ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ

Частина II

ФІЗІОЛОГІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ



Львівський державний університет фізичної культури

Кафедра анатомії та фізіології

Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І.

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ

Навчальний посібник
для перепідготовки спеціалістів
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

У двох частинах

Частина 2

ФІЗІОЛОГІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Львів
ЛДУФК
2013

УДК 612: 796. 011(075.8)
ББК 75.0я73+28.903
В 61

Рекомендовано до друку вченою радою
Львівського державного університету фізичної культури
(протокол № 5 від 5 лютого 2013 року)

Рецензенти:
д-р. біол. наук, проф., завідувач кафедри фізіології людини і тварин
В. В. Манько
(Львівський національний університет імені Івана Франка);

канд. мед. наук, доц. кафедри біохімії і гігієни
Ю. Д. Свистун
(Львівський державний університет фізичної культури)

канд. біол. наук, доц. кафедри анатомії та фізіології
М. Я. Гриньків
(Львівський державний університет фізичної культури

В 61 **Вовканич Л. С.**
Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту.: навч. посіб. для перепідготовки спеціалістів ОКР «бакалавр» : у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л. : ЛДУФК, 2013. – Ч. 2. – 196 с.
ISBN 978-966-2328-27-1
ISBN 978-966-2328-43-1 (Ч. 2)

Навчальний посібник покликаний дати майбутнім фахівцям з фізичного виховання і спорту науково обгрунтовані знання фізіологічних закономірностей функціонування організму людини в умовах відносного спокою, при м'язовій діяльності і в умовах психоемоційних напружень. Він написаний відповідно до навчальної програми з курсу "Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту" для слухачів перепідготовки освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр". У другій частині навчального посібника викладено матеріал з усіх основних розділів фізіології спорту та фізичного виховання.

Для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту.

УДК 612: 796. 011(075.8)
ББК 75.0я73+28.903

ISBN 978-966-2328-27-1
ISBN 978-966-2328-43-1 (Ч. 2)

© Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І., 2013
© Львівський державний університет фізичної культури, 2013

Перелік умовних скорочень

АВР-O_2 – артеріовенозна різниця за киснем
АТ – артеріальний тиск
АТд – артеріальний тиск діастолічний
АТс – артеріальний тиск систолічний
АТФ – аденозинтрифосфорна кислота
ДК – дихальний коефіцієнт
ДО – дихальний об'єм
ЕЕГ – електроенцефалограма
ЕКГ – електрокардіограма
ЕМГ – електроміограма
ЖЄЛ – життєва ємність легень
ЗФП – загальна фізична працездатність
ІГСТ – індекс Гарвардського степ-тесту
КФ – креатинфосфат
ЛЧРР – латентний час рухової реакції
МДС – максимальна довільна сила
МСК – максимальне поглинання кисню
МСС – максимальна статична сила
ПАНО – поріг анаеробного обміну
СО – систолічний об'єм
ФП – фізична працездатність
ФС – фізіологія спорту
ХОД – хвилинний об'єм дихання
ХОК – хвилинний об'єм крові
ЦНС – центральна нервова система
ЧД – частота дихання
ЧСС – частота серцевих скорочень
PWC_{170} – фізична працездатність за ЧСС 170 уд./хв

Зміст

1. Вступ до фізіології спорту та фізичного виховання.. 8
1.1. Предмет і методи дослідження фізіології спорту та фізичного виховання..... 8
1.2. Короткий нарис розвитку дисципліни..... 12
1.3. Питання для самоконтролю 16

2. Фізіологічна класифікація фізичних вправ..... 17
2.1. Загальні підходи до фізіологічної класифікації фізичних вправ..... 17
2.2. Характеристика зон відносної потужності при циклічній роботі..... 24
2.3. Питання для самоконтролю 28

3. Фізіологічна характеристика станів, які виникають під час спортивної діяльності..... 29
3.1. Фізіологічна характеристика передстартових станів..... 29
3.2. Фізіологічна характеристика розминки..... 32
3.3. Фізіологічна характеристика впрацьовування, "мертва точка" і "друге дихання"..... 35
3.4. Фізіологічна характеристика стійкого стану... 38
3.5. Питання для самоконтролю 42

4. Фізіологічна характеристика втоми..... 43
4.1. Теорії втоми..... 43
4.2. Прояви втоми у різних функціональних системах організму..... 45
4.3. Фази розвитку втоми..... 52
4.4. Особливості розвитку втоми при фізичній роботі різного характеру..... 53
4.5. Біологічне значення втоми, явища перетренованості та перевтоми..... 60
4.6. Питання для самоконтролю..... 62

5. Фізіологічна характеристика процесів відновлення 63
5.1. Основні закономірності процесу відновлення. 63
5.2. Показники проходження відновних процесів.. 69
5.3. Засоби відновлення та механізми прискорення відновних процесів 75
5.4. Питання для самоконтролю 84

6. Фізична працездатність та її показники 85
6.1. Основні показники фізичної працездатності... 85
6.2. Анаеробні можливості організму 93
6.3. Аеробні можливості організму 102
6.4. Питання для самоконтролю 108

7. Фізіологічні механізми формування рухових навичок 109
7.1. Компоненти рухових навичок 109
7.2. Рухова навичка з позиції теорії П.К.Анохіна.. 110
7.3. Фази формування рухових навичок, стійкість рухових навичок 113
7.4. Динамічний стереотип та екстраполяція в рухових навичках 116
7.5. Питання для самоконтролю 117

8. Фізіологічна характеристика формування та прояву рухових якостей 118
8.1. Фізіологічна характеристика формування та прояву сили 118
8.2. Фізіологічна характеристика формування та прояву витривалості 124
8.3. Фізіологічна характеристика формування та прояву швидкості 127
8.4. Питання для самоконтролю 129

9. Натренованість. Показники натренованості 130
9.1. Загальне уявлення про натренованість 130
9.2. Оцінювання натренованості за показниками різних систем організму спортсмена у стані спокою 132
9.3. Оцінювання натренованості за показниками різних систем організму спортсмена під впливом стандартних і максимальних навантажень 137
9.4. Питання для самоконтролю 142

10. Фізіологічне обґрунтування оздоровчого ефекту засобів фізичної культури 143
10.1. Вплив недостатньої рухової активності на функції організму людини 143
10.2. Роль фізичної культури у підвищенні резистентності організму до несприятливих факторів довкілля 146
10.3. Вплив занять фізичними вправами на стан функціональних резервів організму людини 148
10.4. Питання для самоконтролю 151

11. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм дітей, жінок та осіб літнього віку 152
11.1. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм дітей і підлітків 152
11.2. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм жінок 161
11.3. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм осіб літнього віку 166
11.4. Питання для самоконтролю 173

12. Фізична працездатність в особливих умовах довкілля 174
12.1. Вплив високих і низьких температур на фізичну працездатність 174
12.2. Вплив умов середньо- і високогір'я на фізичну працездатність 179
12.3. Біоритми, зміна часових поясів і фізична працездатність 184
12.4. Питання для самоконтролю 187
13. Термінологічний покажчик 188
14. Література 192

1. ВСТУП ДО ФІЗІОЛОГІЇ СПОРТУ ТА ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ

1.1. Предмет і методи дослідження фізіології спорту та фізичного виховання

Фізіологія спорту (ФС) – це *прикладна* наука, яка є одним із *розділів фізіології людини*. Основним об'єктом дослідження фізіології спорту є вплив фізичних навантажень, характерних для сучасного спорту вищих досягнень, на організм людини.

ФС є складовою комплексу наук, що вивчають вплив фізичних вправ на функціонування організму людини. До цього комплексу належить також **фізіологія фізичного виховання** (ФВ), одним із предметів вивчення *якої є механізми покращення здоров'я та підвищення працездатності здорових осіб під впливом фізичних навантажень. Вплив фізичних навантажень на осіб із певними захворюваннями є сферою дослідження* **лікувальної фізкультури** (ЛФК). Належить пам'ятати, що історично першою з комплексу наук, які вивчають вплив фізичних навантажень на організм людини, була **фізіологія праці** або **фізіологія трудових процесів**. Проте на сучасному етапі механізація та автоматизація виробництва зменшили роль фізичних навантажень у процесах трудової діяльності.

Предметом дослідження у ФС є такі питання:

- фізіологічна класифікація та загальна характеристика спортивних вправ;
- характеристика функціональних станів, які виникають під час занять фізичними вправами: розминки, передстартових станів, впрацьовування, стійких станів, втоми, відновлення;
- фізіологічні основи формування рухових навичок і рухових якостей (сили, швидкості, витривалості тощо);
- фізіологічні механізми впливу фізичних навантажень на різноманітні системи організму – нервову, м'язову, серцево-судинну, дихальну, ендокринну, систему крові та механізми і прояви адаптаційних реакцій до цього впливу;

- фізіологічні механізми забезпечення високої аеробної та анаеробної працездатності;
- вплив різноманітних факторів довкілля (гіпоксії, зниженої та підвищеної температури, зміни часових поясів тощо) на фізичну працездатність;
- фізіологічні особливості тренування жінок, дітей, підлітків та осіб літнього віку.

Фізіологія спорту, як і фізіологія людини, є *експериментальною наукою*, усі її положення базуються на дослідженні змін, що відбуваються в організмі людини під впливом фізичних навантажень. У ФС застосовують як *метод спостереження* за змінами функцій під час тренування або змагання, так і *експериментальний метод*. Зокрема, використовують *метод лабораторного експерименту* із використанням *дозованих фізичних навантажень* (за допомогою велоергометра, бігової доріжки тощо), *метод функціональних проб*.

Оскільки під час досліджень реєструють зміни у функціонуванні різноманітних систем організму людини, то методики дослідження у ФС аналогічні до методик, що використовуються у фізіології людини. Зокрема, тут часто використовують методики вивчення функцій таких систем:

- *дихальної* (спірометрія, спірографія, пневмотахометрія, газовий аналіз);
- *серцево-судинної* (реєстрація ЧСС, АТ, ЕКГ, реографія);
- *нервової* (хронаксиметрія, рефлексометрія, ЕЕГ);
- *м'язової* (динамометрія, реєстрація ЕМГ);
- *крові* (дослідження фізико-хімічних параметрів, складу крові, кількості формених елементів).

Застосування цих методик у сфері ФС характеризується низкою особливостей, зокрема:

- використанням чітко дозованих фізичних навантажень (функціональних проб);
- комплексністю;
- реєстрацією показників у точно визначений час.

Дослідження змін у функціонуванні організму під впливом фізичних навантажень передбачає необхідність застосування в умовах лабораторного експерименту *точно дозованих фізичних навантажень*. Для цього найчастіше застосовують *велоергометри* (рис. 1.1) різних конструкцій або інші прилади (*тредбан*, *тредміл, веслувальні тренажери та ін.*). Такі прилади дозволяють змінювати потужність фізичного навантаження шляхом зміни опору, який чиниться рухові (*велоергометри*, *орбітреки*, *степери*, *веслувальні тренажери*, *фітнес-станції*), швидкості руху полотна доріжки чи крутизни його підйому (*третбан*).

Варто зазначити також, що, оскільки фізичні вправи впливають на функціонування багатьох систем організму, у ФС великого значення набуває *комплексність досліджень*, позаяк вона дозволяє одночасно виявити зміни у функціонуванні кількох систем організму та проаналізувати їхню взаємодію.

У ФС існують певні вимоги до інформації, яку потрібно отримати, що й обумовлює особливості застосування її методик та їхній добір. Однією з *головних вимог* є *отримання даних безпосередньо під час виконання спортсменом тієї чи іншої вправи, або в точно визначені проміжки часу після її завершення*.

Усе це висуває певні вимоги до апаратури та методики реєстрації. Необхідними вимогами до апаратури можна вважати такі:

- малогабаритність (портативність);
- висока швидкодія;
- наочність отриманої інформації.

Вимога *малогабаритності* означає, що прилад не повинен заважати спортсмену під час виконання вправ, водночас забезпечуючи надійну реєстрацію даних. У разі значних розмірів апаратури застосовують *телеметричну* реєстрацію (рис. 1.2), коли на тілі спортсмена закріплені лише датчики та передавач, що не заважають звичному виконанню спортивних вправ.



Рис. 1.1. Приклади сучасних засобів дозування фізичного навантаження – велоергометр (а), орбітрек (б), бігова доріжка (третбан, в), степпер (г), веслувальний тренажер (д), фітнес-станція (е)



Рис. 1.2. Приклад сучасної телеметричної реєструючої апаратури (ЕМГ комплекс TeleMio та пульсометр PolarTeam)

Швидкодія приладу повинна бути достатньою для реєстрації змін у фізіологічних параметрах під час виконання вправ. Вимога *наочності* є актуальною, оскільки інформацією повинні користуватися не лише спеціалісти із ФС, але й тренери, часто – і самі спортсмени.

1.2. Короткий нарис розвитку дисципліни

Окремі роботи з вивчення функцій організму під час виконання фізичних навантажень, були опубліковані ще наприкінці XIX ст. (*И. О. Розанов, С.С. Груздев, Ю.В. Блажевич, П.К. Горбачев* та ін.). Зокрема, *І.О.Розанов* 1886 року провів дослідження впливу різних умов праці на силу м'язів. 1889 року *І.Б. Цимковський* описав вплив бігу на діяльність серця, роботу дихальної системи, терморегуляцію, а *С.С. Груздев* вивчав вплив веслування на фізіологічні функції. Вплив велоспорту на організм досліджували у 1884-1898 рр. *Ю.В. Блажевич* та *В.А. Курдюмова*. Першим опублікованим підручником з фізіології фізичних вправ була робота *Ф. Лагранжа* (*F Lagrange*) "Фізіологія фізичної вправи" (1890).

У формуванні теоретичних основ ФС провідна роль належить багатьом видатним фізіологам. Зокрема, у роботі "Реф-

лекси головного мозку" *І.М. Сеченов* розкрив основні механізми функціонування нервової системи, що мають значення для розуміння взаємозв'язку психічної діяльності та рухової активності людини. Ідеї І.М. Сеченова про функціональний стан (збудження, гальмування), а також про активний відпочинок знайшли широке застосування у спортивній практиці, увійшли в комплекс засобів відновлення. Завдяки теорії домінанти, яку розробив *О.О. Ухтомський*, вдалося з'ясувати механізми формування рухової навички, передстартових станів. Велике значення для ФС мають роботи *І.П. Павлова*, присвячені вивченню вищої нервової діяльності (ВНД), зокрема вчення про типи ВНД, механізми та фази утворення умовних рефлексів як основи теорії утворення рухової навички. Вчення про типологічні особливості ВНД актуальне при обґрунтуванні рекомендацій для відбору і спортивної орієнтації юних спортсменів. Академік *П.К.Анохін*, завдяки багаторічним дослідженням, сформував теорію функціональної системи – тимчасового об'єднання нервових центрів і різних функцій для забезпечення кінцевого результату. Це вчення важливе для пояснення механізмів змін, які виникають в організмі спортсмена під час формування натренованості в обраному виді спорту.

Про тісний зв'язок спортивної науки з фізіологією свідчить те, що на створених *П.Ф. Лесгафтом* 1896 року вищих курсах фізичної освіти був відкритий кабінет фізіології, першим керівником якого став академік *І.Р. Тарханов*. Викладання на цих курсах здійснювали, зокрема, *В.Я. Чаговець, А.Г. Гінецинський, А.А. Ухтомський, Л.А. Орбелі, О.М. Крестовніков*. 1919 року в інституті фізичної освіти ім. П.Ф.Лесгафта була створена кафедра фізіології. Окрім *Л.А. Орбелі* та *О.М. Крестовнікова*, на ній викладали *Н.В. Зімкін, А.С. Мозжухін, Е.Б. Сологуб, А.С. Солодков* та ін.

Засновником ФС на теренах СНГ вважається *О.М Крестовніков* (1885–1955). За час своєї наукової діяльності він опублікував близько 200 наукових робіт, у яких було обґрунтовано положення про вплив фізичних навантажень на не-

рвові процеси, стан сенсорних систем, сформовано фізіологічні характеристики багатьох видів спорту. 1938 року О.М. Крестовніков опублікував перший підручник з фізіології для інститутів фізичної культури, а 1939 року – монографію "Фізіологія спорту".

Учнями О.М. Крестовнікова були проф. *В.В. Васільєва*, яка вивчала серцево-судинну систему спортсменів, професор *О.Б. Гендельман*, праці якого присвячені вивченню дихальної системи спортсменів, професор *Е.Б. Сологуб*, який розвивав електрофізіологію в спорті.

У XX столітті *У. Флетчер* та *Ф.Г. Хопкінс* встановили тісний зв'язок між скороченням м'язів та утворенням лактату. 1922 року *А. Хілл* отримав Нобелівську премію за дослідження енергетичного метаболізму. Саме він із технічною допомогою *Дж.С. Холдена* здійснив вимірювання споживання кисню людиною під час виконання нею фізичних навантажень.

Одним з революційних пунктів фізіологічних досліджень у спорті можна вважати експерименти *Р. Еджертона* та *Ф. Голлніка* з вивчення характеристик окремих м'язових волокон та їхньої реакції на фізичне навантаження.

Значний вклад у розвиток ФС належить професорові *М.В. Зімкіну*. За його редакцією вийшли у світ три підручники з фізіології людини для інститутів фізичної культури (1964, 1970, 1975 рр.). Він є автором сучасної теорії формування рухових навичок, особливу увагу приділяв руховому компоненту рухових навичок. Професор *В.С. Фарфель* очолював кафедру фізіології в ГЦОЛІФК (Москва). Вивчав енергетичну вартість фізичних навантажень, він є автором класифікації спортивних вправ, розробив принцип швидкої інструментальної інформації про параметри рухів, співавтор 3-х видань підручника “Фізіологія людини” (перше – у 1960 р.). Важливим етапом у вдосконаленні викладання фізіології спорту був вихід у світ 1986 року підручника *Я.М. Коца* "Спортивна фізіологія" .

У київському інституті фізичної культури кафедру фізіології очолював професор *М.Я. Горкін*. Він із *Л.Я. Євгеньєвою*,

В.Д. Моногаровим, П.А. Радзієвським вивчав вплив фізичних навантажень на серцево-судинну й дихальну систему спортсменів, досліджував процес впрацьовування, початковий та віддалений періоди відновлення після великих навантажень у висококваліфікованих спортсменів. Його дослідження стали одними із перших взірців роботи комплексних наукових груп, які з 70-х рр. допомагали в підготовці спортсменів збірних команд України.

Отже, фізіологія спорту та фізіологія фізичного виховання у своєму сучасному вигляді була сформована працями багатьох фізіологів. Триває її розвиток і сьогодні завдяки працям українських учених. Різні напрями фундаментальних і прикладних наукових досліджень розробляють нині у Національному університеті фізичного виховання і спорту України вчені *В.М. Платонов*, *М.М. Булатова*, *Л.Г. Шахліна*, *Н.А. Шинкарук*, *І.М. Гуніна*, *Г.В.Коробейніков*, *В.І.Воронова*, *О.М. Лисенко* та інші.

Свій вклад у розвиток фізіології спорту мають і працівники кафедри анатомії та фізіології Львівського державного університету фізичної культури. Під керівництвом *Г.Б.Сафронової* на кафедрі вивчалися проблеми адаптації до напруженої м'язової діяльності футболістів, стрільців із лука, гандболістів, плавців, лижників. *Г.Б. Сафронова, А.П. Калініченко, А.Я. Стьопіна, Є.Н. Приступа* досліджували електроміограми м'язів плечового поясу стрільців із лука, *В.П. Горобець* розробив методику послідовного розслаблення м'язів. Надалі під керівництвом професора *Є.О. Яремка* була організована наукова лабораторія кафедри. *А.С. Вовканич, В.С. Федоришин* вивчали вплив локальних і глобальних фізичних навантажень на особливості адаптаційних змін мозкової гемодинаміки, *Є.М. Голубій* та *А.С. Вовканич* вивчали центральну гемодинаміку, *В.Г. Пакош* та *М.Я. Гриньків* досліджували центральні механізми регуляції діяльності серця. Дещо пізніше аналіз електричної активності скелетних м'язів продовжили *Є.О. Яремко, А.С. Вовканич, Т.Є. Балика*. Викладачі кафедри

Л.С. Бабенко, Ф.В. Музика, А.В. Малицький досліджували морфологічні особливості спортсменів різних спеціалізацій та різних вікових груп. На сьогодні цей напрямок досліджень розвивають *М.Я. Гриньків, С.М. Маєвська. Л.С. Вовканич* досліджує особливості реакції організму (варіабельності серцевого ритму, сенсомоторних реакцій, електричних характеристик м'язів) на анаеробні навантаження. *Д.І. Бергтраум* вивчає зміни периферичної гемодинаміки спортсменів під впливом навантажень різного характеру та потужності. *З.І. Коритко* значну увагу приділяє дослідженню центральної гемодинаміки спортсменів та регуляції метаболічних процесів при різних фізичних навантаженнях, особливостям адаптаційних змін у низці параметрів організму спортсменів у перехідних станах.

1.3. Питання для самоконтролю

1. Предмет і методи дослідження курсу "Фізіологія спорту та фізичного виховання".
2. Основні завдання курсу "Фізіологія спорту та фізичного виховання", зв'язок з іншими дисциплінами.
3. Короткий нарис історії розвитку дисципліни "Фізіологія спорту та фізичного виховання ".
4. Роль курсу " Фізіологія спорту та фізичного виховання" для наукового обґрунтування та вдосконалення спортивних тренувань.

2. ФІЗІОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

2.1. Загальні підходи до фізіологічної класифікації фізичних вправ

Фізичні вправи та інша рухова діяльність людини характеризуються надзвичайною різноманітністю. Втім надзвичайно важко підібрати єдиний критерій для класифікації усіх спортивних вправ. У зв'язку з цим, у ФС було запропоновано кілька систем класифікації, розроблених за різними підходами.

Загальна класифікація фізичних вправ може бути здійснена на основі кількох основних характеристик активності м'язів:

- об'єму м'язів, задіяних у виконанні вправи;
- форми скорочення м'язів;
- сили й потужності скорочення;
- вкладу різних систем у енергозабезпечення м'язів;

Залежно від *об'єму м'язів, задіяних у виконанні вправи,* виділяють:

- *локальні* (до 1/3 усіх м'язів – стрільба з пістолета);
- *регіональні* (1/3 – 1/2 усіх м'язів – гімнастичні вправи за участю м'язів лише верхніх кінцівок та ін.);
- *глобальні* (більше 1/2 м'язів – сюди належить більшість фізичних вправ, зокрема біг, лижні перегони, веслування, велоспорт та ін.).

За *формою скорочення основних м'язів*, які беруть участь у виконанні вправи, виділяють:

- *статичні* вправи (пози в гімнастів, стрільців тощо);
- *динамічні* вправи (усі види переміщень) .

Залежно від *сили і потужності скорочення м'язів* виділяють кілька груп вправ:

- *силові* – вправи, під час яких відбувається максимальне чи близьке до максимального скорочення основних м'язів за статичної чи динамічної форми скорочення й малої швидкості руху; максимальна тривалість – кілька секунд; приклади – стійка на кистях рук, "хрест", впра-

ви із штангою максимальної чи близької до максимальної ваги;

- *швидкісно-силові* – динамічні вправи, під час яких м'язи виявляють значну (50–60% від максимальної статичної) силу та швидкість (30–50%) скорочення; тривають такі вправи від 3 с до 1–2 хв; приклади – біг на короткі дистанції, стрибки; потужність такої роботи максимальна (рис. 2.1);
- *вправи на витривалість,* під час яких скорочення м'язів характеризується невеликою силою і швидкістю, проте значною тривалістю – від кількох хвилин до кількох годин; сюди належать усі аеробні вправи циклічного характеру – біг на дистанціях від 1500 м, спортивна ходьба, шосейні велогонки та ін.

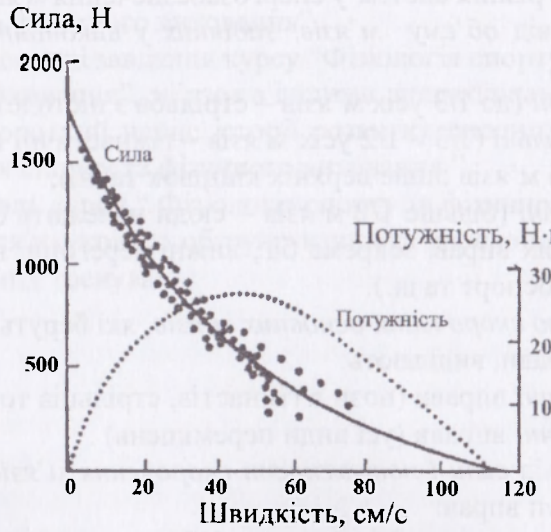


Рис. 2.1. Співвідношення величини зусиль, швидкості переміщення тіла (снаряда) та потужності фізичної роботи (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Залежно від вкладу різних джерел енергозабезпечення фізичної роботи, виділяють такі групи вправ (рис. 2.2):

- *аеробні* (основним джерелом енергії слугує окислення біологічних субстратів);
- *анаеробні* (основним джерелом енергії є процеси безкисневого енергозабезпечення – розщеплення АТФ, КФ, гліколіз);
- *змішані* (обидва джерела енергії відіграють значну роль).



Рис. 2.2. Вклад різних джерел енергозабезпечення у виконання фізичної роботи різної тривалості та потужності (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Усі ці способи класифікації хоча й дають змогу охарактеризувати ту чи іншу вправу, проте не створюють загальної системи класифікації фізичних вправ. Найповнішою з цієї точки зору є класифікація фізичних вправ, яку розробив В.С. Фарфель (1970, 1975). *Класифікація фізичних вправ за В.С. Фарфелем* (рис. 2.3) має важливе значення у спортивній фізіології і є однією із найпоширеніших.

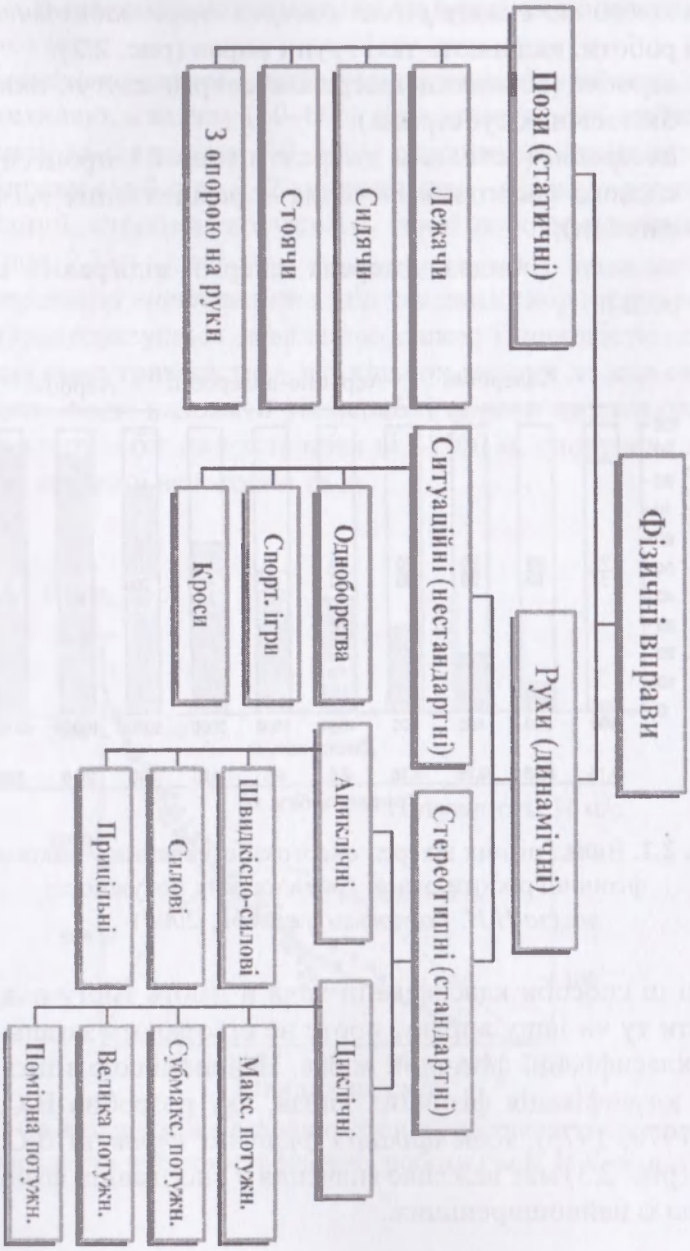


Рис. 2.3. Класифікація фізичних вправ за В.С. Фарфелем (1970)

Згідно з цією схемою, передусім виділяють *пози та рухи.* Підтримання *пози* тіла, тобто незмінного положення тіла чи його ланок, вимагає певного напруження м'язів та енергетичного його забезпечення. Форма скорочення м'язів – статична, тип – ізометричний, а напруження м'яза (режим скорочення) може змінюватися в широких межах. Максимальне напруження (режим повного тетанусу) може підтримуватися кілька секунд (див. розділ 4.4.), тонічне напруження – дуже тривалий час.

Пози класифікують за положенням тіла спортсмена – *лежачи, сидячи, стоячи, антигравітаційні (з опорою на руки)* тощо. Трапляються два різновиди пози *лежачи*: з опорою (стрільба) та без опори (плавання). Хоча в різних видах плавання пози мають різні координаційні механізми, проте спільним є необхідність дотримання правильного стилю плавання, а також залучення багатьох груп м'язів (шиї, рук, ніг, тулуба) до ритмічної активності. На відміну від плавання, поза стрільця характеризується невеликою силою скорочення м'язів нижньої половини тіла, статичним напруженням м'язів спини, верхньої половини тулуба й рук.

Поза *сидячи* наявна у велоспорті, мотоспорті, бобслеї, кінному спорті, греблі, під час гри у шахи тощо. Вона може комбінуватись як із динамічним скороченням м'язів (циклічні рухи у веслуванні, велоспорті), так і зі статичним напруженням, спрямованим на підтримання пози (бобслей, мотоспорт). На відміну від інших видів спорту, у шахах підтримання пози не має значення для кінцевого спортивного результату.

Поза *стоячи* в різних варіантах є основною чи наявна на певному етапі виконання вправ (важка атлетика, кульова стрільба, стрільба з лука, бокс, гімнастика тощо). Поза стоячи може комбінуватись із неповною опорою, наприклад під час ковзання (ковзани, лижі), з малою опорою (гімнастичні вправи на снарядах). Існує така поза у акробатиці (з опорою на іншу людину). Окрім цього, можуть бути *антигравітаційні* варіанти (стійка на кистях) *з опорою на руки.*

Усі *рухи* передбачають наявність динамічних скорочень м'язів різних за типом (концентричні, ексцентричні, ауксотонічні), силою, тривалістю. Рухи можна поділити на дві групи – *стереотипні* та *ситуаційні*.

Стереотипні (стандартні) рухи виконуються за постійних умов і характеризуються незмінною послідовністю рухів. Під час виконання таких вправ відбувається формування *динамічного стереотипу*. Сюди належать вправи легкої атлетики, важкої атлетики, плавання, ковзанярського спорту, велоспорту тощо. У таких вправах, за умов стандартності рухів й умов виконання вправи, спортсмен намагається досягти найкращого результату в силі, швидкості чи витривалості.

Ситуаційні (нестандартні) рухи виконуються за нестандартних умов, постійна послідовність рухів відсутня. Характер дій спортсмена визначається взаємодією з суперником, учасниками команди чи зміною зовнішніх умов подолання дистанції. До таких вправ належать рухи в таких видах спорту як *одноборства*, *спортивні ігри*, *кроси*.

У багатьох видах спорту стандартні й нестандартні рухи можуть комбінуватися.

Кожна із груп вправ із стандартними й нестандартними рухами поділяється на більш дрібні підгрупи. Зокрема, до стереотипних рухів належать *циклічні* та *ациклічні* вправи.

Найдетальніше вивченою групою рухів як з точки зору фізіологічних процесів, так і біомеханічних та біохімічних процесів, є *циклічні* (гр. *kyklos* – круг) рухи. Циклічна рухова активність є основною в таких видах спорту: біг, спортивна ходьба, їзда на велосипеді, плавання. В основі циклічної рухової активності лежить послідовне багаторазове повторення циклу рухів. Усі елементи циклу повторюються в тій самій послідовності. В їх основі лежать ланцюжки умовно-безумовних рефлексів, які виробляються під час тренувань і є основою спортивної техніки.

Циклічні рухи, згідно з класифікацією В.С. Фарфеля, розподіляються *на 4 зони потужності* (максимальна, субмакси-

мальна, велика, помірна), а за класифікацією Я.М. Коца – на 8 *зон потужності*. Детальніша класифікація Я.М. Коца пов'язана із поглибленням знань про біохімічні механізми змін під час роботи. Об'єднання вправ у певну зону потужності ґрунтується на потужності роботи та характері фізіологічних та біохімічних змін, які відбуваються в організмі (див. розділ 2.2.), та призводять до розвитку втоми та визначають максимально можливий час виконання роботи (рис. 2.4.).



Рис. 2.4. Залежність між потужністю роботи та максимальною тривалістю її виконання (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Ациклічні рухи характеризуються відсутністю повторюваності циклу рухів. Це певна стереотипна послідовність рухів із чітким завершенням. Ациклічні рухи поділяють на такі групи:

- швидкісно-силові (стрибки, метання);
- власне силові (пауерліфтінг);
- прицільні (стрільба з лука, кульова стрільба).

Необхідно зазначити, що, незважаючи на наявність спільних фізіологічних характеристик, кожна із ациклічних вправ характеризується своїми специфічними особливостями, які визначаються специфікою рухової активності при її виконанні.

2.2. Характеристика зон відносної потужності при циклічній роботі

Першою зоною, згідно з класифікацією В.С. Фарфеля, *є зона максимальної потужності* (табл. 2.1) (у класифікації Я.М. Коца їй відповідає зона *максимальної анаеробної потужності*). Тривалість роботи в цій зоні становить до 20–30 с. Сюди належить біг на короткі дистанції (60–200 м), плавання на 25–50 м, гіт на 200–500 м. Енергозабезпечення такої роботи здійснюється анаеробними алактатними механізмами – шляхом розпаду АТФ і креатинфосфату (КФ). Відносні витрати енергії максимальні – до 4 ккал/с, проте сумарні – невеликі (до 80 ккал). Величезний кисневий запит (до 40 л/хв) задовольняється під час роботи лише на 10% (максимальне споживання кисню (МСК) спортсменами досягає лише 5–6 л/хв та досягається лише на 3–5 хвилині роботи), проте внаслідок незначної тривалості роботи кисневий борг досягає лише 7–8 л. Ліквідація кисневого боргу триває близько 30 хв. Процеси дихання і кровообігу під час виконання таких вправ посилюються незначно. У середньому легенева вентиляція під час виконання таких вправ становить 20–30% від максимальної. Хоча під час виконання вправи ЧСС зростає, проте найбільших значень цей показник досягає на момент завершення роботи – до 90% від максимального. Концентрація лактату у крові під час вправи змінюється незначно, проте зростає у м'язах. Унаслідок посиленого розпаду глікогену в печінці може спостерігатися гіперглікемія. Під час виконання вправ у цій зоні потужності спостерігається надзвичайно висока аферентна та еферентна імпульсація, що може бути причиною розвитку *втоми ЦНС*.

Таблиця. 2.1

Зони відносної потужності за Фарфелем В.С. (1970) та Коцом Я.М. (1986)

Показники	Зони потужності			
	Максимальна	Субмаксимальна	Велика	Помірна
Максимальна тривалість роботи	10-20 с	від 20-30 с до 3-5 хв	від 3-5 хв до 20-30 хв	більше 30 хв
Енергетичні витрати, ккал/с	до 4	1,5-0,6	0,5-0,4	до 0,3
Загальні витрати енергії, ккал	до 80	до 450	до 900	до 10 000
Поглинання кисню	Незначне	Максимальне	Близьке до максимального	Менше за максимум
Відношення споживання кисню до кисневого запиту	1/10	1/3	5/6	1
Кисневий борг, л (% запиту)	до 8 (більше 80%)	до 20 (50-80%)	до 12 (10-30%)	до 4 (менше 10%)
Збільшення концентрації молочної кислоти у крові	Невелике (до 8 ммоль/л)	Максимальне (20-25 ммоль/л)	Велике (10 ммоль/л)	Невелике (до 4 ммоль/л)
Посилення дихання	Незначне	Близьке до максимального	Максимальне	Нижче від максимального
Посилення роботи серця	Невелике	Зростає до максимуму	Близьке до максимального	Нижче від максимального

Назва та тривалість зон за Я.М. Коцом	*Максимальної анаеробної* потужності (<10 с)	*Близької до максимальної анеробної* потужості (20-50 с)	*Субмаксимальної анаеробної* потужності (1-2 хв)	*Максимальної аеробної* потужності (3-10 хв)	*Близької до максимальної аеробної* потужності (10-30 хв)	*Субмаксимальної* (30-120 хв), *середньої* (120-240 хв) та *малої* (>240 хв) *аеробної* потужності

Причинами розвитку втоми можуть бути також вичерпування (*виснаження*) запасів АТФ, КФ та накопичення продуктів анаеробного розпаду (АДФ) у м'язах.

Другою зоною, за В.С. Фарфелем, є зона *субмаксимальної потужності* (за класифікацією Я.М.Коца, вона майже відповідає зонам *близької до максимальної анаеробної* та *анаеробної субмаксимальної потужності*, див. табл. 2.1). Максимальна тривалість роботи в цій зоні становить від 20–30 с до 3–5 хв. До вправ у цій зоні належить біг на середні дистанції (400–1500 м), плавання на 100–400 м, біг на ковзанах (500–3000 м), гіт на 1000 м, веслування на 500–1000 м. Енергозабезпечення вправ у цій зоні анаеробно-аеробне із значним переважанням анаеробного (60–85%) компонента. Через зменшення швидкості пересування порівняно з попередньою зоною відносні енергозатрати знижуються до 1,5–0,6 ккал/с, проте досить значна тривалість вправи підвищує загальні затрати енергії до 150–450 ккал. Високий кисневий запит (8,5–25 л/хв) задовільняється на дистанції лише на 1/3. Внаслідок цього кисневий борг становить 50–80% кисневого запиту і може досягати у кваліфікованих спортсменів 20–22 л. Ліквідація кисневого боргу після такої роботи триває 1,5–2 год. Основою енергозабезпечення в цій зоні є гліколітичне фосфорилювання. У результаті цього утворюється велика кількість молочної кислоти, яка надходить у кров (максимальна концентрація до 200 мг% або 20–25 ммоль/л), викликаючи зниження її pH до 7,0. Тривалість роботи достатня для максимального посилення функцій дихання та кровообігу, що дозволяє досягнути МСК. Загалом, робота в цій зоні викликає максимальні зміни у показниках фізіологічних систем організму людини. Втома обумовлюється як значними змінами в параметрах внутрішнього середовища (*забруднення* молочною кислотою), так і викликаним цими змінами погіршенням функціонування ЦНС.

Третьою зоною є робота *великої потужності* (відповідає зонам *максимальної* і *близької до максимальної аеробної* потужності, за Я.М. Коцом). Тривалість її досягає від 5–6 хв до 20–

30 хв. Сюди належить біг на дистанцію 3–10 км, плавання на 800–1500 м, біг на ковзанах на 5–10 км, лижні перегони на 5–10 км, веслування на 1,5–2 км. Енергозабезпечення в цій зоні аеробно-анаеробне з переважанням аеробного (60–95%). Як субстрат окислення використовуються переважно вуглеводи, більшою мірою – глікоген м'язів, ніж глюкоза крові. Відносні енерговитрати невисокі (0,4–0,5 ккал/с), проте велика тривалість вправи зумовлює значні сумарні енерговитрати, які можуть досягати 450–900 ккал. Оскільки дихальна й серцево-судинна системи встигають активуватися максимально, споживання кисню під час роботи становить 80% кисневого запиту. Проте внаслідок значної тривалості роботи сумарний кисневий борг під час виконання роботи весь час зростає (*уявний стійкий стан,* див. розділ 3.4) і досягає 12–15 л. У крові спостерігається висока концентрація молочної кислоти (до 10 ммоль/л), що викликає значне зниження pH. Така робота створює великі навантаження для серцево-судинної, ендокринної системи та системи терморегуляції. Втома обумовлюється *зниженням функціональних показників* серцево-судинної і дихальної систем, накопиченням молочної кислоти, частковим зниженням рівня глюкози у крові, зменшенням концентрації у крові гормонів окремих залоз внутрішньої секреції (гіпофізу, надниркових).

Четвертою зоною, за класифікацією В.С. Фарфеля, є зона *помірної потужності* (зона *субмаксимальної аеробної*, *середньої аеробної* і *малої аеробної* потужності, за Я.М. Коцом). Сюди належить біг на довгі дистанції (20–30 км, марафон), шосейні велоперегони (понад 100 км), лижні перегони на 15–30 км, веслування на 10 км. Тривалість вправ становить понад 30–40 хв. Відносні енерговитрати незначні – 0,3 ккал/с, проте сумарні дуже великі – до 10000 ккал. Енергозабезпечення – практично повністю аеробне (понад 95%). Разом із вуглеводами в енергозабезпеченні такої роботи суттєву роль починають відігравати жири (унаслідок цього дихальний коефіцієнт знижується до рівня 0,8), в окремих випадках розпочинається

розщеплення білків. Споживання кисню в цій зоні становить 70–80% МСК, кисневий запит дорівнює споживанню кисню (*справжній стійкий стан,* див. розділ 3.4). Кисень витрачається як на відновлення КФ та АТФ, так і на безпосереднє окислення жирів і вуглеводів. Кисневий борг формується переважно на початку виконання вправ і може досягати 4 л, накопичення молочної кислоти незначне (максимальна концентрація у крові становить 4 ммоль/л). Частота дихання і ЧСС зростають, проте не досягають максимального рівня (80% і нижче). Можливе зменшення вмісту глюкози у крові (до 50–40 мг%), що зумовлює ризик виникнення *гіпоглікемічної коми*. Посилене потовиділення призводить до значної *втрати води* (до 1 л/год) та *порушення водно-сольового балансу*. Може відбутися зміна в кількості та співвідношенні формених елементів крові. Причиною втоми може бути монотонність роботи (*втома ЦНС* за механізмом позамежного гальмування нервових центрів), виснаження запасів вуглеводів, збільшення температури тіла (*гіпертермія*), дегідратація, зміна хімічного складу внутрішнього середовища, зменшення концентрації у крові глюко- і мінералокортикоїдів, катехоламінів, гормонів щитоподібної залози.

2.3. Питання для самоконтролю

1. Фізіологічна основа класифікації спортивних вправ.
2. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі максимальної потужності.
3. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі субмаксимальної потужності.
4. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі великої потужності.
5. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі помірної потужності.

3. ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНІВ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС СПОРТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Виконання тренувальних чи змагальних навантажень супроводжується значними змінами функціонального стану спортсмена. У динаміці цих змін можна виділити кілька основних періодів або *станів*: *передстартовий*, *впрацьовування*, *стійкий стан*, *втома* та *відновлення* (рис. 3.1).

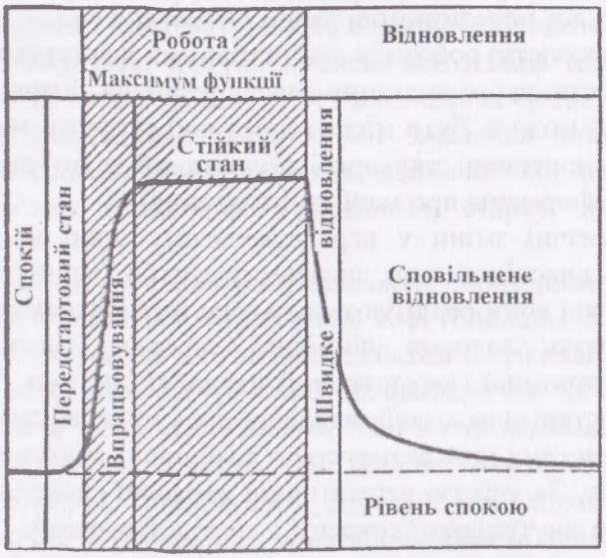


Рис. 3.1. Основні періоди змін функціонального стану спортсмена, який спостерігається під час фізичного навантаження (*за Я.М.Коцом, 1986*)

3.1. Фізіологічна характеристика передстартових станів

Передстартовим станом називають посилення низки фізіологічних функцій перед стартом, тобто до початку фізичної роботи, не зважаючи на те, що організм у цей час перебуває у стані спокою. Суб'єктивно цей стан спортсмен сприйме як відчуття хвилювання перед стартом. *Передстартовий стан*

виникає за багато годин і навіть діб до початку змагання, а власне *стартовий стан* є продовженням та здебільшого посиленням передстартових реакцій.

Механізмом виникнення передстартових і стартових станів *є умовно-рефлекторний процес*, під час якого задіюються нервовий і гормональний компоненти. Ці рефлекси можуть бути специфічними й неспецифічними. *Специфічні* – зумовлюються особливостями майбутньої м'язової діяльності. У цьому разі чим більша потужність майбутньої роботи, тим різкіше виражені передстартові зміни. *Неспецифічні* – зумовлюються не важкістю роботи, а суб'єктивними факторами, зокрема важливістю цього змагання для спортсменів. Умовними подразниками можуть бути місце (спортивні споруди, майданчики) та час спортивної діяльності, подразники другої сигнальної системи (інформація про майбутні змагання).

Фізіологічні зміни у передстартовому стані виникають, передусім, внаслідок змін діяльності центрів кори головного мозку. Надалі вони реалізуються за участю багатьох підкоркових структур, зокрема лімбічної системи, гіпоталамусу, центрів автономної (вегетативної) нервової системи. У реалізації передстартових станів важливу роль відіграє симпатоадреналова система, яка активується лімбічною системою головного мозку. За участю вегетативної нервової системи та гормонів залоз внутрішньої секреції у передстартовому і стартовому станах відбувається низка змін у функціонуванні вегетативних систем та функціональному стані опорно-рухового апарату. Зазвичай, у передстартовому стані реєструють збільшення частоти та глибини дихання, ХОД (до 2–2,5 разів), збільшення ЧСС (інколи – до 160 уд./хв) та артеріального тиску, розширення судин у скелетних м'язах, посилення газообміну, збільшення швидкості скорочення та сили скелетних м'язів, невелике зростання вмісту глюкози в крові, підвищення температури тіла. Спрямованість та величина цих змін можуть відрізнятися залежно від різновиду передстартового стану.

За характером змін, що відбуваються в організмі, виокремлюють такі *різновиди передстартових станів*:

- стан бойової готовності;
- стан передстартової лихоманки;
- стан передстартової апатії.

Стан *бойової готовності* характеризується концентрацією збудження в сенсорних центрах кори, збереженням адекватних і сильних рефлекторних реакцій, оптимальними змінами у функціональному стані рухового апарату та внутрішніх органів. Обмін речовин і температура тіла помірно зростають, ЧСС помірно збільшується, зростає легенева вентиляція та поглинання кисню. Ці зміни забезпечують *збільшення працездатності організму спортсмена. Фізіологічні зрушення відповідають інтенсивності майбутньої роботи*, психологічно цей стан характеризується впевненим очікуванням старту, прагненням перемоги.

Під час *передстартової лихоманки* спостерігається генералізоване поширення збудження в корі головного мозку. Зміни у функціонуванні вегетативних систем надзвичайно великі. Різко зростає температура тіла, прискорюється ЧСС, зростає інтенсивність газообміну. *Фізіологічні зміни перевищують необхідні для виконання майбутньої роботи.* Може спостерігатися тремтіння рук, тіла. Загалом стан людини схожий на лихоманку, значно *погіршується працездатність* та психологічний стан спортсмена. У такому стані надмірне збудження призводить до помилок на початку змагань, погіршення результатів.

Стан *передстартової апатії* характеризується *гальмуванням центрів кори головного мозку* внаслідок надто сильного збудження ЦНС за механізмом позамежного гальмування. У цьому стані в ЦНС переважають гальмівні процеси, збудливість нервових центрів знижується. *Зміни соматичних і вегетативних функцій виражені слабо. Спортсмен не готовий до боротьби, боїться суперника.* Передстартова апатія найчастіше виникає через недостатню готовність спортсмена до змагань.

Необхідно зазначити, що характер і вираженість передстартових станів певною мірою залежать від віку та кваліфікації спортсменів, а також типу ВНД. У більшості юних спортсменів різко виражені емоційні напруження в передстартовому стані супроводжуються порушенням діяльності регуляторних механізмів вегетативних функцій, що проявляється в реакціях передстартової апатії та лихоманки. У кваліфікованих спортсменів передстартові реакції більшою мірою адаптовані до потреб майбутньої фізичної активності. Меншою є вірогідність виникнення передстартової лихоманки чи апатії в осіб із сильним врівноваженим типом ВНД.

У сучасному спорті, за умов інтенсивної конкуренції та наявності значної кількості добре підготовлених спортсменів, важливим є питання *регулювання передстартових станів*. Насамперед необхідно правильно організувати процес підготовки, забезпечуючи чергування тренування з відпочинком, уникати тривалого перебування спортсмена на місці старту. Бажаним є навчання спортсмена навичкам психорегуляції (*поглиблене дихання*, *аутогенне тренування*) Засобами регулювання передстартових станів також є *розминка*, *словесні інструкції*, *масаж*. Вони дозволяють уникнути чи зменшити явища передстартової апатії чи лихоманки.

3.2. Фізіологічна характеристика розминки

Розминку визначають як *комплекс вправ, які виконуються перед основною змагальною чи тренувальною діяльністю*. Розминка сприяє оптимізації передстартового стану, забезпечує прискорення процесів впрацьовування, підвищує працездатність (особливо у швидкісно-силових та складно координованих вправах), зменшує ризик травматизму. Розминка складається із *загальної* і *спеціальної* частин. *Загальна частина* забезпечує оптимізацію збудливості ЦНС та рухового апарату, прискорення обміну речовин, підвищення температури тіла (рис. 3.2), посилення роботи органів дихання та серцево-судинної системи. Вона може бути однаковою в різних видах

спорту. *Спеціальну частину* спрямовано на підвищення працездатності тих систем і органів тіла, які братимуть участь у майбутній діяльності. Вправи, що використовуються в цій частині, визначаються спеціалізацією спортсмена і призначені для налагодження координації рухових та вегетативних функцій ЦНС. У цій частині відбувається не лише "налаштовування" ЦНС на виконання складно координованих рухів, а й узгодження функцій дихальної та серцево-судинної систем із руховою діяльністю.

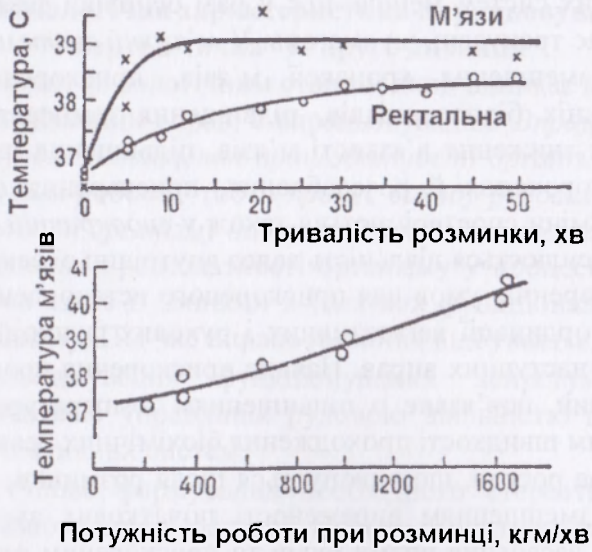


Рис. 3.2. Вплив розминки на температуру м'язів та тіла спортсмена (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Під впливом розминки відбуваються зміни майже в усіх системах організму. Так, у *ЦНС* спостерігається підвищення збудливості та рухливості нервових процесів у коркових та підкоркових структурах, зменшення часу сенсомоторних реакцій, зменшення хронаксії нервово-м'язового апарату. У *серцево-судинній системі* збільшується ЧСС і СО, підвищується АТ,

зростає ХОК, венозне наповнення, збільшується відсоток активних капілярів у легенях, серці, скелетних м'язах; унаслідок підвищення температури тіла зменшується в'язкість крові, спостерігається вихід крові із депо. Під час розминки відбувається також посилення шкірного кровообігу і зниження порогу початку потовиділення, що покращує терморегуляцію, полегшує тепловіддачу, запобігає надмірному перегріванню тіла під час виконання фізичних вправ. Для *дихальної системи* характерним є зростання ХОД і поглинання кисню, прискорення дифузії кисню в альвеолах. Величина зміни функціонування вегетативних систем менша, ніж у разі основної фізичної роботи під час тренувань чи змагань. У *м'язовій системі* спостерігається зменшення хронаксії м'язів, прискорення формування їхніх біопотенціалів, підвищення температури, що спричинює зниження в'язкості м'язів, підвищення швидкості їхнього скорочення й розслаблення, прискорення обмінних процесів. Зміни спостерігаються також у *ендокринній системі*, зокрема посилюється діяльність залоз внутрішньої секреції, що сприяє створенню умов для прискореного встановлення оптимальної координації вегетативних і рухових функцій під час виконання наступних вправ. Наявне прискорення процесів обміну речовин, пов'язане із підвищенням температури тіла та збільшенням швидкості проходження біохімічних реакцій.

М'язова робота, що виконується після розминки, характеризується зменшенням вираженості початкових зусиль, поліпшенням засвоєння ритму рухів та прискореним становленням оптимального їхнього характеру. Підвищується сила та точність виконуваних рухів, прискорюються біохімічні процеси у скелетних м`язах, збільшується ефективність використання кисню, менше накопичується молочна кислота в крові та зменшується кисневий борг, прискорюється впрацьовування вегетативних систем.

Оптимальні величини тривалості розминки і тривалості інтервалу між її закінченням і початком роботи визначаються видом спортивної діяльності, кваліфікацією спортсмена, особ-

ливостями умов довкілля (температурою, вологістю), індивідуальними особливостями спортсмена. Середня тривалість розминки становить 10–30 хв. Розминка не повинна викликати втоми, тому обсяг роботи визначається індивідуально. Оптимальний інтервал між розминкою і початком основної роботи становить 3–5 хв. Хоча слідові процеси у ЦНС та інших системах організму зберігаються упродовж 5–10 хвилин після завершення розминки, значна часова затримка у виконанні вправ основної частини значно зменшує її ефективність.

3.3. Фізіологічна характеристика впрацьовування, "мертва точка" і "друге дихання"

Наступним фізіологічним станом, який виникає на початку виконання фізичних вправ, є впрацьовування. *Впрацьовування – це поступове підвищення працездатності організму під час виконання ним роботи,* тобто *процес виходу рухових і вегетативних функцій організму на необхідний робочий рівень.*

Підвищення працездатності організму у процесі впрацьовування пов'язане із змінами в багатьох функціональних системах організму. Під час впрацьовування відбувається таке:

- налагоджування функціонування нейрогуморальних механізмів управління руховою діяльністю і роботою вегетативних систем;
- поступове формування необхідного стереотипу рухів (встановлення характеру, форми, амплітуди, швидкості, сили, ритму), тобто поліпшення координації рухової діяльності;
- досягнення необхідного рівня функціонування вегетативних систем організму, що забезпечують м'язову діяльність.

Велике значення для впрацьовування має виникнення специфічної для цієї діяльності *домінанти*, яка забезпечує координацію всіх фізіологічних процесів. Посилення функцій вегетативних систем під час впрацьовування забезпечується як інтенсивною аферентацією від м'язів, які працюють, так і умов-

но-рефлекторним механізмом, про що свідчить залежність тривалості впрацьовування від інформації про важкість і тривалість майбутньої роботи.

Процес впрацьовування характеризується низкою *особливостей*. Передусім, це *гетерохронність* (неодночасність) впрацьовування, яка проявляється насамперед у *сповільненому впрацьовуванні вегетативних систем* порівняно з нервово-м'язовим апаратом. Якщо швидкість бігу може досягати максимуму вже на 5–6 с, то під час напруженої роботи близький до максимального рівень ЧСС спостерігається лише через 1 хв, а споживання кисню та ХОК – через 2–3 хв після початку роботи. Сповільнене впрацьовування вегетативних систем пов'язане з їхнім гальмуванням за принципом негативної індукції внаслідок утворення потужної рухової домінанти, а також у зв'язку з певною інертністю змін параметрів вегетативних систем. Важливою особливістю є також *гетерохронність* впрацьовування різних вегетативних систем. Показано, що *вегетативні функції досягають максимального рівня неодночасно* (рис. 3.3). Зокрема, швидкість впрацьовування серцево-судинної системи може бути вищою, ніж дихальної системи. Неодночасність впрацьовування проявляється і на рівні однієї вегетативної системи. Найшвидше наростають *частотні* параметри (ЧСС, ЧД), потім – *об'ємні* (СО, ДО, ХОК, ХОД). За ними досягає необхідних значень інтегральний по-казник – споживання кисню. Найпізніше налагоджується *терморегуляція*, що супроводжується потовиділенням.

Наступна *особливість впрацьовування* полягає в тому, що його тривалість залежить від потужності та характеру роботи, віку спортсмена, його тренованості та функціонального стану. Чим інтенсивніша робота, тим швидше відбувається початкове посилення функцій організму під час її виконання. Наприклад, при виконанні вправ у зоні *помірної* потужності тривалість впрацьовування становить 7–10 хв, *великої* – 2–5 хв. Під час роботи, яка вимагає складної координації рухів, впрацьовування проходить повільніше.

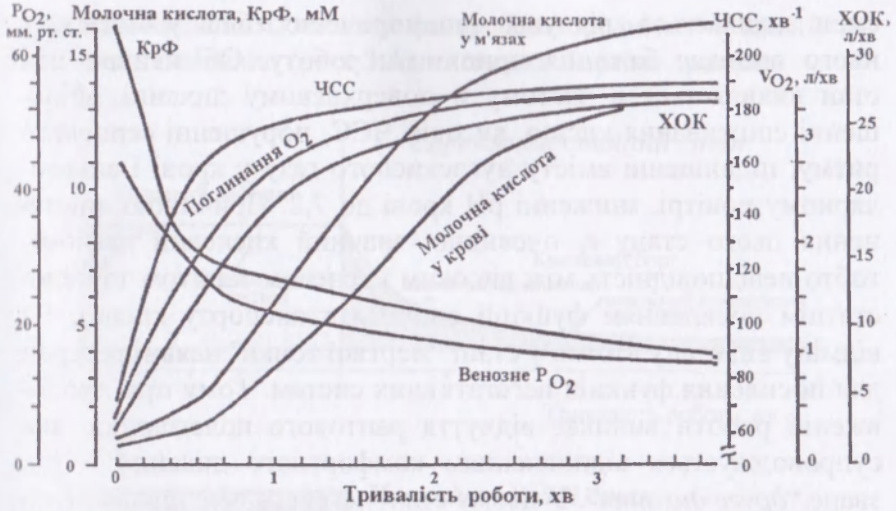


Рис 3.3. Гетерохронність змін функцій організму під час впрацьовування (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Швидше впрацьовування спостерігається у кваліфікованих спортсменів, у молодшому (підлітковому) віці, у період оптимального функціонального стану.

Сповільнене впрацьовування вегетативних систем, які забезпечують транспорт кисню, зумовлює значну участь анаеробних механізмів (креатинфосфокіназної реакції та гліколізу) у енергетичному забезпеченні першого етапу фізичної роботи, потужність якої перевищує 50% МСК. Наявна в цих умовах різниця між кисневим запитом і поглинанням кисню є основою формування *кисневого дефіциту*. Утворений кисневий дефіцит може ліквідовуватися завдяки додатковому споживанню кисню під час роботи (у зоні помірної потужності) або покривається уже після завершення роботи, становлячи частину кисневого боргу.

Із впрацьовуванням тісно пов'язані явища "мертвої точки" та "другого дихання". Відомо, що через кілька хвилин після початку напруженої роботи, особливо в нетренованих осіб, може виникнути стан "*мертвої точки*". У цьому стані спорт-

смен задихається, відчуває запаморочення, біль у м'язах, у нього виникає бажання припинити роботу. Об'єктивно цей стан виявляється в частому й поверхневому диханні, збільшенні споживання кисню, високій ЧСС, порушенні серцевого ритму, підвищенні вмісту вуглекислого газу у крові і альвеолярному повітрі, зниженні pH крові до 7,2. Причиною виникнення цього стану є, очевидно, значний кисневий дефіцит, тобто невідповідність між високим кисневим запитом та недостатнім посиленням функцій системи транспорту кисню. На відміну від стану втоми, у стані "мертвої точки" наявні резерви для посилення функцій вегетативних систем. Тому при продовженні роботи виникає відчуття раптового полегшення, яке супроводжується відновленням комфортного дихання – так зване "*друге дихання*". У цьому стані легенева вентиляція дещо зменшується, частота дихання знижується, а глибина його зростає, ЧСС може дещо знижуватися. Цей стан свідчить про достатню мобілізацію функцій організму для виконання потрібної роботи. Зазвичай, із зростанням кваліфікації спортсмена частота появи та вираженість змін у стані "мертвої точки" зменшуються.

3.4. Фізіологічна характеристика стійкого стану

Теорія стійких станів була сформована на основі досліджень А.Хілла та Дж.С.Холдена, які вимірювали споживання кисню людиною під час виконання нею фізичних навантажень. Унаслідок цих та наступних досліджень було встановлено, що при виконанні вправ *помірної потужності* (потужність не перевищує 50% МСК) після періоду впрацьовування настає період, який А.Хілл був назвав періодом *стійкого стану*. До таких вправ належать побутові дії, вправи масової фізичної культури тощо. Під час таких вправ споживання кисню після періоду швидкого зростання на початку вправи встановлювалося на певному рівні й залишалося стабільним упродовж десятків хвилин. За цих умов спостерігається кількісна відповід-

ність між кисневим запитом (потребою організму в кисні) та споживанням кисню (рис. 3.4), кисневий борг не зростає.

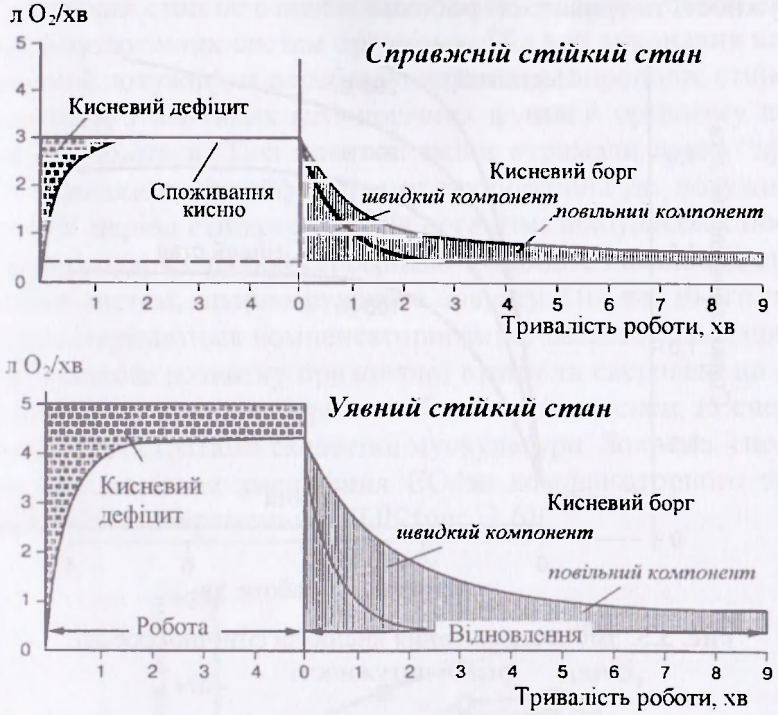


Рис. 3.4. Різновиди стійких станів
(за Н.И. Волковым и соавт., 2000)

Тому такі вправи були зараховані до вправ із *справжнім стійким станом*. Кисневий борг після нетривалого їхнього виконання майже дорівнює кисневому дефіциту, який утворився на початку виконання вправ.

Під час виконання вправ *великої потужності* (середньої, субмаксимальної і близької до максимальної аеробної потужності) за періодом швидкого збільшення швидкості споживання кисню під час впрацьовування спостерігається стан, за якого вона хоча й повільно та незначно, але підвищується (рис. 3.5). Такий період прийнято називати *уявним (несправжнім) стійким станом*. В умовах уявного стійкого стану кисневий

запит перевищує споживання кисню, тому після завершення фізичних вправ реєструють кисневий борг, пропорційний до потужності та тривалості роботи.

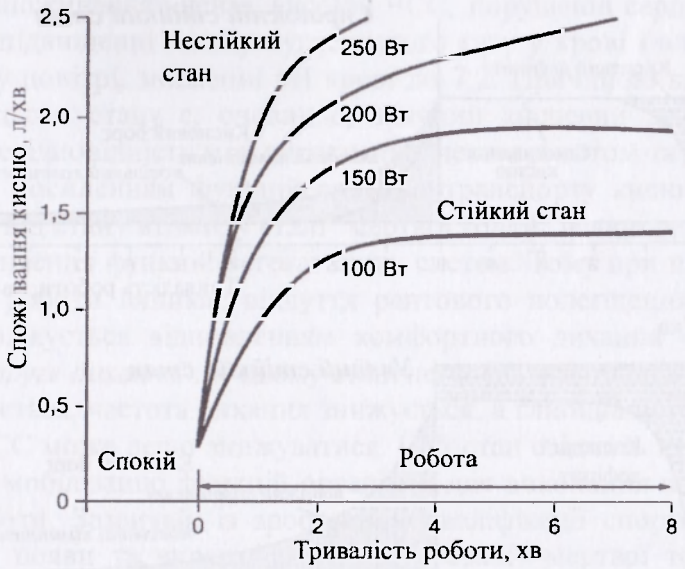


Рис. 3.5. Зміни споживання кисню за фізичної роботи різної потужності

Під час короткочасних вправ у зоні субмаксимальної потужності (максимальної аеробної потужності) споживання кисню досягає величин, близьких до МСК (максимального споживання кисню) і збільшуватися не може (див. рис. 3.5). Далі воно підтримується на стабільному рівні. Цей другий робочий період називають періодом *псевдостійкого* (*квазістійкого*) стану, під час якого також спостерігається збільшення кисневого боргу.

На думку окремих авторів (Я.М.Коц та ін.), при виконанні вправ анаеробного характеру, тобто максимальної і субмаксимальної потужності, взагалі не можна виокремити період стійкого стану, оскільки під час їхнього виконання відбувається зростання споживання кисню та перехід на анаеробне енерго-

забезпечення (див. рис. 3.5). Під час виконання цих вправ наявний лише період впрацьовування і втоми.

Стійкий стан не означає відсутності змін показників основних фізіологічних систем організму. Під час виконання вправ будь-якої потужності аеробного характеру впродовж стійкого стану багато основних фізіологічних функцій організму повільно змінюються. Такі повільні зміни отримали назву "дрейфу". Швидкість "дрейфу" прямо пропорційна до потужності вправ. У період стійкого стану в організмі відбувається поступова перебудова діяльності серцево-судинної, дихальної, ендокринної систем, опорно-рухового апарату. Під час цього періоду спостерігаються компенсаторні зміни багатьох показників, які є ознакою розвитку прихованої втоми та скеровані на підтримання достатнього рівня забезпечення киснем та енергетичними субстратами скелетної мускулатури. Зокрема, спостерігається повільне зменшення СО за компенсаторного зростання ЧСС із збереженням ХОК (рис. 3.6).

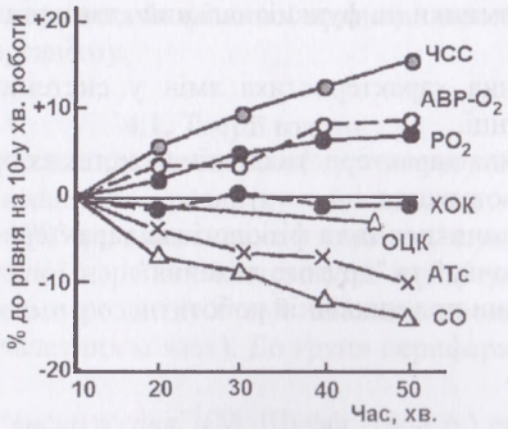


Рис. 3.6. Зміни у вегетативних функціях організму в період стійкого стану (*за А.С. Солодковым, Е.Б. Сологубом Е.Б., 2001*)

Зменшується, а потім поступово відновлюється, хоча і не до початкових значень, також об'єм циркулюючої крові. Спо-

стерігається перерозподіл фракцій ХОК із збільшенням кровообігу в шкірі, необхідний для посилення тепловіддачі. Незважаючи на це, температура тіла поступово зростає.

У період стійкого стану постійно зростає АТ. Дихальний коефіцієнт поступово знижується, що вказує на збільшення частки окислення жирів і зменшення частки окислення вуглеводів у аеробному забезпеченні скорочення м'язів. Спостерігається зростання легеневої вентиляції як завдяки збільшенню частоти, так і глибини дихання. Відбувається зростання електричної активності м'язів, яке відображає процеси рекрутування нових рухових одиниць для компенсації втоми м'язів. Усі ці процеси спрямовані на підтримання стабільного рівня потужності роботи і є проявами поступового розвитку втоми в організмі.

3.5. Питання для самоконтролю

1. Фізіологічні механізми виникнення передстартових реакцій, їхні види та способи регуляції.
2. Вплив розминки на функціональний стан організму спортсмена.
3. Фізіологічна характеристика змін у системах організму при розминці.
4. Фізіологічна характеристика змін у системах організму під час впрацьовування.
5. Причини виникнення та фізіологічна характеристика станів "мертвої точки" та "другого дихання".
6. Стійкі стани при циклічній роботі.

4. ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОМИ

Загалом *втому* можна розглядати як сукупність змін у фізичному та психічному стані людини, які розвиваються внаслідок діяльності і призводять до тимчасового зниження її ефективності. З точки зору фізіології спорту, *втома – це тимчасовий фізіологічний стан організму, який виникає внаслідок інтенсивної чи тривалої розумової або фізичної діяльності та супроводжується зниженням працездатності, погіршенням і порушенням координації рухових і вегетативних функцій, а також суб'єктивним відчуттям втоми.* Суб'єктивне відчуття втоми називається *втомленістю*. Втомленість тісно пов'язана з емоціями, які виникають під час роботи. За умови цікавої роботи, яка супроводжується позитивним емоційним впливом, відчуття втомленості виникає лише при значній втомі організму. Водночас під час нецікавої роботи, на фоні негативних емоцій, суб'єктивне відчуття втомленості розвивається набагато швидше, ніж об'єктивні прояви втоми. Проблема втоми тісно пов'язана із питаннями фізичної працездатності, фізіологічних резервів організму.

4.1. Теорії втоми

Історично склалися *дві основні групи теорій втоми*, які поділяють механізми розвитку втоми на *центральні* (І.М.Сеченов, 1903 р., виникнення втоми пов'язували із діяльністю центральної нервової системи) та *периферичні* (основними механізмами розвитку втоми вважали процеси, що відбуваються у скелетних м'язах). До групи периферичних теорій належать такі:

- теорія "*виснаження*" (М. Шифф, 1868 р.) енергетичних субстратів (АТФ, КФ, глюкози);
- теорія "*засмічення*" м'язів (Е. Пфлюгер, 1872 р.) продуктами неповного окислення енергетичних субстратів (молочна кислота);

- теорія "*отруєння*" внаслідок накопичення токсичних сполук ("кенотоксинів" – В. Вейхард, 1912 р.), зокрема продуктів розщеплення білків (аміак, сечовина, сечова кислота);
- гіпоксична теорія "*задушення*" (М. Ферворн, 1903) внаслідок зниження напруженості кисню у м'язах.

На думку окремих авторів (Коц Я.М., 1986 та ін.), оскільки в м'язовій діяльності беруть участь багато систем організму, то зниження продуктивності роботи може бути викликане погіршенням функціонування багатьох із них. Доцільно виділяти ту із систем, функціонування якої лімітує виконання фізичної роботи. Саме вона виступає *провідною системою* розвитку втоми. Різний характер діяльності передбачає різні провідні системи розвитку втоми.

Погіршення функцій того чи іншого органа може бути *первинним* чи *вторинним*. Первинні порушення спостерігаються за умови, коли погіршення функціонування органа обумовлюється змінами у ньому самому. Прикладом може слугувати погіршення скоротливої здатності м'язів унаслідок вичерпування енергетичних субстратів. Вторинне погіршення функцій зумовлюється зниженням функціональних можливостей інших систем, наприклад кровопостачання чи нервової або гуморальної регуляції. У цьому разі погіршення функціонування м'язів може бути викликане втомою нервових центрів. Механізм, який слугує лімітуючою ланкою продуктивності провідної системи, можна розглядати як *провідний механізм втоми.* Провідний механізм визначається потужністю, тривалістю, характером фізичної діяльності (див. розділ 4.4), а також певною мірою індивідуальними особливостями організму. Тому на сьогодні втому розглядають як комплексне явище, яке може виникати при різному співвідношенні тих чи інших механізмів, залежно від характеру й інтенсивності роботи.

Механізм розвитку втоми та її прояви залежать від характеру взаємодії різних систем організму, від кількості й маси найактивніших елементів цих систем, від інтенсивності і три-

валості навантаження. Отже, для різних фізичних вправ характерна специфічна комбінація провідних систем (*локалізація* втоми) і змін у провідних системах (*механізми* втоми), які викликають втому. Міра активації провідних систем відносно їхніх максимальних можливостей і визначає максимальну тривалість вправи.

4.2. Прояви втоми в різних функціональних системах організму

Найдоступнішими для спостереження під час виконання фізичних вправ є *зовнішні прояви втоми*. Вони різноманітні, залежать від характеру фізичних вправ, умов довкілля та індивідуальних особливостей організму спортсменів. Водночас найчастіше спостерігається *порушення координації рухів, зниження темпу виконання вправи, надмірна пітливість, різке почервоніння шкіри тощо.*

Зовнішні прояви втоми зумовлюються погіршенням функціонування низки органів та систем організму. Крім цього, спостерігаються *внутрішні прояви втоми*, які полягають у *зниженні показників діяльності органа чи системи* (зокрема, інтегральних показників продуктивності – ХОК, ХОД тощо), *підвищенні рівня мобілізації функціональних резервів* органу чи системи (використання додаткових рухових одиниць, компенсаторне наростання ЧСС), *зменшенні ефективності їхнього функціонування.*

При виконанні будь-якої вправи відбуваються зміни у функціональному стані *нервових центрів*, що координують рухову діяльність та регулюють функціонування вегетативних систем, які її забезпечують. Найменш стійкими до втоми є нервові центри кори головного мозку. За теорією І.П.Павлова, втома нервових центів є наслідком позамежного, охоронного гальмування, що виникає внаслідок інтенсивної чи тривалої активності. Проявами втоми ЦНС є порушення в координації функцій організму (рухових і вегетативних), збільшення лате-

нтного періоду рухових реакцій, виникнення відчуття втомленості.

Діяльність ЦНС у процесі розвитку втоми може погіршуватись як первинно, так і вторинно. При інтенсивній активності ЦНС (високий темп рухів, необхідність швидкого розв'язання рухових задач тощо), емоційних навантаженнях, страху перед суперником чи змаганнями, тривалій монотонній роботі зміни у ЦНС є первинними механізмами розвитку втоми. Водночас діяльність нервових центрів може погіршуватися вторинно при збільшенні концентрації у крові продуктів метаболізму (молочна кислота, сечова кислота тощо), зменшенні концентрації глюкози, виникненні гіпоксії, зміні концентрації гормонів тощо. Результатом такого погіршення функціонування ЦНС є сповільнення та збільшення кількості помилок під час програмування й координування рухових та вегетативних функцій, що призводить до зниження ефективності роботи та виникнення відчуття втомленості.

Втома нервової системи може бути виявлена низкою проб. При втомі спостерігається згасання погано засвоєних нових рухових навичок із одночасним розгальмовуванням старих (більш закріплених) навичок, зростання латентного часу рухової реакції на подразник та зниження критичної частоти злиття спалахів, зменшення частоти (теппінг-тест) й точності рухів, погіршення їхньої координації, ускладнення підтримання пози тіла (зменшення часу статичного балансування у пробі Озорецького), наростання амплітуди тремору кінцівок (треморографія).

Втома може бути пов'язана також із змінами у виконавчому апараті – *м'язах*. Втома м'язів може розвиватися первинно (за механізмом виснаження, забруднення, отруєння та задушення) та вторинно (порушення координації з боку ЦНС). Роль цих механізмів неоднакова при виконанні вправ різної потужності й характеру. Зокрема, під час вправ максимальної потужності важливу роль у розвитку втоми відіграє *зменшення запасів високоенергетичних фосфатів* у м'язах (рис. 4.1, 4.2).

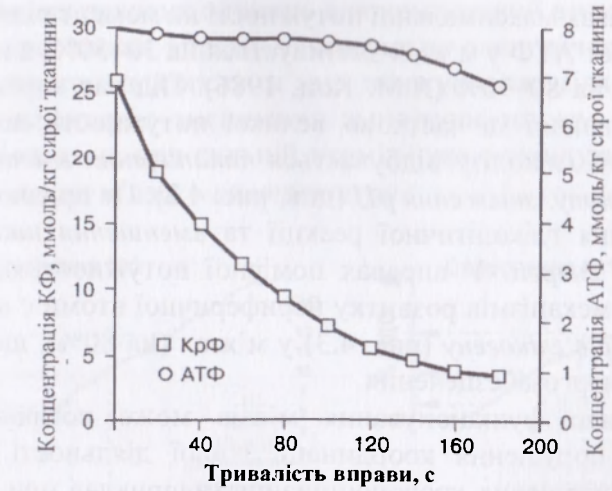


Рис. 4.1. Зміни концентрації АТФ та креатинфосфату (КрФ) у м'язах під час виконання короткочасних вправ субмаксимальної потужності (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

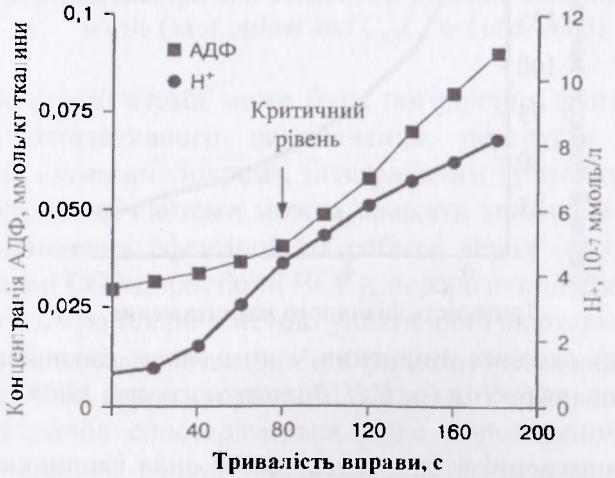


Рис. 4.2. Зміни концентрації АДФ та іонів водню в м'язах під час виконання короткочасних вправ субмаксимальної потужності (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

У вправах максимальної потужності на момент відмови від роботи вміст АТФ у м'язах зменшується на 30–50%, а креатинфосфату – на 80–90% (Я.М. Коц, 1986). Під час вправ у зоні субмаксимальної та частково великої потужності, внаслідок анаеробного гліколізу відбувається *накопичення значної кількості лактату, зниження pH* (див. рис. 4.2). Це призводить до сповільнення гліколітичної реакції та *зменшення швидкості утворення енергії*. У вправах помірної потужності одним із провідних механізмів розвитку периферичної втоми є *вичерпування запасів глікогену* (рис. 4.3) у м'язах (на 80%), що погіршує їхнє енергозабезпечення.

Вторинно функціонування м'язів може погіршуватися внаслідок порушення координації їхньої діяльності з боку ЦНС чи погіршення кровопостачання (наприклад при статичній роботі).

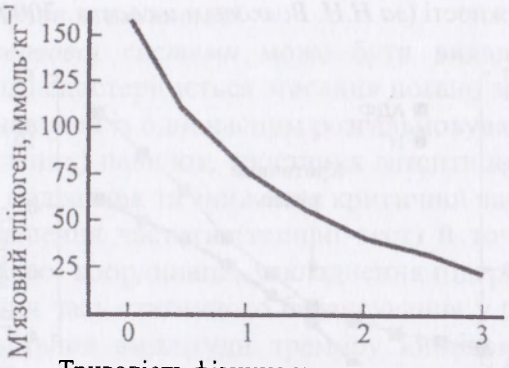


Рис. 4.3. Зміни вмісту глікогену в м`язах під час виконання тривалої фізичної роботи (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

При виникненні втоми знижуються сила і швидкість скорочення м`язів, може спостерігатися зниження збудливості, лабільності, швидкості розслаблення м'язів, знижується коефіцієнт корисної дії м'язів. Під час виконання вправи зростає електрична активність м'язів, що відображає процеси рекруту-

вання нових рухових одиниць для компенсації втоми (рис. 4.4). Після завершення вправи максимальна електрична активність та скоротлива здатність м'язів знижуються. Для втомлених м'язів характерне зменшення амплітуди тонусу, збільшення тонусу спокою, при сильній втомі може розвинутися неповне розслаблення м'язів – *контрактура*.

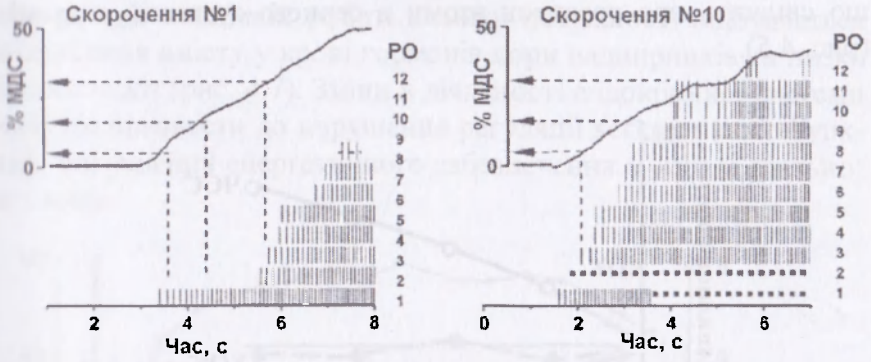


Рис. 4.4. Зміна електричної активності рухових одиниць втомлених м'язів (за *A. Adam and C. J. De Luca. 2003*)

Причиною втоми може бути погіршення функціонування систем вегетативного забезпечення, передусім – *серцево-судинної системи*. Зокрема, інтегральним критерієм втоми серцево-судинної системи можна вважати зниження ХОК, а також зменшення ефективності роботи серця (проявляється у зменшенні СО та зростанні ЧСС), перерозподіл крові від активних м'язів до шкіри з метою уникнення гіпертермії тощо. Головні наслідки таких змін – зниження киснево-транспортних можливостей серцево-судинної системи. У стані гострої втоми у спортсменів спостерігається різке прискорення або зменшення частоти пульсу, варіативність артеріального тиску із можливим значним зменшенням діастолічного тиску (феномен "нескінченного тону"). У цьому стані спостерігаються також зміни ЕКГ – зменшення висоти зубця Т, депресія сегменту ST, збільшення тривалості електричної систоли, погіршення пе-

редсердно-шлуночкової провідності, екстрасистолія. Ці зміни є результатом недостатнього коронарного кровопостачання, гіпоксії міокарда тощо. Детальну кількісну характеристику змін ЕКГ під час втоми наведено, зокрема, у класифікації А.І. Зав'ялова (2012 р.). Під час виконання вправ великої та помірної потужності спостерігається поступове зниження СО та компенсаторне зростання ЧСС, а також низка інших змін, що свідчить про розвиток втоми в серцево-судинній системі (рис. 4.5).

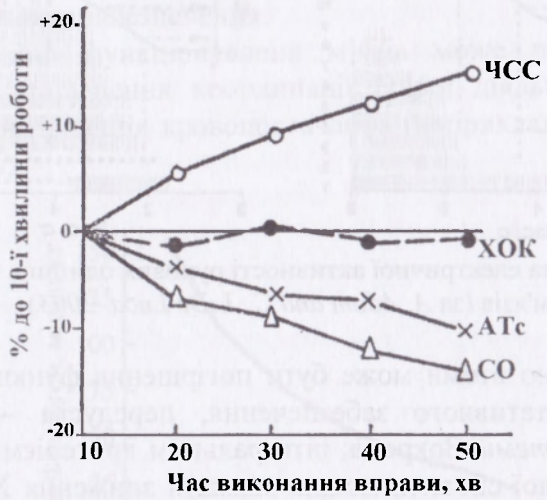


Рис. 4.5. Зміни основних показників серцево-судинної системи під час виконання аеробної роботи значної тривалості (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Змінюються й показники багатьох функціональних проб. Наприклад, середній артеріальний тиск збільшується на 20–30 мм рт. ст., зростає коефіцієнт економічності кровообігу, погіршуються результати ортостатичної проби.

В умовах втоми *дихання* стає частим, аритмічним, поверхневим. Водночас із компенсаторним зростанням частоти дихання спостерігається зменшення дихального об'єму. Під час

тривалих фізичних вправ втома дихальної мускулатури призводить до зниження хвилинного об'єму дихання (рис. 4.6). Цей стан супроводжується зменшенням ЖЄЛ, скороченням часу проби Штанге та Генчи.

Втома може бути пов'язана також із змінами в діяльності *залоз внутрішньої секреції*. Роль залоз внутрішньої секреції особливо велика при тривалому виконанні фізичних вправ. Зокрема, при циклічній роботі великої потужності відбувається зменшення вмісту у крові гормонів кори надниркових та низки інших залоз (рис. 4.7). Зміни в діяльності ендокринної системи можуть призвести до порушення регуляції вегетативних функцій, погіршення енергетичного забезпечення м'язової діяльності тощо.

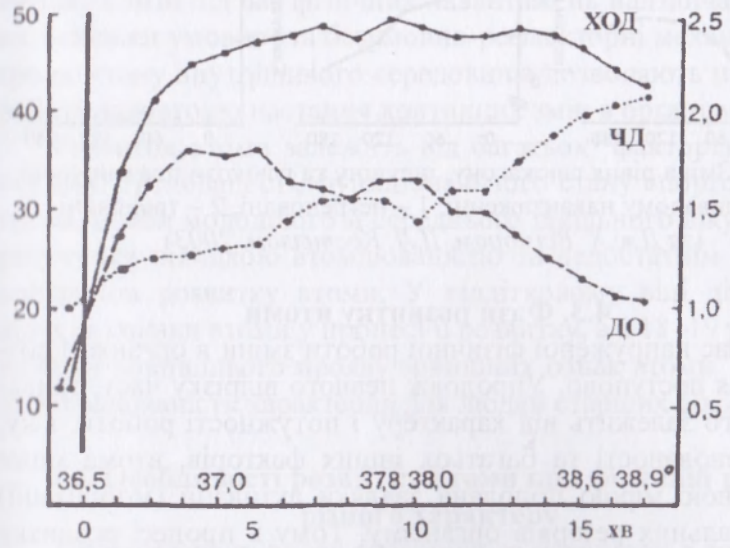


Рис. 4.6. Зміни основних показників дихальної системи у процесі розвитку втоми (*за А.С. Солодковым, Е.Б. Сологубом, 2001*)

Суттєвих змін при втомі може зазнавати також низка біохімічних параметрів *внутрішнього середовища* організму. У крові зменшується напруження кисню, спостерігається ерит-

ропенія, анемія, лейкоцитоз, можуть зникати окремі фракцій імуноглобулінів, що призводить до погіршення імунітету. Змінюється і вміст у крові багатьох речовин (рис. 4.7). Наприклад, кількість креатину може зростати від 2,6–3,3 мг% до 6,4 мг%, сечовини – від 19–22 мг% до 40 мг%, молочної кислоти – від 0,5–1,0 до 18–20 ммоль/л, pH може знижуватися до 6,9–6,8. Усі ці зміни можуть вторинно погіршувати діяльність низки органів і систем організму.

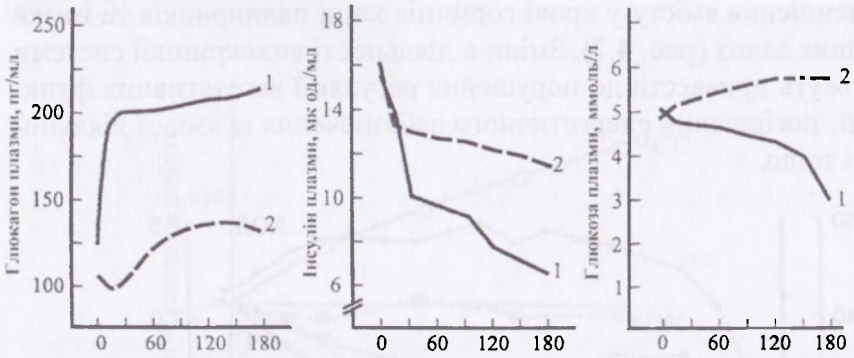


Рис. 4.7. Зміна рівня глюкагону, інсуліну та глюкози плазми крові при тривалому навантаженні. 1 – нетреновані, 2 – треновані (*за Дж.Х. Вілмором, Д.Л. Костіллом, 2003*)

4.3. Фази розвитку втоми

Під час напруженої фізичної роботи зміни в організмі розвиваються поступово. Упродовж певного відрізку часу, тривалість якого залежить від характеру і потужності роботи, віку, статі, тренованості та багатьох інших факторів, втома може бути певною мірою подолана завдяки активації (мобілізації) функціональних резервів організму. Тому в процесі розвитку втоми прийнято виділяти кілька *періодів* (або фаз) розвитку втоми:

- прихована (компенсована) втома;
- явна (декомпенсована) втома;
- відмова від роботи;
- смерть від незворотних змін в організмі.

У період *прихованої (компенсованої)* втоми немає повної компенсації діяльності функціональних систем організму, проте завдяки зміни характеру їхнього функціонування, цей період *не супроводжується зниженням працездатності*. Така ком-пенсація короткочасна, після чого працездатність знижується, втома стає явною. У фазі *явної*, або *декомпенсованої*, втоми можемо спостерігати зниження працездатності спортсмена. При виникненні значних змін в організмі під час виконання фізичних навантажень спостерігається *відмова від роботи*. Якщо роботу з тих чи інших причин неможливо зупинити на попередніх стадіях розвитку втоми, зміни в організмі можуть перевищити критичний рівень, результатом чого стає *смерть від незворотних змін в організмі*. Вірогідність настання таких змін під час фізичних навантажень надзвичайно низька, оскільки умовно- та безумовно-рефлекторні механізми контролю стану внутрішнього середовища дозволяють припинити роботу задовго до настання критичних змін в організмі.

Розвиток втоми залежить від багатьох факторів, зокрема від віку, тренованості, функціонального стану спортсмена. Зокрема, особи молодшого й середнього шкільного віку характеризуються швидкою втомлюваністю та недостатнім свідомим контролем розвитку втоми. У підлітковому віці діти здатні відчути ознаки втоми у процесі її розвитку, а з 18–19 р. – ще до початку зовнішнього прояву зовнішніх ознак втоми. Підвищена втомлюваність характерна для людей старших вікових груп.

4.4. Особливості розвитку втоми при фізичній роботі різного характеру

При виконанні вправ анаеробного характеру в зоні *максимальної потужності* найважливішу роль у розвитку втоми відіграють процеси, що відбуваються у *ЦНС* і *нервово-м'язовому* апараті (табл. 4.1). Під час виконання таких вправ вищі нервові центри активують максимально можливу кількість мотонейронів активних м'язів і забезпечують максимально високу частоту їхньої імпульсації. Така інтенсивна робота нервових центрів

може тривати лише кілька секунд. Від м'язів у ЦНС надходить потужний потік нервових імпульсів, обумовлений інтенсивними м'язовими скороченнями. Тому однією з причин втоми *стає розвиток позамежного (охоронного) гальмування і зменшення рухливості нервових процесів*. Особливо швидко зменшується частота імпульсів швидких мотонейронів. Під час такої роботи у м'язах, що скорочуються, також швидко *вичерпуються запаси високоенергетичних фосфатів, особливо креатинфосфату* (див. рис. 4.1). Таке виснаження може бути одним із провідних механізмів втоми. Окрім того, спостерігається *зростання концентрації АДФ*, що призводить до інгібування взаємодії актину й міозину.

Таблиця 4.1

Основні механізми втоми під час виконання циклічної роботи у різних зонах потужності

Зона потужності	**Провідна система та механізми розвитку втоми**
Максимальна	*ЦНС і нервово-м'язовий апарат (виснаження КФ, забруднення АДФ, гіпоксія)*
Субмаксимальна	*ЦНС, нервово-м'язовий апарат (забруднення молочною кислотою, гіпоксія), зміни показників внутрішнього середовища організму (pH)*
Велика	*погіршення функцій кисневотранспортних систем, виснаження запасів глікогену в м'язах*
Помірна	*як у попередній зоні, а також виснаження глікогену печінки, дегідратація, гіпертермія, порушення водно-сольового балансу, отруєння продуктами розпаду білків, втома ЦНС, зниження концентрації окремих гормонів.*

Спостерігається також зміна функціональних властивостей самих м'язів – *зниження збудливості, лабільності, швидкості розслаблення*. За час виконання вправ максимальної анаеробної потужності значного накопичення лактату у крові не спо-

стерігається, оскільки процеси анаеробного енергозабезпечення не встигають активуватися повною мірою. Системи вегетативного забезпечення не відіграють суттєвої ролі у виконанні вправ та розвитку втоми в цій зоні потужності, оскільки повільне впрацьовування не дозволяє їм вийти на максимальний рівень функціонування.

При виконанні анаеробної роботи *субмаксимальної потужності* відновлення концентрації АТФ і КФ здійснюється досить швидко, тому наприкінці роботи не виявлено помітного їхнього зменшення. Головна причина втоми при виконанні таких вправ – *інтенсивний гліколіз, накопичення лактату в м'язах і крові та викликане цим зниження pH у міоцитах й крові*. Ці зміни викликають зменшення швидкості глікогенолізу і є причиною первинного погіршення функцій м'язів. Також спостерігається як первинне, так і вторинне *погіршення функціонування ЦНС*. Потужна аферентна імпульсація призводить до *пригнічення діяльності нервових центрів*. Водночас певна нестача кисню, накопичення у крові лактату та зниження її pH здійснюють негативний вплив на ЦНС. За даними багатьох авторів, у цій зоні потужності також погіршується нервово-м'язова передача збудження. Додатковим фактором, який лімітує працездатність роботи тривалістю 4–5 хв, слугують функціональні можливості системи транспорту кисню.

Під час виконання вправ *великої потужності* важливу роль у розвитку втоми відіграє погіршення функціонування кисневотранспортної системи та неузгодженість вегетативних і моторних функцій. У цій зоні потужності спостерігається повільне зростання кисневого боргу (уявний стійкий стан), що вказує на недостатнє забезпечення м'язів киснем. У разі зниження показників роботи серцево-судинної та дихальної системи, а також за умови перевищення ПАНО, може спостерігатись *значне накопичення молочної кислоти у м'язах і крові*, яке можна вважати одним із факторів втоми. Наявне також значне вичерпування запасів глікогену в м'язах (рис. 4.8) та деяке *зниження рівня глюкози* у крові.

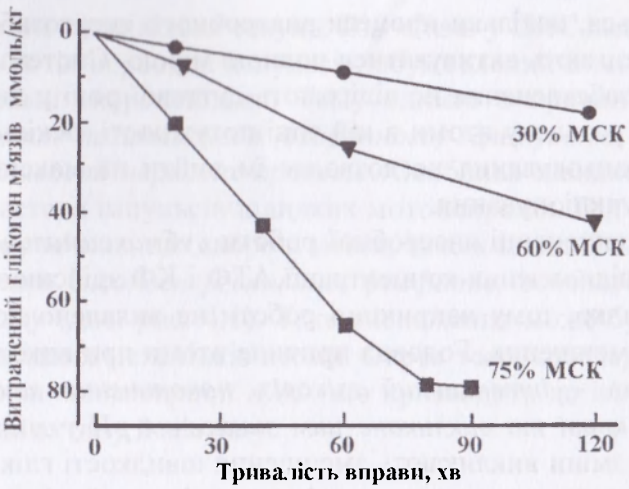


Рис. 4.8. Зменшення вмісту глікогену в м'язах після фізичних вправ різної тривалості та потужності. Потужність зазначено у % від МСК (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Певну роль у розвитку втоми відіграє також *робоча гіпертермія*, тобто підвищення температури тіла під час роботи. Спостерігається також *зниження вмісту у крові гормонів деяких залоз*, зокрема гіпофізу й надниркових. Погіршення функціонування ЦНС може бути обумовлене монотонністю дії нервових імпульсів.

Локалізація й механізми розвитку втоми в зоні *помірної потужності* схожі на ті, що виникають під час вправ субмаксимальної потужності, проте розвиток змін у параметрах організму дещо повільніший, а величина змін – більша. Виявлене *значне зменшення рівня глюкози (гіпоглікемія) у крові, мобілізація жирів* та *значне накопичення у крові продуктів обміну (сечовина, сечова кислота, аміак)* можуть бути важливими факторами розвитку втоми. Такі вправи супроводжуються також *гіпертермією, зневодненням організму, змінами водно-сольового складу внутрішнього середовища, втомою нервових центрів унаслідок монотонної роботи.* Під час цієї роботи та-

кож знижується вміст багатьох гормонів, зокрема мінералокортикоїдів, катехоламінів, гормонів щитоподібної залози.

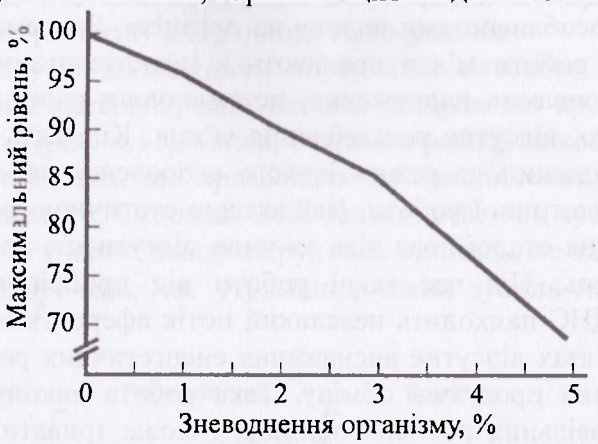


Рис. 4.9. Зниження рівня м'язової діяльності внаслідок зневоднення організму (*за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

При *ациклічних вправах* проявляються різні види втоми. У всіх *спортивних іграх* внаслідок необхідності безперервної зміни програми рухових дій та розв'язання складних тактичних завдань спостерігається *втома вищих відділів ЦНС*. Це приводить до зниження швидкості й погіршення координації рухів, зниження показників функціонування деяких аналізаторів. Водночас у таких видах спорту розвиток втоми відбувається за механізмами, *характерними для циклічних вправ аналогічної тривалості*. Наприклад, для хокею – аналогічні до зони субмаксимальної потужності, футболу – великої та по-мірної потужності.

У таких видах спорту як *гімнастика та важка* атлетика під час розвитку втоми відбувається, передусім, *зміна функціонального стану м'язів*. Знижується їхня збудливість, зменшується сила, швидкість скорочення та розслаблення, змінюється тонус (збільшується тонус спокою, зменшується амплітуда тонусу).

Виконання гімнастичних вправ чи вправ з важкої атлетики передбачає наявність *статичної роботи*, що характеризується певними особливостями впливу на організм. Зокрема, під час статичної роботи м'язи працюють в ізометричному режимі, тобто розвивають напруження, не змінюючи своєї довжини. Окрім того, відсутнє розслаблення м'язів. Кількість задіяних рухових одиниць та режим їхнього скорочення залежить від важкості статичної роботи. Найлегшою статичною роботою є підтримання сталої пози тіла за умов відсутності додаткових навантажень. Під час такої роботи від пропріорецепторів м'язів у ЦНС надходить невеликий потік аферентних імпульсів, а у м'язах відсутнє виснаження енергетичних ресурсів та накопичення продуктів обміну. Така робота виконується за участю повільних рухових одиниць і може тривати значний час. Відомо, що якщо сила скорочень становить менше, ніж 20% від максимальної сили, робота може виконуватися тривалий час (рис. 4.10).

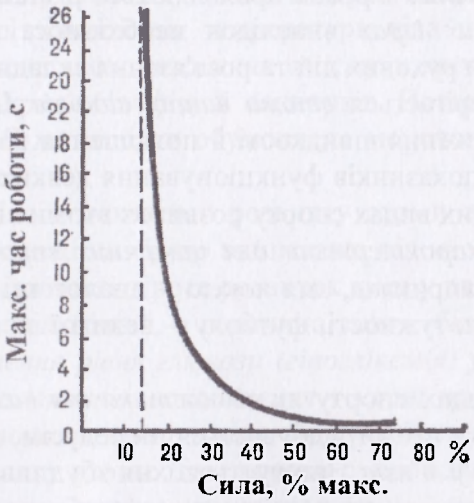


Рис. 4.10. Максимальна тривалість підтримання статичного зусилля залежно від його важкості (*за Н.В.Зимкиным, 1976*)

Максимальні статичні зусилля виконуються в режимі тетанічного скорочення за умов активації майже всіх рухових

одиниць цього м'яза. У нервові центри від м'язів надходить надзвичайно потужна аферентна імпульсація, що призводить до швидкого розвитку охоронного гальмування.

У зв'язку із збільшенням внутрішньом'язового тиску та перетискання капілярів, відбувається погіршення кровопостачання м'язів (рис. 4.11). Отже, статична робота виконується в анаеробних умовах, що призводить до накопичення в м'язах молочної кислоти. Оскільки максимальні статичні зусилля виконуються за участю швидких рухових одиниць, не здатних до тривалих скорочень, час утримання таких зусиль невеликий (секунди).

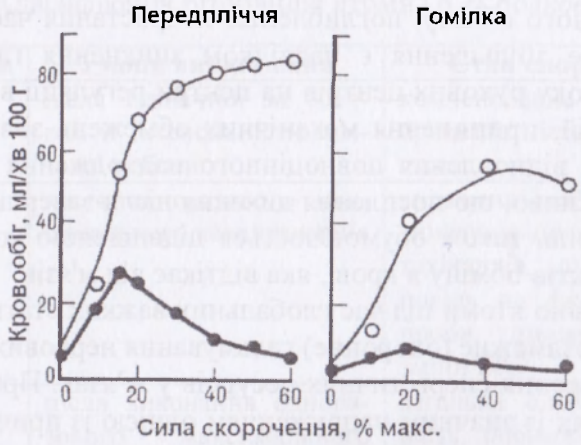


Рис. 4.11. Зміни кровообігу в ділянці передпліччя та гомілки під час виконання динамічної (світлі кружечки) та статичної (темні кружечки) роботи (*за Н.В.Зимкиным, 1976*)

Статичну роботу за кількістю задіяних у ній м'язів можна поділити на *локальну, регіональну і глобальну* (див. розділ 2.1). Під час важкої глобальної статичної роботи (утримання штанги, виконання стійки на руках, вправ "хрест" тощо) виникає явище *натужування* (видих при закритій голосовій щілині), яке призводить до значного зростання тиску у грудній та черевній порожнині. Наслідком цього є затримка або утруднення

дихання, погіршений венозний притік до серця, частий пульс із малим наповненням. Причинами погіршення венозного відтоку є зростання периферичного опору судин та порушення роботи додаткових механізмів, які полегшують надходження венозної крові до серця. Зокрема, "м'язовий насос" не функціонує внаслідок відсутності фази розслаблення м'язів, не функціонують механізми "дихального" чи "діафрагмального" насосу. Оскільки дихальні м'язи беруть участь у підтриманні пози тіла, за важкої глобальної статичної роботи неможлива повноцінна активація дихання. Після завершення глобальної статичної роботи може виникати активація вегетативних функцій (феномен *Ліндгарда–Верещагіна*) – збільшення частоти пульсу і систо-лічного об'єму, поглиблення та зростання частоти дихання. Таке збільшення є наслідком зникнення гальмівних впливів з боку рухових центрів на центри регуляції вегетативних функцій, припинення механічних обмежень зовнішнього дихання та відновлення повноцінного надходження крові до серця. Можливо, що посилення дихання після завершення статичних зусиль також обумовлюється підвищеною концентрацією продуктів обміну в крові, яка відтікає від м'язів.

Причиною втоми під час глобальних важких статичних зусиль є як позамежне (охоронне) гальмування нервових центрів, так і виснаження енергетичних ресурсів у м'язах. При статичних зусиллях із значним напруженням однією із причин виникнення втоми є зниження сили внаслідок припинення діяльності деяких найменш витривалих рухових одиниць. Варто зазначити, що порівняно з динамічною роботою під час статичних зусиль вегетативні зрушення виражені дещо менше.

4.5. Біологічне значення втоми, явища перетренованості та перевтоми

Втома, яка виникає у процесі м'язової чи розумової діяльності, є нормальною фізіологічною реакцією організму на роботу. Вона дозволяє запобігати крайньому виснаженню організму, сигналізуючи про необхідність припинити роботу.

Окрім того, робота до втоми є важливим фактором розвитку тренованості, надто, якщо вона пов'язана із розвитком витривалості. Тренування до втоми стимулює процеси відновлення та супроводжується адаптацією організму спортсмена до фізичних навантажень. Проте необхідно зазначити, що в разі припинення вправ до появи втоми рівень натренованості не збільшується, а перевищення допустимих навантажень чи недостатній період відновлення викликають погіршення функціонального стану організму спортсмена – явища перетренованості чи перевтоми (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Класифікація різновидів втоми (*В.Н.Волков, 1973*)

Вид втоми	Умови виникнення	Стан спортсмена
Легка	після незначної за обсягом й інтенсивністю м'язової роботи	компенсована втома, працездатність не знижується
Гостра	після одноразового максимального навантаження	виражена слабкість, різке зниження працездатності, тахікардія, атипова відповідь на функціональні проби, зниження АТд, зміни ЕКГ
Перенапруження	після виконання одноразового максимального навантаження на тлі пониженого функціонального стану організму (триває від декількох днів до декількох тижнів)	загальна слабкість, млявість, запаморочення, порушення координації рухів, тахікардія, порушення ритму серця, атипова реакція серцево-судинної системи на навантаження
Перетренованість	виникає у спортсменів при неправильно побудованому режимі тренувань та відпочинку	нервово-психічне перенапруження, погіршення результатів, порушення роботи серцево-судинної і нервової системи, зниження імунітету

Продовження таблиці 4.2

Вид втоми	Умови виникнення	Стан спортсмена
Перевтома	спостерігається при надмірних фізичних навантаженнях	схоже на перетренованість, але прояви різкіші, можливий біль у серці, тремор пальців рук

Тому необхідно точно дозувати тривалість вправ, зважаючи на їхній характер та інтенсивність. Обов'язково також враховувати особливості втоми при роботі різного характеру й потужності.

4.6. Питання для самоконтролю

1. Основні теорії виникнення втоми, біологічне значення втоми.
2. Фази розвитку втоми. Значення втоми для зростання натренованості.
3. Фізіологічна характеристика механізмів розвитку втоми в різних системах організму.
4. Особливості втоми при виконанні роботи різного характеру та різної потужності.

5. ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ

5.1. Основні закономірності процесу відновлення

Як відомо, м'язова діяльність супроводжується змінами функціонування багатьох систем організму та зниженням його працездатності, що призводить до припинення роботи. Після завершення роботи відбувається *відновлення працездатності. Сукупність фізіологічних, біохімічних і структурних змін, які забезпечують перехід організму від робочого рівня до вихідного стану, називається відновленням.* У відновному періоді відновлюється вміст високоенергетичних сполук, повертаються до вихідного рівня основні показники функціональних систем організму, відбувається нормалізація складу внутрішнього середовища. Водночас ще І.П. Павлов виявив низку закономірностей перебігу відновних процесів, що доповнюють наведене вище визначення:

- в органі, який виконує роботу, одночасно з процесами руйнування й виснаження відбуваються процеси відновлення, які спостерігаються не лише після закінчення роботи, але вже під час діяльності;
- співвідношення виснаження та відновлення визначаються інтенсивністю роботи, під час інтенсивної роботи відновний процес не в змозі повністю компенсувати витрати енергетичних субстратів, тому повне їхнє відновлення наступає пізніше, під час відпочинку;
- відновлення витрачених ресурсів відбувається не до початкового рівня, а з деяким надлишком.

Отже, після фізичного навантаження відбувається не просто відновлення, а *перехід до нового стану із вищими функціональними можливостями, спостерігається збільшення функціональних резервів організму – надвідновлення.* Надвідновлення становить основу тренування.

Для процесу відновлення характерні кілька *закономірностей*:

- фазність відновлення;
- гетерохронність відновлення як різних вегетативних систем, так і вегетативних систем й рухових функцій;
- наявність фази надвідновлення або суперкомпенсації.

Деякі автори (А.С. Солодков та ін.) виділяють також такі закономірності:

- вибірковість;
- здатність до тренування.

Фазність відновлення. Загалом виділяють 4 фази періоду відновлення (рис. 5.1):

- швидке відновлення;
- сповільнене відновлення;
- надвідновлення;
- пізнє відновлення.

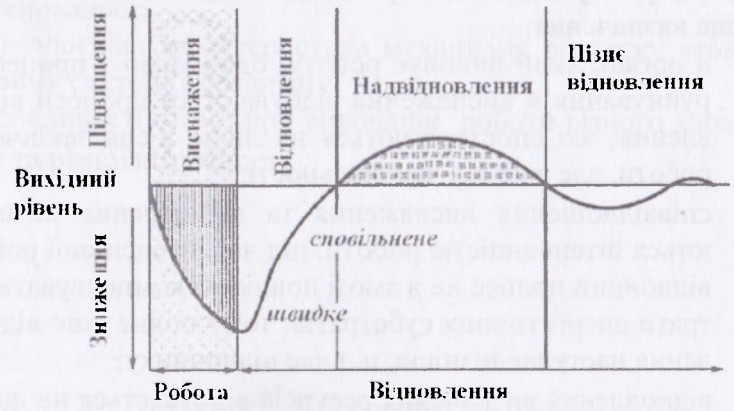


Рис. 5.1. Основні фази процесу відновлення

Швидке відновлення, здебільшого, обумовлюється збереженням значної швидкості кровообігу, інтенсивності обміну речовин та значним відхиленням параметрів внутрішнього середовища від нормативних величин на початку відновного процесу. Зменшення швидкості відновних процесів відбува-

ється одночасно зі сповільненням обміну речовин, згасанням робочого збудження та частковим відновленням гомеостазу організму. Це призводить до формування фази повільного відновлення.

Наявність, тривалість і характер цих фаз залежать від потужності й характеру роботи, тренованості спортсмена, а також значно відрізняються для різних функцій. Зокрема, швидкість та тривалість відновлення більшості функціональних показників прямо залежать від потужності та тривалості роботи – чим коротша максимальна тривалість вправи, тим коротший період відновлення після неї. Очевидно, що тривалість відновлення після виконання циклічної роботи в зоні максимальної потужності (кілька хвилин) буде меншою, ніж після роботи у зоні помірної потужності (до кількох діб).

За рівнем працездатності організму перші дві фази відповідають зниженню працездатності, третя фаза – підвищенню працездатності, а четверта – поверненню до початкового рівня працездатності.

За швидкістю відновлення окремих біохімічних показників організму (за Н.И. Волковым и соавт., 2000) виділяють три періоди. Перший – *термінове* відновлення, триває упродовж перших 30 хв після завершення вправи. У цьому періоді відбувається відновлення рівня АТФ, креатинфосфату, погашення лактатного кисневого боргу. Другий період – *віддалене* відновлення – триває від 0,5 до 6–12 год після роботи. Спостерігається відновлення гомеостазу, повна ліквідація кисневого боргу, поновлення запасів глікогену. Тривалість цього періоду найчастіше лімітується часом погашення кисневого боргу. Третій період – *сповільнене відновлення* спостерігається упродовж кількох діб після фізичної роботи. У цей час стимулюються процеси синтезу білків, відбувається формування та закріплення адаптаційних змін в організмі.

Гетерохронність відновних процесів. Процес відновлення після важкої м'язової роботи проходить з різною швидкістю в різних вегетативних системах організму, навіть у межах одної

системи різні показники відновлюються із різною швидкістю. Яскравим прикладом гетерохронності є особливості відновлення окремих біохімічних параметрів організму. Зокрема, якщо розглянути відновлення енергетичних субстратів у м'язах, то вміст АТФ повертається до норми надзвичайно швидко – упродовж кількох секунд чи хвилин, вміст креатинфосфату – дещо повільніше, рівень глікогену відновлюється десятки хвилин або й годину, вміст білків відновлюється ще пізніше (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Терміни завершення окремих процесів відновлення після фізичної роботи (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Процеси	**Час відновлення**
Відновлення резервів O_2 в організмі	10–15 с
Відновлення алактатних анаеробних резервів у м'язах	2–5 хв
Погашення алактатного O_2 боргу	3–5 хв
Ліквідація молочної кислоти	0,5–1,5 год
Погашення лактатного O_2 боргу	0,5–1,5 год
Ресинтез внутрішньом'язових запасів глікогену	12–48 год
Відновлення запасів глікогену у печінці	12–48 год
Посилення індуктивного синтезу ферментних і структурних білків	12–72 год

Ще більшу різницю в термінах відновлення можна спостерігати при порівнянні відновлення соматичних і вегетативних функцій. Зокрема, показник ЧСС тренованих спортсменів відновлюється до початкового рівня за кілька хвилин після завершення вправи, хоча інші показники серцево-судинної системи (артеріальний тиск, тонус судин, тощо) відновлюються значно пізніше. У зв'язку з необхідністю погашення кисневого боргу, тривалий час залишається посиленою дихальна функ-

ція. Гетерохронність відновлення вегетативних функцій більш виражена в мало тренованих спортсменів, а також у підготовчому періоді. На основі аналізу літературних даних можна встановити такі закономірності відновлення:

- послідовність відновлення систем та параметрів часто аналогічна до послідовності їхнього впрацьовування;
- послідовність відновлення показників залежить від характеру, потужності та складності роботи (від міри розвитку втоми в тих чи інших системах організму);
- послідовність відновлення залежить від виду спорту.

Важливою особливістю процесів відновлення, яка має вирішальне значення у процесі тренувань, є наявність фази *надвідновлення*. У фазу надвідновлення працездатність організму та показники, що її визначають, перевищують значення, зареєстровані до початку роботи. Коли йдеться про надвідновлення енергетичних субстратів, застосовують термін "*суперкомпенсація*".

Вибірковість відновлення означає специфічність протікання відновних процесів залежно від характеру фізичного навантаження (А.С.Солодков, Е.Б.Сологуб, 2001). Вибірковість відновлення значною мірою визначається характером енергозабезпечення. Для прикладу, після завершення фізичного навантаження аеробного характеру відновлення показників зовнішнього дихання, фазової структури серцевого циклу та ін. відбувається повільніше, ніж після навантажень анаеробного характеру. Вибірковість відновлення є основою особливостей адаптації спортсменів до навантажень різної спрямованості (силових, швидкісно-силових, на витривалість).

До властивостей відновлення можна зарахувати також *адитність до тренування*. Це означає, що відновні процеси піддаються тренувальним впливам, тобто підвищення адаптації до фізичних навантажень супроводжується зростанням ефективності процесів відновлення. У нетренованих людей період відновлення триваліший, а фаза надвідновлення виражена слабше, ніж у тренованих спортсменів.

Закономірності відновлення значною мірою обумовлюються *механізмами*, які регулюють відновні процеси. Процеси відновлення в організмі регулюються двома шляхами – нервовим і гуморальним. Окремі автори (К.Смірнов) вказують на провідну роль нервової регуляції, а інші (А.Віру, В.Волков) – на домінантний вплив гуморальних механізмів. На думку перших, м'язова діяльність стимулює процеси відновлення за механізмом соматовісцеральних рефлексів, опосередковані через парасимпатичний відділ автономної нервової системи. На думку прихильників теорії гуморальної регуляції, саме накопичення продуктів обміну та гормональні зміни у процесі фізичних навантажень визначають швидкість, інтенсивність та тривалість процесів відновлення. Очевидно, у цілісному організмі обидва шляхи регуляції діють одночасно. Проте нервовий шлях, який є швидшим, відіграє провідну роль у період швидкого відновлення, під час якого спостерігається погашення робочого збудження, відновлення діяльності ЦНС, ЧСС, АТ. Повільніший гуморальний механізм регулює сповільнене відновлення в пізніших фазах відновного періоду. Він забезпечує відновлення параметрів внутрішнього середовища, водно-сольового обміну, запасів глюкози і глікогену, ферментів і гормонів. Для найповнішого й швидкого відновлення необхідною є характерна для тренованих спортсменів перебудова ендокринної регуляції у трофотропному (холінергічному) напрямі. При такій перебудові спостерігається зниження тонусу симпатичного й посилення тонусу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Саме трофотропні процеси, очевидно, є основою конструктивного періоду та надвідновлення.

Швидкість відновних процесів залежить від факторів, які діють на організм спортсмена під час виконання фізичного навантаження та після закінчення роботи. Вони можуть значно прискорити перебіг відновних процесів.

5.2. Показники проходження відновних процесів

Одним із ключових питань спорту вищих досягнень є визначення оптимального моменту, коли відновні процеси в організмі досягають рівня, необхідного для наступного тренувального навантаження. У зв'язку з цим, важливого значення набуває питання визначення показників відновлення організму.

Згідно із запропонованим А.А.Маркосяном визначенням, *завершення періоду відновлення відбувається за умови повернення до вихідного рівня показника, який відновлюється найповільніше.* Водночас, у зв'язку із значною тривалістю такого часового інтервалу (до 48–72 годин), у практиці сучасного спорту наступне навантаження виконується до моменту повного відновлення організму. Тому використовуються інші критерії відновлення. Ці критерії можна поділити на декілька груп за інформативністю та практичним значенням.

До першої групи (найінформативнішої) належить показник *рівня фізичної (спеціальної) працездатності спортсмена*, тобто обсяг повторної роботи, яку він може виконати після навантаження. Проте виконання додаткової напруженої роботи не може бути рекомендоване як тест у спортивній практиці, оскільки така робота вимагає значних затрат часу та зусиль, порушує перебіг тренувального процесу. Отже, хоча показники працездатності можна вважати найінформативнішими, проте їхнє практичне значення невелике.

Зручнішими та достатньо інформативними показниками відновлення є *особливості реакції організму на різноманітні тестові навантаження (функціональні проби)*, які виконуються до тренувального заняття та в період відновлення. До цих тестів належить *непряме визначення МСК, PWC_{170}*, аналіз *особливостей реакції серцево-судинної системи на тестові навантаження (клино- та ортостатична проба тощо)*, вивчення *особливостей напруження й розслаблення м'язів тощо*. Такі показники як МСК, PWC_{170} одразу після напруженої м'язової діяльності знижуються, проте через певний час виявляються вищими за вихідні значення. У стані неповного відновлення

реакція серцево-судинної та інших систем на функціональні проби змінюється або навіть стає парадоксальною. Це дозволяє виявити явища недовідновлення та водночас не передбачає виконання значних фізичних навантажень, що підвищує практичну значущість функціональних проб. Проте у зв'язку із гетерохронністю відновлення жодна із згаданих величин не може бути критерієм відновлення усіх функціональних систем організму, що дещо зменшує інформативність критеріїв цієї групи.

До третьої групи належать показники, зареєстровані в період відновлення у стані спокою. Значне навантаження на серцево-судинну систему та легкість реєстрації її показників обумовлює те, що серед найпоширеніших критеріїв відновлення є повернення до вихідних значень *величини ЧСС, показників ЕКГ, варіабельності серцевого ритму*. Відновлення *інших показників функціонального стану органів кровообігу* дуже варіативне, тому вони не цілком точно визначають готовність організму до наступної роботи. Приміром, відновлення артеріального тиску може тривати від кількох хвилин до кількох годин. Після фізичного навантаження артеріальний тиск може знизитися, що обумовлене робочою гіперемією судин м'язів, що скорочуються. Водночас критерії цієї групи не дають змоги оцінити відновлення *параметрів внутрішнього середовища організму*. Тривалість відновлення pH крові, формених елементів залежить від потужності і тривалості роботи. Відновлення вмісту еритроцитів, гемоглобіну та лейкоцитарної формули після тривалої напруженої роботи може тривати кілька діб.

Одним із важливих показників відновлення можна вважати *погашення кисневого боргу*. Після напруженої м'язової роботи ліквідація швидкої (алактатної) частини кисневого боргу може тривати від 2-х (за даними Я.М.Коца) до 3–5 хв (за даними Д.Вілмора, Д.Костілла), а повільної (лактатної) частини – від півгодини до 2-х годин. Упродовж цього часу залишається підвищеним не лише споживання організмом кисню, а й ХОД.

Погашення кисневого боргу тісно пов'язане із відновленням вмісту високоенергетичних фосфатів (КФ та АТФ) у м'язах та з ліквідацією молочної кислоти. Зокрема, швидкий (алактатний) компонент кисневого боргу витрачається на відновлення запасів O_2 у м'язах та крові (близько 0,5–0,7 л O_2) та відновлення КФ і АТФ. Тривалість погашення такого боргу – 2–3 хв, загальна величина залежить від кількості витрачених високоенергетичних фосфатів. У нетренованих чоловіків величина алактатного кисневого боргу досягає 2–3 л, у спортсменів (за даними Я.Коца) – до 7 л. Свідченням важливої ролі кисню для відновлення фосфатів є дані Д.Вілмора та Д.Костілла про значене сповільнення ресинтезу цих речовин за умови обмеження кровопостачання (оклюзії, рис. 5.2).



Рис. 5.2. Вплив зменшення кровопостачання (оклюзії) на відновлення вмісту креатинфосфату в м'язах
(*за Дж.Х.Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Повільний (лактатний) компонент кисневого боргу зумовлюється багатьма процесами. Найбільша частина цього боргу витрачається на ліквідацію накопиченої молочної кислоти. Додатково спожитий кисень витрачається на ресинтез глікогену з лактату крові та на окислення молочної кислоти в міокарді та скелетних м`язах.

За даними деяких авторів (Я.М.Коц, Н.І.Волков), після завершення роботи 70% накопиченого лактату повністю окислюється, близько 20% – перетворюється у глюкозу чи глікоген, решта – видаляється з сечею чи використовується під час ресинтезу білків (рис. 5.3). Погашення цієї фракції кисневого боргу триває 30–60 хв (інколи – до 90 хв) та збігається з часом ліквідації молочної кислоти. Величина фракції залежить від інтенсивності навантаження та тренованості спортсменів. У нетренованих осіб ця фракція досягає 5–10 л кисню, а у тренованих спортсменів – до 15–20 л.

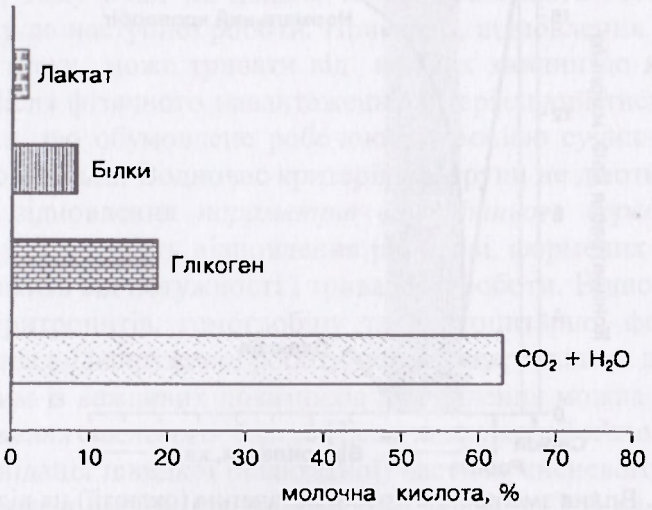


Рис. 5.3. Шляхи ліквідації лактату після завершення фізичної роботи (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Різні механізми втоми та гетерохронність відновлення різних функціональних систем організму зумовлюють варіативність показників відновлення при виконанні роботи різного характеру та потужності. Це вимагає особливих підходів до виявлення найінформативніших показників відновлення в різних видах спорту.

Після виконання циклічної роботи *максимальної потужності* найбільші зміни спостерігаються у функціональному стані рухового апарату та ЦНС. Відновлення після такої роботи тісно корелює із погашенням швидкої фракції кисневого боргу, відновленням функціонального стану ЦНС, погашенням робочого збудження (зниженням ЧСС).

Після роботи *субмаксимальної потужності* для відновлення працездатності велике значення має погашення кисневого боргу, зокрема його лактатної фракції, а також нормалізація параметрів внутрішнього середовища (pH, концентрації лактату, рис. 5.4, 5.5).

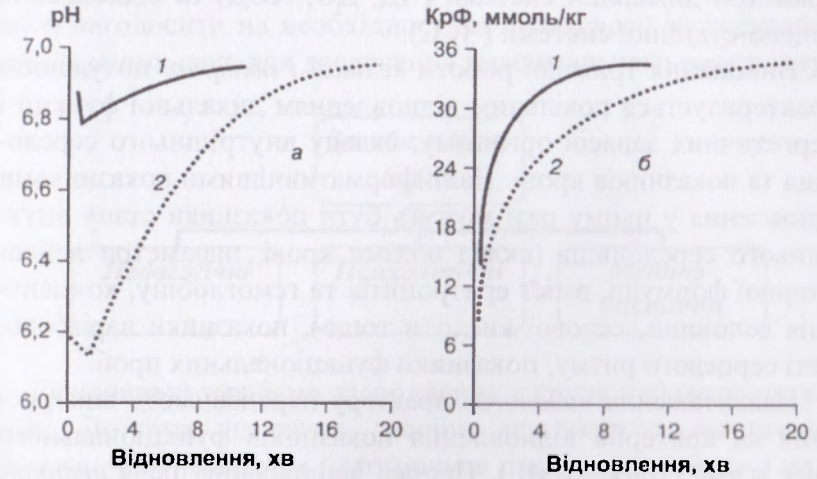


Рис. 5.4. Відновлення pH та концентрації КрФ у м'язах після вправ невеликої (1) та значної (2) інтенсивності
(за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001)



Рис. 5.5. Відновлення лактату в м'язах і крові
(за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001)

Відповідно критеріями відновлення можуть слугувати показники споживання кисню, вмісту лактату у крові, а також параметри дихальної системи (ЧД, ДО, ХОД) та відновлення серцево-судинної системи (ЧСС).

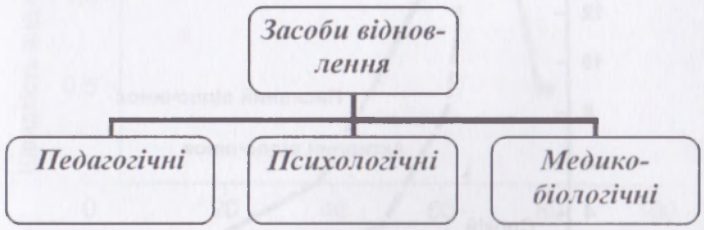
Виконання тривалої роботи *великої і помірної* потужності характеризується повільним відновленням дихальної функції і енергетичних запасів організму, складу внутрішнього середовища та показників крові. Найінформативнішими показниками відновлення у цьому разі можуть бути показники стану внутрішнього середовища (склад плазми крові, параметри лейкоцитарної формули, вміст еритроцитів та гемоглобіну, концентрація сечовини, сечової кислоти тощо), показники варіабельності серцевого ритму, показники функціональних проб.

Навантаження *силового* характеру передбачають використання як критеріїв відновлення показників функціонального стану м'язів (тонус, ЕМГ). Процес відновлення після *нестандартних* вправ можна охарактеризувати на основі функціональних показників ЦНС (ЛЧРР, теппінг-тест тощо), відновлення функцій сенсорних систем та тих показників, які відповідають зоні потужності аналогічної тривалості.

Із проблемою відновлення тісно пов'язана практичне завдання визначення оптимальних навантажень та інтервалів відпочинку між їхнім виконанням. Належить зазначити, що тривалість інтервалів відпочинку між повторними навантаженнями повинна бути такою, щоб наступна робота виконувалась у фазі надвідновлення. Оптимальні інтервали відпочинку між заняттями можуть бути різними, але їхня тривалість не повинна бути більшою за 48 годин. Під час тренувальних зборів повторне навантаження може задаватися 2–3 рази на день. Неповне відновлення в цих умовах не є перешкодою для повторної роботи.

5.3. Засоби відновлення та механізми прискорення відновних процесів

Проблема відновлення в сучасному спорті значною мірою стосується розв'язання питань прискорення процесів відновлення. Для цього використовують широкий спектр засобів, що поділяються *на педагогічні, психологічні та медико-біологічні*. Варто наголосити на необхідності *комплексного* застосування засобів різних груп для досягнення максимального результату.



Основними засобами відновлення є група *педагогічних засобів*. До них належать засоби, пов'язані з *навчально-тренувальним процесом* (оптимальне планування мікро- і макроциклів, індивідуалізація тренувального процесу, варіативність навантаження тощо) та із оптимізацією *окремого тренувального заняття* (наявність заключної частини, вправи для активного відпочинку та розслаблення тощо). Педагогічні засоби

визначають режим і правильне поєднання навантажень та відпочинку, що дозволяє поліпшити ефективність тренування завдяки активізації процесів відновлення. Раціональна організація *підготовчої частини* занять забезпечує ефективне впрацьовування організму та високий рівень працездатності під час занять. Одним із педагогічних засобів цього напрямку є *розминка*. Вона сприяє підвищенню збудливості, рухливості нервових процесів, активізує дихання та кровообіг, прискорює обмінні процеси та покращує функціональні параметри м'язів. Не менш важливу роль відіграє *завершальна частина занять*, яка дозволяє пришвидшити процеси відновлення. У роботах І.М.Сєченова та інших вчених (Дж.Х. Вілмор, Д.Л.Костілл, 2003, Н.І.Волков, 2000) показано, що швидше відновлення забезпечується *активним відпочинком* – зміною виду діяльності або зменшенням інтенсивності роботи (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Прискорене відновлення рівня лактату в крові під впливом активного відпочинку (*за Дж.Х.Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Активний відпочинок забезпечують центральні (переключення активності на інші центри з одночасним підтриманням високого загального рівня активності ЦНС) та периферичні (підтримання високої швидкості кровообігу та температури й обміну речовин в м'язах) механізми. Прикладом впливу активного відпочинку можна вважати прискорене відновлення лактату в м'язах (рис. 5.6).

Експериментально доведено (Я.М.Коц, 1986, Н.І. Волков із співавт., 2000), що оптимальними для цього є вправи з інтенсивністю на рівні 40% від МСК (рис. 5.7).

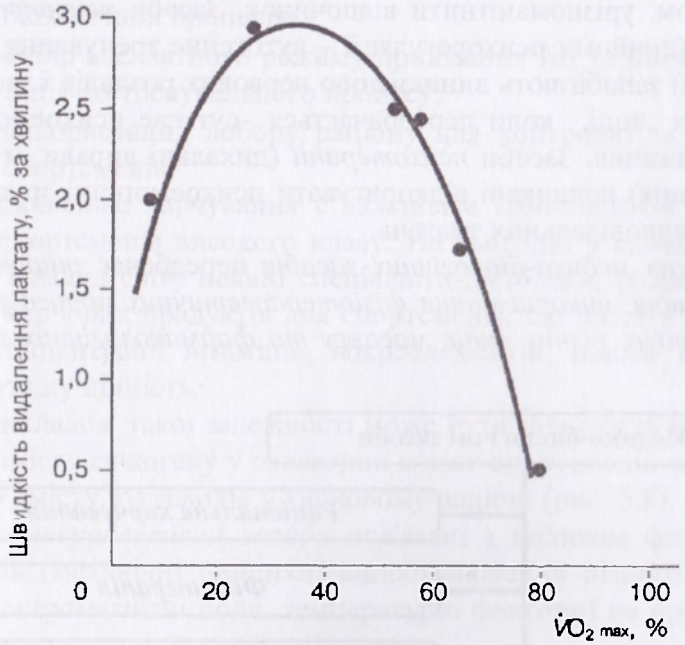


Рис. 5.7. Прискорене відновлення рівня лактату в крові під впливом активного відпочинку (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

З допомогою *психологічних* засобів відновлення вдається знизити рівень психоемоційного напруження, зняти пригнічення, відновити баланс збудження та гальмування у ЦНС. Також стабілізується діяльність вегетативних систем організму

спортсмена, оптимізуються показники серцево-судинної, дихальної систем, поліпшується тонус м'язів. Психологічні засоби відновлення за В.І. Дубровським (1991 р.) можна поділити на такі групи:

- засоби психогігієни;
- засоби психопрофілактики;
- засоби психотерапії.

Засоби *психогігієни* (різноманітний відпочинок, культурно-масові заходи, комфортні умови побуту) повинні оптимізувати взаємовідносини між спортсменами, спортсменом та тренером, урізноманітнити відпочинок. Засоби *психопрофілактики* (прийоми психорегуляції – аутогенне тренування, навіювання) запобігають виникненню нервових розладів і застосовуються тоді, коли передбачається суттєве психоемоційне навантаження. Засоби *психотерапії* (дихальні вправи, м'язова релаксація) покликані відкоригувати психоемоційні зрушення після відповідальних змагань.

Група *медико-біологічних засобів* передбачає *раціональне харчування, використання фізіотерапевтичних процедур, гідропроцедур, різних видів масажу та фармакологічних препаратів.*



Основне значення раціонального харчування полягає в забезпеченні надходження в організм достатньої кількості енергетичного і пластичного матеріалу для задоволення його енергетичних та пластичних потреб. До факторів *раціонального харчування* належать такі:

- надходження в організм спортсмена достатньої кількості калорій;
- дотримання принципів збалансованості харчування;
- вибір адекватних форм харчування;
- використання індукційного впливу їжі для активізації біохімічних процесів;
- вибір адекватного режиму приймання їжі та його адаптація до тренувального процесу;
- використання добору раціону для контролю за вагою спортсменів.

Раціональне харчування є важливим компонентом підготовки спортсменів високого класу. На сьогодні у складі провідних команд світу наявні спеціалісти-дієтологи, розроблено низку харчових продуктів для спортсменів, що містять підвищені концентрації вітамінів, мікроелементів, мають високу енергетичну цінність.

Прикладом такої залежності може бути швидкість відновлення вмісту глікогену у скелетних м'язах спортсменів за умов різного вмісту вуглеводів у харчовому раціоні (рис. 5.8).

Фізіотерапевтичні засоби пов'язані з впливом фізичних факторів (механічні чинники, випромінювання різного спектру, електромагнітні поля, температурні фактори) на організм людини.

До фізіотерапевтичних процедур належать:

- електрофорез (протизапальна, знеболювальна, антибактеріальна дія);
- синусоїдні струми (знеболювальна, протизапальна дія);
- магнітотерапія (зменшення набряків, болю, вплив на склад крові);

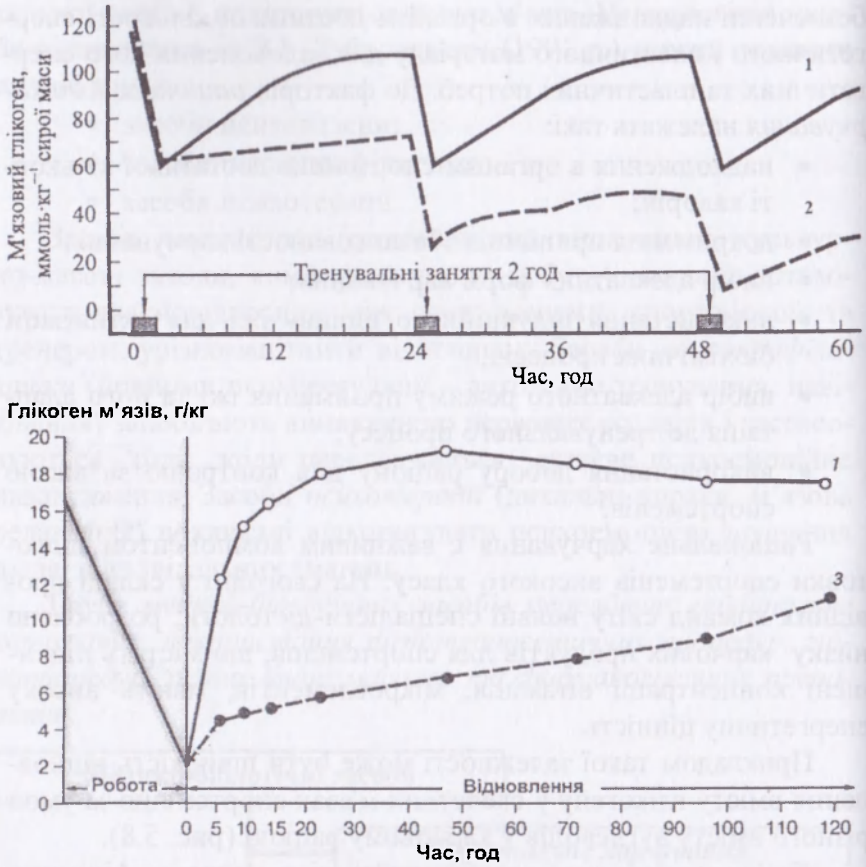


Рис. 5.8. Порівняння впливу високовуглеводної (1) та звичної (2) або білково-жирової (3) дієти на відновлення глікогену в м'язах спортсмена після тренувань (*за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

- ультразвукова терапія (мікромасаж, розширення судин, пришвидшення відновних процесів, прискорення регенерації);
- парафіно-озокеритові аплікації (поліпшення крово- і лімфообігу, посилення обміну речовин);

- кріотерапія (протизапальна, знеболювальна дія);
- пресотерапія (лімфодренаж, посилення обмінних процесів);
- інфрачервоне опромінення (підвищення температури тканин, посилення місцевого обміну).

Сьогодні активно впроваджуються у спортивну практику новітні методики лазеротерапії, екстракорпоральної ударно-імпульсної терапії, ін'єкцій озону тощо.

До *гідропроцедур* належить душ, ванни, сауна й баня. В основі гідро- і бальнеотерапії лежать температурний, хімічний та механічний фактори впливу. Організм відповідає на них складним комплексом реакцій, такими як зміни в тонусі судин шкіри, серцево-судинній, нервовій, ендокринній, м'язовій системах, а також змінами енергетичного обміну, окисно-відновних процесів тощо. Під час цих процедур у кору головного мозку надходить потужна аферентна імпульсація від рецепторів шкіри, слизових оболонок, судин. За механізмом сомато-вісцеральних рефлексів відбувається також зміна у функціонуванні внутрішніх органів (судин головного мозку, легень, шлунково-кишкового тракту, залоз внутрішньої секреції). Гідротерапія сприяє збільшенню кровопостачання тканин, посиленню окисно-відновних процесів, видаленню продуктів обміну, ліквідації порушень обмінних процесів. Теплові впливи посилюють обмін речовин, стимулюють кровообіг (гарячі ванни посилюють кровообіг у 6–7 разів), покращують обмінні процеси, сприяють релаксації м'язів, стимулюють імунні процеси.

Масаж як засіб відновлення має різну дію (відновлення, стимулюючу, лікувальну). Відновлювальний масаж проводять через інтервал від 30 хв до 4 год після фізичного навантаження. Вплив масажу ґрунтується на механічній дії на тканини, підвищенні їхньої температури, впливі на нервову систему внаслідок зростання аферентації від рецепторів шкіри, за механізмом дермато-вісцеральних рефлексів, через які відбувається зміна в діяльності вегетативних систем.

Серед *фармакологічних* засобів за механізмом впливу можна виокремити такі основні групи:

- засоби впливу на ЦНС;
- засоби впливу на серцево-судинну систему;
- препарати, які поліпшують функцію нирок і печінки;
- речовини, які впливають на тканинний обмін;
- стимулятори гемопоезу;
- гормони;
- анаболічні засоби;
- харчові добавки, вітаміни;
- адаптогени (женьшень, аралія маньчжурська, заманиха висока, золотий корінь, лимонник китайський, елеутерокок).

Характер застосування засобів відновлення визначається завданнями навчально-тренувального процесу, контингентом спортсменів, їхнім функціональним станом, матеріально-технічними можливостями.

До головних *принципів застосування* засобів відновлення слід зарахувати такі:

- комплексність;
- відповідність характеру і потужності роботи, специфіці виду спорту;
- відповідність періоду тренувального циклу;
- індивідуальність, варіативність;
- відсутність заборонених засобів.

Комплексність належить розуміти як одночасне використання педагогічних, психологічних та медико-біологічних засобів відновлення. *Відповідність до характеру роботи* яскраво ілюструється використанням коректорів білкового обміну після вправ силової спрямованості та стимуляторів еритропоезу після вправ на витривалість. Засоби відновлення повинні відповідати *періодові тренувального циклу*. Зокрема, під час *відновного періоду* найважливішими завданнями є такі:

- виведення продуктів обміну (вітаміни А, Е, С та ін.);

- медикаментозна терапія перенапруження систем (адаптогени, седативні засоби);
- нормалізація обміну речовин (рибоксин, гепатопротектори);
- посилення імунітету (імуномодулятори).

Під час *підготовчого періоду* застосовується більша кількість відновних засобів відповідно до таких завдань:

- адекватного забезпечення енергетичними і пластичними субстратами, вітамінами, мікроелементами;
- суперкомпенсація глікогену печінки, створення лужних резервів;
- стимуляції пластичного обміну (екдисен, мілдронат, карнітин);
- підтримання імунітету (імуностимулятори);
- профілактики перенапруження серцево-судинної і нервової систем.

Основними завданнями у *змагальний період* є збереження високої стійкості організму до фізичних і психоемоційних навантажень, у зв'язку з чим засоби відновлення добирають згідно з такими завданнями:

- підтримання імунітету (адаптогени);
- створення енергетичних депо (АТФ, фосфаден, неотон тощо);
- регуляції психоемоційного напруження (засоби впливу на ЦНС);
- термінової регуляції водно-сольового і пластичного обміну.

Принципи *індивідуальності* та *варіативності* випливають із індивідуальної реакції організму на фармакологічні засоби та здатності організму адаптуватися до їхнього впливу, що вимагає добору та заміни препаратів для оптимізації їхнього впливу. Не можна забувати про *заборону використання* певних засобів, занесених до переліку всесвітнього антидопінгового агентства (ВАДА).

5.4. Питання для самоконтролю

1. Основні закономірності процесу відновлення.
2. Фізіологічні механізми процесів відновлення, фази відновлення.
3. Основні показники відновлення в різних системах організму та їхнє значення у тренувальному процесі.
4. Класифікація засобів відновлення спортивної працездатності.
5. Педагогічні засоби відновлення. Активний відпочинок.
6. Фізіологічні механізми дії психологічних засобів відновлення.
7. Фізіологічні механізми дії медико-біологічних засобів відновлення.

6. ФІЗИЧНА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ЇЇ ПОКАЗНИКИ

6.1. Основні показники фізичної працездатності

На сьогодні існує кілька визначень фізичної працездатності. Окремі автори пропонують визначати її як *здатність людини виконувати в межах заданих параметрів та в певних умовах роботу, внаслідок якої спостерігаються зворотні функціональні зміни в організмі*. Фізичну працездатність (ФП) можна оцінювати як за обсягом виконаної роботи, так і за функціональними змінами в організмі, які спостерігаються під час фізичних навантажень, чи у період відновлення. Важливим є точне дозування навантажень, для чого найчастіше використовують велоергометри різних конструкцій чи бігові доріжки. З метою наблизити характер роботи спортсмена під час функціональних проб до змагальної чи тренувальної діяльності, інколи застосовують прилади спеціальної конструкції (плавальний ергометр, веслувальний ергометр, тощо). Методику реєстрації відповіді організму на навантаження вибирають залежно від того, яка система організму є найоб'єктивнішим індикатором реакції на дане навантаження та технічних можливостей зареєструвати той чи інший показник.

Для оцінювання *загальної фізичної працездатності* (ЗФП) найчастіше використовуються тести, які передбачають виконання циклічних глобальних аеробних навантажень і не вимагають спеціальної підготовки. Часто застосовують ходьбу, біг, піднімання на сходинку (степ-тест), роботу на велоергометрі чи біговій доріжці. Загальну фізичну працездатність оцінюють за такими критеріями:

- обсягом виконаної роботи у стандартних умовах (наприклад *тест Купера, шатл-тест*);
- змінами ЧСС під час стандартного навантаження (чи за величиною навантаження при стандартній ЧСС – PWC_{170});
- швидкістю відновлення після стандартного навантаження (*Гарвардський степ-тест, проба Руф'є*).

За аналогічними методичними принципами побудовано тести оцінювання фізичної працездатності спортсменів. Зокрема, за принципом оцінювання максимального обсягу роботи (максимальної потужності) побудовано *тест Новацкі*. Водночас під час тестування спортсменів використовують значно вищі (часто – максимальні) фізичні навантаження, а характер роботи вибирають відповідно до специфіки виду спорту. Методи тестування детально викладені в спеціальних посібниках В.А. Карпмана та ін. (1988), И.В.Аулика (1990), *"Тестирование спортсменов ..."* (1998), В.А.Романенка (2005).

Одним із найпростіших методів визначення ЗФП є *12-хвилинний тест Купера*. Під час тесту досліджуваний повинен пробігти якомога більшу відстань за 12 хв. Існують модифікації тесту Купера для інших способів пересування – ходьби, плавання, їзди на велосипеді. Тест рекомендується застосовувати після двотижневої підготовки. Оцінювання фізичної працездатності проводиться на основі вимірювання подоланої дистанції за спеціальними таблицями (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Показники та оцінка результатів 12-хвилинного тесту Купера для чоловіків віком до 30 років

Відстань (км)	**Оцінка результатів**
< 1,5	дуже погано
1,50–1,84	погано
1,85–2,15	задовільно
2,16–2,64	добре
2,65 і більше	відмінно

Шатл-тест (човниковий біг) полягає в циклічному подоланні (у прямому та зворотному напрямку) відрізків між двома фішками, розміщеними на відстані 20 м одна від одної. Швидкість бігу визначається інтервалом між звуковими сигналами. Тест складається з низки етапів, перерва між якими відсутня. На кожному етапі інтервал часу між сигналами вкорочується, а

швидкість бігу зростає. Оцінювання результату відбувається на основі підрахунку кількості подоланих етапів та 20-метрових відрізків у межах етапу (табл. 6.2). Хоча тест занесений у низку європейських програм оцінювання фізичної підготовленості школярів (як альтернатива бігу на середні дистанції), проте при його використанні належить враховувати максимальний характер тесту, адже на момент його завершення ЧСС та інші параметри організму можуть досягати близьких до максимальних величин. У зв'язку з цим, доцільно застосовувати такий тест лише за умови попередньої фізичної підготовки.

Таблиця 6.2

Оцінка загальної фізичної працездатності за даними 20-метрового бігового шатл-тесту (для зрілого віку)

Рівень ЗФП	**Кількість подоланих етапів**	
	чоловіки	жінки
відмінна	> 13	> 12
дуже висока	11–13	10–12
висока	9–11	8–10
середня	7–9	6–8
низька	5–7	4–6
дуже низька	< 5	< 4

Існує низка опосередкованих методів визначення ЗФП, які базуються на вивченні реакції серцево-судинної системи організму на фізичне навантаження (як під час тесту, так і у період відновлення). Найпоширеніші та найінформативніші методи визначення ЗФП – тест PWC_{170} та Гарвардський степ-тест.

Показник *тесту* PWC_{170} (від перших букв англійського терміну *physical working capacity*) відображає потужність фізичного навантаження, яке спортсмен виконує при ЧСС 170 уд./хв. Чим вища потужність, тим відносно вищою є працездатність спортсмена. Проба PWC_{170} рекомендована Всесві-

тньою організацією охорони здоров'я для оцінювання фізичної працездатності людини.

Прямий метод визначення PWC_{170} вимагає безперервної реєстрації ЧСС під час виконання точно дозованих фізичних навантажень, потужність яких поступово зростає. На момент досягнення пульсу 170 уд./хв реєструють прямий показник PWC_{170}. Такий підхід найточніший, проте застосовується здебільшого при індивідуальних обстеженнях, оскільки вимагає використання приладів вимірювання ЧСС та дозування фізичного навантаження (велоергометр, бігова доріжка). Метод непридатний для масових обстежень та для осіб із недостатнім рівнем фізичної підготовленості (особи з певними патологіями, нетреновані, діти, особи старших вікових груп). У зв'язку з цим, такий підхід доцільно використовувати для обстежень представників тих видів спорту, для яких PWC_{170} є інформативним показником фізичної підготовленості.

Непрямий підхід до визначення PWC_{170} базується на лінійній залежності між ЧСС і потужністю фізичного навантаження (у діапазоні 120–180 уд./хв). Зручність цього методу полягає в тому, що ЧСС як параметр легко реєструється, обстеження можуть бути масовими, фізичні навантаження у цьому підході є доступними для широких верств населення. Для визначення PWC_{170} за методикою В.Л. Карпмана (1988) застосовують два 5-хвилинні навантаження з інтервалом відпочину 3 хв. Потужність першого навантаження визначають за рівнем фізичної підготовленості досліджуваних, а другого – за змінами ЧСС після першого навантаження. Після кожного із навантажень вимірюють ЧСС і розраховують PWC_{170} за відповідною формулою або графічно визначають шляхом апроксимації на вірогідну працездатність при ЧСС 170 уд./хв (рис. 6.1).

За даними В.Л.Карпмана (табл. 6.3), у нетренованих чоловіків величина PWC_{170} коливається в межах 800–1100 кГм/хв (140–188 Вт), у спортсменів, які займаються циклічними видами спорту – 1100–1900 кГм/хв (250–330 Вт). У жінок величина PWC_{170} становить близько 60 % від показника чоловіків.

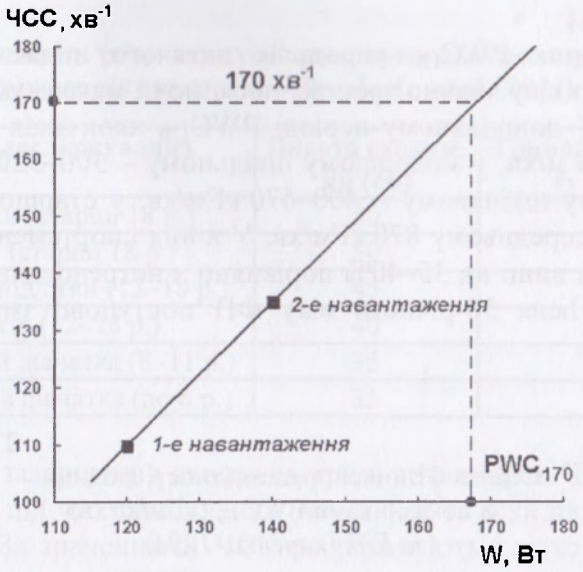


Рис. 6.1. Принципова схема непрямого підходу до визначення PWC_{170}

Таблиця 6.3

Величина PWC_{170} у спортсменів різних видів спорту (чоловіки) та нетренованих осіб (*В.Л.Карпманом, 1988*)

Вид спорту	**PWC_{170} (кГм/хв)**	**PWC_{170} (кГм/хв·кг)**
Лижний	1760	25,7
Ковзанярський	1710	24,0
Велосипедний	1670	22,6
Ходьба	1548	22,5
Футбол	1523	21,7
Хокей	1428	20,1
Баскетбол	1625	18,7
Боротьба	1370	16,6
Гімнастика	1044	16,5
Нетреновані	1027	15,5

Показник PWC_{170} упродовж дитячого, підліткового та юнацького віку значно зростає, досягаючи максимуму в зрілому віці. У дошкільному періоді PWC_{170} хлопчиків становить 130–230 кГм/хв, у молодшому шкільному – 300–320 кГм/хв, у середньому шкільному – 400–670 кГм/хв, у старшому шкільному – у середньому 870 кГм/хв. У юних спортсменів значення PWC_{170} вищі на 35–40% порівняно з нетренованими ровесниками. Після 30-річного віку ФП поступово зменшується (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Оцінка фізичної працездатності людини
за показниками PWC_{170} (кГм/кг·хв)
(*за Б.Н.Ткаченко, 1994*)

Вік	Фізична працездатність (жінки–чоловіки)				
	дуже низька	низька	задовільна	добра	висока
20–29	10–14	12–16	15–19	17–20	18–21
30–39	10–13	12–15	15–17	16–19	17–20
40–49	9–12	11–13	14–16	16–18	17–18
50–59	8–10	10–12	13–15	14–16	15–16

Для оцінювання рівня фізичної працездатності здорових молодих людей можна використати Гарвардський степ-тест (розроблений Brouha L., et al. (1943) у Harvard Fatigue Laboratories). Він базується на оцінюванні швидкості відновлення ЧСС після виконання стандартного навантаження. Навантаження полягає у сходженні на сходинку з темпом 30 сходжень за 1 хв. Висота сходинки та тривалість тесту залежить від віку та статі досліджуваних (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Висота сходинки та тривалість Гарвардського степ-тесту для осіб різного віку та статі (*за Brouha L., et al., 1943*)

Групи досліджуваних	Висота сходинки (см)	Тривалість тесту (хв)
чоловіки (старші 18 р.)	50	5
жінки (старші 18 р.)	50	5
юнаки та підлітки (12–18 р.)	45	4
дівчата (12–18 р.)	40	4
хлопчики й дівчатка (8–11 р.)	35	3
хлопчики й дівчатка (до 8 р.)	35	2

Після завершення сходжень тричі визначають ЧСС досліджуваного під час відновлення (через 1, 2 та 3 хв після навантаження). За значеннями ЧСС розраховують індекс Гарвардського степ-тесту (ІГСТ), який слугує показником загальної фізичної працездатності (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Оцінка фізичної працездатності за даними Гарвардського степ-тесту (*за И.В.Ауликом, 1990*)

ІГСТ	Рівень ЗФП
< 55	низький
55–64	нижчий за середній
65–79	середній
80–89	добрий
> 90	відмінний

У спортсменів значення ІГСТ вищі, ніж у нетренованих осіб, за даними окремих авторів, можуть перевищувати 100 одиниць. Особливо великі показники ІГСТ спостерігаються у представників циклічних видів спорту, у яких найбільша увага приділяється розвиткові витривалості.

Проба Руф'є полягає у виконанні 30 присідань за 45 с із підрахунком пульсу упродовж трьох 15-секундних інтервалів: до навантаження (P_0) та під час першої хвилини відновлення – за перші 15 с (P_1) і останні 15 с (P_2). Підрахунок пульсу проводять у положенні стоячи. На основі отриманих значень обчислюють індекс Руф'є:

$$\text{Індекс Руф'є} = \frac{4 \cdot (P_0 + P_1 + P_2) - 200}{10}.$$

Нижчі значення індексу вказують на вищий рівень фізичної працездатності досліджуваних. Зокрема, значення індексу до 5 од. вказують на відмінну фізичну працездатність, 5–10 од. – на добру, 10–15 од. – задовільну ФП, а понад 15 од. – на незадовільний рівень фізичної працездатності.

Для визначення фізичної працездатності спортсменів часто застосовуються максимальні тести, які виконуються "до відмови". Зокрема, до прямих методів визначення ФП спортсменів належить *тест П.Новацкі* (1978), який полягає в реєстрації часу виконання навантаження потужність якого зростає. Для тестування використовують велоергометр. Потужність першої сходинки навантаження на велоергометрі – 1 Вт/кг. Через кожні 2 хв потужність навантаження збільшується на 1 Вт/кг. Навантаження виконують до відмови, отримані результати оцінюють згідно з таблицею (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Оцінка показників тесту П.Новацкі (*за И.В.Ауликом, 1990*)

Потужність роботи (Вт)	Тривалість роботи (хв)	Оцінка результатів тесту
2	1	Низька ФП нетренованих
3	1	Задовільна ФП нетренованих
3	2	Висока ФП нетренованих
4	1	Задовільна ФП спортсменів
4	2	Середня ФП спортсменів
5	1–2	Висока ФП спортсменів
6	1	Дуже висока ФП спортсменів

До групи максимальних належить також тест на утримання "критичної потужності" (И.В.Аулик, 1990). На думку авторів тесту, він дозволяє охарактеризувати ємність систем аеробного енергозабезпечення. Першим етапом тестування є визначення індивідуальної "критичної потужності". Через 1–2 дні визначають час утримання цієї потужності, перед цим виконують розминку. Результат оцінюють за часом виконання тесту. Зазвичай, у спортсменів-початківців він становить 3 хв, а у спортсменів міжнародного класу – 13 хв.

Для стандартизації цього тесту І.А.Гудков запропонував тест з визначення "часу утримання" потужності на рівні PWC_{170}. У цьому разі визначається індивідуальна величина PWC_{170}, а через 5–10 хв після цього визначається час утримання досліджуваним цього навантаження. У нетренованих чоловіків час утримання становить близько 10 хв, у спортсменів – 22 хв.

6.2. Анаеробні можливості організму

Відомо, що до систем анаеробного енергозабезпечення належать *креатинфосфокіназний*, *гліколітичний* (лактатний) та *міокіназний* механізми. Останній активується лише за надзвичайно низьких рівнів АТФ у клітині, тому розглядається як "аварійний". Кожна із цих систем енергозабезпечення (як і аеробна система енергозабезпечення) характеризується параметрами *максимальної потужності*, *швидкості активації*, *часу утримання максимальної потужності та максимальної ємності* (табл. 6.8).

Зокрема, креатинфосфокіназний механізм характеризується більшою максимальною потужністю, швидкістю активації та ефективністю, ніж гліколітичний, проте його максимальна ємність набагато (на 40%) нижча. Цим зумовлений нижчий час утримання максимальної потужності креатинфосфокіназного механізму (6–12 с) порівняно з гліколітичним (30–60 с).

Таблиця 6.8

Характеристика окремих шляхів енергозабезпечення м'язової діяльності (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Механізм	Максимальна потужність (Дж/кг·хв)	Швидкість активації (с)	Час утримання максимальної потужності (с)	Макс. ємність, (кДж/кг)
Креатинфосфокіназнии	3770	0,5–0,7	6–12	630
Гліколітичний	2500	20–30	30–60	1050
Аеробний	1250	120–180	600	∞

Тому внесок різних механізмів у забезпечення м'язової роботи різної тривалості значно відрізняється (рис. 6.2).

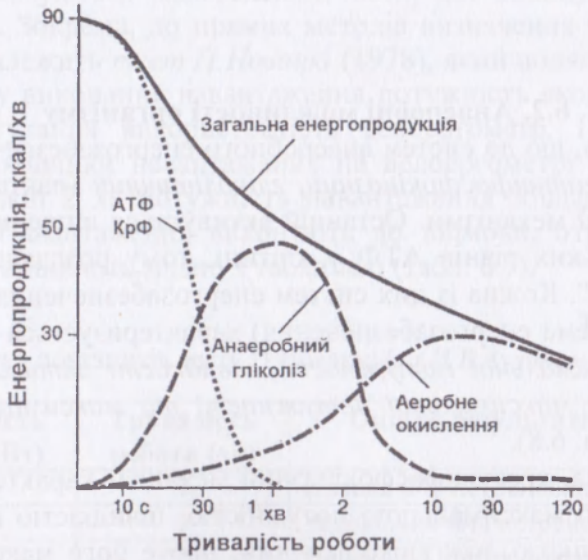


Рис. 6.2. Внесок різних джерел енергозабезпечення у виконання фізичної роботи різної тривалості та потужності (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Отже, креатинфосфокіназний механізм здійснює значний внесок у енергозабезпечення роботи тривалістю до 30 с, а гліколітичний – до 60 с (рис. 6.2). Після цього суттєву роль під час м'язової роботи починає відігравати аеробний механізм енергозабезпечення, час максимальної активації якого становить 120–180 с, потужність втричі менша за креатинфосфатний, проте час утримання максимальної потужності та ємність дуже великі. Детальніше характеристики аеробного механізму будуть розглянуті в наступному розділі (розділ 6.3).

Під час тестування спортсменів одним із підходів до з'ясування потужності систем анаеробного забезпечення є визначення максимальної потужності роботи упродовж інтервалів часу від 2–3 до 90 секунд, тобто в період, коли ресинтез АТФ відбувається здебільшого анаеробними механізмами ("Физиолгическое тестирование ", 1998, Волков Н.І. із співавт., 2000 р). Відомі тести, що дозволяють охарактеризувати різні компоненти анаеробного енергозабезпечення спортсменів.

Анаеробну працездатність при короткотривалій роботі (тривалістю до 10 с) можна розглядати як показник максимальної алактатної потужності. Фізична робота при визначенні проміжної анаеробної працездатності (до 30 с) є анаеробною й забезпечується лактатною системою (70%), алактатним компонентом (15%) та певною мірою аеробними системами (15%). Анаеробна працездатність спортсменів під час роботи тривалістю до 90 с в основному визначається лактатною системою енергозабезпечення. Тести у цьому часовому інтервалі є показником загальної анаеробної ємності. Серед основних тестів, які дозволяють охарактеризувати стан систем анаеробного енергозабезпечення, можна назвати такі:

- тест Р.Маргарія;
- Квебекський 10-секундний тест;
- 30-секундний тест Уінгейта;
- Квебекський 90-секундний тест.

Тест Маргарія та *Квебекський 10-секундний тест* характеризують максимальну потужність алактатних джерел енер-

гозабезпечення (АТФ та КФ) та максимальну потужність, якої досягає спортсмен при виконанні фізичної роботи. Тест Р.Маргарія (R.Margaria et al., 1966) полягає в максимально швидкому подоланні сходів з розбігу. У модифікації Маргарія-Каламена (Kalamen J., 1968) використовується марш із 12 сходинок (висота кожної – близько 17 см) з визначеною точкою розбігу за 6 м до сходів. Досліджуваний намагається максимально швидко подолати сходи, реєструється часовий інтервал подолання відрізку між 3-ю та 9-ю сходинками. За отриманими даними розраховують максимальну потужність роботи (*максимальну анаеробну потужність*). Ця величина поступово зростає з віком, досягає максимальних значень у 19–25 р., після чого починає зменшуватися (табл. 6.9) .

Таблиця 6.9

Оцінка максимальної анаеробної потужності за даними тесту Маргарія (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Оцінка результату	**Потужність (кВт)**			
	чоловіки		жінки	
	15–20 р.	20–30 р.	15–20 р.	20–30 р.
Низький	< 1,11	< 1,04	<0,90	<0.83
Нижчий за середній	1,11-1,46	1,04–1,36	0,90–1,18	0.83–1,09
Середній	1,46–1.83	1,36–1,72	1,18–1,48	1,09–1,37
Вищий за середній	1,83–2,19	1,72–2,06	1,48–1,78	1,37–1,65
Високий	> 2,19	> 2,06	> 1,78	>1,65

Існують також інші підходи до оцінювання максимальної анаеробної потужності. Зокрема, Боско (Bosco C., et al., 1990) запропонував оцінювати максимальну анаеробну потужність за допомогою тензоплатформи шляхом вимірювання висоти максимальних стрибків, що виконувались упродовж 15 с. Зареєстрована максимальна потужність досягала 27 Вт/кг.

Інші тести (*10-, 30-, 90-секундні*) виконуються з використанням велоергометра. Під час виконання цих тестів після ко-

роткого періоду розгону (2–3 с) спортсмен намагається підтримувати максимальну частоту обертів упродовж передбаченого тестом проміжку часу. Значення максимальної потужності, отримані під час таких тестів, менші, ніж у тесті Маргарія (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

Анаеробна працездатність спортсменів (чоловіки) різних спеціалізацій (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Спеціалізація	**Максимальна потужність (Вт/кг)**	
	Тест Маргарія	30 с тест Уінгейта
Нетреновані чоловіки	16,7	9,3
Спринтери	17,7	11,6
Марафонці	14,7	11,4

Тест Уінгейта дозволяє охарактеризувати максимальну лактатну потужність та ємність креатинфосфокіназної системи, *Квебекський 90-секундний тест* відображає загальну анаеробну потужність та ємність (табл. 6.11). Усі ці тести є досить складними для виконання й рекомендуються лише для кваліфікованих спортсменів. До педагогічних методик оцінювання анаеробних можливостей належать також бігові тести на короткі дистанції (30–400 м), RAST-тест (п'ятиразове подолання дистанції 35 м) та інші.

Таблиця 6.11

Анаеробна працездатність спортсменів (чоловіки) різних спеціалізацій (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Спеціалізація	**Обсяг виконаної роботи (Дж/кг)**		
	Квебекський 10 с	30 с Уінгейта,	Квебекський 90 с
Нетреновані	100	223	387
Спринтери	123	282	494
Марафонці	98	279	487

Оцінювання *ємності* анаеробних систем проводиться на основі величини *алактатного та лактатного кисневого боргу*, а також *вмісту креатинфосфату* в м'язах (алактатна система) чи максимального *накопичення молочної кислоти* (до 200 мг%) і *максимальних зсувів pH* (до 7,0) крові. Показником анаеробної ємності також може бути обсяг механічної роботи, виконаної під час тестів тривалістю до 90 с.

За даними Я.М. Коца (1986), максимальні величини алактатної фракції кисневого боргу становлять у спортсменів 3–5 л (реєструють упродовж перших 2 хв відновлення, див. рис. 6.4), а у нетренованих – 1,5–2,5 л. За значного накопичення молочної кислоти в умовах напруженої м'язової діяльності лактатна фракція кисневого боргу може зростати до 8–13 л. (120–230 мл/кг). Ліквідація лактатної фракції відбувається у 40–50 разів повільніше, ніж алактатної. Тому після виконання вправ максимальної потужності за перші 5 хв ліквідація кисневого боргу проходить у 5 разів швидше, ніж за наступні 15 хв відновлення (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Швидка та повільна фракції (компоненти) кисневого боргу (*за Н.И. Волковым и соавт., 2000*)

Стан систем анаеробного енергозабезпечення залежить від багатьох факторів, зокрема від віку, статі, тренованості. Ємність *анаеробних систем енергозабезпечення* в жінок менша, ніж у чоловіків, що обумовлено меншою загальною масою

м'язової тканини. За даними Я.М.Коца, концентрація АТФ (4 ммоль/кг) та КФ (16 ммоль/кг) у м'язах чоловіків і жінок майже однакова. Проте, у зв'язку із меншою кількістю м'язової тканини, максимальна ємність алактатної системи нетренованих жінок становить 60 кал/кг, що значно менше, ніж у чоловіків – 100 кал/кг. Потужність цієї системи в жінок на 20% менша. Ємність анаеробної лактатної системи в жінок також менша, що підтверджується меншою концентрацією в крові молочної кислоти. У нетренованих дорослих чоловіків величина максимального кисневого боргу досягає 70–110 мл/кг, у жінок вона на 30–40% нижча. У добре тренованих спортсменів максимальний кисневий борг може досягати 250–300 мл/кг.

Організм дітей і підлітків характеризується меншою потужністю та ємністю систем анаеробного енергозабезпечення. Кисневий борг у 9–10 р. становить 0,8–1,2 л, у 12–14 р – 2,0–2,5 л, у нетренованих дорослих – 6,0 л. Максимальних значень величина кисневого боргу, а отже і ємність систем анаеробного енергозабезпечення, сягає у 20–30 р. Концентрація молочної кислоти у крові дітей теж суттєво нижча. У 7–8 р. може досягати лише 80 мг% (8,9 моль/л), у 14–15 р. – 100 мг% (11,1 моль/л). У дорослих цей показник досягає 200 мг% (20–22 ммоль/л).

За даними низки досліджень, найбільшу алактатну анаеробну потужність демонструють бігуни на короткі дистанції, а гліколітичну анаеробну – велогонщики-трековики. Найбільша алактатна анаеробна ємність характерна для спринтерів, а лактатна – для бігунів на середні дистанції (*Н.И. Волков и др., 2000*).

Відомо, що показники систем анаеробного енергозабезпечення мають значення для досягнення спортивного результату не лише на спринтерських та середніх, а й на довгих дистанціях. У спортсменів-стаєрів фактором, який визначає спортивний успіх, є нагромадження лактату в крові, що може бути розцінене як можливість продовження напруженої роботи в умовах надлишкового вмісту кислих продуктів у крові та зни-

ження її лужних резервів. Для характеристики цього процесу використовують поняття порогу анаеробного обміну (ПАНО), тобто моменту початку інтенсивного накопичення продуктів анаеробного обміну (молочної кислоти) у крові (рис. 6.4).

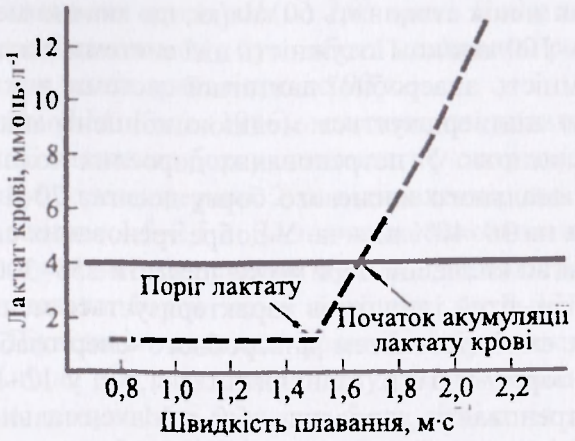


Рис. 6.4. Вплив швидкості плавання на накопичення лактату в крові (*за Дж.Х.Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Хоча в цілісному організмі спортсмена всі системи енергозабезпечення функціонують одночасно, збільшення ролі анаеробних джерел енергозабезпечення спостерігається під час зростання потужності фізичної роботи, зокрема під час старту, прискорень на дистанціях, фінішного прискорення. Якщо інтенсивність роботи на дистанції нижча за ПАНО, а час роботи значний, можливе часткове чи повне відновлення анаеробних систем енергозабезпечення. Проте постійна робота при потужності, що перевищує ПАНО, призводить до накопичення молочної кислоти, зростання кисневого боргу та швидкого розвитку втоми.

Визначити фіксовану точку, яка різко відмежовує аеробний режим енергозабезпечення від анаеробного дуже складно. Правильніше виділяти зону аеробно-анаеробного переходу – аеробний поріг ($ПАНО_1$) та анаеробний поріг ($ПАНО_2$). Вважають, що $ПАНО_1$ можна зареєструвати в момент досяг-

нення порогової концентрації у крові молочної кислоти (понад 2 ммоль/л), нелінійного збільшення ХОД, дихального коефіцієнта, інтенсивності утворення CO_2. Натомість $ПАНО_2$ реєструють за значного збільшення концентрації лактату (перевищення 4 ммоль/л) на кривій залежності між потужністю роботи та концентрацією лактату, на початку нелінійного зростання легеневої вентиляції, на рівні дихального коефіцієнта 0,85. У практиці сучасного спорту найточнішим методом визначення ПАНО є вимірювання концентрації лактату в капілярній крові під час виконання спортсменом навантажень, потужність яких поетапно зростає. Серед неінвазивних методів певного поширення набув тест Конконі (F. Conconi et al., 1982), згідно з яким анаеробний поріг визначають за точкою відхилення (дефлексії) на кривій залежності між потужністю роботи та ЧСС. Застосовують також метод вимірювання вентиляційного порогу. Проте ці непрямі методи далеко не завжди дають адекватні результати.

Спортсмени із високими значеннями межі анаеробного переходу здатні підтримувати на дистанції вищу швидкість пересування без значного накопичення в організмі продуктів анаеробного обміну. Збільшення ПАНО у багатьох видах спорту є показником підвищення рівня фізичної підготовленості. Установлено, що в нетренованих осіб $ПАНО_2$ знаходиться на рівні 50–55% МСК, у бігунів на середні дистанції – 59–79%, на довгі дистанції – 71–86%, у лижників, біатлоністів, веслувальників, плавців-стаєрів – 78–86% МСК. Була виявлена тісна кореляція між $ПАНО_2$ та результатами бігу на середні дистанції, 5 та 10 км, а також середньою швидкістю на марафонській дистанції.

Отже, на сьогодні показано високу значущість показників систем анаеробного енергозабезпечення для досягнення високих результатів не лише на спринтерських дистанціях, а також і на середніх та довгих дистанціях.

6.3. Аеробні можливості організму

Хоча максимальна потужність системи аеробного енергозабезпечення нижча, ніж анаеробних систем, проте ця система енергозабезпечення характеризується високою ефективністю й майже необмеженою ємністю, яка визначається запасом субстратів окислення (здебільшого вуглеводів та жирів) в організмі. Максимальну *аеробну потужність* організму характеризує максимальне споживання (поглинання) кисню – МСК (МПК). *МСК – це максимальна кількість кисню, яку може поглинути (спожити) організм за одиницю часу під час виконання фізичної роботи глобального характеру.* Досягнення МСК передбачає завершення впрацьовування систем транспорту кисню, що вимагає 3–4 хвилини. Тому МСК досягається за умови виконання навантажень у зоні субмаксимальної потужності. Чим вище значення МСК, тим вищої швидкості може досягнути спортсмен на дистанції, а також виконати більший обсяг роботи аеробного характеру. Водночас важливою для спортсмена є здатність максимально довго підтримувати потужність роботи на рівні, близькому до МСК. Оскільки фізична робота на рівні МСК вимагає значного напруження (ЧСС досягає 190–200 уд./хв), то тривале підтримання такої роботи надзвичайно виснажливе. Індивідуальні значення МСК організму значною мірою обумовлюються спадковими факторами, проте після тривалих тренувань цей показник може збільшитись на 20–30%. Загалом рівень МСК організму визначається двома групами факторів:

- можливостями системи транспорту кисню (система зовнішнього дихання та крові, серцево-судинна система);
- можливостями системи поглинання кисню (скелетні м`язи).

Схему, яка описує взаємодію факторів, які визначають МСК, наведено нижче (рис. 6.5).

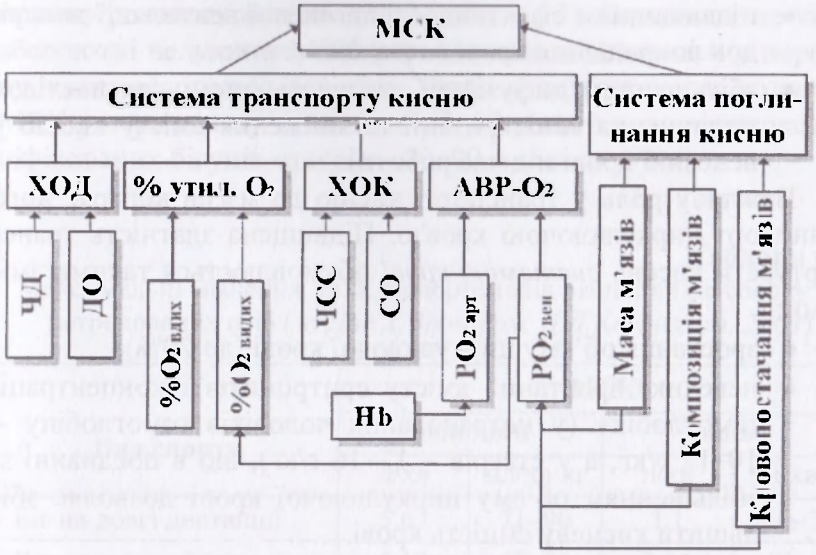


Рис. 6.5. Схема взаємодії факторів, які визначають МСК організму: %утил. O_2 – відсоток утилізації кисню, АВР-O_2 – артеріовенозна різниця за киснем, $pO_{2арт}$ – напруження кисню в артеріальній крові, $pO_{2вен}$ – напруження кисню у венозній крові

Отже, однією з передумов досягнення високого рівня МСК виступає висока продуктивність системи зовнішнього дихання спортсменів. Високі можливості системи зовнішнього дихання спортсменів забезпечуються такими адаптаційними змінами:

- підвищеною еластичністю тканини легень і грудної клітки, збільшенням її екскурсії;
- зниженим опором дихальних шляхів;
- більшими (на 10–20%) легеневими об'ємами та ємностями, зокрема ЖЄЛ (до 6 л), наслідком чого є можливість підтримувати більший дихальний об'єм при нижчій частоті дихання;
- значною витривалістю (спортсмени здатні підтримувати ХОД на рівні 80% від максимуму 11 хв, а нетреновані – лише 3 хв) та силою дихальних м'язів;

- підвищенням ефективності легеневої вентиляції внаслідок покращення кровопостачання легень;
- збільшенням дифузійної здатності легень (як наслідок поліпшення капіляризації та зниження вмісту кисню у венозній крові під час роботи).

Важливу роль у транспорті кисню до м'язів відіграє його транспорт циркулюючою кров'ю. Підвищена здатність транспортувати кисень *системою крові* обумовлюється такими змінами:

- зростання об'єму циркулюючої крові (до 20%);
- невелике зростання вмісту еритроцитів і концентрації гемоглобіну (у нетренованих чоловіків гемоглобіну – 10–12 г/кг, а у стаєрів – 13–16 г/кг), що в поєднанні зі збільшенням об'єму циркулюючої крові дозволяє збільшити кисневу ємність крові.

Хоча високі значення МСК передбачають зміни в багатьох системах організму, проте обмежувальною ланкою його зростання у спортсменів залишаються можливості серцево-судинної системи. Розширення резервів *серцево-судинної* системи відбувається за умови формування таких адаптаційних змін:

- висока продуктивність серця, обумовлена здатністю значно підвищувати СО (до 200 мл) внаслідок збільшення кінцевого діастолічного об'єму та підвищення скоротливої здатності міокарда;
- висока ефективність роботи серця, обумовлена здатністю досягти максимального ХОК за нижчих значень ЧСС;
- підвищення системної артеріовенозної різниці за киснем (АВР-O_2) порівняно з нетренованими (зміни АВР-O_2 обумовлюються зменшенням вмісту кисню у венозній крові, тобто його ефективнішій утилізації м'язами);
- збільшення капіляризації скелетних м'язів.

Результатом адаптаційних змін у багатьох системах організму є вищі значення МСК спортсменів, які тренуються в на-

прямку розвитку витривалості (табл. 6.12). Вищими є не лише абсолютні величини МСК (л/хв), а також відносні – у перерахунку на кілограм маси тіла. Якщо в нетренованих чоловіків МСК у середньому становить 45–50 мл/кг·хв, то у висококваліфікованих бігунів-стаєрів – 70–90 мл/кг·хв.

Таблиця 6.12

Максимальні значення МСК у спортсменів різних видів спорту та нетренованих осіб (*за Дж.Х.Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Вид спорту	МСК			
	чоловіки		жінки	
	л/хв	мл/хв·кг	л/хв	мл/хв·кг
Біг на довгі дистанції	5,67	71–90	3,1	50–75
Велосипедний (шосе)	5,13	62–74	3,13	47–57
Ковзанярський	5,01	66–78	3,1	44–55
Веслування академічне	5,84	60–72	4,1	58–65
Плавання	4,52	50–70	2,54	40–60
Гірськолижний	4,62	57–68	3,1	50–55
Боротьба	4,49	52–65	2,54	50
Хокей із шайбою	4,63	50–63	—	—
Футбол	4,41	42–60	—	—
Баскетбол	4,44	40–60	2,92	43–60
Гімнастика	3,84	52–58	2,92	36–50
Важка атлетика	3,84	38–52	—	—
Нетреновані	3,14	43–52	2,18	33–42

Потужність систем аеробного енергозабезпечення в чоловіків і жінок неоднакова. МСК молодих чоловіків на 20–30% вище, ніж у жінок (див. табл. 6.12). Якщо в нетренованих чоловіків МСК у середньому становить 3–3,5 л/хв (45–

50 мл/кг·хв), то в жінок – 2–2,5 л/хв (35–40 мл/кг·хв). Ця різниця зменшується до 15–20% у разі відносного МСК та майже зникає при врахуванні маси активної м'язової тканини. Нижче МСК у жінок обумовлюється меншими можливостями систем транспорту кисню.

Також у жінок меншим є об'єм циркулюючої крові (30%), концентрація гемоглобіну (на 10–15%), АВР-O_2 (до 30%), ХОК. Водночас у жінок менша ЖЄЛ (у середньому на 1 л) та максимальний ХОД (на 30%). Менші можливості системи зовнішнього дихання жінок також обумовлені меншою дифузійною здатністю легень та менш вигідним співвідношенням частоти і глибини дихання під час роботи.

Ємність і потужність систем аеробного енергозабезпечення в дошкільному і шкільному віці поступово зростають (табл. 6.13). Це зумовлено збільшенням функціональних можливостей серцево-судинної і дихальної системи. Наприклад, *систолічний об`єм* та серцевий викид (ударний об`єм) із віком збільшуються. Зокрема, систолічний об`єм у віці 7 р. становить 23 мл., у 13–16 р. – вже 50–60 мл. Серцевий викид у стані спокою у 6–9 р. дорівнює 2,6 л/хв, а у 13–16 р. – досягає 3,8 л/хв.

При *м'язовій роботі* СО та ХОК у дітей та підлітків збільшуються меншою мірою, ніж у дорослих. Діти характеризуються також меншими можливостями посилення зовнішнього дихання при м'язовій роботі. Також збільшення ХОД у дітей відбувається при нижчій ефективності дихання та меншій АВР-O_2.

Усе це обумовлює нижчі значення МСК дітей та підлітків. Середні значення МСК у 8–9 р. становлять 1,5 л/хв, дещо збільшуються до 11 р. – 1,7 л/хв. У підлітковому віці (14–15 р.) МСК суттєво збільшується – до 2,7 л/хв. Відносні значення МСК у цей період знаходяться на рівні нетренованого організму (43–60 мл/кг·хв). Отже, можливості систем аеробного енергозабезпечення в дітей та підлітків нижчі, ніж організму дорослої особи.

Таблиця 6.13

Показники МСК у дітей різного віку
(*за Карпман В.Л. и соавт., 1988*)

Вік, роки	Стать	Показники МСК (мл/кг·хв)			
		середні	вище за середні	високі	дуже високі
10	Хлопчики	46,3±5,2	49,8–54,1	54,1–58, 4	58,4
11		44,8±6,9	49,4–55,1	55,1–60,9	60,9
12		44,9±5,3	48,5–52,8	52,8–57,2	57,2
13		46,9±44	49,9–53,5	53,5–57,1	57,1
14		42,1±7,1	46,9–52,7	52,7–58,6	58,6
15		42,8±6,1	46,9–51,9	51,9–57,0	57,0
16		42,0±5,4	45,6–50,1	50,1–54,6	54,6
17		42,7±6,5	45,1–52,4	52,4–57,8	57,8
10	Дівчата	48,0±4,6	51,1–54,9	54,9–58,7	58,7
11		51,1±5,6	54,8–59,5	59,5–64,1	64,1
12		51,2±4,8	54,4–58,4	58,4–62,3	62,3
13		52,8±5,1	56,3–60,5	60,5–64,8	64,8
14		53,3±6,2	57,7–62,7	62,7–67,9	67,9
15		54,3±5,4	57,9–62,4	62,4–66,9	66,9
16		55,2±6,3	59,5–64,7	64,7–70,0	70,0
17		54,4±5,2	57,9–62,2	62,2–66,5	66,5

МСК *визначають прямими та непрямими* методами. Під час прямого визначення МСК спортсмен виконує декілька навантажень, потужність яких поетапно зростає. На кожному етапі з допомогою газоаналізатора визначають поглинання кисню організмом. Окрім газоаналізатора, необхідний також пристрій для дозування фізичного навантаження (велоергометр або третбан). Ознаками МСК можна вважати відсутність зростання поглинання кисню при збільшенні потужності навантаження. Прямі методи вимагають виконання спортсменами важкої фізичної роботи, на момент досягнення МСК величина ЧСС перебуває в діапазоні 190–200 уд./хв, артеріальний тиск – у межах 190–200 мм рт. ст., дихальний коефіцієнт – на рівні 1,1–1,2 од., концентрація лактату в крові досягає 8–10 ммоль/л.

Як і у всіх максимальних тестах, результати прямого визначення МСК визначаються готовністю спортсмена працювати до відмови. Тому найчастіше для визначення МСК застосовують непрямі методи із використанням тестових навантажень.

Непрямі методи базуються на лінійній залежності МСК та ЧСС при роботі певної потужності. Використовують методи, що ґрунтуються на однократному фізичному навантаженні (формула Добельна, номограма Астранда) чи двох навантажень (наприклад, за формулою Карпмана на основі PWC_{170}). Ці методи, на відміну від прямого визначення МСК, доступні для масових обстежень, не вимагають максимальних фізичних навантажень, хоча точність визначення МСК менша.

6.4. Питання для самоконтролю

1. Фізична працездатність та методи її визначення. Особливості у спортсменів різних спеціалізацій.
2. Аеробні та анаеробні можливості організму. Основні показники та методи оцінювання.
3. Основні підходи до визначення максимальної потужності та ємності анаеробних систем енергозабезпечення м'язової роботи.
4. Максимальне споживання кисню (МСК). Фактори, які визначають та лімітують МСК. Методи визначення.
5. Фізіологічне значення та основні підходи до визначення порогу анаеробного обміну.
6. Фізична працездатність при ЧСС 170 уд./хв.

7. ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМІ ФОРМУВАННЯ РУХОВИХ НАВИЧОК

7.1. Компоненти рухових навичок

Увесь фонд рухів людини складається з *вроджених* (на основі безумовних рефлексів) та *набутих* упродовж життя (на основі умовних рефлексів). У дорослої людини вроджені рухові акти відіграють другорядну роль, зберігаючись у формі найпростіших сухожилкових, захисних, вестибулярних та інших рефлексів. Усі складні рухові акти людини формуються у процесі життя в результаті навчання та базуються на утворенні складних умовних рефлексів. Фізіологічним механізмом формування нових, індивідуально набутих видів рухової діяльності, зокрема спортивної техніки, є *тимчасові зв'язки*, утворені за принципом умовних рефлексів. Отже, *рухові навички – це індивідуально набуті рухові акти, що формуються на основі механізму тимчасових зв'язків.*

Варто зазначити, що здатність до утворення нових рухових навичок, тобто здатність до тренування, значною мірою обумовлюється спадковими факторами. Тому здатність до тренування є неоднаковою у різних людей і навіть у однієї людини щодо різних видів діяльності. У зв`язку з цим, уміння швидко та якісно опановувати нові рухові дії повинно бути одним із факторів спортивного відбору. Необхідно також пам'ятати, що швидкість утворення нових рухових навичок змінюється з віком. Тому для ефективного опанування складної техніки рухів треба врахувати відповідні сенситивні вікові періоди. У багатьох видах спорту засвоєння складної техніки виконання вправ розпочинається в дитячому віці, коли швидкість утворення нових рухових навичок висока.

Відомо, що нові умовні рефлекси формуються в результаті набуття раніше індиферентним сигналом здатності викликати рефлекторну відповідь (*сенсорні* умовні рефлекси) чи виникненню нових рухових реакцій (*оперантні, інструментальні* умовні рефлекси). Нові рухи виникають внаслідок формування нових тимчасових зв'язків, що забезпечують нову форму рухів

чи нову комбінацію із уже відомих елементів. Особливістю рухових навичок є те, що у їхньому утворенні беруть участь обидві форми утворення нових рефлексів, одночасно формуються *сенсорні* й *рухові* компоненти. При утворенні рухових навичок у людини велике значення мають тимчасові зв'язки вищих порядків, що утворюються при взаємодії через другу сигнальну систему, тобто за допомогою словесних інструкцій, а не лише шляхом демонстрації нових рухів.

Під час формування рухових навичок спостерігається утворення не лише нових рухів чи їхніх комбінацій, але й утворення тимчасових зв'язків, які забезпечують ефективне функціонування вегетативних органів для підтримання активності рухового апарату. Отже, формуються також *вегетативні компоненти* рухової навички. До того ж утворення рухових і вегетативних компонентів відбувається *неодночасно*. У навичках із простими рухами (біг) швидше формуються рухові компоненти, а у навичках із складними рухами (гімнастика, боротьба, ігри) – вегетативні, які можуть виявитись інертнішими, ніж рухові.

Засвоєння нової техніки рухів завжди відбувається на основі раніше сформованих в організмі рухових актів. Тому процес вивчення нових складних рухів доцільно розпочинати з підготовчих вправ з елементами техніки руху і лише потім поєднувати їх у єдиний цілісний комплекс рухів. Належить пам'ятати про необхідність формування правильних рухів із самого початку вивчення техніки. Це зумовлено стійкістю уже вироблених навичок у часі та складністю корекції уже засвоєних неправильних рухових актів.

7.2. Рухова навичка з позиції теорії П.К.Анохіна

Утворення, виконання та удосконалення рухових навичок доцільно розглянути з точки зору утворення спеціальної *функціональної системи* у ЦНС (Анохін П.К., 1975). Згідно з теорією П.К.Анохіна, для досягнення необхідного результату в нервовій системі формується група взаємопов'язаних нейронів

– *функціональна система*. Комплекс нейронів, які входять до складу функціональної системи, формує *домінанту*, гальмуючи інші види активності організму. Діяльність функціональної системи (рис. 7.1) можна поділити на кілька етапів.



Рис. 7.1. Схема функціональної системи за П.К.Анохіним

До основних етапів діяльності функціональної системи належать такі:

- *аферентний синтез* – аналіз всіх сигналів, які надходять із зовнішнього (обстановочна і пускова інформація) та внутрішнього (мотивація, пам'ять) середовища організму;
- *прийняття рішення* про виконання дії;

- *створення уявлення про очікуваний результат* і формування конкретної *програми дії* для досягнення цього результату;
- *реалізація програми дії*, аналіз отриманого результату та *корекція* (уточнення) програми.

Згідно з теорією П.К.Анохіна, аферентний синтез відбувається на основі таких основних факторів:

- мотивації (потреби організму на цей момент);
- пам'яті (нагромадженого досвіду);
- обстановочної інформації (стан спортивних споруд та обладнання, ситуація на ігровому майданчику тощо);
- пускової інформації (постріл, свисток тощо).

Ускладнювати аферентний синтез може необхідність враховувати не лише навколишню обстановку, а й розташування суперника, місцезнаходження партнерів, оцінювати можливості кожного із них та виконувати ці дії в надзвичайно короткий час. Важливе значення має також інтеграція не лише пам'яті та пускової інформації, а й інформації про функціональний стан центральних і периферичних частин виконавчого апарату.

Оскільки функціональний стан м'язів та центральних частин виконавчого апарату весь час змінюється, максимальні результати можуть бути отримані лише за умови наявності *зворотних зв'язків.* Розрізняють *внутрішні зворотні зв'язки* (сигналізують про характер роботи м'язів, серця, інших органів) та *зовнішні зворотні зв'язки* (точність власних рухів, напрям руху м'яча, вказівки тренера тощо). Залежно від характеру рухів, роль зворотних зв'язків дещо різна. При *повільних* рухах зворотні зв'язки забезпечують корекцію руху чи окремої його фази. Під час *складних багатофазних швидких рухів* може відбуватися корекція лише останніх фаз руху. При *дуже короткотривалих рухах* можлива корекція лише під час наступної спроби.

7.3. Фази формування рухових навичок, стійкість рухових навичок

Утворення нової рухової навички відбувається кількома етапами, які можна назвати стадіями, або фазами.

Під час *першої стадії* (фази) відбувається *іррадіація* нервових процесів та *генералізація* реакцій. На цій стадії до виконання рухів долучаються зайві м'язи, їхня робота некоординована, що супроводжується поганою узгодженістю рухів, їх незграбністю та неекономністю. У цей час біопотенціали реєструються не лише в м'язах, необхідних для виконання руху, але й у багатьох "зайвих" м'язах (рис. 7.2). До того ж активність спостерігається як під час виконання рухів, так і в інтервалах між ними. Активація вегетативних функцій, зазвичай, є надмірною.

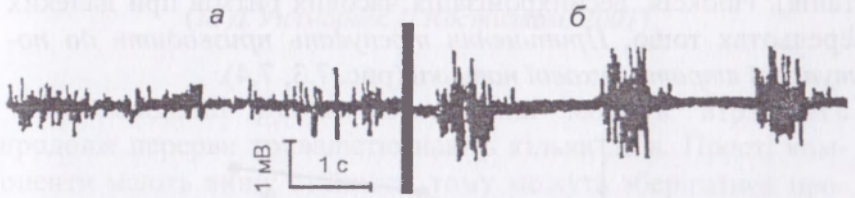


Рис. 7.2. Характеристика біопотенціалів м'язів під час виконання рухів на стадії генералізації (а) та концентрації (б) (*за А.С.Солодковым, Е.Б.Сологубом, 2001*)

На другій стадії розпочинається об'єднання окремих частин дії у цілісний акт. Під час *другої стадії* відбувається *концентрація* нервових процесів, поліпшення координації, вилучення з діяльності зайвих м'язів, зняття зайвої напруги в м'язах, рухи стають чіткими та точними. Біопотенціали реєструються здебільшого в м'язах, необхідних для рухів, залпи електричної активності стають короткими й вираженими. Активація вегетативних функцій відповідає вимогам енергетичного забезпечення рухової активності, дихання та інші функції узгоджуються з рухами спортсмена.

На *третій стадії* відбувається *стабілізація, автоматизація* компонентів рухової навички. Треба зазначити, що тривалість і наявність фаз залежить від декількох факторів, зокрема від складності та потужності вправ, тренованості спортсмена, стану рухового апарату тощо. Наприклад, засвоєння нових рухів по-різному відбувається в початківців та висококваліфікованих спортсменів.

Рухові навички, як і умовні рефлекси, недостатньо стабільні на початку утворення, проте на наступних стадіях розвитку їхня стійкість поступово зростає. Простіші рухові навички характеризуються вищою стійкістю. Навички із складною координацією рухів менш стійкі. До того ж, на стійкість навички впливає функціональний стан нервової системи (втома, сторонні подразники, розвиток несприятливих передстартових станів), гіпоксія, десинхронізація часових ритмів при далеких перельотах тощо. *Припинення тренувань призводить до поступової втрати рухової навички* (рис. 7.3, 7.4).

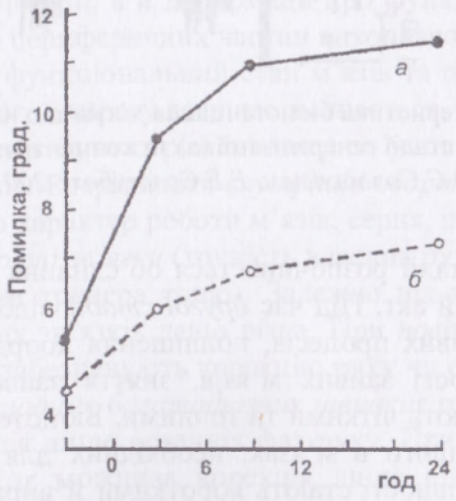


Рис. 7.3. Погіршення з часом точності відтворення амплітуди рухів правою рукою після пасивного (а) та активного (б) навчання (*за Я.М.Коцом, 1986*)

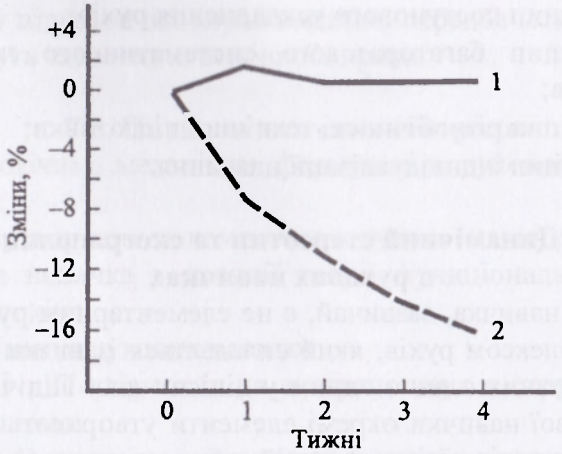


Рис. 7.4. Зміни сили м'язів рук (1) та потужності плавання (2) внаслідок припинення тренувальних занять
(*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Найскладніші *рухові компоненти* можуть втрачатись упродовж перерви тривалістю навіть кілька днів. Прості компоненти мають вищу стійкість, тому можуть зберігатися протягом місяців та років. Отже, ефективність запам`ятовування та відтворення рухів залежить від багатьох факторів, зокрема здатності до навчання, складності рухової навички, кількості та регулярності повторів рухів, тривалості перерв між тренуваннями, функціонального стану ЦНС.

Вегетативні компоненти при *короткочасній* зміні діяльності перебудовуються повільніше, ніж рухові. Проте за умови тривалої перерви (місяці й роки) вегетативні компоненти навички, на відміну від рухових, можуть повністю згасати.

Отже, ефективність опанування нової спортивної техніки значною мірою обумовлюються фізіологічними закономірностями утворення та підтримання системи тимчасових зв'язків у головному мозку спортсмена. На основі цих закономірностей сформовані педагогічні принципи навчання, серед яких основними є такі:

- принцип поступового ускладнення рухів;
- принцип багаторазового систематичного повторення вправ;
- принцип різнобічності технічної підготовки;
- принцип індивідуалізації навчання.

7.4 Динамічний стереотип та екстраполяція в рухових навичках

Рухова навичка, зазвичай, є не елементарним руховим актом, а комплексом рухів, який складається із низки елементів (фаз), пов'язаних один з одним у цілісну дію. Під час формування рухової навички окремі елементи утворюють своєрідну ланцюгову послідовність реакцій, що має назву *динамічного стереотипу. Динамічний стереотип розуміють як стереотипну послідовність елементів або фаз руху, кожен з яких може змінюватися залежно від зовнішніх умов чи внутрішнього стану організму* (втома, травми тощо). В основі динамічного стереотипу лежить ланцюгова послідовність умовних рефлексів, завершення кожного з яких є сигналом до початку наступного. Утворення динамічного стереотипу характерне для циклічних вправ. У багатьох нестандартних (ситуаційних) вправах (ігри, одноборства) динамічний стереотип як цілісна система зміни фаз руху не утворюється.

Важливе значення у формуванні нових рухових навичок має процес *екстраполяції. Екстраполяція – це властивість нервової системи на основі наявного досвіду вирішувати нові рухові завдання*. Здатність до екстраполяції значно зростає при збільшенні запасу уже засвоєних рухів. Вона використовується не лише при опануванні нових рухів, але й при зміні умов виконання уже опанованих рухів (ходьба в різних умовах, при нахилі тіла, при поворотах тощо). Діапазон екстраполяції завжди дещо обмежений наявним фондом рухових навичок. Рухові навички футболіста мало сприяють екстраполяції при виконанні прийомів боротьби чи плавання. Тому при доборі

комплексу підготовчих вправ важливо передбачати вправи, які сприятимуть засвоєнню основної вправи.

7.5. Питання для самоконтролю

1. Фізіологічні механізми формування рухової навички у спорті.
2. Стадії утворення та компоненти рухової навички.
3. Рухова навичка з позиції теорії функціональних систем П.К.Анохіна.
4. Компоненти рухових навичок.
5. Динамічний стереотип та екстраполяція в структурі рухових навичок.
6. Умови та механізм руйнування рухової навички.

8. ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМУВАННЯ ТА ПРОЯВУ РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ

8.1. Фізіологічна характеристика формування та прояву сили

Сила м'язів – це здатність долати зовнішній опір за допомогою скорочення м'язів. Існує кілька різновидів *сили,* зокрема *статична, динамічна, вибухова.* Сила характеризується низкою показників, які отримують з використанням методики *динамометрії.* Значного поширення у спортивній та медичній практиці на сьогодні набули статичні *динамометри* різних конструкцій – *кистьові* (ручні), *станові, полідинамометри.* Ці прилади дозволяють вимірювати лише силу статичного скорочення. Значно складнішими та менш поширеними є прилади, які здійснюють вимірювання динамічної сили. Це обумовлено високою вартістю такого обладнання. Співвідношення між показниками *статичної* та *динамічної* сили залежать від типу скорочення. Наприклад, сила концентричного скорочення менша, ніж статична сила, а під час ексцентричних скорочень м'язи здатні досягати зусиль, які значно перевищують максимальне статичне скорочення. Показники статичної та динамічної сили взаємопов'язані (за даними Я.М.Коца коефіцієнт кореляції становить 0,6–0,8). Водночас вправи, спрямовані на збільшення динамічної сили, можуть не викликати суттєвого приросту показників статичної сили. Статичні вправи також слабко впливають на величину динамічної сили. *Вибухова* сила характеризує здатність м'язів до швидкого збільшення сили. Характеризує її *градієнт сили*, тобто співвідношення максимальної сили скорочення до часу його досягнення. Досягнення високих значень вибухової сили зумовлюється особливостями композиції м'язів (значна кількість швидких волокон) та особливостями нервової координації роботи м'язів (висока частота та синхронність активності мотонейронів).

Основними характеристиками (проявами) статичної сили є такі:

- максимальна статична сила (МСС);
- максимальна довільна сила (МДС);
- абсолютна сила м'яза;
- відносна сила м'яза;
- силовий дефіцит.

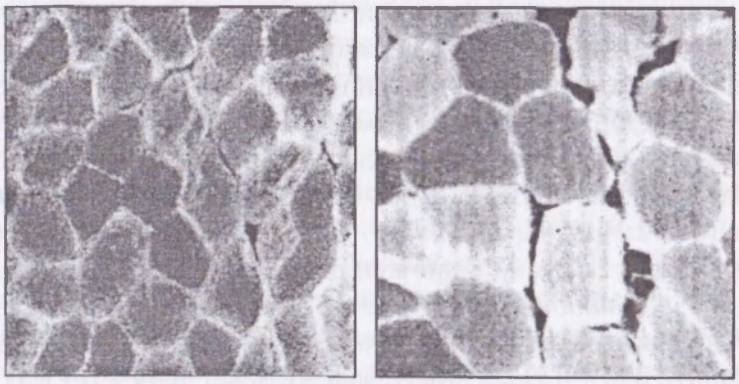
Максимальну статичну силу (МСС) м'язи розвивають за умови максимального (тетанічного) ізометричного скорочення усіх рухових одиниць при довжині спокою. Це можливо лише за інтенсивного зовнішнього подразнення. Тому на практиці можемо вимірювати лише *максимальну довільну силу* (МДС) м'язів, яка досягається за максимального *довільного* (свідомого) ізометричного скорочення. Різниця між МДС та МСС називається *силовим дефіцитом*. Повніше характеризує скоротливу здатність м`язів відношення МСС до анатомічного перерізу м`яза – *відносна сила м'яза*, а також відношення МСС до фізіологічного перерізу – *абсолютна сила м'яза*, яка в людини становить 0,5–1,0 Н/см^2. МДС залежить від двох груп факторів (табл. 8.1) – периферичних та центральних.

Таблиця 8.1

Фактори, що визначають силу скорочення м`язів

Периферичні (м'язові)	**Центральні** (нервові)	
	Внутрішньом'язова координація	*Міжм'язова координація*
площа фізіологічного перерізу	кількість активних рухових одиниць (РО)	взаємодія синергістів і антагоністів
довжина м'яза	режим скорочення РО	фіксація суміжних суглобів
композиція м'яза	синхронність скорочень РО	положення ланок тіла
плече важеля дії сили, кут її прикладання		

Периферичні фактори обумовлюються анатомо-морфологічними особливостями будови м'язів (площа поперечного перерізу м'язів, композиція м'язів) та біомеханічними параметрами виконання вправи (плече важеля, довжина м'яза). Сила м'язів зростає внаслідок збільшенням площі їхнього поперечного перерізу – *робочої гіпертрофії* (рис. 8.1).



До тренування **Після 6 місяців тренувань**

Рис. 8.1. Зміна поперечного перерізу м'язових волокон в результаті силових тренувань (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Виділяють два крайні типи робочої гіпертрофії – *саркоплазматичний* та *міофібрилярний*. У процесі саркоплазматичної гіпертрофії переважає збільшення об'єму саркоплазми, тобто нескоротливої частини м`язів. Також спостерігається збільшення кількості нескоротливих білків, (мітохондріальних білків, міоглобіну), глікогену, креатинфосфату. За такої гіпертрофії також збільшується капіляризації м'язів. Найбільш схильні до такого типу гіпертрофії повільні (I) та швидкі окислювальні (II А) м'язові волокна. Саркоплазматична гіпертрофія мало впливає на силу м`язів, проте супроводжується зростанням їхньої витривалості.

Міофібрилярна гіпертрофія супроводжується найчастіше збільшенням об'єму міофібрил, тобто скоротливого апарату. Спостерігається значне збільшення МСС, зростає абсолютна сила м'яза. Найчастіше спостерігається у швидких гліколітичних (II В) волокнах. У природних умовах гіпертрофія м'язів має змішаний характер, проте, залежно від характеру тренувальних навантажень, може переважати той чи інший тип гіпертрофії.

В основі робочої гіпертрофії лежить інтенсивний синтез і зменшення розпаду м'язових білків, що супроводжується модифікаціями процесів трансляції та транскрипції. Окрім того, синтез актину та міозину може посилюватись внаслідок утворення креатину під час скорочення м`язів.

На сьогодні дискутується питання можливості зміни композиції м'язів під впливом тренувальних навантажень. Більшість авторів поділяють думку, що перехід між повільними волокнами (ПВ, I тип) та швидкими волокнами (ШВ, II тип) у дорослому організмі неможливий. Вміст у м'язі волокон того чи іншого типу генетично заданий і встановлюється в підлітковому віці. Проте існує вірогідність зміни властивостей швидких волокон II типу. Залежно від характеру навантажень такі волокна можуть набувати характеристик швидких окислювальних (IIA) чи швидких гліколітичних (IIB). Збільшення відсотку волокон типу IIA відбувається унаслідок вправ на витривалість (аеробного характеру), а IIB – після швидкісно-силових навантажень.

На ранніх етапах адаптації до силових навантажень насамперед вдосконалюється нервова координація скорочень м'язів (рис. 8.2). Внутрішньом'язова координація виявляється у зміні кількості та режиму скорочення рухових одиниць (рис. 8.3), а також узгодження їхньої взаємодії в часі (синхронізації). Міжм'язова координація полягає в узгодженні взаємодії м'язів-антагоністів й синергістів на рівні однієї ланки опорно-рухового апарату та взаємодії м'язів різних ділянок тіла.

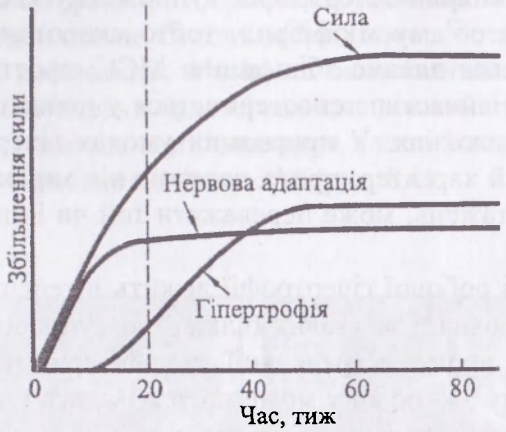


Рис. 8.2. Адаптація м'язів до навантажень силової спрямованості на різних етапах тренувань (*за Дж.Х Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Уся складність необхідної координації призводить до того, що МДС є нижчою за МСС. Водночас удосконалення координації діяльності м'язів зменшує силовий дефіцит (різницю між МДС та МСС). Силовий дефіцит зменшується при підвищенні мотивації та кваліфікації спортсменів.

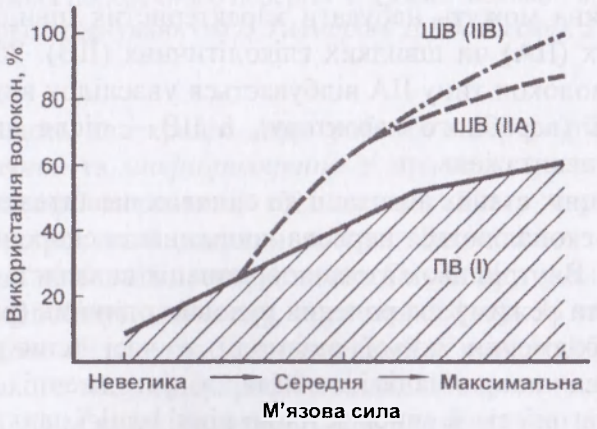


Рис. 8.3. Поступове залучення до роботи різних типів м'язових волокон при зростанні зусилля (*за Д.Уілмором, Д.Костіллом, 2001*)

Силові показники в дитячому та підлітковому віці поступово зростають, досягаючи максимальних значень у віці 18–20 р. Приріст сили обумовлюється збільшенням абсолютної та відносної маси м'язової тканини, зміною композиції м'язів (збільшенням кількості швидких волокон) та поліпшенням координації їхніх скорочень. Наприклад, м'язовий компонент тіла становить у новонароджених 22%, у 8 років – 27%, а у 15 років – уже 33%. Збільшення сили м'язів та співвідношення сили різних м'язових груп має свої особливості в різних вікових періодах. У дошкільному періоді сила різних груп м'язів зростає нерівномірно, приріст сили незначний. Сила м'язів у дошкільному та на початку молодшого шкільного віку (4–7 років) становить 15–20% від сили дорослого (табл. 8.2), м'язи тулуба відносно сильніші за м'язи кінцівок.

Таблиця 8.2

Вікові зміни фізіологічних показників розвитку рухових якостей (*за А.С.Солодковым, Е.Б.Сологубом, 2001*)

Вік (роки)	ЛЧРР (мс)	Тепінг-тест (за 10 с)	Сила станова (кг)	PWC_{170} (кГм/хв)	МСК (л/хв)
5–6	286	48	18	240	–
7–8	220	54	29	310	1,3
9–10	207	56	46	398	1,6
11–12	203	63	55	495	1,7
13–14	180	64	65	660	2,3
15–16	171	71	90	870	3,1
17–19	170	72	130	900	3,5

У молодшому шкільному віці триває збільшення сили м'язів, пов'язане із загальним зростанням маси м'язів та розвитком швидких м'язових волокон. Проте до 13–14 р. збільшення силових показників повільне. Найбільші темпи зростання силових показників характерні для дівчат віком 13–16 років та хлопчиків віком від 14 до 17 років. Вважають, що саме

у 14–17 р. наявний *сенситивний період* розвитку сили м'язів. У м'язах у цей період спостерігається значний розвиток швидких гліколітичних волокон (IIB). Розвиток сили м'язів не завершується у середньому шкільному віці. Цей процес триває до 18–20 років. Надалі силові можливості залишаються відносно стабільними упродовж досить значного періоду часу. Тривалість стабільної стадії залежить від способу життя та виконання фізичних навантажень. За даними різних дослідників, значне зниження силових можливостей може спостерігатися у період 40–60 років (див. розділ 11.3).

8.2. Фізіологічна характеристика формування та прояву витривалості

Витривалість визначають як *здатність максимально довго виконувати роботу без зменшення її ефективності*. Розрізняють дві форми прояву витривалості – *загальну* і *спеціальну*. Загальна витривалість характеризує *здатність тривалий час виконувати глобальну циклічну роботу з переважно аеробним характером енергозабезпечення*. Спеціальна витривалість визначається умовами виконання тих чи інших вправ. Зокрема, за Я.М. Коцом (1986), розрізняють *статичну й динамічну*, *глобальну й локальну*, *аеробну й анаеробну* витривалість.

Фізіологічною основою загальної витривалості є аеробні можливості організму, що залежать від:

- аеробної потужності (МСК, див. розділ 6.3);
- аеробної ємності (здатності тривалий час підтримувати поглинання кисню на високому рівні).

Отже, загальна витривалість значною мірою залежить від надходження кисню до м'язів під час скорочень, вона вища у спортсменів з більшим рівнем МСК. Особливо яскраво це проявляється в тих видах спорту, де витривалість є провідною фізичною якістю. Відомо, що середнє значення МСК нетренованих чоловіків на 70–120 % нижче, ніж у висококваліфікованих бігунів-стаєрів (див. розділ 6.3). Чим більше МСК спортсмена, тим вищу швидкість він може продемонструвати на дистанції,

виконати більший обсяг роботи аеробного характеру. Водночас необхідно пам'ятати, що абсолютні значення МСК (л/хв) прямо пропорційні до ваги тіла, тому найвищі показники характерні для веслувальників, плавців, велосипедистів. У цих видах спорту для оцінювання підготовленості доцільно визначати саме абсолютні значення МСК. За умов бігу на довгі дистанції спортсмен витрачає значну частину енергії на переміщення тіла у вертикальному напрямку. У зв'язку з цим, у таких видах спорту як біг на довгі дистанції, ходьба, лижні перегони вага спортсменів невелика, а підготовленість доцільно оцінювати за відносними значеннями МСК (мл/хв·кг). Важливе значення для досягнення високих спортивних результатів у цих видах спорту має також високий рівень анаеробного вентиляційного порогу та висока ефективність переміщення дистанцією, обумовлена досконалою технічною підготовкою.

Підвищення аеробних можливостей і загальної витривалості організму супроводжується змінами в низці систем та органів. До основних адаптивних змін у *дихальній системі* належить збільшення ЖЄЛ, глибини дихання (50–55% ЖЄЛ), покращення функціональних можливостей дихальних м'язів, збільшення дифузійної здатності легень, поліпшення їхнього кровопостачання. У *серцево-судинній* системі спостерігається помірна гіпертрофія серця, зростання максимальних показників СО та ХОК, збільшення капіляризації скелетних м'язів. У системі крові відбувається зростання об'єму циркулюючої крові, збільшення загального вмісту еритроцитів та гемоглобіну, збільшення лужних резервів крові та системної АВР-O_2.

У результаті тренувань на витривалість певні зміни відбуваються і у скелетній мускулатурі. Передусім, в осіб з вищими показниками витривалості у *скелетних м'язах* переважають повільні м'язові волокна. У стаєрів відсоток повільних волокон (I тип) – становить до 80%, що у 1,5 рази більше, ніж у нетренованих. Таке співвідношення, очевидно, є наслідком певного спортивного добору, оскільки композиція м'язів визначається переважно спадковими факторами. Проте, внаслідок

тренувань, у м'язах стаєрів може зростати вміст швидких окислювальних волокон (II А). Це підвищує загальний вміст волокон із ае-робним характером метаболізму (рис. 8.4), що визначає здатність до тривалої роботи.

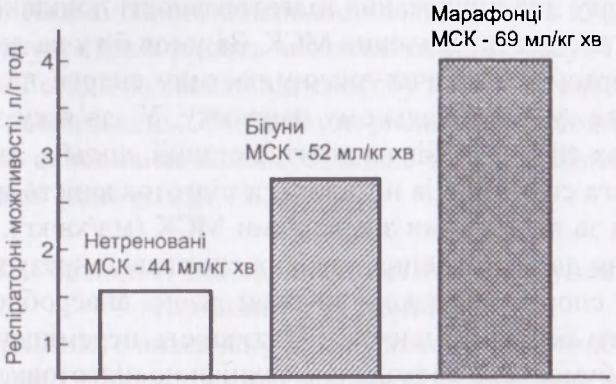


Рис. 8.4. Аеробні можливості організму та м'язової тканини нетренованих осіб, бігунів підтюпцем та марафонців (*за Д.Уілмором, Д.Костіллом, 2001*)

Робоча гіпертрофія, внаслідок тренувань на витривалість, проходить найчастіше за саркоплазматичним типом. Зростають запаси глікогену й ліпідів (до 50%), кількість міоглобіну (до 1,5–2 разів), розширюється сітка капілярів, зростає кількість (до 300%) та збільшуються розміри мітохондрій.

Спеціальна витривалість організму визначається низкою інших факторів. *Статична* витривалість визначається здатністю нервових центрів і м'язів підтримувати безперервну активність в анаеробних умовах. *Силова* витривалість залежить від здатності витримувати багатократні максимальні м'язові зусилля та явища натужування. Має значення величина запасів міоглобіну та глікогену в м'язах. *Швидкісна* витривалість визначається здатністю нервових центрів підтримувати максимальний ритм активності, а також швидкістю відновлення АТФ в анаеробних умовах. Витривалість під час вправ *ситуаційного* характеру обумовлюється здатністю ЦНС та сенсорних систем

упродовж тривалого часу підтримувати високу швидкість аналізу інформації та вибору оптимального алгоритму дій, стійкістю до сенсорної втоми, здатністю підтримувати високий рівень координації рухів в умовах втоми.

Загальна витривалість дітей дошкільного віку невисока, особливо це стосується статичної роботи. У молодшому шкільному віці спостерігається зростання витривалості, зумовлене розвитком серцево-судинної та дихальної систем, проте вона знаходиться на досить низькому рівні (див. табл. 8.2). Інтенсивний приріст витривалості до динамічної роботи спостерігається з 11–12 років. Щодо витривалості 7-річних дітей, витривалість 10-річних зростає у 1,5 рази, а 14-15 річних – у 4 рази. З такою ж інтенсивністю з 11–12 років зростає витривалість школярів до статичних навантажень. У середньому шкільному віці (під час статевого дозрівання) витривалість може знову погіршитися. Сенситивним періодом розвитку витривалості вважається вік 15–20 р., коли досягають високого розвитку вегетативні системи організму. Проте на момент закінчення школи витривалість, зазвичай, не перевищує 90% від рівня витривалості дорослих. Максимального рівня показники витривалості досягають лише у 25–30 років. Після цього періоду витривалість зазнає невеликого зниження до віку 50–60 років, після чого темп спаду цієї якості зростає. Про це свідчать як зміни результатів бігу, так і величин МСК осіб старших вікових груп (розділ 11.3).

8.3. Фізіологічна характеристика формування та прояву швидкості

Швидкість – це здатність виконувати рухи в мінімальний для конкретних умов проміжок часу. Швидкість проявляється як у елементарних формах (швидкість поодиноких рухів, ЛЧРР, максимальний темп рухів), так і у комплексних формах (швидкість рухових актів у поєднанні із швидкістю розумових операцій). Для оцінювання швидкісних показників можна використати латентний час рухової реакції (ЛЧРР), який за умо-

ви використання світлового подразника становить 190–200 мс у дорослих та 140–180 мс у спортсменів (представників ситуаційних видів спорту). Показником максимального темпу рухів є результат теппінг-тесту – максимальна частота постукувань за короткий інтервал часу (10 с). Дорослі виконують 50–60 рухів за 10 с, представники ситуаційних видів спорту – 60–80 і більше.

В основі проявів швидкості лежать індивідуальні особливості нервової та м'язової систем. Зокрема, швидкісні можливості залежать від лабільності нервових процесів, швидкості проведення збудження по нервових структурах та від співвідношення швидких і повільних волокон у скелетних м'язах. У спринтерів відсоток швидких волокон становить 76%, а у нетренованих чоловіків – 47% (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

Співвідношення кількості та площі поперечного перерізу волокон різних типів у м'язах чоловіків (*за Д.Уилмор, Д.Костилл, 2001*)

Спортивна спеціалізація	Кількість швидких волокон (%)	Площа швидких волокон (%)
Спринт	76,0	76,5
Стрибки в довжину	53,3	62,2
Метання диска	62,3	66,0
Біг на середні дистанції	48,1	53,5
Нетреновані	47,4	44,0

Треба зазначити, що кількість швидких м'язових волокон та швидкісні властивості м'язів значною мірою генетично детерміновані. Водночас гіпертрофія волокон тих чи інших типів залежить від характеру тренувального навантаження (як це випливає з результатів, наведених у таблиці 8.3).

У процесі занять фізичними вправами поліпшення швидкісних показників обумовлюється такими змінами:

- збільшенням лабільності нервових та м'язових клітин;
- зменшенням часу проведення збудження через синапси;

- поліпшенням нервово-м'язової координації (синхронізація активності рухових одиниць, покращенням координації діяльності м'язів-антагоністів);
- підвищенням швидкості розслаблення м'язів.

Водночас тренування швидкісно-силової спрямованості супроводжуються також змінами в системах енергозабезпечення. Зокрема, у м'язах представників швидкісно-силових видів спорту вміст АТФ та КФ на 20–30% більший, ніж у нетренованих. У них виявлене збільшення активності ферментів, які забезпечують утворення та розщеплення високоенергетичних фосфатів, зокрема міокінази та креатинфосфокінази (Н.Н.Яковлев).

Швидкість рухів у дошкільному та молодшому шкільному віці поступово зростає, особливо виражене це зростання після 10 р. Зокрема, у період з 5 р. до 10 р. ЛЧРР скорочується у хлопчиків з 286 до 203 мс (див. табл. 8.2). У дошкільному та молодшому шкільному віці у 1,5–2 рази зростає максимальний темп рухів та швидкість бігу. Саме на вік 10–15 р. припадає сенситивний період розвитку швидкості. У 15 р. показники швидкості досягають рівня дорослих і залишаються стабільними до 35 р., після чого спостерігається їхнє швидке зниження.

8.4. Питання для самоконтролю

1. Фізіологічні закономірності прояву та розвитку рухової якості сили.
2. Фізіологічна характеристика прояву та розвитку рухової якості витривалості.
3. Фізіологічні закономірності прояву та розвитку рухової якості витривалості.
4. Характеристика прояву та розвитку рухових якостей в обраному виді спорту.

9. Натренованість. Показники натренованості

9.1. Загальне уявлення про натренованість

Спортивне тренування є спеціалізованим педагогічним процесом, спрямованим на підвищення загальної та спеціальної працездатності людини. Тренування будується на застосуванні багатьох загальних педагогічних і специфічних принципів:

- до педагогічних можна зарахувати *активність, свідомість, наочність, систематичність, послідовність, доступність, поступовість;*
- до специфічних – *єдність загальної і спеціальної підготовки, неперервність і циклічність тренувального процесу, поступовість і постійність зростання навантажень* тощо.

За правильного застосування усіх зазначених вище підходів відбувається зростання рівня натренованості спортсмена. *Натренованість – це комплексне медико-педагогічне поняття, яке характеризує готовність спортсмена до досягнення високих спортивних результатів.* Натренованість – комплексне поняття, оскільки досягнення високих спортивних результатів можливе лише при поєднанні високого рівня психологічної, технічної, тактичної та фізичної підготовленості. З усіх цих компонентів у сфері фізіології спорту здебільшого розглядають фізичну підготовленість, тобто натренованість розуміють як *рівень спеціальної працездатності спортсмена.* Натренованість поступово підвищується в підготовчому періоді, досягає максимального рівня у змагальному періоді та дещо знижується в перехідному. Підвищення натренованості організму є результатом його *адаптації* до фізичних навантажень унаслідок функціональних і морфологічних змін у багатьох системах організму, а також удосконалення нервової і гуморальної регуляції функцій.

До основних функціональних ефектів адаптації варто зарахувати такі:

- збільшення функціональних резервів організму та його основних систем;
- зростання ефективності (економності) роботи організму та його систем;
- удосконалення координації рухових і вегетативних функцій.

Особливості морфофункціонального стану різних систем організму, що виникають у результаті спортивного тренування, називаються *фізіологічними показниками натренованості.* Важливим є *комплексне оцінювання натренованості*, що пов'язане з такими причинами:

- висока спеціальна працездатність, зазвичай, формується на основі адаптивних змін у *комплексі* систем організму (наприклад, збільшення аеробних можливостей передбачає розвиток дихальної, серцево-судинної системи, зміни у крові);
- окремі показники, досягнувши максимуму під час перших років тренувань (склад маси тіла, обводові розміри, ЖЄЛ тощо), надалі не змінюються, тому не можуть виступати повноцінними показниками рівня натренованості упродовж річного циклу підготовки;
- вибір показників натренованості залежить від спортивної спеціалізації;
- показники натренованості індивідуальні, оскільки адаптація може відбуватися по-різному навіть у спортсменів однієї спеціалізації.

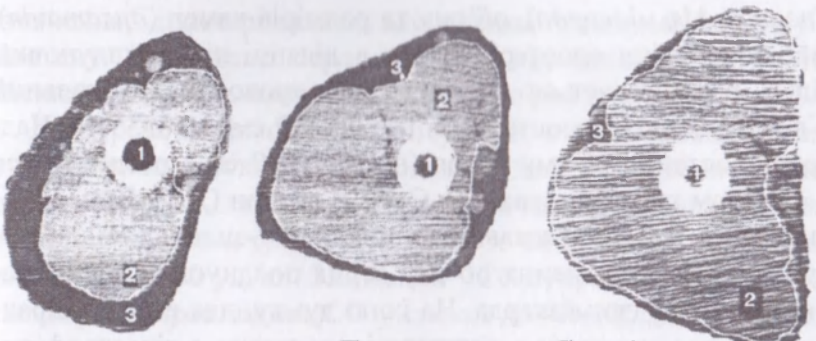
Важливим є також комплексне оцінювання натренованості спортсмена у трьох основних станах – *спокої,* при *стандартному* та *максимальному навантаженні*. У всіх цих трьох станах наявна різниця в морфофункціональних показниках різних систем нетренованого та тренованого організму, яка є мірилом натренованості.

9.2. Оцінювання натренованості за показниками різних систем організму спортсмена у стані спокою

Навіть *у стані спокою* можна виявити різницю між показниками багатьох функціональних систем тренованого й нетренованого організму. Ця різниця виявляється на морфологічному та функціональному рівнях. Під час аналізу тренувальних ефектів потрібно пам'ятати про їхню специфічність, тобто залежність від спрямованості тренувального процесу. Тому під час аналізу натренованості організму за показниками різних систем йдеться про ті особливості показників, які вказують на позитивні адаптаційні зміни в певних системах організму. Прояв цих ефектів та поєднання змін у різних системах залежить від виду спорту.

Адаптація до тренувальних навантажень супроводжується певними морфологічними та функціональними змінами у ЦНС. Так, *у стані спокою* у *ЦНС* тренованих осіб виявлено більшу кількість та розгалуженість дендритів нейронів кори великих півкуль, зростає активність окислювальних ферментів. Спостерігається високий рівень лабільності та сили нервових процесів, оптимальний баланс збудження та гальмування. Електроенцефалограма тренованого характеризується стійкішим альфа-ритмом та дещо підвищеною його частотою, здатністю до швидшого засвоєння ритму. Ці зміни в нервовій системі виявляються у зменшенні латентного часу рухових реакцій (ЛЧРР), поліпшенні диференціювання сигналів, підвищенні швидкості аналізу сенсорної інформації.

Зміни спостерігаються також у будові та функціональних властивостях елементів опорно-рухового апарату. Зокрема, відбувається збільшення товщини та міцності компактної кісткової тканини, потовщення стінок *кісток*, збільшення рельєфу їхньої поверхні, зміни у внутрішній будові. Одним з основних проявів адаптації м'язової системи до фізичних навантажень є *гіпертрофія м'язів* – збільшення маси, об'єму, площі поперечного перерізу скелетних м'язів (рис. 9.1).



Нетреновані **Плавання** **Силові види**

Рис. 9.1. Зміни у площі м'язової (2), жирової (3) та кісткової тканини на поперечному перерізі плеча нетренованих осіб, плавців та спортсменів силових видів спорту (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Гіпертрофія скелетних м'язів супроводжується поліпшенням їхнього кровопостачання, розвитком нервових закінчень. Спостерігається також збільшення вмісту в м'язах скоротливих білків – актину й міозину. Залежно від спрямованості тренувального процесу, можлива гіпертрофія різного типу (див. розділ 8.1). Морфологічні зміни супроводжуються змінами функціональних показників м'язів. Необхідно вказати, що силові тренування призводять до суттєвого зростання максимальної довільної *сили* м'язів, яка реєструється з допомогою динамометрії. У тренованих спортсменів зростає лабільність і збудливість м'язів, що проявляється, передусім, у зменшенні *латентного часу розслаблення* м'язів та оптимізації показників *реобази* та *хронаксії*. Певних змін зазнає *тонус* м'язів, амплітуда якого у тренованих збільшується. Такі зміни є наслідком того, що під час скорочення тонус м'язів спортсмена вищий, а після розслаблення – ближчий до тонусу спокою, ніж у нетренованого.

Підвищення натренованості, особливо у видах спорту із тривалою циклічною роботою, проявляється у стані спокою у змінах показників *серцево-судинної* та *дихальної* систем. Зміни в серці зумовлюються, передусім, збільшенням його маси

(*гіпертрофія міокарда*), об'єму та розмірів камер (*дилатація*). Найбільші зміни спостерігаються в ділянці лівого шлуночка, звідки розпочинається велике коло кровообігу. Загальний об'єм серця може зростати до 1000–1200 см^3 (табл. 9.1). Надмірне зростання об'єму серця (понад 1500 см^3) розцінюється як симптом перетренованості. Окремі автори (Я.М. Коц, 1986) зазначають, що у представників швидкісно-силових видів спорту незначне збільшення об'єму серця поєднується з вираженою гіпертрофією міокарда. На їхню думку, для стаєрів характерна значна дилатація в поєднанні з невеликою гіпертрофією. Проте пізніші дослідження (Д.Уилмор, Д.Костилл, 2001) вказують на аналогічні зміни об'єму серця та товщини міокарда шлуночків у кваліфікованих спортсменів різних напрямків підготовки. Дилатація серця дозволяє збільшити кінцевий діастолічний об'єм, а гіпертрофія міокарда – посилити скорочення серця. Обидва ці механізми забезпечують збільшення систолічного об'єму.

Таблиця 9.1

Загальний та відносний об'єм серця у спортсменів різних спеціалізацій та нетренованих чоловіків (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Досліджувані	Загальний об'єм серця (см^3)	Відносний об'єм серця (см^3/кг)
Нетреновані	760	11,2
Гімнасти	790	12,2
Важкоатлети	825	10,8
Борці	953	12,2
Плавці	1065	13,9
Велосипедисти (шосейники)	1030	14,2
Бігуни на довгі дистанції	1020	15,5
Лижники	1073	15,5

Для міокарда серця спортсмена характерна збільшена густина капілярної сітки, розширення коронарних судин, підвищений вміст мітохондрій та ферментів аеробного енергоза-

безпечення, спостерігається збільшення вмісту міоглобіну і глікогену. Треноване серце володіє підвищеною здатністю окислювати лактат, вищою економністю роботи.

Для тренованих осіб характерними є також певні зміни функціональних показників серцево-судинної системи у стані спокою. Зокрема, характерним явищем для тренованих спортсменів є *спортивна брадикардія*, тобто зниження ЧСС у стані спокою до 40–60 уд./хв. Зниження ЧСС супроводжується компенсаторним зростанням СО у спокої до 90–100 мл, що забезпечує майже однаковий рівень ХОК спортсмена та нетренованого у стані спокою (табл. 9.2). Показники артеріального тиску знаходяться в межах вікової норми, проте приблизно у 30% спортсменів спостерігається спортивна гіпотонія – зменшення величини систолічного АТ до 100–105 мм рт. ст.

Таблиця 9.2

Основні показники гемодинаміки осіб різного рівня тренованості у спокої (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Кваліфікація	**ЧСС (уд./хв)**	**СО (мл)**	**ХОК (л)**
Нетреновані	70	70	4,90
Треновані	55	90	4,95
Спортсмени екстра-класу	50	100	5,00

Для тренованого організму *у стані спокою* характерні певні зміни морфологічних та функціональних показників *дихальної* системи. Передусім, це вищі значення об'ємів та ємностей легень, особливо ЖЄЛ та резервних об'ємів вдиху та видиху. Зокрема, ЖЄЛ спортсменів зростає до 7,0 л (в окремих випадках – до 9,0 л), а *життєвий індекс* (відношення ЖЄЛ до маси тіла) – до 80 мл/кг і більше. Частота дихання у тренованого в стані спокою менша (6–12 за хв), а глибина дихання – більша, що забезпечує майже однаковий хвилинний об'єм дихання. Для тренованих характерна вища, ніж у нетренованого, сила та витривалість дихальних м'язів, підвищена еластич-

ність тканини легень, менший опір дихальних шляхів (завдяки більшому діаметру). Ці зміни у стані спокою виявляються у кращих результатах функціональних проб, зокрема вищих значеннях максимальної швидкості видиху та видиху, високому рівні максимальної вентиляції легень (у нетренованих – до 120 л/хв, а у спортсменів – до 200 л/хв). Час затримки дихання у пробах Штанге та Генчи більший у тренованого (у пробі Штанге часто досягає 3 хв). Для спортсменів також характерна вища дифузійна здатність легень, обумовлена найчастіше збільшенням густини капілярної сітки та посиленням кровопостачання легень.

При підвищенні рівня натренованості у спортсменів, які розвивають витривалість, зростає *загальний об'єм крові* та *плазми,* а також *об'єм циркулюючої крові.* Водночас спостерігається невелике збільшення загального об'єму еритроцитів та зменшення гематокриту (табл. 9.3).

Таблиця 9.3

Показники крові спортсменів та нетренованих
(*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Досліджуваний	Загальний об'єм крові (л)	Об'єм плазми (л)	Об'єм еритроцитів (л)	Гематокрит (%)
Тренований	7,4	4,8	2,6	35,1
Нетренований	5,6	3,2	2,4	42,9

Такі зміни забезпечують зменшення в'язкості крові, що поліпшує транспорт кисню у м'язах. Водночас загальний вміст гемоглобіну та еритроцитів у крові спортсменів більший, ніж у нетренованих. Так, за даними Я.М.Коца, у нетренованих чоловіків вміст гемоглобіну в крові становить 700–900 г (10–12 г/кг), а у бігунів на довгі дистанції, лижників – 1000–1200 г (13–16 г/кг). Подеколи концентрація гемоглобіну може зростати до 150–160 г/л, що забезпечує високу кисневу ємність крові (20–22 об%). Лейкоцитарна формула спортсменів може бути

змінена в напрямі збільшення кількості лімфоцитів. У зв'язку із збільшенням об'єму плазми крові, у спортсменів спостерігається менша концентрація продуктів обміну (наприклад молочної кислоти) та менші зміни pH крові під час навантажень.

9.3. Оцінювання натренованості за показниками різних систем організму спортсмена під впливом стандартних і максимальних навантажень

Відмінності між тренованим і нетренованим організмом виявляються також під час *стандартних та максимальних* навантажень. *Стандартні навантаження* повинні мати чітко регламентовану потужність, тривалість, темп і характер виконання навантаження. У зв'язку з цим, для них доцільно використовувати технічні засоби – сходинку (стандартної висоти), метроном, велоергометр, бігову доріжку. Потужність роботи, зазвичай, стандартизується шляхом перерахунку на кілограм маси тіла досліджуваного. Навантаження повинні бути доступними для нетренованих як за складністю, так і за потужністю. Під час стандартних навантажень тренована людина працює ефективніше та з меншими енерговитратами, спостерігаються менші зміни у стані рухового апарату й вегетативних функціях. Під час максимальних навантажень спортсмен працює із більшою потужністю та виконує набагато більший об'єм роботи, ніж нетренований. Для виконання такої роботи він затрачає більше енергетичних ресурсів, наслідком чого є значні зміни обміну речовин, біохімічних показників і функціонального стану виконавчого апарату та вегетативних функцій.

Загальною закономірністю впливу *стандартних навантажень* на організм тренованої людини (рис. 9.1) є такі:

- усі функції на початку роботи у тренованих наростають швидше (коротший період впрацьовування);
- у процесі роботи рівень фізіологічних функцій у тренованих нижчий (менша активація резервів);
- у тренованих краще виражений стійкий стан, тривалість його більша;

- відновлення спортсменів відбувається швидше;
- у тренованого вища ефективність та економність функціонування вегетативних систем, що досягається переважно за рахунок наростання об'ємних (СО, ДО), а не частотних (ЧСС, ЧД) показників.

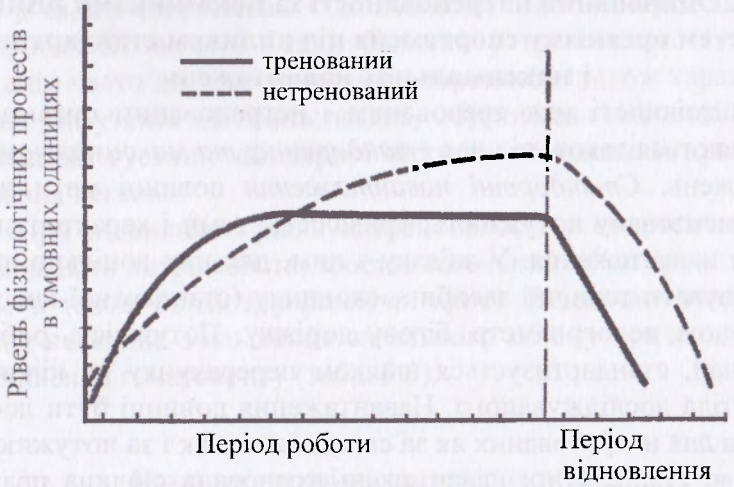


Рис 9.1. Вплив стандартних навантажень на показники вегетативних функцій тренованого та нетренованого організму (*за Н.В.Зимкиным, 1975*)

Під впливом *стандартних навантажень* у *тренованих* не спостерігається погіршення *функціонування ЦНС*. Латентний час рухових реакцій не зростає, здатність до диференціювання підвищена, явища послідовного гальмування зменшуються. У нетренованих такі навантаження можуть викликати позамежне гальмування, що виявиться в погіршенні функціональних показників діяльності ЦНС.

У *руховому апараті* спортсмена електрична активність м'язів під час роботи нижча, електричні потенціали м'язів більш концентровані в часі, вони виникають під час напруження та значно зменшуються під час розслаблення м'язів. Латентний час розслаблення дещо менший, збудливість м'язів

або не змінюється, або підвищується. Витрати енергії на виконання роботи у спортсменів приблизно на 18–25% менші, ніж у нетренованих.

Під впливом *стандартних навантажень* абсолютні значення *ХОК* спортсменів близькі або трохи менші, ніж у нетренованих. Водночас СО у спортсменів більший, а ЧСС – менша, ніж у нетренованих. За даними Коца Я.М. (1986), у нетренованих СО досягає максимуму при роботі на рівні 40% МСК, а у спортсменів цей показник продовжує зростати аж до рівня максимальних аеробних навантажень. Такий режим роботи спортивного серця підвищує його ефективність та прискорює процеси відновлення. У зв'язку з добрим кровопостачанням м'язів, у спортсменів вищою є швидкість обміну речовин між м'язами та кров'ю. Тому за умови виконання однакової роботи м'язи спортсменів отримують менше крові, м'язова фракція серцевого викиду менша, ніж у нетренованих. Це сприяє кровопостачанню інших органів та систем, а також поліпшує процеси терморегуляції.

ХОД, кисневий запит і кисневий борг у тренованих при стандартній роботі менший, ніж у нетренованих. Водночас вентиляційний еквівалент кисню у спортсменів менший, тобто за умови однакового споживання кисню величина ХОД у них нижча, ніж у нетренованих. Зазвичай, однакові показники ХОД досягаються спортсменами за вищого рівня ДО та нижчої ЧД порівняно з нетренованими. Показники функціональних проб (ЖЄЛ, проба Розенталя, максимальна швидкість вдиху та видиху) після виконання стандартних навантажень у спортсменів не погіршуються, а інколи навіть покращуються.

Зміни в *системі крові* у тренованих при стандартній роботі виражені менше, ніж у нетренованих. Зокрема, під час виконання однакового субмаксимального навантаження концентрація метаболітів (молочної кислоти та ін.) буде нижчою у спортсменів, що пов'язано не лише з вищими аеробними можливостями, ефективною утилізацією молочної кислоти (у міокарді та окислювальних м'язових волокнах) та вищою ефек-

тивністю функціонування м'язів, але й з фактором зменшення концентрації метаболітів завдяки більшому об'єму плазми крові. Для спортсменів під час виконання стандартних навантажень характерне більше зростання АВР-O_2 порівняно з нетренованими.

Найбільша відмінність між організмом спортсменів та нетренованих осіб виявляється під час виконання ними *максимальних навантажень*. Слід пам'ятати, що потужність цих навантажень для тренованих спортсменів значно перевищує можливості нетренованого організму. Тому максимальні навантаження переважно викликають значно більші зміни функціональних показників організму спортсменів, ніж нетренованих. Водночас саме максимальні навантаження дозволяють повністю розкрити функціональні резерви організму спортсменів.

При виконанні максимальних навантажень обсяг виконаної *м'язами* спортсмена механічної роботи значно перевищує такий нетренованого. Залежно від виду спорту, це може досягатися завдяки більшим м'язовим зусиллям, частішому темпу роботи (швидкості скорочення та розслаблення м'язів) чи високій витривалості м'язової системи.

Для досягнення високих показників під час фізичних навантажень необхідна досконала координація роботи м'язів, яка забезпечується ЦНС. *Нервові центри* спортсменів здатні забезпечити не лише високу швидкість аналізу аферентних сигналів, але й мають високу лабільність. Вони здатні ефективно функціонувати тривалий час у складних умовах, спричинених психоемоційним навантаженням та негативним впливом факторів, що виникають під час роботи (гіпоксія, гіпертермія, гіпоглікемія, ацидоз).

Під час максимальних навантажень спортсмени здатні досягати вищих, у порівнянні з нетренованими, показників функціонування *серцево-судинної* системи та утримувати їх на високому рівні триваліший час. Під час максимальних навантажень ЧСС тренованих досягає 200–220 уд./хв, СО – 150–200 мл, ХОК – до 40 л/хв (при виконанні максимальних наван-

гажень м'язова фракція у спортсменів досягає 85–90% ХОК). Можливості нетренованих на 30–50% менші (табл. 9.4).

Таблиця 9.4

Порівняльна характеристика впливу максимальних навантажень на організм спортсмена та нетренованого

Показник	Нетренований		Спортсмен	
	Спокій	Макс.	Спокій	Макс.
ЧСС (уд./хв)	72–74	180	40–60	195
СО (мл)	70	120	120	200
ХОК (л/хв)	4,6	20–22	4,5	35–40
АТс (мм рт. ст.)	120	180	120	210
АТд (мм рт. ст.)	80	80	70	60
ЧД (за хв)	12–16	30	10–12	40–60
ДО (мл)	0,5	2,5	0,8	3,5
ХОД (л/хв)	7,0	110–120	6,0	190–200
АВР-O_2 (мл/100 мл)	5–6	14	5–6	16
Споживання O_2 (мл/кг)	3,5	40–50	3,5	70–90
Лактат крові (ммоль/л)	1	7–10	1	15–20

Зміни в *дихальній* системі дозволяють спортсменам не лише досягати значно вищих показників легеневої вентиляції, але й підтримувати її на високому рівні тривалий час. Зокрема, у пробі максимальної вентиляції легень спортсмени досягають значень 190–200 л/хв, а нетреновані – лише до 120 л/хв. Водночас, під час бігових вправ у зоні великої потужності (до 30 хв) ХОД спортсменів може досягати 120–140 л/хв, тобто перевищувати максимальний рівень нетренованих. Легеневу вентиляцію на рівні 80% від максимальної кваліфіковані стаєри здатні підтримувати упродовж 11 хв, а нетреновані – лише 3 хв. *Під час максимальних навантажень* МСК спортсменів досягає 6 л/хв (нетренованих – 4,5 л/хв), ХОД – 150–200 л/хв.

Вміст у *крові* еритроцитів і гемоглобіну у тренованих за умови максимальних навантажень може зростати, значно активується кровотворна функція червоного кісткового мозку.

Спостерігаються зміни кількості та співвідношення фракцій лейкоцитів. У спортсменів можливе виконання фізичного навантаження з утворенням значного кисневого боргу – 20 л, (нетреновані – 5–7 л) та зростанням концентрації молочної кислоти в крові до 15–20 ммоль/л, що супроводжується її закисленням (ацидозом) до pH 7,0. Для спортсменів також характерні менші зміни концентрації глюкози у крові під час виконання роботи. Зокрема, якщо в нетренованих цей показник досягає 50–60 мг% (у спокої 80–100 мг%), то у кваліфікованих марафонців він не знижується до кінця дистанції.

Отже, відмінності між тренованим і нетренованим організмом наявні у всіх трьох станах і можуть бути використані для характеристики тренованості та функціонального стану спортсмена.

9.4. Питання для самоконтролю

1. Загальне уявлення про натренованість. Комплексність оцінювання рівня натренованості.
2. Оцінювання натренованості за показниками нервово-м'язової системи.
3. Фізіологічні показники рівня натренованості за даними функцій дихальної системи.
4. Фізіологічні показники рівня натренованості за даними серцево-судинної системи та крові.
5. Реакція організму спортсмена та нетренованого на стандартні фізичні навантаження.
6. Реакція організму спортсмена та нетренованого на максимальні фізичні навантаження.

10. ФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОЗДОРОВЧОГО ЕФЕКТУ ЗАСОБІВ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

10.1. Вплив недостатньої рухової активності на функції організму людини

Недостатня рухова активність (*гіпокінезія* або *гіподинамія*) негативно впливає на фізіологічні функції. Результати досліджень свідчать, що внаслідок *гіпокінезії в* експериментальних тварин спостерігаються різкі негативні зміни морфологічних та функціональних характеристик організму. Зокрема, відбувається розвиток захворювань, які характерні для старіючого організму – *ішемічна хвороба серця, дистрофічні порушення внутрішніх органів, емфізема легень* тощо. Людина може тривалий час жити за відсутності рухової активності, проте це призводить до значного погіршення рухових та вегетативних функцій. Серед так званих *захворювань цивілізації*, однією з причин яких є гіпокінезія, належить назвати *серцево-судинні захворювання, атеросклероз, гіпертонію, ожиріння, ендокринні порушення, нейропсихічні захворювання*.

Гіпокінезія завжди супроводжується *атрофією* (зменшенням) та *дегенерацією* (переродженням) скелетних м'язів. М'язові волокна стають тоншими, вага та об'єм м'язів зменшуються. Наслідком атрофії стає зменшення сили, збудливості, витривалості м'язів (рис. 10.1). У дослідах на тваринах було показано, що за 30 днів повного припинення рухів м'язова сила зменшується на 30%, тривалість циклу скорочення м'яза зросла у 2 рази.

При гіпокінезії спостерігається також порушення *нервової координації* діяльності м'язів. Спостерігається поява додаткових некоординованих рухів, надлишкові коливання тіла внаслідок зростання амплітуди відхилень його центру маси. Зміни у ЦНС призводять також до порушень координації рухових і вегетативних функцій, зменшення чутливості сенсорних систем, виникнення астенічного синдрому, який виявляється у

швидкій втомлюваності, емоційній нестійкості, погіршенні сну та інших розладах.

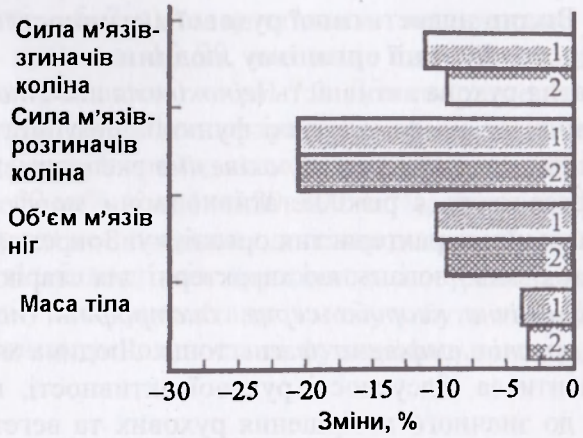


Рис. 10.1. Зміна сили окремих груп м'язів, їхнього об'єму та маси тіла після 30 днів повного постільного режиму (*за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003*)

Зменшення або припинення рухової активності призводить до виражених змін у функціонуванні *вегетативних систем* організму. Зокрема, спостерігається атрофія міокарда, зменшення розмірів серця, знижується СО та ХОК, об'єм циркулюючої крові, збільшується ЧСС у спокої та час кровообігу. Окрім того, зростає навантаження на серце, оскільки активно не функціонує "м'язовий насос".

Процеси зовнішнього дихання характеризуються зменшенням ХОД, ЖЄЛ та низки її компонентів, зокрема дихального та резервних об'ємів. Зменшується *економність* функціонування вегетативних систем, унаслідок чого стандартні навантаження викликають значно більше зростання функцій організму. Загальним наслідком гіподинамії є зменшення функціональних резервів вегетативних систем, що призводить до підвищення ризику розвитку їхньої патології внаслідок значного навантаження.

У стані спокою під впливом гіподинамії спостерігається зменшення величини *основного обміну* на 5–20%. Спостерігається також зниження функцій *залоз внутрішньої секреції*, зокрема наднирників. Тривала гіподинамія погіршує здатність організму *адаптуватися* до фізичних навантажень та *погіршує стійкість* до хвороботворних факторів.

На сьогодні наявний широкий експериментальний матеріал, який свідчить про позитивний вплив фізичних вправ на опорно-руховий апарат, центральну нервову систему, функції кровообігу, дихання, виділення, обміну речовин, теплорегуляцію, діяльність органів внутрішньої секреції. Зокрема, фізичні навантаження є одним із найефективніших засобів профілактики серцево-судинних захворювань які виникли внаслідок порушення обміну речовин, зокрема накопичення холестерину у плазмі крові, склеризації та зменшення просвіту судин. Установлено, що фізична активність знижує рівень холестерину у крові, збільшує кількість ліпопротеїдів високої щільності, запобігаючи розвитку атеросклерозу. У процесі адаптації до фізичних навантажень збільшується просвіт коронарних судин, спостерігається зменшення артеріального тиску при гіпертензії середнього ступеня. Організм тренованих людей також легше витримує стреси, які провокують розвиток серцево-судинних захворювань.

Заняття фізичною культурою сприяють також профілактиці ожиріння. Висока потреба в енергії, яка виникає під час фізичних вправ, особливо в зоні великої та помірної потужності, сприяє використанню жирів як субстрату енергозабезпечення, що зменшує їхні запаси у депо. Є також дані про сприятливий вплив фізичних навантажень на обмін вуглеводів, зокрема, вони можуть навіть полегшувати перебіг цукрового діабету.

За даними А.В.Коробкова, попередня тренованість зменшує можливість розвитку пухлин і підвищує опірність організму щодо новоутворень. Також зростає здатність організму знешкоджувати перероджені клітини.

Фізичні тренування та загартовування підвищують ефективність спеціальних методів лікування ендокринних і нейропсихічних порушень. Сприятливий вплив засобів фізичної культури у цьому разі обумовлений нормалізацією обміну речовин і стимулювальним та стабілізуючим впливом на нейроендокринну регуляцію функцій.

Завдяки фізичному тренуванню значно поліпшується координація нервовою системою рухових і вегетативних функцій, підвищуються функціональні можливості багатьох органів і систем органів, зростають функціональні резерви організму.

10.2. Роль фізичної культури в підвищенні резистентності організму до несприятливих факторів довкілля

Заняття фізичними вправами має різноманітний вплив на організм людини. Загалом, можна виділити *специфічний* ефект фізичних навантажень, тобто адаптацію до цього навантаження, та *неспецифічний* – підвищення стійкості організму до багатьох несприятливих факторів середовища. *Адаптація до фізичних навантажень – це пристосування будови і функцій організму до потреб фізичної діяльності.* Така адаптація організму супроводжується збільшенням його функціональних можливостей, підвищенням працездатності, функціональних резервів, поліпшенням стійкості до зовнішніх впливів.

Унаслідок регулярних занять оздоровчою та масовими формами фізичного виховання та спорту неспецифічно зростає стійкість організму до багатьох несприятливих факторів, яким піддається людина (гіпоксія, підвищена чи знижена температура довкілля, інфекції тощо). Люди, які виконують фізичні вправи, рідше хворіють, легше переносять застудні захворювання, стійкіші до перегрівання й переохолодження. Збільшення стійкості організму до інших факторів середовища можна пояснити на основі концепції *загального адаптаційного синдрому* Г.Сельє. Згідно із цією концепцією, організм на навантаження будь-якої природи реагує певними загальними

змінами, що підвищує його стійкість до багатьох факторів. У розвитку синдрому виділяють три фази:

- тривоги (мобілізація сил організму);
- резистентності (пристосування організму до дії певних факторів);
- виснаження (вичерпання резервів організму).

Перша фаза відповідає стадії *фізіологічної напруги* (А.С.Солодков) організму й характеризується переважанням процесів збудження у корі, їхнім розповсюдженням на підкоркові структури, вегетативні центри. Це супроводжується активацією вегетативних функцій, підвищенням рівня обміну речовин, додаткового включення рухових одиниць, збільшенням швидкості та сили скорочення м'язів. Під час першої стадії адаптації працездатність спортсменів нестабільна, значного напруження зазнають регуляторні системи організму. Натомість саме на цій стадії відбувається стимуляція процесів синтезу, які забезпечують утворення компонентів клітин та тканин, які на наступній стадії сформують основу для підвищення резервних можливостей організму.

Друга стадія – *адаптованості* – відповідає стану нового рівня функціонування систем організму, що забезпечує підтримання гомеостазу в умовах фізичної діяльності. У цей період спостерігається високий рівень натренованості організму. Отже, з фізіологічної точки зору стан натренованості відображає такий рівень функціонального стану організму, який характеризується вдосконаленням механізмів регуляції, збільшенням фізіологічних резервів і готовністю до їхньої мобілізації, що виражається в підвищеній стійкості до інтенсивних фізичних вправ та високій працездатності.

Третя стадія *дизадаптації* розвивається при перенапруженні адаптаційних механізмів та супроводжується зниженням загальної функціональної стійкості організму. Спостерігається емоційна та вегетативна нестійкість, порушення сну, координації вегетативних й рухових функцій. Вона відповідає стану перетренованості.

Для отримання максимального оздоровчого ефекту варто дотримуватись *оптимальних* навантажень. Оптимальний *обсяг* фізичних навантажень залежить від віку, статі, функціональної підготовленості організму та низки інших факторів. На сьогодні існує кілька підходів до визначення оптимального навантаження. Найпоширеніший підхід дозволяє визначити частоту, тривалість та періодичність навантажень на основі ЧСС у стані спокою та оцінювання можливості її зростання. Раціональні, науково обґрунтовані фізичні вправи зменшують частоту захворювання людей, які ними займаються, і є важливим засобом збереження працездатності при дії несприятливих факторів зовнішнього середовища.

10.3. Вплив занять фізичними вправами на стан функціональних резервів організму людини

На думку А.С. Мозжухіна (1979), *функціональні резерви – це діапазон можливих змін функціональної активності структурних елементів організму та їхньої взаємодії між собою, який може бути використаний для досягнення результату, для адаптації до фізичних та психоемоційних навантажень та впливу факторів довкілля*. Резерви організму виявляються у зміні інтенсивності та швидкості проходження енергетичних і пластичних процесів на клітинному та тканинному рівнях, у зміні інтенсивності фізіологічних процесів на рівні органів, систем та організму загалом, у підвищенні фізичних (швидкість, сила, витривалість) і психічних (усвідомлення мети, мотивація з її досягнення) якостей, у здатності до появи нових та вдосконалення старих рухових навичок. *Функціональні резерви* організму (за Д.Н.Давиденком і А.С.Мозжухіним) об'єднують такі компоненти:

- *біохімічні резерви;*
- *фізіологічні резерви;*
- *психічні (психологічні) резерви.*

Вони формують складну ієрархічну систему (рис. 10.2), у якій фундаментом виступають біохімічні, а вершиною – психічні резерви.



Рис. 10.2. Схема функціональних резервів організму (*за Д.Н.Давиденком, 2005*)

Система *біохімічних* резервів забезпечує фундаментальні процеси енергетичного забезпечення клітинних процесів та підтримання гомеостазу, становить основу формування й реалізації фізіологічних резервів.

Фізіологічні резерви є стрижнем цієї системи, оскільки всі інші резерви проявляються та розгортаються саме на рівні функціонування фізіологічних систем. Зокрема, фізіологічні механізми за допомогою нейрогуморальних чинників регулюють

рівень функціонування системи біохімічних резервів. Фізіологічні резерви відображаються в можливості органів та систем органів змінювати свою функціональну активність і процеси взаємодії між собою для досягнення оптимального рівня функціонування організму. Відомо, що організм людини та його органи й системи під впливом різноманітних навантажень здатні значною мірою змінювати функціонування, адаптуючись до нових умов. *Фізіологічний резерв організму або його системи чи органа може бути кількісно охарактеризований як різниця між максимально можливим рівнем їх функціонування та рівнем функціонування в умовах відносного спокою (В.П. Загрядський, 1972).*

У межах підсистеми фізіологічних резервів доцільно виділити чотири блоки (див. рис. 10.2):

- блок сенсорних систем, який забезпечує сприйняття й первинний аналіз пускових і корегуючих сигналів;
- блок управління рухами;
- блок підтримання гомеостазу;
- блок реалізації рухів (м'язової системи).

Фізіологічні резерви можна класифікувати також за кількома підходами:

- за *функціональними системами* (наприклад серцево-судинної системи, зовнішнього дихання тощо);
- за фізичними якостями (сили, швидкості тощо);
- за черговістю мобілізації (ешелони).

Резерви *першого ешелону* використовуються під час повсякденної діяльності під впливом системи умовних і безумовних рефлексів. Резерви *другого ешелону* долучаються під час тренувань і змагальної діяльності під впливом тих самих стимулів, до яких додається емоційна стимуляція. Резерви *третього ешелону* задіюються лише в екстремальних ситуаціях, активуються безумовними рефлексами та гуморальними механізмами, що вмикаються лише при боротьбі за життя. На думку окремих вчених (Th. Hettinger, 1961; W. Hollmann, 1976), в

умовах повсякденної діяльності організм людини використовує лише до 35% від своїх резервів. Ще близько 35% становлять резерви, які мобілізуються при інтенсивній чи складній роботі (на думку інших вчених, резерви цієї та попередньої категорії не перевищують 50%). Понад 50–70% лежить "поріг мобілізації", який у звичних умовах з допомогою вольових зусиль не може бути подоланий.

Система *психічних резервів* функціонує на основі фізіологічних резервів, оскільки вони, з одного боку, базуються на діяльності нервової системи, а з другого – розвиваються і формуються на основі соціальної мотивації. Психічні резерви можуть розглядатись як можливості психіки, пов'язані з такими якостями як пам'ять, увага, мислення тощо, з мотивацією поведінки людини, особливостями її психологічної та соціальної адаптації.

Аналіз діапазону функціональних резервів організму здійснюється за допомогою методу *функціональних проб* – інтенсивних короткотривалих та чітко дозованих навантажень. У процесі занять фізичними вправами відбувається розширення діапазону резервних можливостей організму та вдосконалюється здатність до їхньої мобілізації.

10.4. Питання для самоконтролю

1. Причини виникнення гіподинамії. Гіподинамія як соціальна проблема.
2. Роль фізичної культури в подоланні гіподинамії та профілактиці захворювань.
3. Фізіологічні основи оздоровчої та масових форм фізичної культури.
4. Роль фізичної культури в підвищенні резистентності організму до несприятливих факторів довкілля.
5. Фізична культура та рівень функціональних резервів організму людини.

11. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЛИВУ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОРГАНІЗМ ДІТЕЙ, ЖІНОК ТА ОСІБ ЛІТНЬОГО ВІКУ

11.1. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм дітей і підлітків

Процеси адаптації організму осіб різних вікових груп до фізичних навантажень відрізняються. Особливо різко ці відмінності проявляються в молодших (діти та підлітки) та старших (особи літнього та старечого віку) групах (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

Вікова періодизація постнатального онтогенезу людини

Назва вікового періоду	Тривалість вікового періоду
Новонароджений	1–10 днів (до 4 тижнів)
Грудний вік (немовлята)	10 днів – 1 рік
Раннє дитинство	1– 3 р.
Перше дитинство (дошкільний вік)	4 – 7 р.
Друге дитинство (молодший шкільний вік)	8–12 р. (хлопчики)
	8–11 р. (дівчатка)
Підлітковий вік (середній шкільний вік)	13–16 р. (хлопчики)
	12–15 р. (дівчатка)
Юнацький вік (старший шкільний вік)	17– 21 р. (юнаки)
	16– 20 р. (дівчата)
Зрілий вік, перший період	22 – 35 р. (чоловіки)
	21– 35 р. (жінки)
Зрілий вік, другий період	36 – 60 р. (чоловіки)
	36 – 55 р. (жінки)
Літній вік	61 – 74 р. (чоловіки)
	56 – 74 р. (жінки)
Старечий вік	75 – 90 р.
Довгожителі	понад 90 р.

Адаптація дітей і підлітків до різноманітних факторів довкілля та фізичних навантажень має певні особливості порівняно з дорослими. Це обумовлено морфологічними та функціональними особливостями організму в період його росту й розвитку.

Серед *загальнобіологічних особливостей* організму в період росту та розвитку варто згадати *переважання пластичних процесів* (асиміляції) *над процесами розпаду* (дисиміляції). У зв'язку з цим для дітей характерний позитивний азотистий баланс, посилений синтез білків. Потреба в білках дітей та підлітків вища, ніж у дорослих (діти – 4 г/кг, підлітки – 2,5 г/кг, дорослий – 1,5 г/кг). У дітей і підлітків висока інтенсивність вуглеводного обміну. Проте діти характеризуються повільнішою мобілізацією вуглеводних ресурсів та меншою здатністю підтримувати інтенсивний обмін вуглеводів під час роботи, що може спричинити зменшення рівня глюкози в крові під час тривалих фізичних вправ.

Окрім того, для дітей і підлітків характерний високий *рівень функціональної активності у стані спокою*, інтенсивність енергетичного обміну в перерахунку на кілограм маси тіла перевищує рівень дорослих. Наприклад, у 8–10 років інтенсивність основного обміну в перерахунку на кілограм маси тіла у 2–2,5 рази перевищує рівень дорослих. Підвищений рівень основного обміну обумовлюється інтенсивними пластичними процесами, а також інтенсивнішою, ніж у дорослих, роботою дихальної, серцево-судинної системи, та інтенсивнішою тепловіддачею.

Водночас *максимальний* рівень функціональних можливостей багатьох систем організму дітей і підлітків значно нижчий, ніж у дорослих. *Резервні можливості* дітей приблизно у 2 рази менші, ніж у дорослих. Унаслідок цього процеси адаптації вимагають *значно напруженішого функціонування* організму дитини у порівнянні з дорослим. Слід зазначити, що адаптаційні можливості організму дітей і підлітків різко зни-

жуються у *критичні періоди розвитку* (2–3,5 р., 6–8 р. та в період статевого дозрівання – з 11–12 до 15 р.).

Ще однією особливістю адаптації дітей є *низька економність та ефективність адаптаційних реакцій*. Для них характерна нижча економність м'язової роботи, яка з віком зростає. Зокрема, під час виконання фізичних навантажень дитина 8–9 р. на 1 кГм роботи витрачає 7,6 мл кисню, а дорослий – 5,4 мл, тобто у 1,4 рази менше. Водночас резерви збільшення споживання кисню в дітей менші – 9–10 разів (у дорослих – 15–20 разів).

Проте важливо пам'ятати, що для точнішої характеристики індивідуального розвитку та особливостей організму доцільно враховувати і *календарний* (паспортний), і *біологічний* вік людини. Оскільки темпи індивідуального розвитку неоднакові, то й календарний вік може не збігатися з паспортним. Для оцінювання біологічного віку дітей та підлітків використовують низку *показників* (індикаторів), серед яких можна згадати *показники фізичного розвитку* (зріст, вага, обвід грудної клітки), *кістковий вік, зубний вік, міру статевого дозрівання*. Якщо біологічний вік більший за календарний, ми говоримо про процес *акселерації* або прискореного розвитку. Протилежним явищем є *ретардація* (затримка, сповільнення) розвитку. У зв`язку з наявністю обох цих процесів, діти однієї вікової групи можуть мати різний біологічний вік, що впливатиме на їхню здатність адаптуватися до фізичних навантажень.

Особливості відповіді організму дітей та підлітків на фізичні навантаження значною мірою визначаються морфологічними та функціональними особливостями їхньої серцево-судинної системи. Передусім, у процесі росту та розвитку відбувається збільшення маси, лінійних та об`ємних розмірів *серця*, зміна розвитку окремих його відділів, перебудова гістологічної структури. Так, у хлопчиків 9–10 р. маса серця становить у середньому 111 г, що вдвічі менше, ніж у дорослих (244 г). У процесі росту та розвитку спостерігається виражене збільшення шлуночків серця, особливо лівого шлуночка.

Серце дітей характеризується високим рівнем функціональної активності навіть у спокої, що визначає значне напруження окислювальних процесів у міокарді. Результатом цього є значне споживання кисню таким серцем.

З віком *ЧСС* спокою знижується (табл. 11.2), у кінці підліткового віку (14–15 р.) наближається до рівня дорослих (72–80 уд./хв). Відносна тривалість діастоли у серцевому циклі дітей менша. Характерним для дітей є нестійкий ритм серцевої діяльності, виражена зміна ритму під впливом емоцій та зовнішніх чинників (температури довкілля тощо), наявна виразна дихальна аритмія.

Таблиця 11.2

Вікові зміни параметрів серцево-судинної системи дітей та підлітків

Вік	ЧСС (уд./хв)	СО (мл)	ХОК (мл)	АТ, (мм рт. ст.)
1 рік	120	10,5	1250	95/57
5 років	100	25,0	2500	103/60
10 років	78	44,0	3200	106/60
14 років	74	59,0	4300	110/70

Тренування суттєво впливають на показники ЧСС юних спортсменів. У юних спортсменів, які тренують витривалість, (як і у дорослих спортсменів), в умовах спокою виявляється брадикардія. При виконанні фізичних вправ спостерігається зворотна залежність між максимальною ЧСС та віком дитини – чим молодша дитина, тим більша ЧСС і навпаки. Після короткотривалих фізичних навантажень у дітей і підлітків відновлення ЧСС відбувається швидше, ніж у дорослих, проте після тривалих і напружених вправ відновлення відбувається повільніше, ніж у дорослих.

Систолічний об'єм та серцевий викид (ударний об'єм) із віком зростає (див. табл. 11.2). Під час фізичних навантажень СО та ХОК у дітей збільшуються меншою мірою, ніж у доро-

слих. Діапазон збільшення СО при виконанні фізичних вправ із віком підвищується. У 8–9 років він досягає 70 мл, а у 11–15 років – 100–120 мл. ХОК у дітей 8–9 років під час фізичних навантажень може досягати 13–16 л/хв, у 14–15 років – 20–24 л/хв. Тобто, ХОК у 8–9 років може зростати у 3–4 рази, а у 14–15 років – у 5–6 разів (у дорослих – у 6–7 разів).

Під час розвитку та росту дітей і підлітків збільшується *просвіт кровоносних судин*. Унаслідок цього підвищується об'єм циркулюючої крові та створюються умови для кращого кровопостачання тканин та органів киснем і виділення із них продуктів обміну. Водночас із розширенням просвіту судин спостерігається збільшення капіляризації тканин, поява нових судин. Ці зміни інтенсивніші в дітей та підлітків, які регулярно виконують фізичні навантаження. З віком внаслідок зростання лінійних та об'ємних розмірів тіла, збільшення кількості циркулюючої крові та довжини судинного русла відбувається зростання артеріального тиску (див. табл. 11.2). Наявні певні відмінності змін цього показника під впливом фізичних навантажень. Зокрема, у дітей систолічний тиск під час виконання фізичної роботи зростає більшою мірою, ніж у дорослих.

Значні зміни у процесі росту та розвитку відбуваються також у *системі зовнішнього дихання* дітей і підлітків. Загальна ємність легень та багато її компонентів у процесі росту й розвитку зростають. Із розвитком організму змінюються також функціональні характеристики дихальної системи.

Для дітей молодшого віку характерний нестійкий ритм дихання, невелика його глибина, приблизно однакове співвідношення часу вдиху та видиху, коротка пауза. Частота дихальних рухів з віком спадає (табл. 11.3). Наприклад, у віці 5 р. частота дихання становить у середньому 25 дихальних циклів за хвилину, а у 15 р. – уже 17 за хв. Водночас збільшується дихальний об'єм (ДО) та ЖЄЛ. Зокрема, ДО підлітків (15 р.) порівняно з дошкільнятами (5 р.) значно зростає – з 150 до 450 мл. ЖЄЛ у віці 15 років, незважаючи на значне збільшення, ще не досягає рівня дорослої особи. Одночасно зростає максимальна

швидкість вдиху і видиху, результати інших функціональних проб (Штанге, Генчи тощо).

Таблиця 11.3

Вікові зміни параметрів дихальної системи дітей і підлітків

Вік	ДО (мл)	ЧД (за хв)	ЖЄЛ (л)	ХОД (л/хв)
1 рік	57	35	–	2,00
5 років	156	25	1,10–1,20	3,90
8 років	243	22	1,36–1,44	5,35
12 років	333	18	1,90–1,98	6,00
15 років	453	17	2,53–2,60	7,70

Діти характеризуються меншими можливостями посилення зовнішнього дихання під час м'язової роботи. Наприклад, у дітей 8–9 років ХОД при напруженій роботі може зростати порівняно зі станом спокою у 10–12 разів (до 50–70 л/хв), а у дорослих – у 15–18 разів (до 100–120 л/хв). Збільшення ХОД у дітей та підлітків відбувається переважно завдяки підвищенню частоти дихальних рухів, а не збільшенню глибини дихання. Це супроводжується зменшенням ефективності дихання внаслідок зростання величини мертвого простору. Так, за один дихальний цикл діти 8–9 років споживають у 3,5 разів менше кисню, ніж нетреновані дорослі та у 6 разів менше, ніж спортсмени високого класу.

Для дітей характерна менша АВР-O_2 при м'язовій роботі. Навантаження, що викликає зростання споживання кисню до рівня, близького до МСК, супроводжується збільшенням АВР-O_2 у дітей до 8 об.%, у нетренованих дорослих – до 14–15 об.%. Це вказує на збільшення з віком поглинання кисню із артеріальної крові, що є однією з причин збільшення з віком МСК (рис. 11.1).

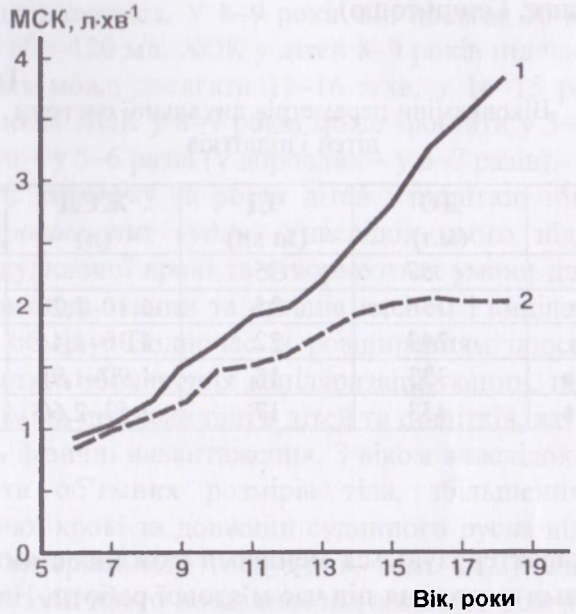


Рис. 11.1. Вікові зміни максимального споживання кисню у хлопчиків (1) та дівчат (2) (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Особливе значення для виконання фізичних навантажень має ріст та розвиток м'язової тканини. Найінтенсивніший ріст м'язових волокон відбувається саме в дитячому та підлітковому віці, зокрема до 7 років та в період статевого дозрівання. Простежити ці зміни можна не лише за збільшенням абсолютної маси м'язів, а й за зростанням вмісту м'язової тканини у складі тіла. Якщо в новонародженого маса м'язів становить 20% від ваги тіла, то на початок навчання у школі вона збільшується до 27%, а на момент завершення підліткового віку (18 років) досягає уже 44,2% (табл. 11.4). До того ж розвиток різних груп м'язів відбувається неодночасно. Під час першого року життя найбільшим розвитком характеризуються м'язи плечового поясу й рук, у дошкільному та молодшому шкільному віці відносно сильнішими є м'язи тулуба, у підлітковому

віці наростає сила м'язів кінцівок. Необхідно також пам'ятати, що розвиток скелетних м'язів взаємопов'язаний із руховою діяльністю дитини. Лише достатній розвиток мускулатури дозволяє дитині опановувати нові складні різновиди рухів (ходьба, біг, стрибки, гімнастичні вправи). Водночас рухова активність сприяє розвиткові м'язів.

Таблиця 11.4

Вікові зміни показників м'язової системи та рухових якостей дітей і підлітків

Вік	Маса м'язової тканини (%)	Макс. сила згиначів плеча (кг)	Макс. частота рухів за хв	Точність відтворення зусилля (%)
5 років	-	5,5	92	13,4
7 років	27,2	7,7	127	17,1
10 років	–	20,0	187	17,2
12 років	29,4	22,8	215	26,4
15 років	32,6	–	264	32,7
17 років	44,2	46,1	303	32,1

Під час розвитку дитини змінюються також функціональні властивості м'язів. У новонароджених усі м'язові волокна належать до повільних. Після початкового диференціювання упродовж перших 2-х років співвідношення швидких і повільних волокон залишається стабільним до 10 р. З 11–12 р. спостерігається зростання кількості швидких, а з 14 р. – повільних м'язових волокон. На цьому етапі швидко наростають усі м'язові структури. У віці 17–18 р. окислювальні можливості м'язової тканини знижуються, встановлюється характерне для дорослих співвідношення волокон різного типу. Наслідком такого зростання кількості повільних волокон та поліпшення функціональних можливостей вегетативних систем є значне (1,5–2 рази) підвищення працездатності дітей в період з 10 до 15 років. Під час вікового розвитку зростає також збудливість і

лабільність м'язової тканини. Водночас поліпшується координація м'язових скорочень. Це проявляється, зокрема, у здатності ефективно розслабляти м'язи, яка досягає свого оптимального рівня лише після 15 років. Тому лише після 15 років рухи набувають необхідної пластичності.

З розвитком опорно-рухового апарату змінюються рухові якості, такі як швидкість, сила, спритність, витривалість. Насамперед розвивається швидкість та спритність. Швидкість рухів у віці 4–5 років значно зростає, але рівня дорослого досягає лише у 13–14 років. На цей час завершується й розвиток спритності. Найбільше зростання точності рухів спостерігається саме в дошкільному та молодшому шкільному віці – з 4–5 до 7–8 років. Проте до 6–7 років діти не здатні здійснювати тонкі точні рухи в максимально короткий час. Просторова, а за нею і часова точність рухів розвивається пізніше.

Сила м'язів у віці 4–5 та 6–7 років становить 15–20% від такої дорослого. З 8 до 11 років збільшення силових показників відносно стабільне. Найінтенсивніше зростання сили спостерігається з 14 до 16–17 р. Середня величина сили різних груп м'язів у 16–17-річних порівняно з 14–річними зростає в 1,75 разу.

Витривалість дітей дошкільного віку перебуває на низькому рівні, особливо це стосується статичної роботи. У молодшому шкільному віці спостерігається зростання витривалості, проте під час статевого дозрівання вона може знову погіршитися. Витривалість у старшому шкільному віці знову досягає високих значень після деякого спаду в період статевого дозрівання. Проте на момент закінчення школи витривалість, зазвичай, не перевищує 90% від рівня витривалості дорослих. Максимального рівня показники витривалості досягають у 25–30 років.

Для дітей і підлітків характерні певні особливості перебігу станів, які виникають під час занять спортом. Передусім, зміни в показниках організму в *передстартовому* стані в них більші, ніж у дорослих. Період *врацьовування* в дітей і підлітків дещо

коротший, ніж у дорослих. Водночас тривалість підтримання *стійкого стану* менша. Розвиток *втоми* дітей супроводжується швидшими змінами працездатності, швидкості й точності рухів порівняно з дорослими. Проте зміни у складі внутрішнього середовища організму дітей менші. *Відновлення* після нетривалих інтенсивних вправ у молодших спортсменів відбувається швидше. Натомість після тривалих навантажень, а також в умовах багаторазових повторів навантажень відновлення в дітей та підлітків відбувається повільніше, ніж у дорослих.

11.2. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм жінок

Реакція фізіологічних систем організму жінок та чоловіків на фізичні навантаження, механізми адаптації до них та фізіологічні прояви натренованості принципово не відрізняються. Наявна лише кількісна відмінність, яка грунтується на особливостях чоловічого та жіночого організмів. Ці особливості можна поділити на *морфологічні* та *функціональні*. До основних морфологічних зараховують такі:

- різницю в тотальних розмірах (поздовжніх, поперечних та обводових) та масі тіла;
- різницю у складі тіла;
- різницю у пропорціях тіла.

Функціональні відмінності частково випливають із морфологічних (наприклад, у об'ємних показниках – ЖЄЛ та ін.), а також виникають через різні темпи розвитку організму та статеві відмінності обміну речовин, спричинені різною концентрацією статевих гормонів. Вони обумовлюють насамперед:

- різницю в аеробних та анаеробних можливостях;
- різну швидкість розвитку та діапазон прояву рухових якостей;
- кількісні відмінності адаптивних ефектів до фізичного навантаження;

- наявність зумовлених статевими гормонами циклічних змін функціональних можливостей жіночого організму.

В основі різниці функціональних можливостей чоловічого та жіночого організмів лежить різниця в *лінійних розмірах тіла* та у його *складі*. Якщо в середньому зріст чоловіків на 10% перевищує зріст жінок, то лише завдяки різниці в розмірах отримаємо такі відмінності:

- довжина усіх важелів та амплітуда рухів у чоловіків буде в 1,1 разу більшою;
- поверхневі (площинні) розміри, зокрема площа поперечного перерізу м'язів (зумовлює силові можливості), поверхня тіла (обумовлює тепловіддачу), поверхня легень (визначає інтенсивність газообміну) будуть більшими в 1,21 разу ($1,1^2$), у стільки ж разів більша маса тіла, МСК, серцевий викид, легенева вентиляція;
- об'ємні розміри, зокрема об'єм серця, а значить систолічний об'єм, об'єм циркулюючої крові (пов'язаний із ХОК), об'єм легень (зумовлює ЖЄЛ) у чоловіків будуть більшими в 1,33 разу ($1,1^3$).

Різниця у складі тіла між чоловіками та жінками здебільшого проявляється у вмісті м'язової та жирової тканин. М'язова тканина у складі тіла чоловіків становить до 45% маси, а у жінок – лише 35%. У зв'язку з цим, усі показники, що залежать від абсолютної та відносної кількості м'язів більші в чоловіків. Жирової тканини в жінок більше (до 25%), ніж у чоловіків, що обумовлює збільшення навантаження під час виконання роботи.

Різниця у пропорціях тіла (ширина плечей і таза, розташування центра мас тіла) має певне значення під час виконання гімнастичних вправ чи бігових навантажень, зумовлюючи відмінності в техніці їхнього виконання.

Згадані вище відмінності, а також деякі особливості обміну речовин обумовлюють різницю *аеробних та анаеробних* можливостей чоловіків і жінок.

Ємність *анаеробних систем енергозабезпечення* (алактатної та гліколітичної) у жінок менша, ніж у чоловіків. Це обумовлено, передусім, меншою масою м'язів, оскільки концентрація АТФ (4 ммоль/кг) та креатинфосфату (16 ммоль/кг) у м'язах чоловіків і жінок майже однакова. Проте, у зв'язку із меншою кількістю м'язової тканини, максимальна ємність алактатної системи нетренованих жінок становить 60 кал/кг, що значно менше, ніж у чоловіків (100 кал/кг). Потужність цієї системи в жінок на 20% менша. Ємність анаеробної лактатної системи в жінок менша – у нетренованих жінок – 100 кал/кг, а чоловіків – 200 кал/кг. Це підтверджується меншою концентрацією в крові жінок молочної кислоти.

Можливості *аеробної системи енергозабезпечення* значною мірою визначаються МСК та здатністю тривалий час підтримувати високе споживання кисню. МСК молодих чоловіків на 30–40% вище, ніж у жінок. Ця різниця зменшується до 15–20% для відносного МСК (у перерахунку на кілограм маси тіла) та майже зникає при перерахунку МСК на кілограм маси активної м'язової тканини. Різниця у МСК між спортсменами та спортсменками становить 8–12% (за іншими даними – 15–30%). В основному ця різниця зумовлюється нижчими можливостями систем транспорту кисню. У жінок меншим є об'єм циркулюючої крові (на 30%), концентрація гемоглобіну (на 10–15%), АВР-O_2 (до 30%), ХОК (20–30%). Хоча під час фізичних навантажень ЧСС у жінок перевищує значення ЧСС чоловіків, проте це не компенсує меншого СО. Водночас у жінок приблизно на 1 л менша ЖЄЛ, а максимальний ХОД – на 30%. Менші можливості системи зовнішнього дихання жінок також зумовлюються меншою дифузійною здатністю легень та менш вигідним співвідношенням частоти і глибини дихання під час роботи. Тренування аеробної спрямованості дозволяють значно (до 40%) збільшити аеробні можливості жінок, що аналогічно з показниками чоловіків.

Для жіночого організму характерними є специфічні особливості прояву та більш ранній розвиток *рухових якостей*. Для

них характерна висока координація рухів, пластичність, значна гнучкість та амплітуда рухів, вища спритність. Водночас жінки володіють нижчою силою та витривалістю. В онтогенезі найбільший приріст сили спостерігається в дівчаток у 12–14 р., а максимуму показники досягають у 15–16 р. (у чоловіків – 17–18 р.). Максимальна швидкість досягається у 13 р. (чоловіки – 15 р.), загалом показники швидкості у жінок нижчі (ЛЧРР – на 16%, швидкість руху – на 10–15%). Максимальні показники загальної витривалості в жінок спостерігаються у 18–22 р., швидкісної витривалості – у 14–15 р., статичної витривалості – у 15–20 р.

Різниця в силових можливостях дівчаток і хлопчиків досягає значних величин після 12–14 р., тобто після початку статевого дозрівання. У середньому м'язова сила жінок становить приблизно 60% такої чоловіків. Проте в жінок відносно слабші м'язи верхніх кінцівок та відносно сильніші м'язи нижніх кінцівок. Водночас різниця в силових можливостях майже зникає, якщо силу поділити на площу поперечного перерізу м'язів чи на масу м'язової тканини. Це обумовлено близькою композицією м'язів чоловіків і жінок, хоча, за даними Б.Салтена (1977), у жінок у середньому на 10% менше швидких волокон. Під впливом тренувань збільшення сили м'язів у чоловіків відбувається швидше, що обумовлено значно більшою (у 10 разів) концентрацією чоловічих статевих гормонів. Загалом, робоча гіпертрофія м'язів у жінок виражена менше, хоча під впливом силових навантажень спостерігається значне (на 20–40%) збільшення сили м'язів.

Функціонування систем організму і фізична працездатність жінок залежать від *фаз овариально-менструального циклу* (ОМЦ). ОМЦ можна розділити на такі фази:

- менструальна (1–3 день);
- постменструальна (4–12 день);
- овуляторна (13–14);
- постовуляторна (15–25 день);
- передменструальна (26–28 день).

Кожна із фаз циклу характеризується певним співвідношенням концентрації жіночих статевих гормонів (рис. 11.2).

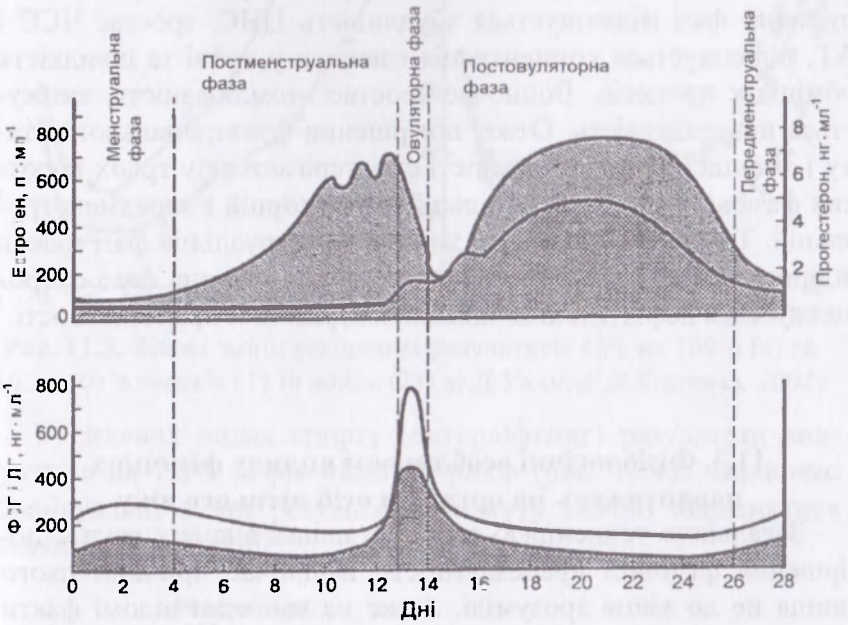


Рис. 11.2. Зміни концентрації гормонів у різних фазах ОМЦ

Характер та інтенсивність змін у функціях жіночого організму під час циклу варіабельні та індивідуальні, у зв'язку з чим можна виділити лише окремі, найзагальніші, закономірності. Зменшення концентрації еритроцитів і гемоглобіну в *менструальній* фазі знижує аеробні можливості організму, погіршує реакцію серцево-судинної системи на навантаження. Одночасно зменшуються показники сили і витривалості. У *постменструальній* фазі підвищення рівня естрогену поліпшує функціонування ЦНС, системи дихання та серцево-судинної системи, підвищується працездатність. В *овуляторній* фазі концентрація естрогену знижується, а прогестерону все ще не-

велика, спостерігається зниження рівня основного обміну, різко спадає працездатність. У *постовуляторній* фазі на фоні підвищеного рівня прогестерону знову підвищується рівень обмінних процесів та працездатність організму. У *передменструальній* фазі підвищується збудливість ЦНС, зростає ЧСС і АТ, підвищується концентрація глюкози у крові та швидкість обмінних процесів. Водночас зростає втомлюваність, знижується працездатність. Отже, погіршення функціонального стану і зменшення працездатності спостерігається у трьох коротких фазах ОМЦ – менструальній, овуляторній і передменструальній. Треба врахувати, що зміни в менструальній фазі мають індивідуальний характер, в той час як овуляторна фаза супроводжується дефінітивним зниженням фізичної працездатності.

11.3. Фізіологічні особливості впливу фізичних навантажень на організм осіб літнього віку

Загальною тенденцією в осіб старших вікових груп є погіршення фізичної працездатності. Водночас причини цього явища не до кінця зрозумілі. Адже на сьогодні відомі факти значних досягнень спортсменів-ветеранів, які зберігають високу рухову активність у літньому та навіть старечому віці. Тому, вочевидь, на сьогодні складно точно оцінити роль спадкових чинників, чинників зниження рухової активності та фізіологічних механізмів у змінах фізичної працездатності та проявів рухових якостей у старших вікових групах.

У багатьох видах спорту максимальних результатів спортсмени досягають у віці 25–30 років. Аналіз рекордних результатів засвідчив, що в чоловіків результати бігу на різні дистанції погіршуються після 25 р. на 1% за рік, а після 60 р – на 2% за рік (рис. 11.3). Аналогічну тенденцію виявлено у плаванні та велоспорті (Уилмор Д., Костилл Д., 2001).

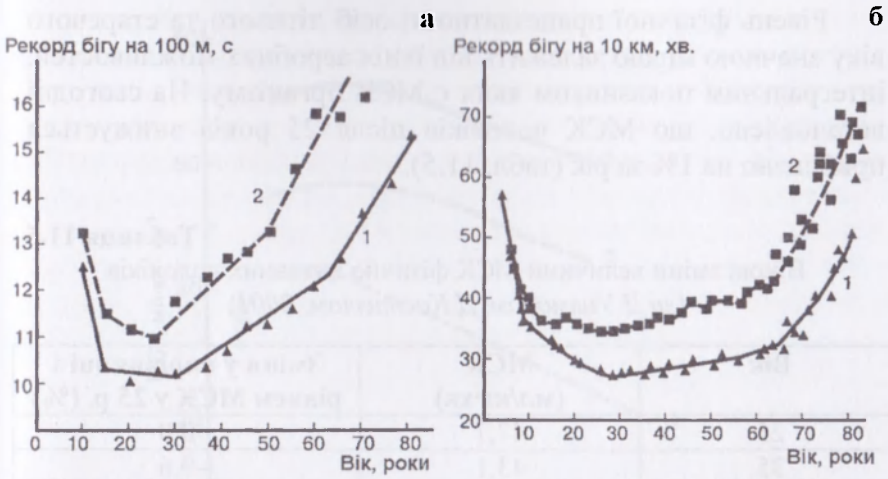


Рис. 11.3. Вікові зміни рекордних результатів бігу на 100 м (а) та 10 км (б) чоловіків (1) та жінок (2) (*за Д.Уилмор, Д.Костилл, 2001*)

У силових видах спорту (пауерліфтинг) результати знижуються на 1,8% за рік після 35 років (рис. 11.4). Водночас індивідуальні зміни результатів можуть значно відрізнятися від вказаної тенденції.

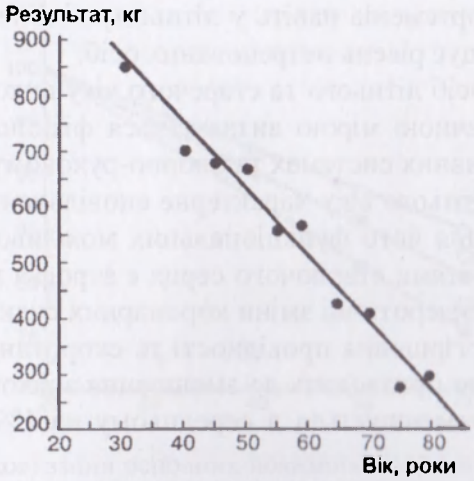


Рис. 11.4. Вікові зміни рекордів у пауерліфтингу за сумою трьох вправ (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Рівень фізичної працездатності осіб літнього та старечого віку значною мірою залежить від їхніх аеробних можливостей, інтегральним показником яких є МСК організму. На сьогодні встановлено, що МСК чоловіків після 25 років знижується приблизно на 1% за рік (табл. 11.5).

Таблиця 11.5

Вікові зміни величини МСК фізично активних чоловіків (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Вік	МСК (мл/кг·хв)	Зміни у порівнянні з рівнем МСК у 25 р. (%)
25	47,7	0,0
35	43,1	–9,6
45	39,5	–17,2
52	38,4	–19,5
63	34,5	–27,7
75	25,5	–46,5

Водночас зміни МСК з віком індивідуальні та залежать від фізичної активності особи (рис. 11.5). Також необхідно зауважити, що у спортсменів навіть у літньому віці величина МСК значно перевищує рівень нетренованих осіб.

Здатність осіб літнього та старечого віку виконувати фізичну роботу значною мірою визначається фізіологічними змінами у вегетативних системах та опорно-руховому апараті.

Для осіб літнього віку характерне сповільнення діяльності *серця*, зменшення його функціональних можливостей. Основними особливостями старіючого серця є атрофія міокарда, дилатація серця, склеротичні зміни коронарних судин. Наслідком таких змін є погіршення провідності та скоротливої здатності міокарда. Все це призводить до зменшення з віком ХОК, який після 50 років зменшується в середньому на 1% за рік (рис. 11.6).

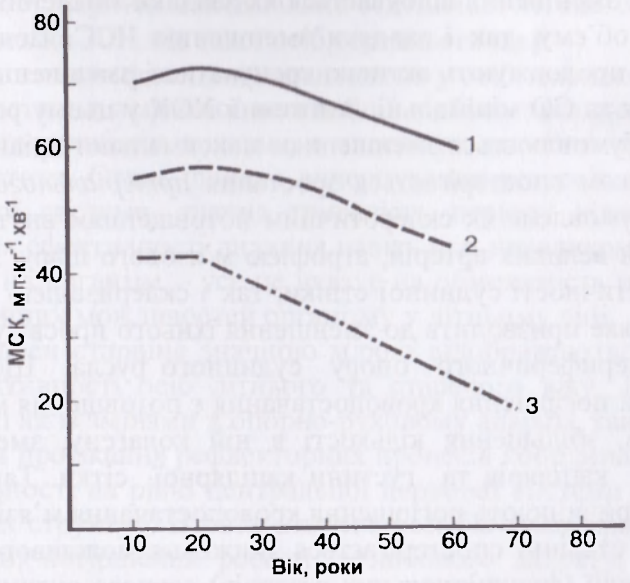


Рис. 11.5. Вікові зміни максимального споживання кисню (МСК). 1 – треновані бігуни, 2 – бігуни підтюпцем, 3 – нетреновані особи *(за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003)*

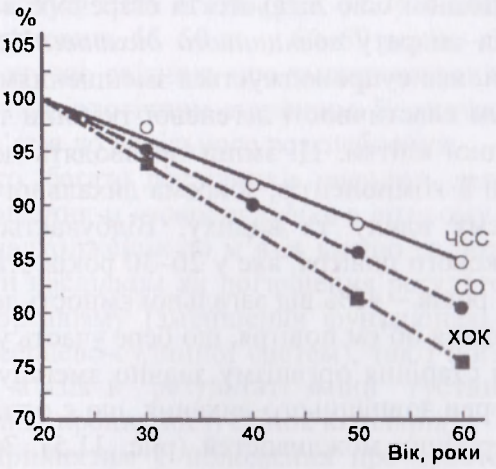


Рис. 11.6. Вікові зміни основних показників серцево-судинної системи у відсотках до рівня 20-річного віку *(за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003).*

Таке зменшення відбувається як завдяки зниженню систолічного об'єму, так і завдяки зменшенню ЧСС. Водночас у осіб, які продовжують активно тренуватися, зменшення розмірів серця та СО мінімальні. Зниження ХОК у цьому разі переважно обумовлюється зменшенням максимального рівня ЧСС.

Із віком спостерігається зростання *артеріального тиску*. Воно обумовлене як склеротичним потовщенням внутрішньої оболонки великих артерій, атрофією м'язового шару, зниженням еластичності судинної стінки, так і склеризацією дрібних артерій, яке призводить до зменшення їхнього просвіту та зростання периферичного опору судинного русла. Ще одним фактором погіршення кровопостачання є потовщення мембран капілярів, збільшення кількості в ній колагену, зменшення просвіту капілярів та густини капілярної сітки. Такі зміни судин спричинюють погіршення кровопостачання м'язів.

При старінні спостерігається зниження можливого діапазону реакції (функціональних резервів) серцево-судинної системи на дію гормональних і нервових чинників регуляції, проте зростає її чутливість до цих факторів.

Зміни в диханні осіб літнього та старечого віку зумовлюються змінами апарату *зовнішнього дихання*. Це деформація грудної клітки, яка супроводжується зменшенням її рухливості, зменшенням еластичності легеневої тканини та рухливості структур грудної клітки. Ці зміни призводять до зменшення ЖЄЛ та низки її компонентів, зокрема дихального об'єму, резервного об'єму вдиху та видиху. Відбувається зростання об'єму залишкового повітря, яке у 20–30 років становить 25%, а у віці 60–70 років – 45% від загальної ємності легень. Відповідно зменшується об'єм повітря, що бере участь у газообміні.

У процесі старіння організму значно зменшуються функціональні резерви зовнішнього дихання, що є однією з причин зменшення аеробних можливостей (рис. 11.5). Зокрема, максимальна величина вентиляції легень зменшується із 100–120 л/хв у 30–40 років до 75 л/хв у 60–70 років та 50 л/хв у

80 років. У 90 років максимальна вентиляція легень становить лише близько 30% від такої осіб середнього віку.

Під впливом фізичних навантажень у осіб старших вікових груп зростання легеневої вентиляції відбувається не шляхом збільшення глибини дихання, а внаслідок значного зростання його частоти. Отже, швидке вичерпування резервів адаптації дихальної системи, значна тривалість періоду відновлення, зниження ефективності дихання навіть при невеликому навантаженні на організм – усе це вказує на обмеженість резервів і адаптаційних можливостей організму у літньому віці.

Процеси старіння значною мірою відображаються на руховій активності осіб літнього та старечого віку. Ці зміни пов'язані як із змінами в опорно-руховому апараті, так і з погіршенням протікання рефлекторних процесів координації рухової діяльності на рівні центральної нервової системи та периферичних структур. Втрата еластичності багатьма хрящами та зв'язками, погіршення роботи суглобового апарату, призводить до скованості рухів, зменшення амплітуди та швидкості рухів у суглобах. Цьому значно сприяє також зменшення еластичності м'язів та їхньої здатності до розслаблення. Зменшуються об'єм, тонус, сила м'язів (рис. 11.7). Сила м'язів у віці 18–34 років становить 45–50 кг, у 60–69 років – 35–40 кг, а у 90 років – 25 кг, що свідчить про зменшення силових можливостей м'язів з фізіологічним старінням. Водночас погіршується здатність м'язів до довільного розслаблення.

Окрім того, багато дослідників наводять дані, котрі свідчать про погіршення *м'язової трофіки* в літньому та старечому віці. Менше надходження до м'язів кисню та поживних речовин може бути наслідком як погіршення регуляторних процесів на рівні організму (зменшення функціональних резервів дихальної та серцево-судинної систем), так і погіршення кровопостачання м'язів в результаті зміни густини капілярної сітки, зменшення проникності стінок капілярів.

Загальноприйнятим є положення про зростання з віком центральної затримки моно- та полісинаптичних рефлексів, збільшення латентних періодів м'язових рефлексів.

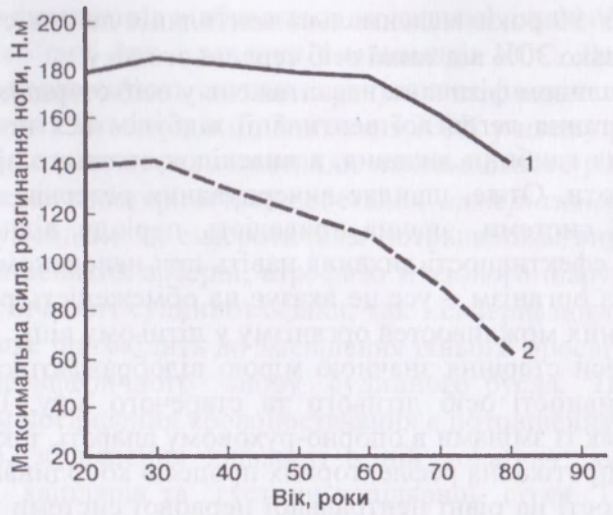


Рис. 11.7. Зміна силових характеристик м'язів з віком: 1 – за умови збереження фізичної активності, 2 – нетреновані
(за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003)

Темп рухів із віком знижується, що особливо яскраво виявляється при виконанні складних актів, які вимагають досконалої координації активності м'язів. У осіб старших вікових груп відбувається розпад комплексів поєднаних рухів, що виявляється у зменшенні співдружних рухів, так званих фізіологічних синкінезій, зміні рухових навичок. У людей літнього та старечого віку спостерігається розпад складних рухів на окремі фази за рахунок збільшення тривалості пауз.

Майже всі автори, які досліджували процеси старіння, ставили на перше місце серед засобів продовження активного довголіття та профілактики негативних змін засоби фізичного тренування. За даними Д.Уілмора та Д.Костіла (2001), тренування викликає однакове збільшення МСК у осіб віком 21–25 та 60–71 років. Ці ефекти адаптації не залежали від віку, статі та початкового рівня підготовленості. Проте у цьому віковому періоді особливого значення набуває визначення *оптимального рівня* фізичного навантаження, яке за мінімального об'єму

викликає максимально можливий позитивний результат. Необхідно враховувати також характер навантажень, зокрема уникати швидкісно-силових, стрибкових, статичних, антигравітаційних вправ. Зазвичай, споживання кисню під час оздоровчих вправ у людей літнього віку не повинно перевищувати 50–60 % МСК. Рекомендації щодо величини ЧСС під час занять відрізняються у різних авторів. На думку Н.А.Амосова, максимальна ЧСС для добре тренованих людей літнього віку – 150, а у початківців – 120–130 уд./хв. Очевидно, що в цих вікових групах при виборі інтенсивності та тривалості навантаження доцільно враховувати біологічний вік, рівень попередньої фізичної підготовки та наявність тих чи інших захворювань.

11.4. Питання для самоконтролю

1. Вікова періодизація. Акселерація та ретардація. Загальні особливості функціонування організму дітей і підлітків.
2. Вікові особливості м'язової системи та розвиток рухових якостей дітей і підлітків.
3. Фізіологічна характеристика серцево-судинної системи дітей і підлітків.
4. Фізіологічна характеристика системи зовнішнього дихання дітей і підлітків.
5. Морфологічні та функціональні особливості жіночого організму. Особливості розвитку рухових якостей, аеробних та анаеробних можливостей жінок.
6. Фізіологічні особливості тренування спортсменок з врахуванням особливостей гормональної регуляції функцій жіночого організму.
7. Фізіологічні особливості функціонування систем організму осіб літнього та старечого віку.
8. Аеробні та анаеробні можливості, особливості рухових якостей осіб літнього та старечого віку.
9. Особливості впливу фізичних навантажень на осіб старших вікових груп.

12. ФІЗИЧНА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ДОВКІЛЛЯ

12.1. Вплив високих і низьких температур на фізичну працездатність

Відомо, що спортивна діяльність супроводжується підвищеним теплоутворенням через різке зростання швидкості обмінних процесів і теплопродукції м'язів (у 15–20 разів). Тепло, утворене в м'язах, із кров'ю переноситься в ядро тіла, наслідком чого може стати *робоча гіпертермія* – підвищення температури тіла до 39–40 °С. У цьому випадку терморегулюючі системи організму повинні забезпечити віддачу зайвого тепла назовні. Це досягається переважно завдяки посиленню шкірного кровообігу із наступною віддачею тепла шляхом теплопроведення (кондукція, конвекція), випромінювання, випаровування з потом (рис. 12.1) та з поверхні дихальних шляхів.

Підвищення температури довкілля погіршує теплопроведення шляхом кондукції, конвекції та випромінювання (рис. 12.1). За умови перевищення зовнішньою температурою величини температури шкіри (близько 33 °С), тіло спортсмена починає отримувати тепло із зовнішнього середовища. Додатковим шляхом передачі тепла тілу спортсмена є сонячне випромінювання. У разі підвищеної вологості погіршується також тепловіддача шляхом випаровування поту. Вважають, що за умови досягнення парціальним тиском водяної пари рівня 40 мм рт. ст. випаровування поту припиняється. У цих умовах можливе значне зростання температури тіла. Тому за умови високої температури і вологості повітря температура тіла бігунів-марафонців може досягати 39–41 °С. Наслідком цього може стати зниження працездатності, перегрів організму, тепловий удар. *Тепловий удар* – небезпечне для життя спортсмена порушення функцій організму, виникає за підвищення температури ядра тіла до 40 °С. Окрім гіпертермії, ознаками цього стану є припинення потовиділення, гаряча і суха шкіра, тахікардія, часте дихання, підвищений АТ, порушення

або втрата свідомості. Без належної допомоги такий стан може призвести до порушення функцій ЦНС, коматозного стану і смерті.



Рис. 12.1. Основні механізми терморегуляції спортсмена та вплив на них чинників довкілля

У разі, коли немає перешкод для тепловіддачі шляхом потовиділення, його інтенсивне протікання може спричинити інше негативне явище – *дегідратацію*, або зневоднення. Вона обумовлюється значним потовиділення під час інтенсивної фізичної роботи. За умов незначної вологості повітря учасники марафонського забігу можуть втрачати з потом 20–25 мл води за хвилину (до 1,5 л/год). У бігунів на довгі дистанції втрати води з потом становлять 6–10% маси тіла, максимальні добові втрати води з потом досягають 10–12 л. Одним із найважчих наслідків збільшення потовиділення під час м'язової роботи є порушення водно-сольового балансу організму (у зв'язку з

втратою солей, зокрема натрію та хлору), яке полягає в гострій *дегідратації* (втраті води) та *зміні вмісту солей у водних фазах організму*. Дегідратація, особливо робоча, супроводжується значним зменшенням працездатності орга-нізму (рис. 12.2).

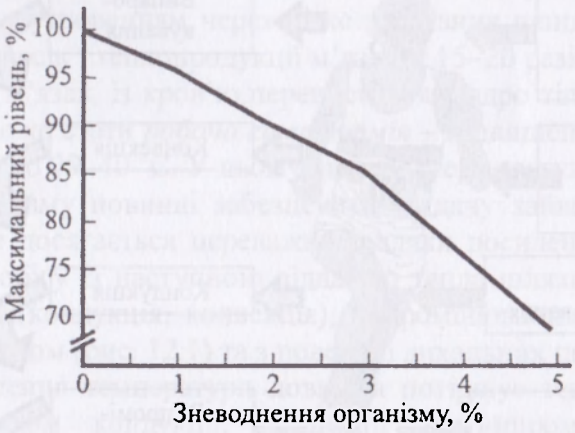


Рис. 12.2. Зміни фізичної працездатності організму внаслідок зневоднення *(за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003)*

Виражена дегідратація супроводжується також підвищенням температури тіла. Негативними наслідками дегідратації (рис. 12.3) є такі:

- зменшення об'єму плазми крові (гемоконцентрація), що підвищує в'язкість крові;
- збільшення концентрації у плазмі крові кінцевих продуктів обміну;
- погіршення діяльності серцево-судинної системи, ускладнене потовиділення;
- зменшення систолічного і хвилинного об'єму крові;
- зменшення об'єму міжклітинної і внутрішньоклітинної рідини.

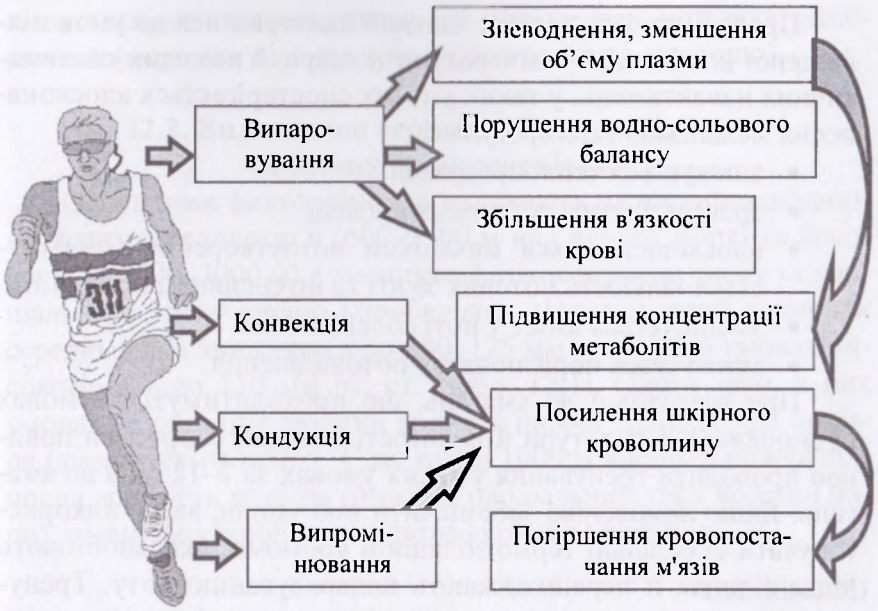


Рис. 12.3. Вплив посилення механізмів теплопродукції на функціональний стан організму спортсмена

Під час виконання фізичних вправ спостерігається посилення кровообігу у шкірі, що забезпечує перенесення тепла від ядра тіла до поверхні та його віддачу в довкілля. Унаслідок цього зростає шкірна фракція серцевого викиду, яка в умовах гарячого клімату може досягати 20% (в умовах температурного комфорту вона становить 5%). У результаті цього може погіршуватися кровопостачання інших органів, зокрема м'язів, що скорочуються.

Отже, зниження спортивної працездатності за умов підвищеної температури й вологості повітря визначається такими факторами:

- перегрів тіла (гіпертермія);
- швидка втрата води (дегідратація);
- зниження кисневотранспортних можливостей серцево-судинної системи.

Проте організм людини здатний адаптуватися до умов підвищеної вологості й температури повітря. Унаслідок систематичних навантажень, у таких умовах спостерігається вдосконалення механізмів терморегуляції:

- знижується теплопродукція;
- зростає здатність до тепловіддачі;
- вдосконалюються механізми потоутворення (збільшується кількість потових залоз та інтенсивність секреції);
- зменшується вміст у поті солей;
- знижується поріг початку потовиділення.

При підготовці до змагань, що проходитимуть в умовах підвищеної температури й вологості повітря, спортсмен повинен проводити тренування у таких умовах за 7–12 днів до змагань. Якщо неможливо забезпечити такі умови, варто використовувати спеціальні термоізоляційні костюми, які запобігають віддачі тепла й перешкоджають випаровуванню поту. Тренування в термоізоляційному костюмі викликає ефект підвищення теплової витривалості, хоча і не такий значний, як тренування в умовах підвищеної температури і вологості.

Під час перебування людини в умовах *зниженої температури* спостерігається комплекс реакцій, спрямований на зменшення тепловіддачі та підвищення теплопродукції. Це посилення обміну речовин, холодове тремтіння та звуження судин шкіри. Оскільки теплопродукція скелетних м'язів під час фізичних навантажень значно зростає, то зниження температури тіла спортсмена в умовах низької температури довкілля, як правило, не виникає. У цих умовах на фізичну працездатність може негативно вплинути необхідність витрачати значну частину енергії на теплопродукцію, перебудова обмінних процесів у напрямі посилення основного обміну. Водночас за умов тривалого перебування в холодних умовах може спостерігатися зниження температури тіла спортсменів – *гіпотермія*. У разі гіпотермії знижується МСК, максимальна тривалість виконання роботи, погіршуються силові можливості м'язів, збі-

льшується ризик травматизму. У цих умовах можливе обмороження окремих ділянок тіла (обличчя, кисті рук тощо).

12.2. Вплив умов середньо- і високогір'я на фізичну працездатність

Основними факторами, що впливають на організм людини в умовах середньогір'я (600–2500 м над рівнем моря) та високогір'я (2500–3000 м) є зменшення атмосферного тиску та парціального тиску кисню (*гіпобарична гіпоксія*), який в умовах середньогір'я знижується до 140–125 мм рт. ст.. а в умовах високогір'я – до 110 мм рт. ст. (табл. 12.1). Окрім того, в цих умовах на організм людини впливає нижча температура повітря (зменшується на 6,5 °С на кожні 1000 м висоти), нижча відносна вологість повітря (нижчий парціальний тиск водяної пари), підвищена сонячна та ультрафіолетова радіація.

Таблиця 12.1

Зміна атмосферного тиску ($P_{атм}$), парціального тиску кисню (P_{O2}) та температури (t) на різних висотах (*за Д.Уилмор, Д.Костилл, 2001)*

Висота (м)	$P_{атм}$, (мм рт. ст.)	P_{O2} (мм рт. ст.)	t (°С)
0	760	159.2	15
1000	646	141,2	8,5
2000	596	124,9	2,0
3000	526	110,2	–4,5
4000	462	96.9	–10.9
9000	231	48,4	–43.4

Умови середньо- та високогір'я, а саме гіпобарична гіпоксія, найбільшою мірою впливають на аеробні можливості організму спортсмена, його витривалість та фізичну працездатність за умови тривалих навантажень. Помітне зниження МСК спостерігається уже на висоті 1500–1600 м (рис. 12.4). При перевищенні цієї висоти рівень МСК знижується на 11% через

кожні 1000 м підйому. На висоті 3000 м МСК знижується приблизно на 25%.

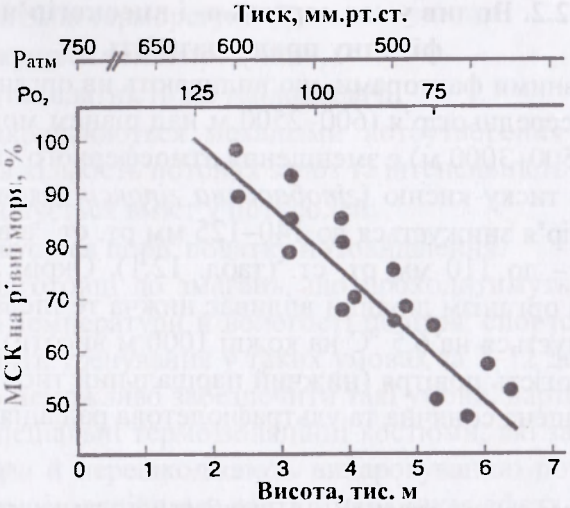


Рис. 12.4. Вплив змін атмосферного тиску ($Р_{атм}$) та парціального тиску кисню ($Р_{О2}$) на МСК організму
(за Дж.Х. Вілмором, Д.Л.Костіллом, 2003)

Зниження МСК обумовлюється зменшенням напруження кисню в артеріальній крові (*гіпоксемією*). До того ж немає суттєвої різниці між тренованими і нетренованими. Меншою мірою впливає висота на інші рухові якості та види діяльності. Сила м'язів та координація рухів не змінюється. Унаслідок зменшення щільності повітря може спостерігатися навіть поліпшення результатів на спринтерських дистанціях. Водночас процеси відновлення на висоті протікають уповільнено. Тому повторне виконання навіть короткотривалих вправ викликає більшу втому, ніж на рівні моря.

Під час тривалого перебування на висоті в організмі відбуваються зміни, які забезпечують його адаптацію до умов зниженого парціального тиску кисню. За тривалістю перебування на висоті розрізняють 4 фази акліматизації:

- гостра або термінова (до 30 хв);
- короткочасна (кілька тижнів);
- тривала (кілька місяців);
- постійна (постійне проживання на висоті).

Основним механізмом *термінової* адаптації до висоти є компенсаторне зростання легеневої вентиляції, особливо виражене при виконанні м'язової роботи. Зростання величини легеневої вентиляції прямо пропорційне до зростання висоти над рівнем моря. Стимулом до зростання легеневої вентиляції є гіпоксемія, яка стимулює хеморецептори каротидних і аортальних зон, що рефлекторно підвищують активність дихального центру. При зниженні рівня насиченості артеріальної крові киснем нижче за 80% виникає комплекс симптомів важкої гіпоксемії, що має назву "гірська хвороба". Цей стан супроводжується головним болем, швидкою втомлюваністю, порушенням сну, розладами вегетативних функцій, травлення тощо. Висотна гіпервентиляція викликає виведення із крові CO_2 – *гіпокапнію*. Гіпокапнія може стати причиною спазму м'язів та судин, особ-ливо небезпечним для організму є звуження судин головного мозку. Вимивання вуглекислоти також може супроводжуватися зміною pH крові (залужненням або *алкалозом*). Тому рівень легеневої вентиляції на висоті визначається необхідністю забезпечити адекватну потребі кількість кисню та необхідністю підтримувати кислотно-лужну рівновагу в організмі. Збільшення рівня легеневої вентиляції також супроводжується посиленою втратою рідини, що вимагає збільшеного її споживання під час перебування в горах.

Явище гіпоксемії викликає компенсаторне збільшення ХОК, яке забезпечується в основному за рахунок зростання ЧСС. Проте зміни в діяльності серцево-судинної та дихальної систем є недостатніми для підтримання необхідного рівня напруження кисню в артеріальній крові, що є основним чинником зниження МСК в умовах середньо- та високогір'я. Також необхідно пам'ятати, що у цих умовах збільшується тривалість впрацьовування та відновлення, зростає кисневий дефіцит,

зростають енерговитрати при фізичних навантаженнях (на висоті 3000 м – приблизно на 5% щодо рівня моря).

У процесі тривалого перебування в гірських умовах в організмі відбувається процес *тривалої адаптації* до гіпоксії, або висотної акліматизації. Мінімальний період висотної акліматизації залежить, передусім, від висоти і становить для висоти 2000–2500 м – 7–10 днів, 3600 м – 15–21 день, 4500 м – 21–25 днів. Тривалість періоду акліматизації значною мірою обумовлюється індивідуальними особливостями організму. Під час *тривалої* адаптації до гіпоксії в організмі відбуваються такі зміни:

- збільшення ХОД;
- посилення дифузійних можливостей легень;
- підвищення вмісту еритроцитів та гемоглобіну у крові;
- зміни на тканинному рівні.

Зміни в дихальній системі під час адаптації до гіпоксії гетерохронні – величина ХОД зростає одразу та стабілізується через тиждень перебування на висоті, а підвищення дифузійної здатності легень спостерігається лише за дуже тривалого перебування в гірських умовах. У системі крові вже в перші декілька днів перебування в горах спостерігається зменшення об'єму плазми крові, наслідком чого є *гемоконцентрація* – збільшення концентрації еритроцитів та гемоглобіну в крові. Водночас гіпоксемія стимулює еритропоез, що сприяє збільшенню загальної кількості еритроцитів та гемоглобіну в організмі (рис. 12.5, табл. 12.2). Такі зміни підвищують кисневу ємність крові (з 20 об% до 33 об% на висоті 6500 м). Одночасно у крові зменшується вміст бікарбонатів (для компенсації алкалозу) та зменшується лужний резерв (зменшується здатність організму накопичувати молочну кислоту).

Хвилинний об'єм крові та ЧСС після завершення адаптаційних змін у системі крові знижується до рівнів, характерних для рівнинних умов. Водночас залишається зниженим периферичний опір судин та артеріальний тиск.

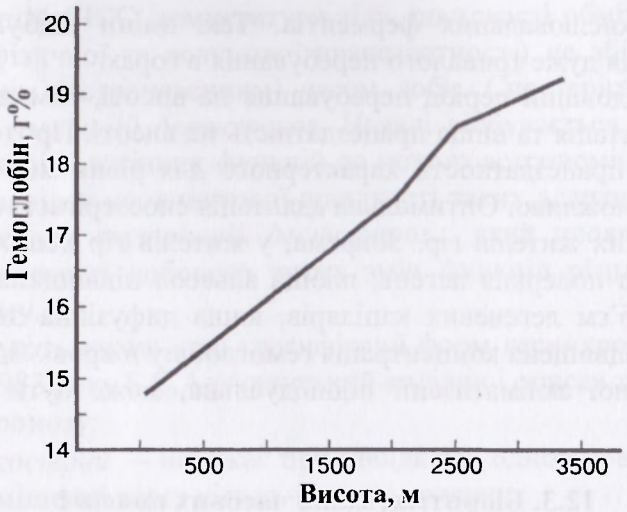


Рис. 12.5. Концентрація гемоглобіну в крові чоловіків, які проживають на різній висоті над рівнем моря (*за Д.Уилмором, Д.Костиллом, 2001*)

Таблиця 12.2

Зміни вмісту еритроцитів у крові постійних мешканців гір (*за Я.М.Коцом, 1986*)

Висота (м)	Вміст еритроцитів (млн/мм^3)
0	5,3
1500	5,5
2500	5,8
3500	6,2
4500	6,6
5500	7,3
6500	8,2

На тканинному рівні у процесі висотної акліматизації відбуваються такі зміни: посилення капіляризації тканин; збільшення концентрації міоглобіну в скелетних м'язах; підвищення вмісту мітохондрій; збільшення вмісту та підвищення акти-

вності окислювальних ферментів. Такі зміни відбуваються лише після дуже тривалого перебування в горах.

Чим довший період перебування на висоті, тим досконаліша адаптація та вища працездатність на висоті. Проте досягти рівня працездатності, характерного для рівня моря, практично неможливо. Оптимальна адаптація спостерігається лише в постійних жителів гір. Зокрема, у жителів гір дещо більша дифузійна поверхня легень, площа альвеол підвищена, збільшений об'єм легеневих капілярів, вища дифузійна здатність легень, підвищена концентрація гемоглобіну в крові. Здатність до висотної акліматизації індивідуальна, може бути цілком відсутня.

12.3. Біоритми, зміна часових поясів і фізична працездатність

Відомо, що природні умови, у яких перебуває людина, характеризуються ритмічними змінами циклічного характеру (зима–літо, день–ніч та ін.). Функціонування усіх систем організму людини також має циклічний характер і тісно пов'язане з астрономічним добовим ритмом, який зумовлює добову періодику фізіологічних функцій у живих організмах.

Добова циклічність функцій людини виявляється уже в перші дні після народження. Це виражається насамперед у зміні стану нервової системи, яка регулює діяльність інших систем організму. У дорослої людини показники кровообігу, дихання, температури тіла та інші мінімальні вночі (з 2 до 4 години), найвищі о 13–14 год. Упродовж доби рівень цих функцій коливається. Добовий ритм фізіологічних функцій досить стійкий. Ритм фізичної працездатності менш стійкий і може змінюватися залежно від часу та об'єму фізичних навантажень. Зазвичай, працездатність найвища в денні години, знижується в ранковий і вечірній час, а також уночі.

При швидкому перемішенні через кілька часових поясів відбувається зміщення внутрішніх біологічних ритмів людини відносно поясного часу, добові зміни фізіологічних показників

та функцій (ЧСС, температури тіла, швидкості обмінних процесів, фізичної та розумової працездатності) не збігаються з зовнішнім (астрономічним) часом доби. Спостерігається так званий *зовнішній десинхроноз*. Надалі відбувається адаптація ритміки фізіологічних функцій до нового астрономічного ритму. Унаслідок неодинакової швидкості таких адаптивних змін розвивається *внутрішній десинхроноз*, який проявляється в неузгодженості добового ритму змін функцій різних систем організму.

Існують також інші класифікації форм десинхронозу. Зокрема, 1983 року Б.С.Алякринський виділив і описав такі форми десинхронозу:

- *гострий* – виникає при швидкому одноразовому переміщенні через кілька часових поясів;
- *хронічний* – виникає при повторному багаторазовому переміщенні через кілька часових поясів;
- *явний* – проявляється у виражених суб'єктивних (порушення сну, втрата апетиту) та об'єктивними ознаками (зниження працездатності, зміна АТ, ЧСС тощо);
- *прихований* – розвивається в часі внаслідок припинення явного десинхронозу;
- *тотальний* – спостерігається за умов порушення діяльності всієї системи добової ритміки організму;
- *частковий* – характеризується неузгодженістю низки добових ритмів, які в нормальному стані узгоджуються один з одним за фазою та амплітудою.

Тривале перебування у стані десинхронозу може призвести до виникнення патологічних станів. У спортсменів ця проблема набуває особливої гостроти у зв'язку з необхідністю перельотів через кілька часових поясів для участі у змаганнях. Унаслідок десинхронозу при переміщенні через чотири і більше часові пояси виникають фазні зміни працездатності спортсменів:

- перша стадія (2–4 доба) – порушення добових ритмів, зниження працездатності;
- друга стадія (7–10 днів) – активна перебудова функцій організму, поступово зникають порушення сну, апетиту, настрою, самопочуття; відновлюється фізична працездатність, зберігається ослаблений імунітет;
- третя стадія – стабілізація фізіологічних функцій, відновлення високого рівня функціональних можливостей.

Вираженість десинхронозу, характер та швидкість адаптаційних змін залежать від величини поясно-часового зміщення, напрямку перельоту, контрастності погодно-кліматичного режиму, специфічних особливостей рухової діяльності спортсмена.

Помітні зміни у функціональному стані організму виникають при перетині 2–3 часових поясів. Суттєве порушення ритму фізіологічних функцій спостерігається при швидкому переміщенні через 4–5, а особливо – через 7–8 часових поясів. Загалом, адаптація організму до нового ритму відбувається зі швидкістю 90 хв за добу.

При перельоті через 7–8 часових поясів у західному напрямку екзогенний ритм, поєднуючись з ендогенним упродовж доби, сприяє розмиванню "добового" ритму, що сприяє відносно швидкому формуванню нового добового ритму. У результаті перельоту на 7–8 часових поясів у східному напрямку екзогенний ритм знаходиться у протифазі з ендогенним, наслідком чого є погіршення пристосування. Після повернення до місця постійного проживання реадаптація протікає швидше, ніж адаптація до нового часового поясу.

Суттєвий вплив на адаптаційні процеси має характер рухової діяльності (табл. 12.3) та режим рухової активності спортсмена перед перельотом та в перші дні після нього.

У представників швидкісно-силових видів спорту і спортивних ігор адаптаційні реакції виражені більше, але протікають швидше, ніж у представників видів спорту, які потребують витривалості.

Таблиця 12.3

Часова динаміка зміни працездатності спортсменів після перельоту через кілька часових поясів (*за О.С.Кулиненковым, 2007*)

Види спорту	Зміни працездатності з часом (доби)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Циклічні	н	н	↓	↓	↕	↕	↕	↕	↕	↕	н
Швидкісно-силові	н	н	↓	↓	↕	↕	↕	↕	↕	н	н
Одноборства	н	н	↕	↕	↕	н	н	н	н	н	н
Складнокоординаційні	н	н	↓	↓	↓	↕	↕	н	н	н	н
Ігрові	н	н	↕	↕	↕	н	н	н	н	н	н

Примітка: н – немає змін; ↓ – зниження; ↕ – коливання.

Важливе значення для процесу адаптації до нового часового поясу має режим дня та фізична активність спортсмена у перші дві доби після перельоту. Важливо одразу (за змогою – уже під час польоту) перейти на новий режим дня. Зокрема, дуже важливим є перший нічний сон та перше тренування.

12.4. Питання для самоконтролю

1. Спортивна працездатність в умовах підвищеної та зниженої температури та вологості довкілля.
2. Фізіологічні механізми адаптації організму спортсмена до умов середньогір'я та високогір'я.
3. Біоритми та ритмічні зміни функціональної активності організму. Десинхроноз, його фази.

13. Термінологічний покажчик

Абсолютна сила м'яза	*119*
Адаптація до фізичних навантажень	*132, 146, 153*
Аеробні вправи	*19*
Анаеробні вправи	*19*
Анаеробний поріг (поріг анаеробного обміну, ПАНО)	*100–101*
Артеріовенозна різниця за киснем АВР-O_2	*103–104*
Ацидоз	*140, 142*
Вегетативні функції	*31, 35, 36*
Витривалість (*рухова якість*)	*124–127*
Відновлення	*63–84*
Відносна сила м'яза	*119*
Вправи максимальної потужності	*24–25*
Вправи субмаксимальної потужності	*25–26*
Вправи великої потужності	*25–27*
Вправи помірної потужності	*25, 27–28*
Впрацьовування (визначення, закономірності)	*35–38*
Втома	*43–62*
Гарвардський степ-тест	*90–91*
Гіпервентиляція	*181*
Гіпертермія	*28, 56, 174*
Гіпертрофія м'язів	*120–121, 132*
Гіпоглікемія	*28, 56, 140*
Гіподинамія (гіпокінезія)	*143*
Гіпокапнія	*181*
Гіпокінезя	*143*
Гіпоксемія	*180--182*
Гіпоксія	*54, 182*
Гліколітичне фосфорилювання	*26, 48, 55, 93–94*
Глобальні вправи	*17*

Дегідратація *28, 54, 175*
Десинхроноз *184–187*
Динамічний стереотип *116–117*
Дихальний коефіцієнт *42, 107*
Дихальний об'єм (різні групи населення) *141, 157*
"Друге дихання" *35*

Ергометр *10–11*
Екстраполяція *116–117*
Еритропоез (стимуляція) *82, 182*

ЖЄЛ (різні групи населення) *141, 157*

Загальна витривалість *124–127*

Квебекський 10-секундний тест *95–97*
Квебекський 90-секундний тест *95–97*
Кисневий борг *98–99*
Кисневий дефіцит *37*
Кисневий запит *24–27, 37, 39*
Класифікація спортивних вправ *17–20*
Креатинфосфат (КФ) *24, 54, 71, 99*
Креатинфосфокіназна реакція *93–94*

Лактат (солі молочної кислоти) *48, 55, 107, 141*
Локальні вправи *17*

Максимальна довільна сила м'яза (МДС) *119*
Максимальна статична сила м'яза (МСС) *119*
Максимальне споживання кисню (максимальне поглинання кисню, МСК чи МПК) *102–106*
"Мертва точка" *37–38*

Надвідновлення *63*
Натренованість *130–142*

Поріг анаеробного обміну (ПАНО, поріг лактату) *100–101*

Передстартовий стан *29–32*
Проба Генчи *51, 136*
Проба Руф'є *92*
Проба Штанге *51, 136*

Розминка
Регіональні вправи *17*
Рухова навичка *109–117*

Серцевий викид (хвилинний об'єм крові, ХОК) *135, 141, 155*
Сила (*рухова якість*) *118–124*
Сила м'язів *119*
Силові вправи *18–20*
Силовий дефіцит *119*
Спеціальна витривалість *124–124*
Споживання кисню *25, 36, 38–40, 102*
Стадії адаптації до фізичних навантажень *147*
Стандартні навантаження (вплив на організм) *137*
Статичні навантаження *58–60*
Стійкий стан *справжній* *38–41*
Стійкий стан *уявний* *38–41*
Систолічний об'єм (ударний об'єм, СО або УО) *135, 141, 155*

Тепловий удар *174*
Тест Купера *85, 86*
Тест Маргарія *95–96*
Тест Новацкі *85, 92*
Тест Уінгейта *95–97*
Третбан (бігова доріжка) *10–11*

Феномен Ліндгарда-Верещагіна *60*
Фізична працездатність *85–108*
Фізичні вправи *глобальні* *17*

Фізичні вправи *локальні* *17*
Фізичні вправи *регіональні* *17*
Фізичні вправи *ситуаційні* (нестандартні) *20*
Фізичні вправи *стереотипні* (стандартні) *20*
Фізичні вправи *циклічні* *20, 22*
Фізичні вправи *ациклічні* *20, 23*
Фізіологія спорту та фізичного виховання (визначення, предмет, завдання) *8–12*
Функціональні резерви *148–151*

Шатл-тест *85–87*
Швидкість (*рухова якість*) *127–129*
Швидкісно-силові вправи *18, 20*

PWC_{170} *85, 87–90*

14. Література

Основна

1. Безруких М.М. Возрастная физиология: физиология развития ребенка / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер – М.: Академия, 2009. – 415 с.
2. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту / Дж.Х. Вілмор, Д.Л. Костілл – К.: Олімпійська література, 2003. – 655 с.
3. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков и др. – К.: Олимпийская л-ра, 2000. – 504 с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей / В.А. Романенко – Донецк, ДОННУ, 2005. – 290 с.
5. Солодков А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб – М.: Терра-спорт, 2001. – 520 с.
6. Спортивна физиология / Под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
7. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл. – К: Олимп. л-ра, 2001. – 504 с.
8. Физиология человека / Под ред. Н.В. Зимкина. – М.: Физкультура и спорт, 1976. – 496 с.
9. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія / Є.О.Яремко – Л.: СПОЛОМ, 2006. – 159 с.

Додаткова

1. Амосов Н.М. Физическая активность и сердце / Н.М. Амосов, Я.А. Бендет. – К.: Здоровье, 1984. – 232 с.
2. Апанасенко Г.А. Избранные статьи о здоровье / Г.А. Апанасенко – К., 2005. – 48 с.
3. Арселли Э. Тренировка в марафонском беге: научный подход / Э. Арселли, Р. Канова – М.: "Терра-Спорт", 2000. – 250 с.
4. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик – М.: Медицина, 1990. – 192 с.

5. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 240 с.
6. Брехман И.И. Валеология – наука о здоровье / И.И. Брехман – М.: ФКиС, 1990. – 208 с.
7. Булич Е.Г. Здоровье человека. Биологическая основа жизнедеятельности и двигательная активность в ее стимуляции / Е.Г. Булич, Н.В. Муравов– К.: Олимп. литер., 2003 – 424 с.
8. Виру А.А. Аэробные упражнения / А.А. Виру, Г.А. Юримяэ, Т.А. Смирнова – М.: ФиС, 1988. – 142 с.
9. Виру А.А. Главы из спортивной физиологии / А.А. Виру – Тартуский ун-т. – Тарту: б. и., 1990. – 95 с.
10. Вовканич Л.С. Методичні вказівки до оцінки стану здоров'я школярів (антропометричні та фізіологічні методи) / Л.С.Вовканич, М.Я.Гриньків – Львів, 2003. – 13 с.
11. Дубровский В.И. Реабилитация в спорте / В.И. Дубровский– М.: ФиС, 1991. – 200 с.
12. Завьялов А.И. Проблемы спорта на уровне человеческих возможностей / А.И. Завьялов // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 8 – С. 23-25
13. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, Г.В. Белоцерковский, И.А. Гудков – М.: ФКиС, 1988. – 208 с.
14. Кулиненков О.С. Фармакология спорта / Кулиненков О.С. – М.: МЕДпресс-информ, 2007. – 104 с.
15. Купер К. Аэробика для хорошего самочувствия / К. Купер – М.: ФКиС, 1989. – 224 с.
16. Мищенко В.Г. Функциональные возможности спортсменов / В.Г. Мищенко. – К.: Здоров'я, 1990. – 200 с.
17. Мозжухин, А.С. Роль системы физиологических резервов спортсмена в его адаптации к физическим нагрузкам / А.С. Мозжухин, Д.Н. Давиденко // Физиологические проблемы адаптации. – Тарту: [б.и.], 1984. – С. 84-87.
18. Муравов Н.В. Оздровительные эффекты физической культуры и спорта / Н.В. Муравов – К.: Здоровье, 1989. – 272 с.

19. Оценка функциональных резервов в системе управлення движением / В.Н. Голубев, Д.Н. Давиденко, А.С. Мозжухин, А.И. Шабанов // Системные механизмы адаптации и мобилизации функциональных резервов организма впроцессе достижения высшего спортивного мастерства : сб. науч. тр. – Л.:[б.и.], 1987. – С. 12–18.
20. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология / Ю.А. Ермолаев. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 443 с.
21. Пирогова Е.А. Совершенствование физического состояния человека / Е.А. Пирогова – К: Здоров'я, 1989. – 168 с.
22. Сологуб, Е.Б. Физиологические резервы коры больших полушарий,обеспечивающие выполнение движений / Е.Б. Сологуб, Ю.А. Петров, Н.В. Смагин // Характеристика функциональных резервов спортсмена. – Л. : [б.и.],1982. – С 37–43.
23. Физиолгическое тестирование спортсменов высокого класса / Под. ред. Дж.Д. Мак-Дугласа, Г.Э. Уэнгера, Г. Дж. Грина. – К.: Олимпийская л-ра, 1998. – 432 с.
24. Хрипкова А.Г. и др. Возрастная физиология и школьная гигиена – М.: Просвещение, 1990. – С. 277-280.
25. Bosco C. A simple method for measurement of mechanical power in jumping / C. Bosco, P. Luhtanen, P.V. Komi // European Journal of Applied Physiology. – 1983. – V. 50. – P. 273-282.
26. Brouha L. Step test simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult men / L. Brouha, C.W. Health, A. Graybiel // Rev Canadian Biol.– 1943.– N 2. – P. 86.
27. Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners / F. Conconi, M. Ferrari, P.G. Ziglio, P. Droghetti, L. Codeca // Journal of Applied Physiology. – 1982. – 52. – P. 869–873.
28. Identification, objectivity and validity of Conconi threshold by cycle stress tests / H. Hech, K. Bechers, W. Lammerschmidt et al. // Dtsch. Z. Sportmed. – 1989. – V. 40. – P. 388–412.

29. Margaria R. Measurement of muscular power (anaerobic) in man / R. Margaria, P. Aghemo, E. Rovelli // Journal of Applied Physiology. – 1966 – 221. – P. 1662–1664.
30. Melbo J. Is the maximal accumulated oxygen deficit on adequate measure of the anaerobic capacity / J. Melbo // Can. J. Appl. Physiol. –1996. – N 21. – P. 370–383.
31. Nowacki P.E. Dedentung der modernen kardiorespiratorischen Funktiondiagnostic fur jungendliche Zeitungssportler und ihre Trainer / P.E. Nowacki // Sportorztliche und Sportpedagogiche Retreung. – 1978, Bd. 8. – P. 153–178.

10 (502)

Навчальне видання

***Вовканич** Любомир Степанович,*
***Бергтраум** Дзвенислава Іванівна*

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ

Навчальний посібник

У двох частинах

Частина 2

ФІЗІОЛОГІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Редактори: ***Оксана БОРИС, Єлизавета ЛУПИНІС***
Видавничий редактор: ***Галина КАПІНІС***
Дизайн обкладинки: ***Анастасія ЮРЧИК***.

Підписано до друку 8.02.2013.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 11,39 Обл. вид. арк. 6,9
Наклад 300 прим.
Папір офсет. Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний.
Замовлення № 78.

ЛДУФК

Львівський державний університет фізичної культури
Редакційно-видавничий відділ
79000, м. Львів, вул. Костюшка, 11
тел. +38 (032) 261-59-90
http://www.ldufk.edu.ua/
e-mail: redaktor@ldufk.edu.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
та книгорозповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 3354 від 24.12.2008 р.

Друк
ФОП Гуменецький М. В.
81630, Львівська обл., Миколаївський р-н,
С. Гонятичі, вул. Польова,10

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
та книгорозповсюджувачів видавничої продукції
№083613 від 18.08.2008 р.



Вовканич Л.С., кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри анатомії та фізіології Львівського державного університету фізичної культури



Бергтраум Д.І., кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії та фізіології Львівського державного університету фізичної культури