоби, особливо рослинного походження, широко використовують для прискорення перебігу відновних процесів після напруженої діяльності, а також при гострих і хронічних формах перевтоми, хворобливих станів.

**Вітамінні препарати.** Недостача вітамінів в організмі призводить до зниження працездатності, швидкого настання втоми, розвитку хворобливих станів. Для їх попередження використовуються такі комплексні вітамінні препарати і окремі вітаміни (В.І. Дубровський, 1991):

*Ундевіт* – рекомендується спортсменам, які на тренуваннях розвивають загальну витривалість (по 2 драже двічі на день упродовж 15 днів) і швидкісно-силові якості – по 2 драже двічі на день упродовж 10 днів, тоді по 1 драже двічі на день упродовж 20 днів.

*Аеровіт* – по 1 драже один раз в день (курс 30 днів).

*Глутамевіт* – по 1 пігулці тричі на день в період великих навантажень, при роботі в несприятливих гірських умовах, зокрема в умовах середньо- і високогір'я, а також в спекотну погоду. Препарат містить в собі 10 різних вітамінів, глютамінову кислоту, йони Кальцію, Фосфору, Феруму, Купруму, Калію.

*Декамевіт* – використовується при великих навантаженнях, порушеннях сну, неврозах. Виявляє тонізуючу дію на нервову систему, посилює захисні функції організму. Доза: по 1 пігулці двічі на день.

*Комплекс вітамінів В* – по 1 ампулі або по одній пігулці двічі на день. Рекомендується спортсменам, які тренуються в умовах спекотного клімату.

*Віваптон* – по 1 капсулі двічі на день. Містить в собі вітаміни С, А, РР, Е, вітаміни групи В, мікроелементи.

*Тетравіт* – 1 пігулка 2-3 рази на день. Рекомендується після інтенсивних фізичних навантажень, при тренуваннях в умовах підвищеної температури середовища.

*Аскорутин* – використовується при фізичних навантаженнях на витривалість. До складу аскорутину входить 0,05 г аскорбінової кислоти, 0,025 г рутину, 0,2 г глюкози. Доза – по 1 пігулці тричі на день.



*Цинокобаламін і фолієва кислота* – стимулює кровотворення, бере участь в синтезі амінокислот і нуклеїнових кислот. Препарат показаний при анемії, дефіциті вітаміну  $B_{12}$  і фолієвої кислоти. Рекомендується спортсменам, які тренуються в умовах середньогір'я, людям з надмірною масою тіла. Доза – по одній пігулці 2-3 рази на добу.

*Аскорбінова кислота* (вітамін С). Стимулюючи перебіг окисних процесів, сприяє розвитку витривалості, посилює відновлення функцій після тренувань і змагань, є профілактичним засобом при гострих захворюваннях верхніх дихальних шляхів, отруєннях, фурункульозі тощо. Потреба в аскорбіновій кислоті особливо відчутна взимку і навесні, що обумовлено низьким її вмістом в харчових продуктах цих пір року. Доза – по 0,5 г тричі на день.

*Токоферолу ацетат* (вітамін Е) – регулюючи окисні процеси, сприяє накопиченню АТФ в м'язах, підвищує працездатність. Наслідком токоферольного гіповітамінозу є порушення периферійного кровообігу, м'язова слабкість, руйнування еритроцитів тощо. Доза: 15-50 мг двічі на день упродовж 5-10 днів. Спортсменам в стані перенапруженості – по 1 чайній ложці 5-10 % (для внутрішньом'язового введення по 1 ампулі) на день упродовж 10-15 дб.

*Кальцію пангамат* (вітамін  $B_{15}$ ) – використовується для прискорення відновних процесів після напружених тренувань, при наявності перенапружень міокарду, больових печінкових і ниркових синдромах. Вітамін  $B_{15}$  підвищує стійкість організму до гіпоксії, покращує використання кисню тканинами, посилює синтез креатинфосфату і глікогену в м'язах. Доза: 150-200 мг на добу за 4-6 днів до виконання навантаження.

*Піридоксальфосфат* – коферментна форма вітаміну  $B_6$  (піридоксину) – сприяє збільшенню кількості глікогену в печінці, зменшує інтоксикацію від іонізуючої радіації. Препарат використовують при хронічному гепатиті, ураженнях периферичної нервової системи, вестибулосенсорних порушеннях (1 пігулка тричі на день).

*Протигіпоксидні засоби.* До них належить ряд речовин специфічної дії – цитохром-с, аскорбінова, аспарагінова, глутамінова, пантотенова, фолієва кислоти та інші. Прийняття цих препаратів сприяє підвищенню резистентності організму до гострої гіпоксії, підтриманню (посиленню) працездатності в умовах кисневої недостатності, покращенню загального самопочуття.

Бемітол – по 0,25 г упродовж 2-3 тижнів або по 0,5 г упродовж 10 днів; глутамінова кислота – 1-2 пігулки після навантажень; гуті-

мін – по 1-2 пігулки після навантажень, по 2-3 пігулки за 1-1,5 год до виконання роботи; цитамін (внутрішньом'язово по 1 ампулі), як засіб відновлення, особливо після інтенсивних навантажень.

**Препарати, які стимулюють енергетичні і метаболічні процеси**

*Аспаркам* – містить в собі калій і магній аспарагінат. Нормалізує електролітний дисбаланс в організмі, сприяє проникненню йонів Калію і Магнію у внутрішньоклітинне середовище, знижує збудливість міокарда, володіє протиартритними властивостями. Рекомендується для вживання по 1-2 пігулки тричі на день з метою попередження перевтоми, при навантаженнях в спекотному кліматі, при згонці маси тіла.

*Аденозинтрифосфорна кислота (АТФ)* – особливо ефективна для нормалізації коронарного та мозкового кровообігу, активізації роботи серцевого і скелетних м'язів. Вводиться внутрішньом'язово по 1 мл однопроцентного розчину щодобово упродовж 20 днів.

*Аміналон (геммалон)* – оптимізує перебіг процесів обміну речовин і енергії в нейронах головного мозку. Рекомендується людям з черепномозковими травмами, при безсонні, запамороченні, артеріальній гіпертензії. З метою підвищення працездатності а також при травмах приймають 2-3 пігулки на добу упродовж 10-15 днів.

*Бенфотіамін* – по 1 пігулці тричі на день після прийняття їжі: при обмеженому вмісті в харчових раціонах вітамінів групи В, астеноневротичному синдромі, вегетосудинній дистонії, захворюваннях печінки, серця.

*Глутамінова кислота* – приймається при великих фізичних і психічних навантаженнях по 1 пігулці 2-3 рази на день після вживання їжі упродовж 10-15 днів.

*Карнітину хлорид* – анаболічний засіб негормональної природи. Приймається по 1-2 чайній ложці, 2-3 рази на добу при погіршенні апетиту, зменшенні маси тіла, фізичному виснаженні, травмах.

*Калію оротат* – при гострих і хронічних перенапруженнях серця, больовому печінковому синдромі, аритмії – по 0,5 г 2-3 рази на добу. Препарат має виражену антидистрофічну дію, а тому рекомендується як профілактичний засіб при великих фізичних навантаженнях. При тривалому споживанні можливі алергічні реакції.

*Кальцію гліцерофосфат*. Посилює анаболічні процеси, використовується з метою прискорення відновних процесів і попередження перенатренованості. Доза: 0,1-0,3 г, 2-3 рази на добу.

*Кобаламід* – сприяє засвоєнню білків, вуглеводів та жирів, в

якості природної коферментної форми вітаміну В<sub>12</sub> бере участь в багатьох ферментативних реакціях життєзабезпечення організму. Вживається при анемії, захворюваннях периферичної нервової системи, астеничних станах по 1 пігулці 3-4 рази на добу. Кобаламід рекомендується приймати разом з карнітином, запиваючи розчином шипшини, що містить в собі вітамін С.

*Кокарбоксілаза* – призначається людям, які страждають перенапруженням міокарда, що спричинені виконанням тривалої інтенсивної фізичної роботи, порушенням серцевого ритму та коронарного кровообігу. Доза – 0,05-1 г щодобово (внутріш'язово) упродовж 10-15 днів. Кокарбоксілазу часто призначають разом з АТФ.

*Компламін* – прискорює перебіг окисних процесів в тканинах, посилює капілярний кровообіг в працюючих органах. Призначається по 1 драже 2-3 рази на день при травматичних пошкодженнях мозку, мігрені, «забитості» м'язів, аноксії тканин.

*Ліпоцереби* – фосфоліпідний препарат, отриманий з мозкової тканини великої рогатої худоби. Рекомендується приймати по 1 пігулці тричі на добу упродовж 10-15 днів при напружених фізичних навантаженнях, недокрів'ї, гіпотонії.

*Неотроніл* – нормалізує обмін речовин в нервових клітинах головного мозку. Приймається по 1 капсулі тричі на день, упродовж 10-12 днів для зняття втоми, а також після травматичних пошкоджень.

*Панангін* – призначається при серцевій аритмії, синдромі перенапруження міокарду по одному драже 2-3 рази на добу (курс 10-15 днів).

*Пантокрин* – рідкий спиртовий екстракт з пантів морала, ізюбра і плямистого оленя. Приймається по 30-40 крапель прийняття до їжі, 2-3 рази в день або підшкірно по 1 мл на добу упродовж 10-12 днів при гострій формі аритмії, інтенсивних навантаженнях. Споживання пантокрину рекомендується одночасно з оротатом калію. Пантокрин протипоказаний гіпертонікам.

*Ферроплекс* – включає сульфат заліза і аскорбінову кислоту. Рекомендується в період напружених навантажень та анемії по 2 драже 3 рази на день після прийняття їжі.

*Фосфен* – вживається при перевтомі, анемії, неврастенії, при тренуванні в горах; 1-2 пігулки двічі на день упродовж 10-12 днів.

*Фітин* – містить 36% органічної фосфорної кислоти, суміш кальцієвих і магнієвих солей різних інозитфосфорних кислот. Приймається в період виконання інтенсивних навантажень, при перенапружен-

нях (перших ознаках розвитку перенатренованності), порушеннях функції нервової системи, судинній гіпотонії (по 0,25-0,5 г на добу упродовж 10-15 днів).

*Цернілтон* – володіє загальнозміцнювальним ефектом; містить в собі вітаміни і мікроелементи, які посилюють стійкість організму до інфекцій. Призначається як профілактичний засіб при частих простудах, запальних процесах (бронхіти, уретрити, простатити тощо) по 2-4 пігулки на добу.

### **Препарати, що використовуються при больовому печінковому синдромі**

Печінковий синдром є частим супутником великих фізичних навантажень переважно циклічного характеру. Причиною його виникнення може бути порушення кровообігу в печінці, киснева недостатність тощо. При наявності болю в печінці призначають такі препарати.

*Зіксорін* – стимулює жовчоутворення, сприяє виведенню з організму ендогенних метаболітів і ксенобіотиків. Вживається одноразово 2-3 капсули після інтенсивних фізичних навантажень. Препарат також рекомендується людям, які бажають зменшити жирову масу тіла.

*Карсил* – містить в собі рослинний компонент сілімарин. Призначається як профілактичний засіб, а також при хронічних захворюваннях печінки, синдромів після гепатиту – по 1 драже 3-4 рази на добу.

*Кукурудзяні приймочки* (рідкий екстракт) – по 30-40 крапель тричі на день.

*Легалон* – як і карсил, містить в собі сілімарин. Препарат діє як стабілізатор клітинної мембрани, чим і захищає печінку від шкідливих впливів. Призначається при гострому гепатиті, хронічних захворюваннях печінки по 1 драже 3-4 рази на день.

*Метіонін* – прискорює перебіг відновних процесів після напруженої фізичної роботи, нормалізує функцію печінки. Доза: по 0,5 г тричі на день за годину до прийняття їжі упродовж 10-30 діб. Після 10 днів вживання препарату рекомендується 10-добова перерва.

*Есенціале* – містить в собі есенціальні фосфоліпіди, які є структурним елементом клітинних мембран і органел. Жирове переродження печінки часто є наслідком недостачі даних фосфоліпідів. Препарат призначається при гострому гепатиті, інших порушеннях функції печінки по 1 капсулі 3-4 рази на добу при прийнятті їжі або внутрішньовенно по 1 ампулі на 5%-ному розчині глюкози.

*Чай жовчогінний* – призначають при хронічному холециститі: 2 столові ложки суміші трав заварюють в трьох склянках окропу, настоюють 0,5 год, проціджують і п'ють по 0,5 склянки тричі на день за 10 хв до прийняття їжі.

*Фестал* – призначають при порушенні функції травлення, захворюваннях печінки по 1-2 драже під час прийняття їжі.

### **Транквілізатори і седативні засоби**

При тривалих і виснажливих фізичних навантажень у спортсменів високої кваліфікації інколи виникають невротичні стани: тривожного чекання, перенасичення, іпохондричні реакції, реакції протесту (Н. Гуменюк, Б. Шерцис, 1978). Для нормалізації психічної діяльності людини використовують «штучні заспокоювачі» – транквілізатори і седативні засоби. Посилюючи гальмівні процеси в ЦНС, такі препарати сприяють нормалізації емоційного стану, покращують сон і апетит, оптимізують настрій. Вживання транквілізаторів повинно обов'язково контролюватися лікарем.

*Аміліз* – слабкий транквілізатор, що посилює ефект снодійних, анальгезуючих засобів, діє заспокоїливо на ЦНС. Призначається при астеничних і невротичних реакціях, симптомах передстартової лихоманки, а також при надмірно вираженому передменструальному напруженні спортсменок (по 0,001 г двічі на день упродовж 10-12 діб).

*Мелікар* – призначається як заспокоїливий засіб по 1 пігулці двічі на день.

*Назепам* – як заспокоїливий і снодійний засіб приймається по 1 пігулці двічі на день. Препарат викликає сонливість, м'язову слабкість, а тому його не рекомендується використовувати в змагальному періоді річного тренувального циклу.

*Седуксен* (діазепам) – викликає сонливість, розслаблення м'язів, зниження вмісту Калію в крові. Використання даного препарату в спорті недоцільне. Седуксен особливо протипоказаний у видах спорту, в яких час від часу виникає потреба згонки ваги (В.І. Дубровський, 1991).

*Тауремізін* – призначають при розумовому і фізичному перенапруженні по 5 мг або 30 крапель 0,5% розчину тричі на добу упродовж 10-15 днів.

*Ехінопсину нітрат* – призначають при фізичній і нервовій перевтомі, вегетативній дистонії з головними болями і порушенні сну – по 10-20 крапель двічі на день до прийняття їжі упродовж 10-12 діб.

Вживання великих доз фармакологічних препаратів може призвести до порушень життєдіяльності анаеробної і аеробної мікрофлори шлунково-кишкового тракту (дисбактеріоз). З метою нормалізації кишкової мікрофлори необхідно зменшити об'єм і інтенсивність фізичних навантажень до повного їх виключення, дотримуватись рекомендованої лікарем дієти, приймати біфікол або колибактерин – 2-3 рази на день за 30 хв до прийняття їжі. При підвищеній кислотності шлункового соку за 5-10 хв перед прийняттям лікарських препаратів доцільно випити розчин харчової соди (0,5 чайної ложки на 0,5 склянки води).

Для нормалізації функції травлення (при дисбактеріозах, порушеннях травлення, захворюваннях печінки, підшлункової залози) доцільним може бути прийняття *міксазе* (по 1-2 драже тричі на день під час або після прийняття їжі), *мексаформу* ( по 2-3 пігулки тричі на день ). Сильнодіючим кишковим антисептиком є *інтестопан*.

### **5.5. Психологічні засоби рекреації і підвищення фізичної працездатності**

Для прискореного відновлення працездатності людини та її підвищення використовуються такі методи психотерапії і психопрофілактики: навіюваний сон, м'язова релаксація, спеціальні дихальні вправи, індивідуальні і колективні психорегулюючі тренування (аутотренінг), ідеомоторне тренування. До психологічних засобів відновлення належать і засоби психогігієни – комфортні умови побуту, різноманітність відпочинку, зниження негативних емоцій, зокрема шляхом використання музики, кольоромузики тощо.

Психологічна дія на людину може здійснюватись двома шляхами: ззовні, через лікаря-психотерапевта, психолога або тренера і зсередини, через самонавіювання в напрямку розвитку відповідних психічних здібностей.

#### **5.5.1. Фізіологічні механізми аутогенного тренування**

Можливість прямого навіювання і самонавіювання обумовлена, перш за все, наявністю присутній людині другої сигнальної системи, тобто мови (слова). Завдяки попередньому життєвому досвіду слово людини пов'язане з усіма внутрішніми і зовнішніми подразниками, які надходять у великі півкулі мозку. Слово, уявні образи, умовно-рефлекторним шляхом виявляють позитивний або негативний вплив на функціональний стан різних органів і систем організму людини.

Виражені емоційні переживання, радість, страх або сум завжди призводять до зміни пульсу, кров'яного тиску, потовиділення, змін тону нервової і м'язової систем тощо.

Ще зовсім недавно І.П. Павлов та його учні вважали, що в основі пасивного відпочинку лежить гальмівний процес клітин кори головного мозку. Сьогодні науковцями доведено, що сон – це не просте гальмування, яке виключає діяльність нейронів, а досить особливий, причому активний стан головного мозку. Під час сну мільярди «нічних» клітин знаходяться а активному стані, переробляючи інформацію, яка була сприйнята мозком раніше.

В сучасній науці про вищу нервову діяльність розрізняють чотири рівні активності головного мозку:

- рівень активних дій, коли людина активно займається якою-небудь справою;
- рівень пасивних дій (очі закриті, м'язи розслаблені, відсутність будь-яких думок) – перший крок до звичайного сну;
- легка сонливість, поступово поглиблюючись, переходить в дрімливий стан (третій стан);
- сон середньої глибини, який поступово переходить в глибокий сон. Проте глибокий сон не є станом бездіяльності нервових центрів, він характеризується своєрідною активністю нервових клітин.

Формування рівня пасивних дій і дрімоти головного мозку в значній мірі залежить від рівня розслаблення скелетної мускулатури. Цей тісний двобічний взаємозв'язок між ЦНС і скелетними м'язами сформувався з самого початку філогенетичного становлення нервової і м'язової тканин у тварин, вдосконалювався упродовж тривалого часу, досягнувши максимальної досконалості у людини. Найявність великої і численної іннервації м'язів обумовлює їх суттєвий вплив (через нервову систему) на психічний стан людини.

Мозок посилає свої імпульси до м'язів тіла, викликаючи їх скорочення. М'язи, в свою чергу, через пропріорецептивні імпульси, посилають мозку інформацію про те, в якому стані вони знаходяться. За таких умов, не дивлячись на свої руки, ми можемо точно сказати, в якому положенні вони знаходяться: випрямлені, напівзігнуті, стиснуті в кулак чи розслаблені. Чим сильніше напружені м'язи, тим більше імпульсів надходить в мозок, тим вищий рівень його активності, тим важче розвивається четвертий рівень діяльності головного мозку (глибокий сон). Навпаки, при зменшенні рухової активності, в

умовах м'язового розслаблення, потік пропріорецептивних імпульсів в ЦНС знижується, збудливість головного мозку падає, людина засинає. Саме завдячуючи вище вказаному взаємозв'язку між корою головного мозку і м'язами, людина довільно, за допомогою завчасно визначених словесних формул, може знижувати тонус скелетних м'язів, створюючи сприятливі умови для так званого *аутогенного дрімання*. В цьому стані нервові клітини набувають якісно нового функціонального стану з більш низьким рівнем збудливості.

Отже, щоб входити в контрольоване свідомістю аутогенне дрімання, необхідно навчитися розслаблювати свої м'язи до такого рівня, який би викликав стан дрімоти. В цьому і є суть механізму самонавіювання, а отже і аутогенного тренування (АТ), зокрема психом'язового аутотренінгу (ПМА) В.А.Алексєєва (1982). В практиці оволодіння ПМА обидва стани головного мозку (стан пасивних дій і дрімоти) позначається як аутогенне дрімання або дрімотність. *Аутогенне дрімання* – це такий стан, при якому головний мозок не активний, але ще і не спить, як вночі. Іншими словами, це перехідний стан між бадьорістю і сном під час засинання, між сном і бадьорістю в хвилини пробудження. Тривалість проміжку дрімотності, яка в звичайних умовах виникає перед нічним засинанням і при вранішньому пробудженні людини, досить індивідуальна, від декількох секунд до декількох хвилин.

В стані аутогенного дрімання головний мозок стає підвищено чутливим до слів і тісно пов'язаних з ними думками-образами. Таким чином, щоб слова і відповідні їм думки набули повної сили, вони повинні діяти на мозок, який знаходиться в пасивному дрімотному стані. Саме цією особливістю (впливом слів і думок на дрімаючий мозок) самонавіювання і відрізняється від самопереконання. Коли головний мозок знаходиться в пасивному стані, логічні переконання починають відходити на другий план, а їх місце займає бездумна віра.

М'язове розслаблення, як основа АТ, виробляється за допомогою вольових зусиль і носить довільний характер. В формуванні довільних рухів вирішальну роль відіграють відчуття, уявлення і діяльність другої сигнальної системи. Словесна характеристика рухів або рухового образу спроможна викликати усі ті відчуття, які характерні даній руховій дії.

Тривалістю і глибиною аутогенного дрімання потрібно вміти керувати, не переходячи (провалюючись із нього) в глибокий сон і не повер-



таючись в стан звичних активних дій. Отже, перший крок в оволодінні самонавіюванням полягає в умінні вводити себе в стан аутогенного дримання, залишаючись при цьому під контролем власної свідомості; другий крок – навчитись максимально повно зосереджувати свою ненапружену увагу на тому, чим сплановано займатися в даний момент. При значному зосередженні на якійсь одній дії мозок автоматично відключається від всього навколишнього і ніщо інше не сприймається і не виникає в свідомості. Спокій і повна розслабленість є обов'язковою передумовою підтримання мозку в стані аутогенного дримання. Ці два основні стани – стан аутогенного дримання і зосереджена ненапружена увага, є основою переважаючої більшості методів самонавіювання. Різниця лише в шляхах досягнення як стану дримання, так і зосередженості, – в способах входження в ці стани.

Дуже важливу роль при оволодінні самонавіюванням відіграють такі психічні процеси як уявлення і уява. Ці процеси забезпечують реалізацію уявних образів, які завжди супроводжують слова, використані при самонавіюванні.

*Уявлення* – це уявний образ що виникає на основі інформації, яка надійшла в мозок від реально існуючих предметів або явищ. Наприклад, подивившись в дзеркало, ми побачимо своє лице. Закривши очі, ми можемо викликати в своїй свідомості його уявний образ. Це буде процес уявлення. Якщо ж уявно «побачити» те ж лице, але в умовах термокамери сауни, то цей образ буде плодом уяви. Отже, уява – це психічний процес, при якому ті чи інші образи створюються в уяві штучно в умовах відсутності їх безпосереднього сприйняття органами відчуття.

Звичайно, уявлення того чи іншого процесу (дії, образу) буде тим ефективніше, чим більше про цей процес знає людина. Так, збільшення температури руки шляхом самонавіювання тепла, буде значно повнішим і швидшим у тих осіб, які знають особливості будови кровоносних судин, спостерігали рух крові в капілярах перетинки лап жаби з допомогою мікроскопа тощо.

Уявні образи можуть реалізуватися в сфері будь-якого органу відчуття. Вони можуть бути зоровими, тактильними, слуховими, смаковими, нюховими і пропріорецептивними, які пов'язані з м'язово-суглобними відчуттями.

В процесі психічної дії і власне самодії слово і образ завжди діють в одному напрямку і взаємно підкріплюють один одного.

При цьому немає значення, на чому зупиняється пасивна увага в першу чергу – на слові, а тоді на доданому до нього уявному образі, чи спочатку в свідомості виникає уявний образ, згодом потім фіксується відповідним словом. Можливість впливу на самого себе словесними формулами і відповідними їм уявними образами, в період появи в головному мозку зниженого рівня неспання, дозволяє вважати психом'язове тренування одним з варіантів самогіпнозу (А.В. Алексеев, 1982).

### **5.5.2. Різновиди аутогенного тренування**

Аутогенне тренування стало поштовхом для створення цілої низки його різновидів. В той же час окремі методи існували і використовувались на практиці ще до появи класичних робіт засновника АТ Г.Шульца. Але АТ є попередником всіх інших його модифікацій і самостійних методів саморегуляції.

**Метод прогресивної (послідовної) релаксації.** Запропонований в 1922 році американським вченим Едмандом Джекобсоном. Як і АТ Шульца, цей метод, також пов'язаний з навіюванням тепла і важкості, розслабленням м'язів тулуба, але через попередньо викликаний стан напруженості. Щоб чіткіше відчути стан напруження м'язів, на початку сеансу м'язи руки напружують стисканням кисті, а тоді розслаблюють. Завдяки асоціації контрасту вражень, стан розслаблення викликається більш виразно.

На думку Джекобсона, концентрація уваги і осмислення формул самогіпнозу порушують заспокійливий вплив м'язового розслаблення. Наступні дослідження вчених показали, що практично всі модифікації АТ несуть в собі елементи послідовної релаксації.

**Релаксація Х. Клейнзорге та Г. Клюбмірга (1965).** Заняття релаксацією автори рекомендували проводити з використанням записів на магнітофоні по одній годині двічі упродовж тижня. Загальний курс навчання – три місяці. Заняття доцільно проводити групами у 8-12 осіб віком не менше 18 років.

Релаксація – це лише засіб підведення чутливості до самонавіювання, тобто підготовки організму до сприйняття формул самонавіювання, які є основою при лікуванні більшості невротичних та функціональних розладів (за винятком істеричних захворювань).

**Психорегулююче тренування.** Основні положення АТ щодо практики спорту знайшли розвиток в роботах А.В. Алексеева (1968)

і Л.Д. Гіссена (1973) про психорегулююче тренування (ПРТ). Особливістю цієї модифікації АТ є вилучення з загального числа формул самогіпнозу формул відчуття важкості, оскільки для спортсменів вони виявились надто дійовими, ускладнюючи наступне повернення їх в бадьорий стан. В текст ПРТ А.В. Алексеев включає 40 формул. В міру опанування методом ПРТ вчений рекомендує скоротити кількість формул самонавіювання до семи: 1) я розслабляюсь і заспокоююсь; 2) моє обличчя, мої руки і ноги повністю розслаблені, теплі, нерухомі; 3) все моє тіло повністю розслаблене і тепле; 4) моє дихання спокійне, вільне, легке; 5) моє серце б'ється спокійно і рівно; 6) я відпочив, заспокоївся і набрався сил; 7) самопочуття добре! Самопочуття відмінне!

Для успішного засвоєння основних положень методик ПРТ тренерам і спортсменам необхідно дотримуватись таких умов:

- поступовість і послідовність. Не оволодівши попередніми вправами, не слід переходити до наступних;
- розвиток вміння концентрувати і фіксувати увагу на будь-яких частинах свого тіла;
- навіювання (самонавіювання) тепла окремих частин тіла;
- розвиток здібностей до розслаблення всіх м'язових груп. Цей стан досягається за допомогою конкретних уявлень, лежачи в тіні дерев, біля річки, в теплій ванні, на полиці термокамери сауни тощо. Необхідно надати формулам самогіпнозу максимальну образність. Так, при уявленому самонавіюванні формули «моя права рука тепла» відчуття тепла досягається швидше, якщо уявити собі, що рука занурена в теплу воду або наближена до пічки, каміну тощо.

**Психом'язове тренування.** Скорочений варіант ПРТ спортсменів, який базується оснований на методі прогресивної релаксації, розробив А.А. Алексеев (1982) – психом'язове тренування (ПМТ). Його також використовують в спортивній практиці з метою відновлення перед змаганням, в перервах між легкоатлетичними забігами, підходами до снаряду, поєдинком, а також після змагань і тренувальних занять.

ПМТ ґрунтується на вмінні: 1) чітко уявляти зміст формул самонавіювання, 2) зберігати зосереджену увагу на визначеному об'єкті (частині тіла), 3) максимально розслабляти м'язи, 4) впливати на себе формулами самогіпнозу і відповідними їм уявними образами в момент настання стану АТ.

Розробляючи методику ПМТ, автор використав дані з методики прогресивної релаксації Е.Джекобсона, роботи львівського психофізіолога В.П.Горобця, методики АТ Л.Персиваля, дихальні вправи за Г.С. Біляєвим, методики регуляції емоційних станів В.Л.Марущака. ПМТ є високоефективним і одночасно простим методом АТ, який успішно може опанувати спортсмен будь-якої спеціалізації. Усіх формул ПМТ 12:

- я розслаблююсь і заспокоююся;
- мої руки розслаблені і стають теплішими;
- мої руки повністю розслаблені, теплі, нерухомі;
- мої ноги розслаблюються і стають теплішими;
- мої ноги повністю розслаблені, теплі, нерухомі;
- мій тулуб повністю розслаблений, теплий;
- мій тулуб повністю розслаблений, теплий, нерухомий;
- моя шия розслаблюється і стає теплішою;
- моя шия повністю розслаблена, тепла, нерухома;
- моє обличчя розслаблюється, теплішає;
- моє обличчя повністю розслаблене, тепле, нерухоме;
- стан приємного (повного) глибокого спокою.

ПМТ рекомендується займатися 4-6 разів упродовж дня по 5-10 хв. На 12 формул повного варіанту ПМТ при їх непоспішній вдумливій промові необхідно 7-10 хвилин. Опанувавши повний варіант ПМТ, переходять на скорочений варіант психом'язового АТ. Він складається з таких 7-ми формул: 1) я розслаблююсь і заспокоююся; 2) мої руки повністю розслаблені, теплі, нерухомі; 3) мої ноги повністю розслаблені, теплі, нерухомі; 4) мій тулуб повністю розслаблений, теплий, нерухомий; 5) моя шия повністю розслаблена, тепла, нерухома; 6) моє обличчя повністю розслаблене, тепле, нерухоме; 7) стан приємного (повного, глибокого) спокою. При відсутності потреби вирішувати які-небудь спеціальні завдання після сьомої формули подумки промовляють восьму і дев'яту формули: 8) я відпочив і заспокоївся; 9) самопочуття прекрасне.

Спортсмен, який опанував ПМТ, вміє вводити себе в контрольований свідомістю стан дрімоти, а також набуває здатності до тривалого, зосередженого, але ненапруженого утримання уваги на словоуявних образах. Лише після цього можна приступати до вирішення конкретних тактико-технічних цілей, направлених на мобілізацію функціональних резервів спортсменом, досягнення високих спортивних результатів.

**Психофізіологічна саморегуляція (ПФС).** Дана модифікація АТ одна з перших спроб максимально спростити процес навчання і зробити його найбільш доступним для більшості людей і зокрема для юних спортсменів і школярів. Методика ПФС розроблена А.П.Козіним (1985). Термін «психофізіологічна саморегуляція» на думку автора найбільш повно відображає сутність і механізм формування розглянутих явищ.

Методика ПФС складається з двох частин – підготовчої і спеціальної. Підготовча частина включає в себе формули, закріплюючі і розвиваючі умовнорефлекторний зв'язок між подумки промовленими словами і реальними відчуттями. Спеціальна частина складається з індивідуально підібраних формул, які відображають конкретний фізіологічний стан, необхідний даному суб'єкту в даній ситуації. Найбільш характерними ознаками даної модифікації аутотренінгу є такі:

- словесне самонавіювання слідує за створеним фізіологічним станом, підкріплює і посилює його;
- послідовність словесних самонавіювань визначається легкістю їх реалізації в силу фізіологічних особливостей регуляції кожної функції;
- відсутня необхідність залишатися на одній формулі до тих пір, поки вона не буде засвоєна;
- початкове навчання може проводитися в поєднанні з самонавіюванням на фоні слабкого монотонного подразника, наприклад, тихих звуків метронома з частотою 30 ударів за 1 хв.;
- підбір формул самонавіювання визначається потребою створення певних відчуттів.

### **5.5.3. Ідеомоторне тренування**

**Ідеомоторне тренування (ІТ)** є різновидом АТ. З його допомогою аналізують роботу опорно-рухового апарату і сенсорних систем, регулюють психічний стан людини перед відповідальним випробуванням. ІТ сприяє вдосконаленню необхідних рухових навичок, – направленому розвитку окремих рухових здібностей, – попередженню атрофії м'язів в умовах вимушеної гіподинамії. Опановуючи методом ІТ, необхідно дотримуватись таких принципів (А.В. Алексєєв, 1982):

1. Створити в уяві максимально точний образ даного руху. Спочатку це може бути зоровий образ, а згодом його переводять на власне ідеомоторну основу. Уявний образ руху пов'язують

- з м'язово-суглобними відчуттями (після відповідної уяви руху починають скорочуватись певні групи м'язів).
2. Уявляючи подумки той чи інший рух, необхідно супроводжувати його словесним описанням. Слова промовляють подумки або пошепки, вони повинні констатувати бажане положення (стан), а не заперечувати помилкове. Так, уява, направлена на напруження м'язів живота, промовляється формулою (втягнути живіт), але не заперечувально: «не розслабляти живіт».
  3. На початку оволодіння новим руховим елементом, необхідно подумки бачити його виконання в сповільненому темпі. Доцільно також проводити ІТ, чергуючи сповільнену уяву виконуваної вправи з прискороною: безпосередньо перед виходом на старт вправи ІТ проводять в природному (бажаному) темпі.
  4. Опановувати нові технічні прийоми доцільно в позі тіла, найбільш наближені до тієї, в якій реально виконуватиметься дана вправа. Надалі спортсмен зможе чітко уявити усі реальні рухи, знаходячись в звичній позі.
  5. Безпосередньо перед виконанням вправи не слід думати про результат вправи, оскільки ця уява витіснить з свідомості уяву про те, як необхідно досягати запрограмованого результату.
  6. До фізичного виконання вправи необхідно переходити лише після того, як будуть виконані попередні умови, після того, як ідеомоторний образ руху стане точним і стійким.
  7. Заняття ІТ можуть бути використані у випадках, коли спортсмен за станом здоров'я не в змозі виконати реальні навантаження. Виконання тренувальних вправ подумки сприятиме збудженню відповідних нервових центрів і м'язів, попереджуватиме розвиток детренованості.

Ефективність ІТ значно підвищується, якщо його проводити в умовах АТ (гіпноідеомоторне тренування). Для цього слід завчасно оволодіти методикою АТ. До моменту оволодіння АТ для ідеомоторного вдосконалення бажаних елементів рухових навичок доцільно скористатись хвилинами природного підвищення навіюваності перед засинанням і після пробудження, поки людина ще не прокинулася повністю.

#### ***5.5.4. Музика як рекреаційний засіб***

Спеціалісти медицини використовують музику для впливу на психічний стан людини, для лікування, профілактики і зміцнення здоров'я.

Особливо ефективна музикотерапія при її поєднанні з іншими методами профілактики і лікування; музика добре поєднується з будь-яким іншим засобом відновлення. Музика направляє, змінює перебіг фізіологічних процесів в організмі, нормалізує обмін речовин і енергії. Весела радісна музика прискорює виділення травних соків, покращує апетит, активізує перебіг відновних процесів. Мажорний характер музичних творів, в більшості випадків, підвищує працездатність м'язів, мінорний – послаблює. Музика суттєво впливає на функціональний стан вегетативних органів, зокрема на ЧСС і ритм дихання. Так, швидка, ритмічна музика активізує діяльність серцево-легеневої системи, спокійні мелодії – сповільнюють ритм дихання і серцевих скорочень.

Музика позитивно впливає на перебіг відновних процесів під час і після тренувань (змагань). Спортсмени, які прослуховували музику під час тренувальних занять, повільніше втомлюються і виконують більший об'єм тренувальних навантажень (В.І. Дубровський, 1991).

Підбираючи музику для прослуховування, необхідно врахувати схильність до неї окремих спортсменів, а також направленість впливу (музика бадьорості, заспокоєння тощо). Ефективність використання музики як засобу профілактики перевтоми і прискорення перебігу відновних процесів посилюється при її поєднанні з лікувальними властивостями кольору (кольоромузика).

### ***Ситуаційні запитання і задачі (самотійна робота студентів)***

1. Існує ряд особливостей (закономірностей) перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичних навантажень. Вкажіть на їх значення для практики оздоровчого тренування та трудової діяльності людини.
2. Враховуючи основні закономірності перебігу відновних процесів після роботи, вкажіть, як можна полегшити виконання великих тренувальних навантажень особам з малим рівнем здоров'я та людям старшого і похилого віку.
3. На які процеси витрачається кисень кисневого боргу у відновному періоді?
4. Відомо, що в кожному кілограмі м'язової маси міститься близько 11 мл кисню. Розрахуйте загальний резерв «м'язового» кисню у людини з загальною масою м'язів 40 кг. Від чого залежить швидкість відновлення запасів «м'язового» кисню?

5. Дайте фізіологічне обґрунтування використанню активного відпочинку для більш швидкого усунення молочної кислоти у відновному періоді.
6. Вкажіть на основні шляхи зменшення рівня молочної кислоти з м'язів і праві в організмі людини після роботи.
7. Перерахуйте основні педагогічні, медико-біологічні і психологічні засоби рекреації працездатності людини після фізичних навантажень.
8. Що слід розуміти під терміном «активний відпочинок»?
9. За яких умов позитивний вплив активного відпочинку на перебіг відновних процесів і наступну працездатність проявляється найбільш виразно?
10. Вкажіть на можливі наслідки недооцінки ролі розминки як педагогічного засобу посилення ефективності перебігу відновних процесів в час м'язової діяльності.
11. За яких умов мікроклімат термокамери лазні (сауни) може виявляти негативний вплив на здоров'я людини?
12. Яких умов належить дотримуватися при використанні лазні з метою збільшення резервів терморегуляції та згонки маси тіла?
13. Вкажіть на роль масажу у відновленні працездатності людини. Різновиди масажу.
14. Які фармакологічні засоби сприяють відновленню фізичної працездатності людини?
15. Які методи психотерапії і психопрофілактики використовуються для прискореного відновлення працездатності та її підвищення?
16. Вкажіть на основні засоби психогігієни, що використовуються в якості рекреаційних.
17. Які фізіологічні механізми лежать в основі аутогенного тренування як рекреаційного засобу? Різновиди аутогенного тренування.

### **Тести**

1. Швидкість і тривалість відновлення функціонального стану органів і систем організму після роботи залежить від:
  - а) потужності і тривалості виконаної роботи;
  - б) наявності чи відсутності засобів, що прискорюють перебіг відновних процесів після роботи;
  - в) наявності в організмі жирових запасів.



2. У відновному періоді виділяють такі фази:
  - а) швидкого і сповільненого відновлення;
  - б) надвідновлення, пізнього відновлення;
  - в) суперкомпенсації і надвідновлення.
3. Підвищення працездатності після роботи найбільш виразне у таку фазу відновного періоду:
  - а) швидкого відновлення;
  - б) сповільненого відновлення;
  - в) надвідновлення;
  - г) пізнього відновлення.
4. Відновлення концентрації формених елементів у крові після напруженої і тривалої роботи триває:
  - а) 1–2 год;
  - б) 24 год;
  - в) 2–3 доби;
  - г) 4–6 діб.
5. Конструктивні зміни в організмі людини після виконання ним фізичних навантажень порогової величини проходить у такій фазі відновного періоду:
  - а) швидкого відновлення;
  - б) сповільненого відновлення;
  - в) надвідновлення;
  - г) пізнього відновлення.
6. Після напружених тренувань відновлення функцій організму у дітей, в порівнянні з дорослими, проходить:
  - а) більш швидко;
  - б) повільніше;
  - в) різниці немає.
7. З метою прискорення перебігу відновних процесів після фізичних навантажень використовують найрізноманітніші засоби. Умовно їх поділяють на такі групи:
  - а) фізіотерапевтичні і фармакологічні;
  - б) педагогічні і психологічні;
  - в) медико-біологічні і психологічні;
  - г) медико-біологічні, педагогічні і психологічні.
8. Позитивний вплив активного відпочинку на перебіг відновних процесів найбільш виразно проявляється:
  - а) при навантаженнях, що викликають незначну втому;
  - б) при підключенні до роботи в період відпочинку м'язів-антагоністів;

- в) при зміні виду діяльності;*  
*г) при навантаженнях, що викликають значну втому.*
9. Фармакологічні препарати, вітаміни, спортивні напої, білкові препарати, кисневі коктейлі, аероіонізація, електростимуляція, фізіо-гідротерапія. Усі ці засоби прискорення перебігу відновних процесів в організмі людини після фізичної роботи узагальнено називають:
- а) медико-біологічними; б) педагогічними;*  
*в) психологічними; г) фармакологічними.*
10. Найбільшого значення серед лікарських рослин, які використовуються з метою прискорення перебігу відновних процесів в організмі людини після м'язової діяльності, мають речовини вторинного синтезу:
- а) крохмаль, пектинові речовини, клітковина;*  
*б) білки, жири;*  
*в) алкалоїди, глюкозиди, фенольні сполуки, ефірні масла, органічні кислоти;*  
*г) вуглеводи, білки і жири.*
11. До рослинних адаптогенів, які стимулюють перебіг відновних процесів, належать:
- а) стеркулія, женьшень, лимонник китайський;*  
*б) бобові, пилок рослин;*  
*в) агрус, виноград, яблука;*  
*г) мед, часник, цибуля.*
12. Розминка належить до такого різновиду засобів, які посилюють ефективність перебігу відновних процесів в час м'язової діяльності:
- а) медико-біологічних; б) педагогічних;*  
*в) психологічних; г) фармакологічних.*
13. Відновний масаж виконують через такий проміжок часу після фізичної роботи (год):
- а) 1-2; б) 3-4;*  
*в) 5-6; г) 7-8.*
14. Вітамінні препарати, препарати, які стимулюють енергетичні і метаболічні процеси, препарати, що використовуються при больовому печінковому синдромі, транквілізатори і седативні засоби – усі ці засоби прискорення перебігу відновних процесів в організмі людини (спортсменів) після фізичної роботи, узагальнено називають:

- а) педагогічними;                      б) медико-біологічними;*  
*в) фармакологічними;                г) психологічними.*

**15.** Засновником психорегулюючої релаксації аутогенного тренування вважається:

- а) І. Павлов;                                      б) Г. Шульц;*  
*в) М. Сеченов;                                 г) А. Алексєєв.*

**16.** Основні положення аутотренінгу щодо практики спорту знайшли розвиток в системі психорегулюючого тренування, яку розробив:

- а) І. Павлов;                                      б) Г. Шульц;*  
*в) М. Сеченов;                                 г) А. Алексєєв.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М., Мурахов И.В. Сердце и физические упражнения. – К.: Здоров'я, 1985. – 80 с.
2. Амосов Н.М., Вендет А.Я. Физическая активность и сердце. – М: Здоровье, 1989.
3. Аринчин Н.И. Внутримышечные периферические сердца и гипокинезия. – Минск, 1983.
4. Бальсевич В.Н. Запорожанов В.А. Физическая активность человека. – К.: Здоровье, 1987. – 223 с.
5. Баранов Н.И. Мышечная деятельность, адаптация, тренированность. / Под ред. С.Х. Хайдарау. – Кишинев: Штиинца, 1989. – 207с.
6. Березов Т.Т. Биологическая химия / Т. Березов, Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 2002. – 703 с.
7. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1990. – 495 с.
8. Бернштейн Н.А. О ловкости и её развитии. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 288с.
9. Биохимия / [под ред. М.Е. Кучеренко]. – К.: Полиграф. Центр «Київський університет», 2002. – 500 с.
10. Боечко Ф.Ф. Біологічна хімія/Боечко Федір. – К.: Вища шк., 1998. – 407 с.
11. Боечко Ф.Ф. Основні біохімічні поняття, визначення і терміни / Ф. Боечко, Л. Боечко. – К.: Вища шк., 1993. – 528 с.
12. Боген М.М. Обучение двигательным действиям. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 192 с.
13. Бойко В.В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
14. Вайнбаум Я.С. Дозирование физических нагрузок школьников. – М.: Просвещение, 1991. – 64 с.
15. Волков Н.М. Восстановительные процессы в спорте. – М: Физкультура и спорт, 1977. – 142 с.
16. Глухов В.И. Физическая культура в формировании здорового образа жизни. – К.: Здоров'я, 1989. – 72 с.

17. Гонський ЯЛ. Біохімія людини / Гонський ЯЛ., Максимчук Т.П., Калинський М.І. – Т.: Укрмедкнига, 2002. – 744 с.
18. Гринштейн Б. Наглядная биохимия; [пер. с англ.] / Б. Гринштейн, А. Гринштейн. – М.: ГЗОТАР-МЕД, 2000. – 119 с.
19. Джек Х. Уилмор, Дэвид Л. Костилл. Физиология спорта и двигательной активности. – К.: Олимпийская литература, 1997.
20. Калинский М.И. Питание. Здоровье. Двигательная активность. – К.: Наук, думка, 1990. – 176 с.
21. Колчинская А.З. Кислород. Физическое состояние. Работоспособность. – К.: Наукова думка, 1991. – 208 с.
22. Кононський О.І. Біохімія тварин. – К.: Вища шк., 2006. – 454 с.
23. Копильчук Г.П. Біохімія: Навчальний посібник / Копильчук Г.П., Волощук О.М., Марченко М.М. – Чернівці: Рута, 2004. – 224 с.
24. Коробков А.В. Атлас по нормальной физиологии / [А.В. Коробков, С.А. Чеснокова]; под ред. Н.А. Агаджаняна. – М.: Высшая школа, 1987. – 351 с.
25. Коробков А.В. Упражнение. Утомление. Восстановление. – М.: УДН, 1980. – 64 с.
26. Кучеренко М.Є. Сучасні методи біохімічних досліджень: Учебний посібник / Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Войцицький В.М. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 424 с.
27. Кучеренко М.Є. Біохімія / Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Васильєв О.М. – К.: Либідь. 1995. – 432 с.
28. Кучеров І.С. Фізіологія людини / Кучеров І.С., Шабатура М.Н., Давиденко І.М. – К.: Вища школа, 1981. – 408 с.
29. Кучерук О.С., Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Частина І. Нейрогуморальна регуляція функцій організму людини. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформ.-вид. відділ, 1997.
30. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, 1985. – (В 3 т / Т. 1-3.)
31. Линец М.М., Андриенко Г.М. Витривалість, здоров'я, працездатність. – Львів, 1993.
32. Лищук В.А., Мосткова Е.В. Обзор «Основы здоровья: Актуальные задачи, решения, рекомендации». – М., 1994. – 134 с.
33. Луговцев В.П. Восстановительные процессы после мышечной деятельности. – Смоленск, 1988. – 73 с.
34. Меерсон Ф.З., Пшенников М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.

35. Методико-біологічні основи валеології. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Під ред. П.Д. Плахтія. – Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2000. – 408 с.
36. Моногаров В.Д. Утомление в спорте. – К.: Здоровье 1990. – 200 с.
37. Мухін В.Н. Фізична реабілітація. – К.: Олімпійська література, 2000. – 423 с.
38. Новосельський В.Ф. Фізична культура і здоров'я школярів. – К.: Здоров'я, 1984. – 47 с.
39. Общий курс физиологии человека и животных. В 2 кн. / Под ред. А.Д. Ноздрачева. — М.: Высш. шк., 1991.
40. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека. – К.: Здоров'я, 1986. – 151 с.
41. Плахтій П.Д. Тестування, оцінка та корекція функціонального стану школярів. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформ.-вид. відділ, 1997. – 112 с.
42. Плахтій П.Д. Фізіологічні основи фізичного виховання та спорту. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформ.-вид. відділ, 1997. – 128 с.
43. Плахтій П.Д. Фізіологічні основи фізичного виховання школярів: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: «МЕДОБОРИ», 2001. – 238 с.
44. Плахтій П.Д., Мазур В.Й., Шишкін О.П. Використання лазні з метою зростання резервів терморегуляції та прискорення перебігу відновних процесів в організмі здюдоїстом: – Кам'янець-Подільський: «МЕДОБОРИ», 2003. – 78 с.
45. Плахтій П.Д. Основи гігієни фізичного виховання: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: «МЕДОБОРИ», 2003. – 240 с.
46. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності. – Київ: друк. ВД «Професіонал», 2006. – 464 с.
47. Плахтій П.Д., Мухін В.М., Євмінов В.В., Куделя І.О. Профілактор Євмінова як засіб корекції порушень постави у школярів: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: Абетка, 2006. – 160 с.
48. Плахтій П.Д., Підгорний В.К., Лещук Ю.О. Остеохондроз. Профілактика і лікування: Навчальне видання. – Кам'янець-Подільський: Друк. ПП Буйницький О.А., 2007. – 96 с.

49. Плахтій П.Д., Дорош В.І., Чміль О.П. Засоби рекреації працездатності спортсменів: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2007. – 120 с.
50. Плахтій П.Д., Зубаль М.В., Мисів В.М. Біологічні основи фізичного виховання студентів: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2008. – 232 с.
51. Плахтій П.Д., Лещук Ю.О., Марчук Л.А. Захворювання опорно-рухового апарату. Профілактика і лікування. Вид. 2-е, доповнене і перероблене. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2010. – 208 с.
52. Плахтій П.Д., Страшко С.В., Підгорний В.К. Вікова фізіологія і валеологія. За ред. П.Д. Плахтія: Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2010. – 308 с.
53. Романенко В.А. Двигательные способности человека. – Донецк: Новый мир, 1999. – 336 с.
54. Рыбковский А.Г. Управление двигательной деятельностью человека (системный анализ). – Донецк: Феникс, 1998. – 300 с.
55. Сурков Е.Н. Психомоторика спортсмена. – М.: Фізкультура і спорт, 1984. – 125 с.
56. Физиология мышечной деятельности: Учеб. для ин-тов физ. культуры / Под ред. Я.М. Коца. – М.: ФиС, 1982.
57. Физиология человека: В 4-х томах. Т. 1. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1985.
58. Фундаментальная и клиническая физиология: [учебник для студентов высш. учеб. заведений] / под ред. А.И. Камкина, А.А. Каменского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 1072 с.
59. Шик Л.Л., Бреслав Н.С. Основные черты управления движением. Управление деятельностью висцеральных систем. – Л.: Наук, 1983.

## ВІДПОВІДІ ДО ТЕСТІВ

### Тема 1. Морфофункціональні та біохімічні особливості м'язової тканини. Обмін речовин в м'язовій тканині

Десят-ки	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	а	в	г	а, б, в	а	в	а, б, в	б	а
1	а, б	а, б	в	а	б	б	в	а, б	в	а
2	в	а, б	а	г	б	б	а	в	б	а
3	б	б	в	г	б	г	а, б	а, б, в	а, б, в	а, в, д
4	б, г	г	а	б	в	б	б	а	г	а
5	б	а	г	г	а	а, б	а, б	г	а, б	а
6	г	г	в	б	а	б				

### Тема 2. Механізм і енергетика м'язового скорочення

Десят-ки	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	а	г	в	г	а, б	а	а	в	а
1	а, в	г	б	а	а	в	а	в	б	б
2	а	г	б	а	в	б	г	б	а	в
3	а	б	а	б	в	а, б	а	а	б	а, г

### Тема 3. Регуляція напруження м'язів

Десят-ки	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	г	в	а	в	а	в	б	б	а, б
1	б	а	в	а	а	а	а, в	в	г	а
2	б	а, б, в	г	б	а	г	б	г	а	в
3	б	в	а, б	б	а	б	а	г	а, б, в	а
4	б, в	а, б								



**Тема 4. Втома м'язів та особливості її розвитку при виконанні вправ різного характеру і інтенсивності**

Десят- ки	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	г	б	б	а, б	а, б, в	а	г	а	в
1	а									
2										

**Тема 5. Засоби рекреації працездатності людини**

Десят- ки	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	а, б	а, б, в	в	г	в	а	г	а, б, в	а
1	в	а	б	а	в	б	г			



## ГЛОСАРІЙ

**Аденозиндифосфорна кислота (АДФ)** – нуклеозиддифосфат, який містить два залишки фосфатної кислоти біля 5'-вуглецевого атома рибози. АДФ відіграє важливу роль у живих системах і є акцептором фосфорильної групи в процесах окисного фосфорилування та фосфорилування на рівні субстрату, внаслідок чого відбувається синтез АТФ.

**Аденозинтрифосфорна кислота (АТФ)** – універсальний акумулятор енергії; нуклеотид, в молекулі якого є пуринова основа аденін, зв'язана через рибозу з трьома фосфатними групами, сполученими послідовно одна з одною. АТФ служить головним хімічним переносником енергії при біохімічних реакціях в клітині.

**Актин** – один з основних скоротливих білків м'язових волокон. Може бути у вигляді мономеру ( $M = 70000$ ), а також у вигляді димеру ( $M = 140000$ ). Відповідно до цього є дві форми актину: глобулярна (Г-А) і фібрилярна (Ф-А). Актин знаходиться в усіх клітинах еукаріотів і становить близько 15% всіх білків. Він забезпечує також формування цитоскелета клітин.

**Активний відпочинок** – педагогічний засіб відновлення працездатності людини; - більш швидке відновлення функцій втомлених м'язів в період відпочинку, якому поєднується спокій втомлених груп м'язів і активність м'язів, які під час основної роботи були пасивними.

**Актоміозин** – еквімолекулярний комплекс білків м'язів актину і міозину, який забезпечує процеси скорочення м'язових волокон. Актоміозин поєднує фізико-хімічні та ферментативні властивості обох білків. Реакція взаємодії актоміозину з АТФ є основою механізму скорочення м'язів. Актоміозин знаходиться в усіх м'язових волокнах людини та тварин. В процесі скорочення м'язів та руху органел клітин витискується вода і зменшується об'єм часточок актоміозину.

**Атрофія м'язів** – прижиттєве зменшення м'язів, яке супроводжується порушенням або повною втратою їх функцій. Фізіологічна атрофія пов'язана з віковими змінами в організмі. Патологічна атрофія настає при різноманітних захворюваннях.

**Аутогенне дримання** – стан організму, при якому головний мозок не активний, але ще і не спить, - перехідний стан між бадьорістю і сном під час засинання, між сном і бадьорістю в хвилини пробудження.

**Аутогенне тренування (аутотренінг)** – психологічний засіб відновлення працездатності втомленої людини шляхом прямого навіювання і самонавіювання заспокійливих (тепло, спокій і розслаблення) або мобілізуючих формул. Слово, уявні образи умовнорефлекторним шляхом виявляють відповідний вплив на функціональний стан окремих органів та систем організму.

**Ацетилхолін** – один з медіаторів периферичної і центральної нервової системи. Після виконання ролі медіатора нервових збуджень ацетилхолін руйнується за участю фермента ацетилхолінестерази.

**Бета (β)-окиснення** – ферментативний процес, який протікає в мітохондріях. Завдяки йому жирні кислоти піддаються окисному розпаду в β-положенні. При цьому послідовно вивільняються двох вуглецеві фрагменти (у вигляді ацетил-КоА), що веде до послідовного вкорочення вуглецевого ланцюга в молекулі жирної кислоти.

**Відновні процеси** – сукупність зворотних змін у функціональних системах організму, які брали участь у виконанні даної роботи.

**Втома** – фізіологічний стан перебудови регуляторних функцій від оптимального режиму роботи до екстремального, який визначає мобілізацію наявних фізіологічних резервів організму для підтримання певного рівня працездатності.

**Гіпобіоз** – здатність організмів в несприятливих умовах (при виражених змінах внутрішнього середовища) переходити на максимально низький рівень обміну речовин.

**Гіпокінезія (гіподинамія)** – обмеження рухової активності, які супроводжуються рядом функціональних і морфологічних змін в організмі. Обов'язковим наслідком гіподинамії є атрофія скелетного і серцевого м'язів.

**Глікоген** – резервний полісахарид, який міститься в тваринних організмах, а також у клітинах грибів, дріжджів та деяких рослин. В тваринних організмах глікоген локалізований в печінці та м'язах.

**Глікогенез** – синтез глікогену шляхом полімеризації глюкозних мономерів.

**Глікогеноліз** – розщеплення полімерних полісахаридних ланцюгів в молекулі глікогену з утворенням вільної глюкози або фосфорних ефірів глюкози.

**Гліколіз** – ферментативний процес анаеробного перетворення (розщеплення) глюкози з утворенням енергії та молочної кислоти. Якщо анаеробному розщепленню підлягає глікоген, процес має назву глікогенолізу. Ферменти гліколізу містяться в м'язах, печінці та інших органах і локалізуються в гіалоплазмі.

**Динамічна робота** – м'язова робота, при якій відбувається переміщення вантажу і рух кісток в суглобах. При виконанні такої роботи спостерігається вкорочення і розслаблення м'язів.

**Енергоємність системи** – максимальна кількість енергії, яка може бути утворена за рахунок даної енергосистеми. Визначає тривалість роботи та її загальний обсяг.

**Енергопотужність системи** – найбільша кількість енергії, яка може бути утворена за рахунок даної енергосистеми в одиницю часу. Зумовлює граничну інтенсивність діяльності.

**Збудження нейронів і м'язів** – зміна проникливості мембран у відповідь на зовнішній стимул, який викликає зміну мембранного потенціалу завдяки переміщенню катіонів ( $K^+$  і  $Na^+$ ) через клітинну мембрану.

**Ідеомоторне тренування (ІТ)** – різновид аутогенного тренування. З допомогою ІТ аналізують роботу опорно-рухового апарату і сенсорних систем, регулюють психічний стан людини перед відповідальним випробуванням, попереджують атрофію м'язів в умовах вимушеної гіподинамії.

**Кисневий борг** – більш високе споживання кисню у відновному періоді, ніж перед роботою (тренуванням).

**Киснева ємність крові** – максимальна кількість кисню, який оборотно зв'язується з дихальними пігментами крові, в основному з гемоглобіном. Один грам гемоглобіну здатний зв'язати 1,34 мл  $O_2$ .

**Кислотно-лужна рівновага** – співвідношення йонів Гідрогену та гідроксильних йонів у внутрішньому середовищі організму. Регулюється фізико-хімічними (буферні системи крові і тканин) та фізіологічними (дихання, виділення) механізмами.

**Коефіцієнт резерву** – відношення величини функції даної системи, визначеної в умовах максимальних навантажень, до її величини в стані спокою.

**Контрактура** – локальне, тривале і сильне скорочення м'язових волокон, яке характеризується стійким напруженням (стягуванням) м'яза з сильно сповільненим розслабленням.

**Креатинін**, ангідрид креатину – кінцевий продукт азотистого обміну, який утворюється в м'язовій тканині при розщепленні креатинфосфату або безпосередньо з креатину при відщепленні води. Відношення маси креатиніну, що виділяється за добу (в мг), до маси тіла (в кг), називається креатиніновим коефіцієнтом. В середньому за добу з сечею виділяється від 10 до 32 мг креатиніну на 1 кг маси. Цей показник сталий для кожної людини і характеризує стан її фізичного розвитку. Виділення креатиніну значно зменшується при діабеті, м'язовій дистрофії, гіпертиреозі, порушенні функцій нирок.

**Креатинфосфат (КрФ)** – макроергічна сполука, яка міститься у скелетних м'язах, серці, мозку, нервовій тканині і бере участь у енергетичному обміні. При гідролізі в організмі КрФ перетворюється на креатин. Біологічна роль КрФ полягає у підтриманні в тканинах сталого вмісту АТФ. Вміст КрФ в м'язах у стані спокою в 5-8 разів більший, ніж АТФ, що повністю забезпечує сталий рівень АТФ в період фізичного навантаження. При відсутності навантаження, під час гліколізу та окисного фосфоритування, поповнення запасів АТФ здійснюється за рахунок активізації процесів утворення КрФ.

**Кребса цикл** – кінцева стадія окисного катаболізму, в якому відбувається повне «згоряння» до  $CO_2$  і  $H_2O$  активної форми оцто-

вої кислоти (ацетил-КоА). Ацетил-КоА утворюється у вигляді проміжного продукту вуглеводного, ліпідного та білкового обміну.

**Міоглобін** – складний білок (хромопротеїд) м'язів, який забезпечує в них резерв кисню. В стані спокою в м'язах нагромаджується міоглобін, збагачений киснем – оксиміоглобін, який використовується окисниси системами клітини при надмірно напружених фізичних навантаженнях.

**Міозин** – білок скоротливих волокон м'язів – міофібрил (55% від їх сухої маси). Молекули міозину складаються з двох поліпептидних ланцюгів, скручених у спіраль. При з'єднанні з актином утворює актоміозин – основний білок скоротливої системи м'язів.

**Міотонетрія** – вимірювання тону м'язів в умовах максимального напруження і при розслабленні. Показники даного методу використовуються для оперативної оцінки рівня функціонального стану нервово-м'язового апарату і впливу на нього різних за характером навантажень.

**Натуження** – процес, пов'язаний з напруженням м'язів живота та діафрагми при підніманні вантажу або при подоланні зовнішнього опору (в єдиноборствах). При цьому різко підвищується внутрішньочеревний та грудний тиск, фіксується грудна клітка, знижується забезпечення організму киснем. Натуження завжди починається на вдиху, закінчується на видиху. Досить часто натуження поєднується з напруженням м'язів кінцівок.

**Оксигенотерапія** – більш швидке відновлення працездатності людини з адопомогою додаткового надходження кисню в організм через дихальні шляхи, підшкірно, в порожнину суглоба тощо.

**Перевтома** – стан організму, який настає при інтенсивних фізичних навантаженнях, що не відповідають рівню натренованості організму, або при недостатньому за часом відпочинку між окремими навантаженнями. Розрізняють перевтому гостру і хронічну. Гостра перевтома розвивається при одноразових фізичних навантаженнях, хронічна – при частому повторенні фізичних навантажень в умовах неповного відновлення функцій організму.

**Руховий апарат** – система органів і тканин, що виконують функцію руху. До його складу входять кістки скелета, з'єднані між собою суглобами і зв'язками скелетних (поперечносмугастих) м'язів, прикріплених до кісток і мотонейронів (рухових нервових клітин).

**Рухова одиниця (РО)** – головний структурно-функціональний елемент нервово-м'язового апарату. До складу РО входить: тіло мотонейрона, яке знаходиться в передньому розі спинного мозку або в руховому ядрі головного мозку; аксон цього нейрона; кінцеві розгалуження аксона; нервово-м'язові синапси; м'язові волокна, з якими з'єднується аксон. Усі рухові одиниці організму складають нервово-м'язовий апарат.

**Саркомер** – участок міофібрили м'язового волокна, який повторюється. Саркомер є основною структурною одиницею міофібрил.

**Статична робота** – робота, при якій м'язові волокна розвивають напруження, але не вкорочуються (м'язи знаходяться в ізометричному напруженні).

**Суперкомпенсація** – закріплення наслідків фази резервного відновлення (над відновлення) енергосубстратів.

**Тонічне напруження**, тонус – здатність скелетної мускулатури тривало, стійко підтримувати скорочення (напруження).

**Транквілізатори** – фармакологічні засоби нормалізації емоційного стану, покращення сну і апетиту. Механізм дії транквілізаторів пов'язаний з посиленням гальмівних процесів в ЦНС.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Алексєєв В. ....	136,	Леві А. ....	54
	138, 139, 141, 147	Шевченко К. ....	121
Амосов М. ....	13, 41, 100	Лібіх Ю. ....	35
Анохін П. ....	12, 41	Лундсгаард Е. ....	36
Арінчин М. ....	20, 21	Любимова М. ....	23
Аршавський О. ....	41	Марущак В. ....	140
Бендет А. ....	14	Матей М. ....	118
Берцеліус Й. ....	35	Медвецька Г. ....	20, 21
Біляєв Г. ....	140	Меєргоф О. ....	35, 52
Бірюков О. ....	119	Меєрсон Ф. ....	14
Боголюбов В. ....	119	Могендович М. ....	61
Булі Є. ....	114	Мозжухін А. ....	12
Вайнбаум Я. ....	96	Мурахов І. ....	41, 100, 114
Гіссен Л. ....	139	Павлов І. ....	9, 135, 147
Гопкінс Ф. ....	35, 52	Палладін О. ....	22
Горобець В. ....	140	Персиваль Л. ....	140
Гуменюк Н. ....	133	Плахтій П. ....	65
Данько Ю. ....	103	Принс М. ....	60
Джекобсон Е. ....	138, 140	Рорахер Г. ....	21
Дубровський В. ....	116, 127,	Сафянц В. ....	31
	128, 133, 143	Сельє Г. ....	101
Ембден Г. ....	36	Сікевич Ф. ....	54
Енгельгардт В. ....	23	Тьомкін І. ....	76
Зімкін М. ....	41	Уілмор Х. ....	18, 32, 51
Карлсон Д. ....	98	Ухтомський О. ....	61
Клейнзорге Х. ....	138	Фарбер Д. ....	32
Клюмбірг Г. ....	138	Фердман Д. ....	22
Козін А. ....	141	Флетчер М. ....	35, 52
Коробков А. ....	64	Хеннеман Е. ....	82
Костерин С. ....	22	Чеснокова С. ....	31
Костілл Д. ....	18, 32, 51	Шерцис Б. ....	33
Коц Я. ....	59, 109, 111	Штрауб Ф. ....	23
Красногорський Н. ....	61	Шульц Г. ....	38, 147
Крестовніков О. ....	41	Яковлев М. ....	10
Ланг Г. ....	127		



## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Автоматія мязів .....	20	Відпочинок: .....	114
Аденозиндифосфорна кислота .....	53, 54	• активний .....	114
Аденозинтрифосфорна кислота .....	36, 51, 53, 54, 57	• пасивний .....	114
Аеробна робота .....	55	«Внутрішньом'язові серця» .....	20
Азотисті екстрактивні речовини .....	25	Вправи: .....	76
Активне пристосування .....	11	• долаючі .....	76
Актин: .....	23, 52	• підтримуючі .....	76
• глобулярний (Г-А) .....	23	• уступаючі .....	76
• фібрилярний (Ф-А) .....	23	Втома: .....	96, 98, 100
Актоміозин .....	17, 23, 53	• компенсована .....	103
Альдолаза .....	22	• некомпенсована .....	103
Анаеробна робота .....	55	• непереможувальна .....	103
Андрогени .....	60	• переборювальна .....	103
Ансерин .....	27, 29	Гідротерапія .....	116
Атрофія м'язів .....	37, 63, 64	Гіпертрофія м'язів: .....	59, 60, 63
Аутогенне дрімання .....	136	• міофібрилярна .....	59
Аутогенне тренування .....	138	• саркоплазматична .....	
Ацетилхолін .....	34	Гіпобіоз .....	11
Ацетилхолінестераза .....	34	Гіподинамія (гіпокінезія) .....	11, 62, 65
Безазотисті екстрактивні речовини .....	28	Глобулін Х .....	23
Бета-окиснення		Глікоген .....	35
вищих жирних кислот .....	58	Глікогеноліз .....	56
Білки міофібрил .....	22	Гліколіз .....	56
Білки м'язової строми .....	22	Дистрофія .....	37
Білки саркоплазми .....	22	Екстрактивні речовини .....	25
Біохімічні резерви організму ...	12	Електроміограма .....	83
Відновні процеси .....	108	Енергоємність системи .....	55
		Енергопотужність системи .....	55
		Енергосистема: .....	55

• киснева.....	57	Міозин .....	23, 52
• лактацидна.....	56	Міотонометрія .....	78
• фосфатна.....	55, 56	Міофібрила .....	15, 16, 17
Епімізій .....	15	Молочна кислота.....	35, 52
Заклякання м'язів.....	39	Мотонейрон .....	15, 81, 82
Ідеомоторне тренування.....	141	Натуження.....	86
Інтерференція .....	83	Нервово-м'язовий синапс (НМС) .....	33
Карнітин.....	27	Оксигенотерапія .....	115
Карнозин .....	27, 29	Оксиміоглобін.....	22
«Кількість здоров'я» .....	13	Перевтома: .....	101
Кисневий борг .....	111	• гостра .....	101
Коефіцієнт корисної дії (ККД) .....	84	• хронічна .....	101
Коефіцієнт резерву.....	13	Перимізій .....	15
Компоненти кисневого боргу: .....	111	Постсинаптичний нервово-м'язовий блок .....	34
• повільний.....	111	Потенціал дії м'язового волокна .....	34
• швидкий.....	111	Потужність.....	84
Контрактура .....	81	Пресинаптичний нервово-м'язовий блок .....	34
Креатин .....	25	Професійно-технічні резерви організму.....	12
Креатинин .....	26	Психічні резерви організму .....	12
Креатинурія .....	38	Рекуперация.....	84
Креатинфосфат (КрФ, фосфаген) .....	25, 26, 53	Ретикулум саркоплазматичний .....	18
Лактатдегідрогеназа (ЛДГ) .....	30	Робота: .....	86
Леатонін .....	19	• динамічна .....	86
Ліпіди .....	24	• статична .....	86
Максимальне споживання кисню .....	57	Рухова активність.....	12
Масаж.....	124	Руховий апарат .....	15
Механічна робота.....	84	Рухові одиниці (РО): .....	31
Мінеральні речовини м'язів.....	28	• активні .....	81
Міоальбумін.....	23	• великі .....	31
Міоген: .....	22	• малі.....	31
• міоген А .....	22	• повільні (тип І) .....	32
• міоген В .....	22		
Міоглобін .....	16		

• швидкі (тип II) .....	32, 33	Тонічне напруження м'язів .....	78
Сарколема .....	16	Тоніоміозин .....	19
Саркомер .....	18	Тонус м'язів .....	78
Саркоплазма .....	16	Тропоміозин .....	24
Саркоплазматичний матрикс .....	16	Тропонін .....	16, 17, 50, 51
Саркосоми .....	19		
Синапс .....	33	Ферментні білки .....	24
Синаптична затримка .....	34	Фізіологічні резерви організму	12
Структурні білки .....	24	Форми скорочення м'язів: .....	74
Суперкомпенсація .....	110	• аукасотонічні .....	75
		• динамічні .....	74
		• статичні .....	74
Телофрагма (Z-мембрана) .....	18	Фосфатиди .....	24, 25
Тетанус: .....	78, 80	Функціональні резерви	
• гладенький .....	80	організму .....	12
• зубчастий .....	78, 80		
Тип скорочення м'язів: .....	74	Холестерин .....	24, 25
• ексцентричний .....	74, 75	Холінорецептори .....	34
• ізометричний .....	74, 75, 77		
• ізотонічний .....	74, 75	Явище суперпозиції .....	80
• концентричний .....	74, 77		

Навчальне видання

ПЛЯХТІЙ Петро Данилович,  
КОВАЛЬ Тетяна В'ячеславівна,  
СОКОЛЕНКО Людмила Степанівна

**ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН.  
ФІЗІОЛОГІЯ  
М'ЯЗІВ І М'ЯЗОВОЇ  
ДІЯЛЬНОСТІ**

Навчальний посібник

Підписано до друку 5.01.2011 р.  
Формат 60x84 1/16. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 9,53.  
Друк офсетний. Папір офсетний.  
Зам. № 906. Наклад 300.

ПП Буйницький О.А.  
32300, Хмельницька обл., м.Кам'янець-Подільський,  
вул. Маршала Харченка, 24. Тел. (03849) 3-62-30  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
від 28.04.2006 р. серія ДК № 2477