

Л. І. Кудій, С. О. Коваленко

**МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У
ФІЗИЧНІЙ КУЛЬТУРІ ТА СПОРТІ**

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

Черкаси-2025

УДК 796.012.1:612.7

ББК 75.4я73

*Рекомендовано до друку вченою радою Черкаського національного
університету імені Богдана Хмельницького
(протокол №4 від 25 червня 2025 року)*

Кудій Л. І., Коваленко С. О.

Методи оцінювання фізичної працездатності у фізичній культурі та спорті : навчально-методичний посібник / Л. І. Кудій, С. О. Коваленко. Черкаси : ЧНУ ім. Богдана Хмельницького, 2025. 112 с.

У навчально-методичному посібнику викладено теоретичні основи, методика проведення та оцінка результатів дослідження фізичної працездатності відповідно до змісту навчальних дисциплін медико-біологічного циклу для здобувачів освіти спеціальності А7 Фізична культура і спорт. Представлені навчальні матеріали містять визначення ключових термінів та кількісні характеристики фізіологічних показників для поглибленого розуміння особливостей фізичної працездатності та її оцінки у фізичній культурі та спорті.

Рецензенти:

кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри спортивних дисциплін Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького О. В. Каленіченко;

кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри біології та здоров'язбережувальних технологій Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського М. С. Топчій.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ	8
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	12
2.1. Загальні вимоги до проведення функціональних проб і тестів.....	14
2.2. Форми входних впливів при дослідженні фізичної працездатності...	18
3. ВИЗНАЧАЛЬНІ ФАКТОРИ АЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	23
4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ АЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	30
<u>Лабораторна робота 4.1. Дослідження та оцінка функціональних резервів організму людини за пробою Руф'є.....</u>	30
<u>Лабораторна робота 4.2. Визначення фізичної працездатності за Гарвардським степ-тестом</u>	32
<u>Лабораторна робота 4.3. Дослідження фізичної працездатності у спортсменів за пробою PWC_{170}.....</u>	37
<u>Лабораторна робота 4.4. Дослідження фізичної працездатності у спорті з використанням специфічних навантажень за пробою PWC_{170}.....</u>	43
<u>Лабораторна робота 4.5. Дослідження фізичної працездатності у дітей за пробою PWC_{170}.....</u>	49
<u>Лабораторна робота 4.6. Дослідження фізичної працездатності у дітей шкільного віку за двоступінчастим тестом Апанасенка.....</u>	51
<u>Лабораторна робота 4.7. Дослідження фізичної працездатності у людей різного віку за пробою PWC.....</u>	53
<u>Лабораторна робота 4.8. Дослідження фізичної працездатності спортсменів за тестом Купера.....</u>	58
<u>Лабораторна робота 4.9. Дослідження фізичної працездатності спортсменів за типом реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження</u>	62

5. ВИЗНАЧАЛЬНІ ФАКТОРИ АНАЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	72
6. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ АНАЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	74
<u>Лабораторна робота 6.1.</u> Дослідження максимальної анаеробної потужності у спортсменів за тестом Маргарія.....	76
<u>Лабораторна робота 6.2.</u> Визначення порогу анаеробного обміну у спортсменів за модифікованим тестом Конконі.....	80
<u>Лабораторна робота 6.3.</u> Визначення анаеробних можливостей організму спортсменів за рівнем стійкості до гіпоксемії	83
<u>Лабораторна робота 6.4.</u> Визначення анаеробної спроможності організму спортсменів за реєстрацією часу затримки дихання.....	86
7. КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА В.С. МІЩЕНКОМ	89
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	95
СЛОВНИК ТЕРМІНІВ.....	105
ЛІТЕРАТУРА.....	108
ДОДАТКИ.....	110

ВСТУП

Провідне місце серед дисциплін медико-біологічного циклу для майбутніх тренерів, вчителів фізичної культури і фахівців із адаптивної фізичної культури займає спортивна фізіологія, яка базується на знаннях із анатомії та фізіології людини та є біологічною основою фізичної культури і спорту. Одним із ключових питань у курсі спортивної фізіології вважається розуміння фізіологічних основ фізичної працездатності та методів її дослідження.

Моніторинг фізичної працездатності у сучасних умовах є невід'ємною частиною не лише підготовки спортсменів, але й фізичної культури у закладах освіти, оздоровчих і реабілітаційних центрах, фітнес-клубах, які охоплюють широкі верстви населення. Для цього використовуються різноманітні методи дослідження, які дозволяють оцінити функціональний стан організму як за умов спокою, так і під час виконання самого навантаження та у відновлювальний період. Знання фізіологічних основ фізичної працездатності, володіння методами її дослідження та оцінки необхідні для тренерів і вчителів фізичної культури, щоб ефективно планувати навантаження та своєчасно вносити корекцію у навчально-тренувальний процес як задля підвищення спортивних результатів, уникаючи травматизму, так і з метою покращення фізичної форми осіб різного віку та рівня фізичного розвитку.

Навчально-методичний посібник створено відповідно до змісту навчальних дисциплін медико-біологічного профілю для здобувачів освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою А7 Фізична культура і спорт, в тому числі й за спеціалізаціями: «Фізична культура і спорт», «Фітнес та активне дозвілля» та «Реабілітаційна фізична культура і спорт». Представлені матеріали можуть становити інтерес також для студентів освітньої програми А4 Середня освіта (Фізична культура), оскільки пропонують виконання лабораторних робіт, які адаптовані до контингенту дітей шкільного віку.

Крім того, навчальний посібник може бути рекомендований здобувачам другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності А7 Фізична культура і спорт (ОПП «Фізична культура і спорт») для проведення експериментальної частини при написанні кваліфікаційних робіт.

Даний посібник орієнтований на опанування студентами теоретичних основ фізичної працездатності, забезпечення виконання лабораторних робіт в очному форматі та закріплення розглянутого матеріалу. Останнє передбачає самостійне опрацювання контрольних питань і тестових завдань для перевірки теоретичних знань і практичних навичок із кожної теми. Крім того, посібник пропонує варіанти дистанційного виконання 5 обов'язкових лабораторних робіт, які містять табличні дані у додатках для обчислення фізіологічних показників та/або їхнього аналізу у спортсменів різної спортивної спеціалізації та кваліфікації. Різноманітність пропонованих лабораторних занять дає можливість викладачу вибору потрібної роботи в залежності від умов дослідження, контингенту обстежуваних та наявного обладнання. Простота та доступність описаних методів дозволяє використовувати їх як в аудиторії або науково-дослідній лабораторії, так і в умовах тренування у закритому приміщенні чи на відкритому майданчику.

Автори сподіваються, що представлені матеріали будуть корисними для закріплення лекційного курсу, а завдяки завданням для самоконтролю та наявності варіантів дистанційного виконання лабораторних робіт забезпечать зручність використання в умовах різних форм організації освітнього процесу.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АТ	—	артеріальний тиск
АТдіаст.	—	артеріальний тиск діастолічний
АТсист.	—	артеріальний тиск систолічний
АТФ	—	аденозинтрифосфорна кислота
АФП	—	аеробна фізична працездатність
ВНС	—	вегетативна нервова система
ІГСТ	—	індекс Гарвардського степ-тесту
КБ	—	кисневий борг
КВАНС	—	коефіцієнт використання анаеробних спроможностей
ЛВ	—	легенева вентиляція
МАП	—	максимальна анаеробна потужність
МВЛ	—	максимальна вентиляція легень
МСК	—	максимальне споживання кисню
ПАНО	—	поріг анаеробного обміну
ССС	—	серцево-судинна система
УОК	—	ударний об'єм крові
ФРНП	—	функціональна рухливість нервових процесів
ХОК	—	хвилинний об'єм крові
ЧД	—	частота дихання
ЧСС	—	частота серцевих скорочень

1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Розуміння фізіологічних основ фізичної працездатності є фундаментальними знаннями у роботі тренера, оскільки вони дозволяють ефективно планувати тренувальний процес, коректно розвивати фізичні якості спортсменів й уникати перевантажень.

Поняття *«фізична працездатність»* відображає здатність організму людини виконувати впродовж конкретного часу певну фізичну роботу, підтримуючи оптимальний рівень функціонального стану та стійкості до втоми. У повсякденні фізична працездатність людини визначає її загальну працездатність, якість життя та стресостійкість. Фізичні навантаження у спорті потребують максимального прояву спроможностей фізичної працездатності, які визначаються спадковими факторами, а також залежать від віку, статі, стану здоров'я, способу життя, спортивної спеціалізації та кваліфікації.

Фізична працездатність є інтегральним показником функціональних спроможностей організму людини, які характеризуються такими компонентами, як склад тіла й антропометричні параметри; стан виконавчих (опорно-руховий апарат), обслуговуючих (серцево-судинна, дихальна та інші) та регуляторних (нервова, гуморальна та імунна) систем організму. Крім цього, важливим чинником є продуктивність систем енергозабезпечення, яка визначається їх потужністю, ємністю та ефективністю (табл. 1).

Більш детально розглянемо системи енергозабезпечення, що покликані відновлювати (ресинтезувати) вискоенергетичну сполуку аденозинтрифосфорну кислоту (АТФ), яке є безпосереднім джерелом енергії для м'язового скорочення. Оскільки запаси АТФ у клітинах обмежені: їх вистачає лише на короткий період інтенсивної роботи м'яза (приблизно на 1-2 секунди), тому вони мають постійно ресинтезуватися за рахунок інших джерел енергії. Виділяють два шляхи ресинтезу АТФ: анаеробний і аеробний.

Анаеробний ресинтез АТФ може відбуватися за рахунок:

1) перенесення фосфатної групи від багатого на енергію креатинфосфату на аденозиндифосфорну кислоту (АДФ). Це так звана **фосфагенна (АТФ-креатинфосфатна) система енергозабезпечення**, яка використовує в якості енергетичного субстрату для ресинтезу молекули АТФ креатинфосфат. Однак резерви останнього у м'язових клітинах також обмежені, тому ця система може підтримувати максимальну м'язову активність тривалістю до 10 секунд.

2) розщеплення глюкози та глікогену: з однієї молекули глюкози утворюється по 2 молекули АТФ і молочної кислоти, а з глікогену – 3 молекули АТФ і 2 молочної кислоти. Це **гліколітична система (анаеробний гліколіз)**, тут енергетичними субстратами виступають глюкоза та глікоген. Дана система активується майже з початку інтенсивного фізичного навантаження середньої тривалості і досягає максимальної потужності через 20-30 секунд. Загалом анаеробний гліколіз може підтримувати інтенсивну роботу до 2 хвилин залежно від рівня тренуваності та індивідуальних особливостей спортсмена, після чого організм поступово переходить переважно на аеробні механізми енергозабезпечення. Лімітуючим фактором у цій системі виступає рівень накопичення молочної кислоти у м'язовій клітині, яка дифундує у кров, спричинює зниження її рН, що, в свою чергу, пригнічує активність ферментативних систем і затримує відновлення АТФ.

Зверніть увагу, що молочна (лактатна) кислота ($C_3H_6O_3$) і лактат – це не одне й те саме сполучення. Лактат є будь-яка сіль молочної кислоти. В результаті анаеробного гліколізу утворюється молочна кислота, яка дуже швидко розщеплюється та приєднує Na^+ або K^+ , утворюючи сіль – лактат.

Аеробна енергетична система забезпечує ресинтез АТФ за рахунок оксидного фосфорилування в мітохондріях. Енергетичними субстратами для неї є вуглеводи (глюкоза, глікоген) і ліпіди. Слід зазначити, що аеробний гліколіз протікає без утворення молочної кислоти.

У таблиці 1 представлено кількісну характеристику систем енергозабезпечення за їхньою потужністю та ємністю, а також орієнтовними часовими проміжками виконання роботи за рахунок енергії, що ресинтезується даним джерелом.

Таблиця 1. – Кількісна характеристика систем енергозабезпечення (приблизні величини з розрахунку на 20 кг активної м'язової маси)

Система енергозабезпечення	Максимальна потужність (моль АТФ/хв.)	Максимальна ємність (кількість АТФ, моль)	Тривалість роботи
Анаеробна фосфагенна (алактатна, АТФ-КФ-система)	3,6	0,5	≈5-8 секунд
Анаеробна гліколітична (лактатна, анаеробний гліколіз)	1,2	1,2	≈30-90 секунд
Аеробна (окиснювальна): окиснення вуглеводів окиснення жирів	0,8 0,4	80 6000	до кількох годин

Потужність системи енергозабезпечення вимірюється максимальною кількістю АТФ, яку дане джерело здатне ресинтезувати за одиницю часу. Енергетична потужність лімітує найбільшу інтенсивність (потужність) роботи, що виконується за рахунок енергії даної системи.

Ємність системи енергозабезпечення – це максимальна кількість енергії (максимальна кількість АТФ), яка може ресинтезуватися в цілому за рахунок енергії даного джерела. Ємність системи енергозабезпечення лімітує максимальний об'єм роботи, що може бути виконаний за рахунок енергії даної системи.

З таблиці 1 видно, що максимальна потужність систем енергозабезпечення знижується у міру збільшення тривалості роботи, тоді як їхня ємність зростає.

У спортивній практиці продуктивність цих систем залежить від специфіки виду спорту та спрямованості тренувального процесу. Так, потужність анаеробної фосфагенної системи у 9 разів перевищує потужність аеробної (окиснення жирів), проте як ємність останньої у 12000 разів більша за фосфагенну.

Ще однією важливою характеристикою енергетичної системи є ефективність.

Ефективність системи енергозабезпечення – це здатність енергетичної системи ресинтезувати АТФ із найменшою витратою енергетичного субстрату (креатинфосфат, глюкоза, глікоген, жирні кислоти, рідко білки) чи споживання кисню. Найефективнішим шляхом вивільнення енергії є окиснення вуглеводів. Так, аеробне розщеплення глюкози дає у 9 разів більше енергії для ресинтезу АТФ, ніж анаеробне. До того ж, за умов окиснення вуглеводів менше споживається кисню у порівнянні з окисненням жирів.

Оскільки енергозабезпечення фізичного навантаження відбувається, як правило, одночасно аеробним та анаеробним шляхами, то за переважним внеском різних механізмів ресинтезу АТФ розрізняють:

- анаеробну (безкисневу) фізичну працездатність;
- аеробну (за участю кисню) фізичну працездатність;
- аеробно-анаеробну (змішану) фізичну працездатність.

Контрольні питання

1. Яка сполука є безпосереднім джерелом енергії для м'язового скорочення? Назвіть шляхи відновлення цього безпосереднього джерела енергії.
2. Перерахуйте енергетичні субстрати, які можуть використовуватися організмом для ресинтезу молекули АТФ.

3. Як запасуються вуглеводи в організмі? Фізіологічні механізми депонування та розщеплення вуглеводів як джерела енергії.
4. Яка система енергозабезпечення характеризується найбільшою потужністю? Наведіть приклади фізичних навантажень, які виконуються виключно або переважно за рахунок даної системи енергозабезпечення.
5. Яка система енергозабезпечення характеризується найбільшою ємністю? Наведіть приклади фізичних навантажень, які виконуються виключно або переважно за рахунок даної системи енергозабезпечення.
6. Яка система енергозабезпечення характеризується найбільшою ефективністю? Обґрунтуйте свою відповідь.
7. Що є лімітуючим фактором виконання фізичного навантаження за рахунок механізму анаеробного гліколізу?
8. Який із механізмів енергозабезпечення м'язового скорочення призводить до найбільшого накопичення молочної кислоти?
9. При виконанні яких фізичних навантажень в якості домінуючого енергетичного субстрату будуть використовуватися жири?
10. Охарактеризуйте обраний вами вид спорту з точки зору домінуючого джерела енергозабезпечення м'язового скорочення.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Знання та вміння проводити оцінку фізичної працездатності спортсменів є необхідними у професійній діяльності тренера з обраного виду спорту для правильного аналізу фізичного стану, рівня підготовленості та адаптованості до фізичних навантажень. Існує дві групи методів дослідження фізичної працездатності.

Прямі методи базуються на вимірюванні:

- максимальної потужності фізичної роботи;
- максимального часу виконання роботи;
- максимальної кількості повторень певної вправи.

До недоліків прямих методів вимірювання фізичної працездатності можна віднести їхню інвазивність (втручання в організм, приміром взяття крові, введення спеціальних речовин тощо), використання спеціалізованого обладнання. Ці методи часто потребують значних витрат часу, залучення висококваліфікованих фахівців для проведення вимірювань і аналізу результатів, а також через виснажливі фізичні навантаження є суттєва залежність отриманих результатів вимірювань від рівня мотивації спортсмена. Крім того, прямі методи можуть бути не завжди зручними для проведення в умовах звичайних тренувань чи на великих групах спортсменів.

Непрямі методи засновані на прогнозуванні рівня фізичної працездатності:

- за фізіологічними та біохімічними показниками у стані спокою;
- за реакцією ЧСС на дозовані фізичні навантаження чи за швидкістю відновлення ЧСС після виконання таких навантажень.

Ці методи є економічними та безпечними, тому при дослідженні фізичної працездатності, особливо за умов участі великої кількості спортсменів одночасно, саме їм надають перевагу.

Поширеними методами визначення та оцінки фізичної працездатності у тренерській діяльності є функціональні проби та функціональні тести,

оскільки вони доступні та прості у використанні й водночас інформативні. Часто ці два поняття ототожнюють, проте між функціональною пробою та функціональним тестом існують певні відмінності, які представлені у таблиці 2 та полягають у меті, масштабі оцінювання та деталізації процедур.

Таблиця 2. – Відмінності між функціональною пробою та функціональним тестом

Критерій	Функціональна проба	Функціональний тест
Мета	Загальна оцінка реакцій організму	Деталізоване вивчення параметрів
Тривалість	Короткотривала	Може бути тривалішою
Обладнання	Зазвичай не потребує спеціального обладнання	Часто потребує спеціальних приладів
Результати	Орієнтовні, якісні	Точні, кількісні
Сфера застосування	Початкове обстеження	Глибокий аналіз стану

2.1. Вимоги до проведення функціональних проб і тестів

У самому загальному вигляді до функціональних проб або тестів повинні висуватися вимоги, аналогічні тим, які визначаються теорією тестів.

До числа найбільш важливих вимог відносять надійність і валідність функціональних проб і тестів. У першому випадку мова іде головним чином про відтворюваність результатів тестування під час незмінності функціонального стану організму обстежуваного і зовнішніх умов проведення тестів. У другому випадку мається на увазі точність, з якою проводиться вимірювання того чи іншого параметра, інформативність проби.

Крім метрологічних до функціональних проб висувуються і деякі додаткові вимоги. Вони стосуються вхідних впливів, вихідних сигналів і шуму.

Загальною вимогою до *вхідного впливу* є подання його у кількісних фізичних величинах. Якщо, приміром, у якості вхідного впливу

використовується фізичне навантаження, то його потужність повинна вимірюватися у ватах, кгм/хв тощо. Менш надійною вважається характеристика вхідного впливу, якщо вона представлена в кількості присідань або частоті кроків при бігу на місці. В таких випадках складно оцінити інтенсивність роботи, яка підтримувалась при тестуванні тим чи іншим обстежуваним.

Реакція організму на вхідний вплив визначається за величинами показників, які характеризують діяльність тієї чи іншої системи. Найчастіше в якості *вихідних сигналів* використовують найбільш інформативні фізіологічні показники, дослідження яких пов'язане з мінімальними труднощами (наприклад, значення пульсу, частота серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск (АТ), частота дихання (ЧД) і т.д.).

Для об'єктивної оцінки результатів тестування необхідно, щоб вихідна інформація подавалась у кількісних фізіологічних величинах. З цією метою найбільш доцільно застосовувати медичні вимірювальні прилади. Так, при визначенні ЧСС потрібно віддавати перевагу електрокардіографічному методу. Щодо вимірювань АТ під час фізичного навантаження, то звуковий метод Короткова в цих умовах завищує максимальний АТ (на 20-40 мм рт. ст.) у порівнянні з реальними його значеннями на величину так званого гемодинамічного удару. Крім того, використання даного методу під час виконання фізичного навантаження може знизити мінімальний АТ.

Менш інформативною є оцінка результатів тестування за даними якісної характеристики динаміки вихідних сигналів. При цьому мається на увазі описова оцінка результатів функціональної проби (наприклад, "ЧСС швидко відновлювалась до вихідного рівня").

І нарешті, про деякі вимоги до *шуму*. Очевидно, що чим менше шум, тим вище якість тестування і, навпаки. В якості шуму необхідно розглядати в першу чергу суб'єктивне відношення обстежуваного до процедури тестування. Важливу роль відіграє мотивація при проведенні тестів із

максимальними навантаженнями, коли обстежуваному потрібно виконувати роботу максимальної (граничної) інтенсивності чи тривалості.

Дослідження необхідно починати не раніше ніж через 1,5-2 години після прийому їжі. Бажано в день дослідження не приймати стимуляторів (кава, міцний чай). Паління слід виключити за годину до тесту, прийом алкоголю у день дослідження категорично забороняється.

У день проведення проби потрібно також виключити надмірні фізичні навантаження, що призводять до перевтоми. Перед дослідженням бажано відпочити від фізичної роботи впродовж години.

До числа загальних вимог до проведення функціональних проб відносять забезпечення нормального мікроклімату в приміщенні, в якому проводиться тестування. Приміщення має бути добре провітреним, температура в ньому повинна підтримуватися на рівні температури комфорту (+19-22°C). Велике значення має також вологість повітря (не більше 60%), атмосферний тиск і час доби.

При проведенні тестів із великими і тривалими навантаженнями, які супроводжуються інтенсивним потовиділенням, доцільно використовувати вимірювальну установку разом із вентилятором.

Приміщення повинно бути естетично добре оформленим. Необхідно забезпечити відсутність звукових, світлових та інших подразників. При проведенні функціональної проби обов'язкова наявність аптечки першої допомоги з препаратами, що стимулюють кровообіг і дихання.

Перед початком тестування обстежуваному потрібно надати інформацію стосовно його поведінки під час проби. В противному випадку отримані результати будуть визначатися емоційними реакціями. Не зважаючи на детальну інструкцію і роз'яснення щодо процедури тестування, перше дослідження нерідко виявляється недостатньо достовірним. Лише практично оволодівши методикою проби обстежувані при повторних тестуваннях дають результати, які реально відповідають функціональному стану їхнього організму.

Сучасні функціональні проби та тести набули поширення в практиці педагогічного контролю. У ряді випадків лікар навіть не залучається до проведення функціональних проб. Однак його допомога необхідна для оцінки результатів проби. Такий підхід неприпустимий під час проведення функціональних проб з максимальними (граничними) навантаженнями.

При виконанні максимальних навантажень до організму людини висуваються високі вимоги, в результаті чого можуть розвинути деякі гострі патологічні стани. Це в першу чергу відноситься до визначення максимального поглинання кисню. Проведення такої функціональної проби без участі медичного працівника неприпустимо.

Для кращого розуміння вимог до проведення в тому числі і функціональних проб наведемо *основні принципи біомедичних досліджень*, які рекомендовано Хельсінкською декларацією Всесвітньої медичної асоціації (1964, 1996).

1. Біомедичні дослідження на людях повинні відповідати загальноприйнятим принципам і базуватися на правильно виконаних лабораторних дослідах на тваринах, а також на повному знанні наукової літератури. План і виконання кожної експериментальної процедури на людях мають бути чітко сформульовані в протоколі, котрий попередньо розглядається спеціально призначеним комітетом, незалежним від дослідника чи спонсора і діючим у відповідності з законами країни, де проводиться дане дослідження.

2. Біомедичне дослідження на людях повинно проводитися виключно кваліфікованим науковим персоналом і під спостереженням компетентного лікаря. Відповідальність за обстежуваного завжди несе лікар, і ні в якому випадку не покладається на обстежуваного, навіть якщо останній дав свою згоду. Біомедичне дослідження на людях не може вважатися виправданим, якщо значимість мети не відповідає неминучому ризику для обстежуваного.

3. Кожному біомедичному дослідженню на людях повинно передувати ретельне співставлення можливого ризику з очікуваною користю для

обстежуваного або для інших осіб. Турбота про інтереси обстежуваного повинна завжди превалювати над інтересами науки і суспільства. Право обстежуваного на охорону свого здоров'я повинно завжди дотримуватися. Повинні бути прийняті всі заходи застереження для збереження особистої таємниці обстежуваного і для зведення до мінімуму впливу дослідження на його фізичне та психічне здоров'я, а також на його особистість.

4. У дослідженнях на людях кожний потенційний обстежуваний повинен отримати достатню інформацію про цілі, мету, очікувану користь і потенційний ризик досліджень, а також про незручності під час та після дослідження. Обстежуваний повинен знати про своє право утриматися від участі в дослідженнях або в будь-який момент відмовитися. Дослідник повинен отримати в обстежуваного згоду на основі повної інформації (краще у письмовому вигляді).

5. При отриманні згоди на участь у дослідженні лікар повинен бути особливо обережним, якщо суб'єкт знаходиться у залежному положенні від нього та/або може дати згоду під тиском. У цьому випадку згода може бути отримана лікарем, який не приймає участь у дослідженні і повністю незалежний від цих офіційних відношень. У випадку юридичної неправоздатності згода на основі повної інформації повинна бути отримана від законного опікуна у відповідності з національним законодавством. Якщо фізична або психічна неправоздатність унеможлиблює отримання згоди або якщо обстежуваний є неповнолітнім, дозвіл відповідального за нього родича замінює дозвіл обстежуваного у відповідності з національним законодавством. Якщо неповнолітній фактично може дати свою згоду, то вона повинна бути отримана у доповнення до згоди опікуна.

6. Протокол дослідження повинен завжди містити вказівки на прийняті до уваги етичні міркування, а також підтвердження того, що принципи, які сформульовані в даній Декларації, виконані.

2.2. **Форми вхідних впливів при дослідженні фізичної працездатності**

При дослідженні фізичної працездатності у якості вхідного впливу використовують фізичне навантаження, форми виконання якого різноманітні. Зазвичай навантаження задається за допомогою велоергометра – складного технічного приладу, в якому передбачена довільна зміна опору обертання педалей (рис. 1, а). Існує два типи велоергометрів. В одному із них різні опори задаються механічним шляхом. Наприклад, на велоергометрі системи «Монарк» можна довільно змінювати не лише опір обертання педалей, а й частоту їхнього обертання. Чим інтенсивніше навантаження, тим більше повинна бути частота педалювання.

При проведенні функціональних проб у лабораторії часто використовуються стаціонарні велоергометри, в яких зміна опору обертання педалей забезпечується за допомогою електромагнітних опорів. В цих велоергометрах частота педалювання повинна, як правило, підтримуватися обстежуваним на постійному рівні – 60-70 об./хв.

Складним технічним приладом, який застосовується для тестування, є «бігова доріжка», або тредбан.



Рис. 1. – Велоергометр (а) і тредбан (тредміл) (б).

За допомогою даного приладу імітується природний біг спортсмена. Різна інтенсивність м'язової роботи задається двома шляхами: зміною швидкості руху стрічки «бігової доріжки» (чим вона вище, тим вище й інтенсивність навантаження) або зміною кута нахилу її по відношенню до горизонтальної площини (чим більший кут нахилу, тим вище інтенсивність навантаження). В останньому випадку імітується біг угору.

Велоергометри і тредбани можуть застосовуватися при проведенні самих різних функціональних проб. При цьому потужність фізичного навантаження може змінюватися, зростаючи ступінчасто, синусоїдально, імпульсно та лінійно (рис. 2).

Прийнято вважати, що деякі види м'язової роботи, які виконуються у лабораторних умовах, відносяться до *неспецифічних форм* впливу (наприклад, біг на місці).

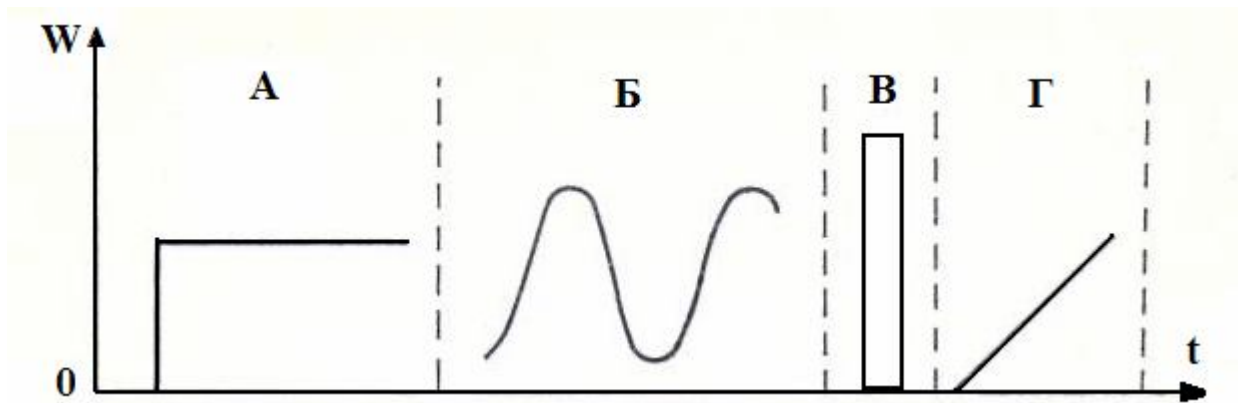


Рис. 2. – Форми входних впливів при тестуванні: А – ступінчаста; Б – синусоїдальна; В – імпульсна; Г – лінійна (W – потужність роботи; t – час).

Специфічними формами впливу є ті, котрі характерні для локомоцій в даному виді спорту: бій з тінню у боксі, кидки манекена у боротьбі тощо. Однак такий поділ значною мірою є умовним, коли мова йде про оцінку загальної працездатності: реакція вісцеральних систем організму на фізичне навантаження визначається головним чином його інтенсивністю, а не

формою. Специфічні ж проби корисні для оцінки ефективності навичок, набутих у процесі тренування, і для оцінки спеціальної працездатності.

Реєстрація вихідних сигналів під час проведення функціональних проб здійснюється диференційовано в залежності від того, яка система організму найбільш об'єктивно реагує на той чи інший тип вхідного впливу. Враховується також і доступність отримання фізіологічної інформації при тестуванні. Найчастіше досліджуються показники серцево-судинної системи, що пов'язано з її чіткими реакціями у відповідь на різноманітні види впливів на організм. Окрім цього реєстрація, наприклад, ЧСС, вимірювання АТ та деяких інших показників не викликає серйозних труднощів.

Система зовнішнього дихання і газообміну також часто використовується для оцінки фізичної працездатності організму людини. Дещо рідше з цією метою досліджується діяльність інших систем: нервової, нервово-м'язового апарату, системи крові і т.д.

Функціональні проби можна поділити в залежності від того, коли досліджуються реакції організму на різні впливи: безпосередньо під час впливу чи одразу після припинення впливу. Це так звані **тести на зусилля** та **тести на відновлення**. Так, наприклад, за допомогою електрокардіографа можна реєструвати ЧСС протягом всього часу виконання обстежуваним навантаження. Аналогічні дослідження можуть проводитися і у відновлювальний період. Очевидно, що зміна ЧСС в цих випадках надає зовсім різну інформацію: в першому випадку судять про адаптацію до фізичних навантажень, тоді як у другому – про закономірності відновлювальних реакцій. При цьому адаптація до фізичних навантажень може бути задовільною, в той час як відновлювальні процеси протікають недостатньо ефективно.

Розвиток сучасної медичної техніки дозволяє безпосередньо вивчати реакцію організму на той чи інший вплив фізичного навантаження, що дає важливу інформацію для діагностики працездатності і функціональної готовності. Вивчення ж відновлювального періоду повинно проводитися в

тому випадку, коли цей період є об'єктом тестування. Слід мати на увазі, що дані відновлювального періоду не дозволяють достатньо точно судити про адаптацію організму до навантаження. Використання цього принципу у функціональних пробах пояснюється недостатніми в той час технічними можливостями реєстрації різних фізіологічних параметрів безпосередньо під час рухів людини.

3. ВИЗНАЧАЛЬНІ ФАКТОРИ АЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Аеробна фізична працездатність (АФП) – це здатність людини виконувати глобальну роботу, що потребує значного напруження аеробних окиснювальних процесів. Прояв такої працездатності можливий в умовах достатнього надходження кисню до тканин (клітин) організму. Мірилом АФП є обсяг, потужність (інтенсивність) або граничний час виконуваного навантаження (у спорті – спортивний результат).

Аеробна фізична працездатність визначається *продуктивністю киснево-транспортної системи*, яка представлена трьома фізіологічними системами організму людини: дихання, кровообігу та крові.

Нижче розглянемо зміни, які відбуваються у цих системах під впливом тренувань задля підвищення АФП.

Зміни у системі зовнішнього дихання

1. Уповільнення дихального ритму в стані спокою (економізація дихання за рахунок зменшення відносного об'єму мертвого простору). До прикладу, в стані спокою у спортсмена, що тренується переважно за рахунок аеробного джерела енергозабезпечення, частота дихання (ЧД) може становити 6-8 цикл./хв, тоді як за умов навантаження цей показник може збільшуватися до 60-70 цикл./хв. Уповільнене дихання у тренуваної людини за умов спокою обумовлене його поглибленням (отже, величина дихального об'єму збільшується), що дозволяє забезпечити ефективний газообмін при меншій частоті дихальних рухів.

2. Зменшення опору дихальних шляхів для кращого проходження повітря до газообмінних ділянок легень.

3. Збільшення еластичності легень і рухливості грудної клітки (малорухомі з'єднання кісток грудної клітки покращують свою мобільність).

4. Збільшення сили дихальної мускулатури для забезпечення високого рівня легеневої вентиляції.

5. Підсилення дифузійної здатності легень, що дозволяє більшій кількості кисню надходити у кров і швидше виводити із організму вуглекислий газ.

6. Покращення механізмів регуляції дихання (центральна, гуморальна та рефлексорна регуляція).

Важливими фізіологічними показниками, які відображають продуктивність системи зовнішнього дихання зокрема, та рівень аеробної фізичної працездатності загалом, є наступні:

Максимальне споживання кисню (МСК) – це показник, який характеризує найбільшу величину кисню, яку людина може спожити за 1 хвилину. Саме за його значенням судять про аеробні можливості організму людини та розглядають як інтегральний параметр стану системи доставки кисню. Що більше МСК, то краще задовольняються потреби організму у кисні. У спортсменів-стаєрів високої кваліфікації МСК складає 5-6 л/хв (при розрахунку на 1 кг ваги тіла – 83-85 мл/хв). Найбільші значення МСК спостерігаються, насамперед, у представників лижного спорту (гонки) – 6-7 л/хв (до 90 мл/кг/хв). В осіб, які не займаються спортом, цей показник не перевищує 3-3,5 л/хв (менше 40 мл/кг/хв). Для оцінки змін цього параметру під час фізичного навантаження наведемо його величини у стані спокою, які відображає показник VO_2 (швидкість поглинання кисню). Так, за умов спокою значення VO_2 становить в середньому 250-300 мл/хв, що у нетренованих у 10, а у спортсменів у 20 разів менше в порівнянні з виконанням фізичного навантаження.

Час досягнення рівня МСК відображає здатність до швидкої мобілізації аеробних можливостей організму спортсмена. Так, наприклад, спортсмени високого класу з бігу на дистанціях 400, 800, 1500 м здатні досягти граничних величин даного показника вже на 30-40 секунді виконання навантаження. В багатьох видах спорту можливість підтримувати відносно тривалий час поглинання кисню на рівні, близькому до МСК, є важливішою ознакою, ніж сама величина останнього. Приміром, у бігу на

довгі дистанції кращий результат покаже спортсмен із відносно меншим МСК, але здатний триваліше підтримувати споживання кисню на рівні, близькому до цієї величини.

Максимальна вентиляція легень (МВЛ) – це найбільший об'єм повітря, який людина здатна вдихнути та видихнути за 1 хвилину при максимально глибокому та частому диханні. Цей показник обчислюється, як і величина легеневої вентиляції (ЛВ), або так званий хвилинний об'єм дихання (ХОД), але при максимальних значеннях частоти дихання (ЧД) та дихального об'єму (ДО). Тому потрібно розуміти, що

$$\text{ЛВ(ХОД)} = \text{ДО} \times \text{ЧД, тоді як } \text{МВЛ} = \text{ДО}_{\text{max}} \times \text{ЧД}_{\text{max}}$$

МВЛ в умовах довільної вентиляції у тренованих чоловіків може становити 190-200 л/хв, у жінок – 130-140 л/хв. У нетренованих легенева вентиляція при роботі не може досягнути таких величин, як у тренованих.

Час утримання максимальних для даної роботи величин ЛВ використовується для оцінки ємності аеробної системи енергозабезпечення. Спортсмени високої кваліфікації спроможні підтримувати ЛВ на рівні 80% максимальної впродовж 10-15 хв, а провідні стаєри – до 40 хв і більше.

У спортсменів із високим рівнем аеробної працездатності (наприклад, бігунів на довгі дистанції, велосипедистів, плавців) система крові зазнає низки адаптивних змін, що покращують транспорт кисню та загальну ефективність роботи організму.

Зміни у системі крові

1. Підвищення об'єму циркулюючої крові. Загальний об'єм крові може збільшитися на 15-25%, що покращує доставку кисню до м'язів і сприяє терморегуляції. Це досягається як за рахунок збільшення плазми, так і за рахунок зростання кількості еритроцитів.

2. Зростання рівня гемоглобіну та гематокриту в результаті стимуляції еритропоезу (утворення еритроцитів). Це збільшує дихальну поверхню крові та її кисневу ємність. Так, у добре тренованих спортсменів рівень гемоглобіну може становити 150-170 г/л (проти 130-150 г/л у нетренованих

людей). Для високих результатів у спорті, особливо в циклічних видах, кількість еритроцитів на 1 мм^3 крові має становити не менше 4,7 млн і не менше 14,5% гемоглобіну. Ці показники особливо важливі для спортсменів, які виконують тривалі навантаження великої та помірної потужності.

3. Лейкоцитарна формула у тренуваних, особливо стаєрів, змінена у сторону збільшення кількості лімфоцитів. Це можна розглядати як адаптивну реакцію на фізичне навантаження та підвищену потребу в імунному захисті. Лімфоцити беруть участь у процесах регенерації, зокрема у відновленні м'язових волокон після мікротравм.

4. Покращення властивостей крові (зниження в'язкості). Хоча кількість еритроцитів зростає, збільшення об'єму плазми запобігає надмірному згущенню крові. Останнє важливо для підтримки оптимального кровообігу та зменшення навантаження на серце.

5. Оптимізація буферних систем крові, що проявляється у збільшенні лужного резерву крові. У спортсменів покращується здатність крові нейтралізувати кислі продукти метаболізму (наприклад, лактатну кислоту), що сприяє витривалості та зменшенню втоми. Це відбувається завдяки збільшенню рівня гідрокарбонатів (HCO_3^-) та інших буферних систем.

Зміни у системі кровообігу

1. У спортсменів високої кваліфікації відбувається гіпертрофія міокарда, так зване «спортивне серце». Поряд з цим, камери серця розширюються, особливо збільшується об'єм лівого шлуночка, що дозволяє виштовхувати у судинне русло більше крові за одне скорочення. Це сприяє зростанню ударного (або систолічного) об'єму крові (відповідно абревіатура УОК або СОК, мл) та серцевого викиду (СВ, л/хв.). Інакше цей показник називають хвилинний об'єм крові (ХОК, л/хв.) і він обчислюється за формулою:

$$\text{СВ(ХОК)} = \text{УОК} \times \text{ЧСС}$$

Серце спортсменів якраз характеризується більшими величинами УОК як у стані спокою, так і в умовах навантаження. Під час виконання роботи у високотренованих спортсменів УОК може досягати 120-200 мл проти 70-90 мл у нетренованих. ХОК у стані спокою залишається майже однаковим, але під час навантаження може збільшуватися до 35-40 л/хв у спортсменів порівняно з 20-25 л/хв у нетренованих.

2. Зниження частоти серцевих скорочень (ЧСС) у спокої – явище брадикардії, притаманне тренованим спортсменам, як прояв довготривалої адаптації. Так, у бігунів-стаєрів ЧСС у спокої може знижуватися до 35–50 уд/хв, що є ознакою ефективної та економічної роботи серця. Тоді як в умовах граничних навантажень цей показник може досягати 210-220 уд/хв. Час утримання максимальних або близько максимальних значень ЧСС віддзеркалює ємність аеробного механізму енергозабезпечення. Спортсмени високої кваліфікації здатні тривалий час (впродовж 2-3 год.) працювати на пульсі 180-200 уд./хв.

3. Збільшення капіляризації міокарда покращує кровопостачання серцевого м'яза, що зменшує ризик ішемічних станів. Розвиток капілярної мережі проявляється у збільшенні кількості капілярів на одиницю м'язової маси. Середнє число їх у спортсменів на 1 мм поперечника м'язових волокон становить 400-450. Це покращує доставку кисню до тканин і дозволяє ефективніше видаляти продукти метаболізму. Крім того, розгалужене мікроциркуляторне русло у спортсменів дозволяє раціональніше перерозподіляти кров на користь працюючих м'язів в умовах фізичного навантаження.

4. Збільшення еластичності судин як за рахунок покращення функції ендотелію (стимулює вироблення оксиду азоту), що сприяє кращому розширенню артерій під час навантаження, так через зміцнення гладком'язового шару стінок судин, які стають більш гнучкими й стійкими

до перепадів тиску крові. Це запобігає гіпертонії та покращує загальну судинну реакцію.

Зміни у системах регуляції ланок киснево-транспортної системи

1. Зміни ***нервової регуляції*** проявляються у підвищенні активності парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи у спортсменів за умов спокою (брадикардія, брадипноїчний тип дихання, артеріальний тиск по гіпотонічному типу) та у період відновлення. Крім того, оптимізується робота симпатичної нервової системи, до прикладу, покращується мобілізація ССС під час навантаження, але без надмірного підвищення ЧСС.

2. Покращення ***рефлекторної регуляції*** обумовлене підвищеною чутливістю барорецепторів каротидного синусу та дуги аорти до змін артеріального тиску крові. Останнє забезпечує швидшу адаптацію, а саме, судини здатні швидше звужуватися або розширюватися у відповідь на такий стимул.

3. Зміни у ***гуморальній регуляції*** спрямовані на покращення транспорту та використання кисню. Відбувається підвищення рівня еритропоєтину, який стимулює утворення еритроцитів у кістковому мозку. Через збільшення концентрації гемоглобіну у крові та міоглобіну у м'язах покращується здатність транспортувати й запасати кисень. Залози внутрішньої секреції оптимізують рівень гормонів (адреналін, норадреналін, кортизол, глюкагон, тестостерон та інші) задля ефективнішого використання енергетичних ресурсів під час навантаження.

4. Зміни у ***клітинній регуляції*** забезпечують покращення утилізації кисню клітинами організму. Так, для покращення аеробного обміну у клітинах зростає кількість і активність мітохондрій, збільшується активність окиснювальних ферментів.

Отже, рівень аеробної фізичної працездатності зумовлений не лише відповідним функціональним станом опорно-рухового апарату спортсмена, а й інтегрованим впливом продуктивності киснево-транспортної системи та

механізмів її регуляції, які забезпечують оптимальне постачання та використання кисню в організмі.

Контрольні питання

1. Назвіть фізіологічні системи організму, що будуть зазнавати суттєвих змін під впливом тренувань, які покращують аеробну фізичну працездатність. Обґрунтуйте залежність рівня аеробної фізичної працездатності від продуктивності системи доставки кисню.
2. Який із фізіологічних показників вважається основним маркером стану киснево-транспортної системи?
3. Дайте пояснення щодо економічного типу дихання за умов спокою у спортсменів із високим рівнем аеробної фізичної працездатності. Як це пов'язано з об'ємом мертвого простору?
4. Які дихальні м'язи (інспіраторні та експіраторні) є основними, а які допоміжними при виконанні фізичного навантаження?
5. Які малорухомі з'єднання кісток (суглоби) грудної клітки покращують свою мобільність під впливом застосування аеробних навантажень?
6. Пригадайте, яка у нормі середня величина рівня ЛВ (ХОД) у людини у стані спокою. Оцініть функціональні можливості системи зовнішнього дихання, порівнюючи величини ЛВ та МВЛ у спортсменів.
7. Яких змін зазнає система крові у спортсменів, які спеціалізуються з видів спорту переважно на розвиток аеробної працездатності?
8. Який фізіологічний механізм збільшення кількості лімфоцитів у крові спортсменів під час виконання фізичного навантаження та деякий час після нього?
9. Дайте пояснення щодо наявної брадикардії у стані спокою у спортсменів високої кваліфікації, які розвивають аеробні можливості.
10. Які фізіологічні показники виступають маркерами (індикаторами) рівня аеробної фізичної працездатності. Наведіть кількісні значення цих показників у спортсменів у порівнянні з нетренованими людьми.

11. Проаналізуйте ваш обраний вид спорту з точки зору розвитку аеробної фізичної працездатності.

4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ АЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Як вище зазначалося, розрізняють прямі та непрямі методи дослідження фізичної працездатності. Перші – передбачають виконання фізичного навантаження зростаючої потужності або роботу до знемоги на рівні МСК. Недоліками цих методів є необхідність високої мотивації обстежуваних спортсменів і ризик виникнення небажаних наслідків у стані здоров'я. Крім того, виникає потреба в обладнанні для дозування фізичного навантаження різної потужності (велоергометр, тредбан/тредміл) та у використанні, приміром газоаналізатора для визначення кисню у вдихуваному та видихуваному повітрі. Непрямі методи є безпечнішими та доступнішими, вони базуються на прогнозуванні рівня фізичної працездатності за біохімічними та фізіологічними показниками в умовах спокою, їхньою реакцією на фізичне навантаження та швидкістю відновлення після нього. Прикладом таких методів є Гарвардський степ-тест або проба PWC₁₇₀.

Лабораторна робота 4.1. Дослідження та оцінка функціональних резервів організму людини за пробою Руф'є

Обладнання: метроном, пульсометр (секундомір).

Теоретичні основи

До числа простих й універсальних методів дослідження рівня фізичної працездатності, а також функціональних резервів організму людини відносять функціональну пробу Руф'є та її модифікацію – пробу Руф'є-Діксона. Під час їхнього проведення реєструється значення частоти серцевих скорочень у різні за часом періоди відновлення після відносно невеликих фізичних навантажень. Очевидно, останнє пояснює широке використання

проби Руф'є для визначення функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи дітей шкільного віку при розподілу їх на групи здоров'я.

Дана проба може використовуватися у роботі тренера з обраного виду спорту для оцінки рівня загальної фізичної працездатності та здатності серцево-судинної системи адаптуватися до фізичних навантажень, особливо у молодих атлетів або на початкових етапах тренувань.

Хід роботи

В обстежуваного після 5-ти хвилинного відпочинку в положенні сидячи підраховують число пульсацій за 15 с (P_1). Потім під метроном іспитований виконує 30 присідань за 45 с. Після навантаження у нього знову вимірюють число пульсацій у положенні сидячи за перші 15 с (P_2) та за останні 15 с (P_3) першої хвилини відновлювального періоду.

Отримані результати заносять до таблиці 3 і розраховують індекс Руф'є за формулою:

$$\text{Індекс Руф'є} = \frac{(4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200)}{10}$$

Таблиця – 3. Результати проби Руф'є

Учасники дослідження	P_1	P_2	P_3	Індекс Руф'є	Індекс Руф'є-Діксона

Результати оцінюються за величиною індексу від 0 до 15 умовних одиниць.

0-3 – високий рівень функціональних резервів;

4-6 – вище за середній;

7-9 – середній;

10-14 – нижче за середній;

15 і більше – низький.

Існують також інші модифікації розрахунку:

$$\text{Індекс Руф'є-Діксона} = \frac{(P_2 - 70) + (P_3 - P_1)}{10}$$

Отримане значення індексу Руф'є-Діксона записують у таблицю та оцінюють як відмінний від 0 до 2,9; середній – від 3 до 6; задовільний – від 6 до 8 і поганий – вище 8.

На основі одержаних даних роблять висновки про рівень функціональних резервів обстежуваних.

Контрольні питання

1. До якої групи методів (прямих або непрямих) відноситься проба Руф'є?
2. Які фізіологічні показники найчастіше використовують при оцінці реакцій організму людини на функціональну пробу?
3. Що обумовлює широке застосування проби Руф'є при розподілу дітей шкільного віку на групи здоров'я?
4. З якою метою проводять пробу Руф'є?

Лабораторна робота 4.2. Визначення фізичної працездатності спортсменів за Гарвардським степ-тестом

Обладнання: стандартна платформа (сходінка), метроном, секундомір.

Теоретичні основи

Даний тест, як один із класичних методів оцінки фізичної працездатності, був розроблений у Гарвардському університеті в 1940-х роках і призначався для вивчення процесів відновлення після дозованого фізичного навантаження, а також виявлення серцево-судинних захворювань.

Фізичне навантаження при Гарвардському степ-тесті задається у вигляді підйомів на стандартну платформу. До суттєвих переваг цього тесту можна віднести, по-перше, можливість розрахувати фізичну працездатність

навіть за умов завчасного припинення роботи, по-друге, необов'язковість високого рівня мотивації обстежуваного. До того ж простота виконання, наявність мінімального обладнання та об'єктивна оцінка рівня фізичної працездатності спортсменів обумовлюють широке впровадження цього методу у спортивну практику.

Втім даний тест не враховує індивідуальні особливості спортсменів (вагу, зріст, рівень тренуваності) та передбачає достатньо велике фізичне навантаження для організму людини. Приміром поглинання кисню під час проби в середньому становить 3,5 л, легенева вентиляція досягає 75 л/хв, а ЧСС на останній хвилині роботи за середніми даними підвищується до 175 уд./хв. Наведені зміни вказують на те, що Гарвардський степ-тест можна використовувати для спортсменів, які мають достатню фізичну підготовленість. Застосовувати даний тест для нетренованих людей або для спортсменів-новачків недоцільно.

Хід роботи

Обстежуваному пропонується підніматися на сходинку висотою 50 см для чоловіків і 43 см для жінок впродовж 5 хвилин із частотою 30 підйомів за хвилину (див. табл. 2). Кожний підйом і спуск виконується на 4 рахунки: 1 – підйом однією ногою на сходинку; 2 – обстежуваний стає на сходинку обома ногами, приймаючи вертикальне положення; 3 – опускання на підлогу ноги, з якої починалося сходження; 4 – опускання на підлогу другої ноги. З метою чіткого дозування частоти підйомів на сходинку та спусків використовується метроном, частота якого встановлюється на 120 уд./хв. У цьому випадку кожний рух буде відповідати одному удару метронома.

За умов, коли обстежуваний не може підтримувати задану частоту, фіксується час, протягом якого методично правильно виконувалося фізичне навантаження.

Фізична працездатність обстежуваного оцінюється шляхом підрахунку частоти пульсу, значення якого вимірюється одразу після закінчення навантаження у положенні сидячи на 2, 3, 4-й хвилинах відновлювального

періоду. При цьому реєструється число пульсацій за перші 30 с кожної хвилини.

Таблиця 4. – Вибір висоти платформи та тривалості навантаження при проведенні Гарвардського степ-тесту в залежності від статі та віку обстежуваних

Групи обстежуваних	Висота платформи (см)	Тривалість підйому (хв)
Чоловіки (після 18 років)	50	5
Жінки (після 18 років)	43	5
Підлітки та юнаки (12-18 років)	45	4
Дівчата (12-18 років)	40	4
Хлопчики і дівчатка (8-11 років)	35	3
Хлопчики і дівчатка (до 8 років)	35	2

Результати тестування подаються в умовних одиницях у вигляді індексу Гарвардського степ тесту (ІГСТ). Цю величину розраховують за наступним рівнянням:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2},$$

де t – час сходження на сходинку в секундах. Якщо обстежуваний повністю виконав програму тесту, то $t = 300$ с.

f_1, f_2, f_3 , – число пульсацій за перші 30 секунд 2, 3, 4-ї хвилин відновлювального періоду. Цифра «2» використовується для переведення числа пульсацій за 30-секундні проміжки часу в значення ЧСС, а величина 100 необхідна для представлення ІГСТ у цілих числах.

Одержані дані заносять до таблиці 5, проводять порівняльний аналіз фізичної працездатності обстежуваних і роблять висновки.

Оцінка фізичної працездатності за Гарвардським степ-тестом

Величина індексу Гарвардського степ-тесту характеризує швидкість відновлювальних процесів після достатньо напруженого фізичного навантаження. Чим швидше відновлюється пульс після Гарвардського степ-тесту, тим менше величина $f_1 + f_2 + f_3$ і тим вище ІГСТ.

Таблиця 5. – Результати Гарвардського степ-тесту

Обстежуваний (вік, стать)	Спортивна спеціалізація, кваліфікація	t (с)	Пульс за 30 с у період відновлення			ІГСТ
			f_1	f_2	f_3	

У таблиці 6 наведені критерії оцінки величини індексу Гарвардського степ-тесту, які визначені авторами проби за результатами обстеження великої кількості здорових осіб.

Таблиця 6. – Оцінка рівня фізичної працездатності за результатами Гарвардського степ-тесту

ІГСТ	Оцінка рівня
Менше 55	Низький
55-64	Нижче середнього
65-79	Середній
80-89	Вище середнього
90 і більше	Високий

У таблиці 7 наведені дані результатів Гарвардського степ-тесту у здорових нетренованих осіб і представників різних видів спорту. Як видно з таблиці, найбільші значення ІГСТ мають представники циклічних видів спорту. Серед них перші позиції за величиною ІГСТ займають спортсмени, які тренуються переважно на розвиток витривалості: у деяких бігунів високої спортивної кваліфікації цей показник перевищує 170. Представники ациклічних видів спорту мають менші величини ІГСТ.

Таблиця 7. – Оцінка результатів Гарвардського степ-тесту за Н.Д. Граєвською та Т.І. Долматовою

Оцінка	Величина індексу Гарвардського степ-тесту		
	у здорових нетренованих осіб	у представників	
		ациклічних видів спорту	циклічних видів спорту
Погана	Менше 56	Менше 61	Менше 71
Нижче середньої	56-65	61-70	71-80
Середня	66-70	71-80	81-90
Вище середньої	71-80	81-90	91-100
Добра	81-90	91-100	101-110
Відмінна	Більше 90	Більше 100	Більше 110

Контрольні питання

1. Які методичні переваги має Гарвардський степ-тест?
2. Для якого контингенту обстежуваних призначений Гарвардський степ-тест?
3. Чому у представників циклічних видів спорту величина індексу Гарвардського степ-тесту більша у порівнянні з представниками ациклічних видів спорту?

4. Дати пояснення щодо вищих значень індексу Гарвардського степ-тесту у спортсменів, які тренуються переважно на розвиток витривалості.
5. Переваги та недоліки оцінки фізичної працездатності за Гарвардським степ-тестом.

Завдання для дистанційного виконання лабораторної роботи:

1. Опрацювати теоретичний матеріал і контрольні питання, переписати тему, обладнання, хід роботи, таблицю 1 (див додатки).
2. Користуючись кількісними даними у таблиці 1 (див. додатки), обчислити ІГСТ у трьох спортсменів різної спортивної спеціалізації та кваліфікації.
3. Оцінити рівень фізичної працездатності за отриманими значеннями ІГСТ за допомогою таблиць 6-7.
4. У висновках провести порівняльний аналіз рівня фізичної працездатності спортсменів із урахуванням спортивної спеціалізації (специфіка навантаження, домінуюче джерело енергозабезпечення) та кваліфікації.
5. Переписану лабораторну роботу з обґрунтованими висновками завантажити (прикріпити) у Classroom для оцінювання.

Лабораторна робота 4.3. Дослідження фізичної працездатності у спортсменів за пробою PWC_{170}

Обладнання: велоергометр, пульсометр (секундомір).

Теоретичні основи

Проба PWC_{170} запропонована скандинавськими вченими в 50-х роках XX століття. Її позначення символом PWC_{170} (від перших літер англійського терміну «Physical Working Capacity») розшифровується як фізична працездатність на пульсі 170 уд./хв. Величина PWC_{170} відповідає тій потужності фізичного навантаження, при якій ЧСС підвищується до 170 уд./хв.

Дана проба призначена для дослідження аеробної фізичної працездатності молодих людей віком до 30 років. Вона базується на

наступних положеннях, які визначають вибір пульсу, що дорівнює саме 170 уд./хв, і спосіб розрахунку величин PWC_{170} .

1. Існує зона оптимального функціонування кардіореспіраторної системи при фізичному навантаженні. У молодих людей вона обмежується діапазоном пульсу від 170 до 200 уд./хв. Ця зона характеризує роботу серця в умовах, наближених до максимального поглинання кисню (МПК). Отже, за допомогою проби можна встановити ту потужність фізичного навантаження, яка відповідає початку зони оптимального функціонування кардіореспіраторної системи. Потужність такого навантаження є найбільшою, при якій ще можлива робота апарату кровообігу та дихання в умовах стійкого стану.

2. Між ЧСС і потужністю фізичних навантажень у відносно великій зоні потужностей м'язової роботи спостерігається лінійна залежність. Лінійний характер взаємозв'язку потужності роботи і ЧСС у більшості осіб віком до 30 років порушується при пульсі, що перевищує 170 уд./хв.

Визначення фізичної працездатності за пробою PWC_{170} буде давати надійні результати лише при дотриманні наступних умов:

1) для стандартизації процедури проба повинна виконуватися без попередньої розминки;

2) ЧСС наприкінці другого навантаження повинна бути оптимальною для конкретної особи, тобто приблизно на 10–15 уд./хв менше 170 уд./хв. Похибку при розрахунках можна звести до мінімуму шляхом наближення потужності другого навантаження до величини PWC_{170} ;

3) між навантаженнями обов'язковим є 3-хвилинний відпочинок, оскільки за його відсутності ступінь тахікардії може визначатися не тільки безпосередньо потужністю другого навантаження, а й додатково відображати неповне відновлення пульсу після першого навантаження. У такому випадку величини PWC_{170} будуть заниженими.

На рівень фізичної працездатності здійснюють впливи такі фактори, як стать, вік, розміри тіла, фізична активність, спадковість, стан здоров'я тощо.

Для нівелювання індивідуальних відмінностей у фізичному розвитку величини PWC_{170} розраховують на 1 кг маси тіла.

Великі можливості для дослідження фізичної працездатності відкривають різні варіанти проби PWC_{170} . У цих варіантах велоергометричні навантаження замінені іншими видами м'язової роботи (приміром, легкоатлетичний біг, їзда на велосипеді, плавання, біг на лижах, веслування та інші локомоції), котрі за своєю руховою структурою аналогічні навантаженням у природних умовах спортивної діяльності.

В основу проб зі специфічними навантаженнями покладена та ж сама фізіологічна закономірність, на якій базується велоергометричний варіант тесту PWC_{170} .

Хід роботи

Обстежуваний послідовно виконує два навантаження на велоергометрі протягом 5-ти хвилин із 3-хвилинним інтервалом відпочинку між ними. Частота педалювання підтримується на рівні 60-70 обертів за хвилину. Впродовж останніх 30 секунд п'ятої хвилини кожного навантаження підраховується пульс.

Потужність першого навантаження (N_1) підбирається індивідуально в залежності від маси тіла спортсмена: 6,12 кгм/хв (1 Вт) на 1 кг маси тіла для здорових чоловіків з припустимою нормальною фізичною підготовленістю; 3,06 кгм/хв (0,5 Вт) на 1 кг маси тіла для чоловіків з припустимою низькою фізичною працездатністю (для жінок відповідно 3,06 і 1,53 кгм/хв). За умов правильно заданої потужності першого навантаження значення ЧСС (f_1) буде досягати 110-115 уд./хв.

Потужність другого навантаження (N_2) визначається в залежності від потужності першого навантаження і ЧСС під час його виконання (див. табл. 8). Якщо величина N_2 правильно підібрана, то наприкінці 5-ї хвилини значення ЧСС (f_2) буде дорівнювати 150-160 уд./хв.

Розрахунки індивідуальної величини фізичної працездатності проводять за спеціальною формулою В.Л. Карпмана (1974):

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

де PWC_{170} – фізична працездатність при ЧСС 170 уд./хв;

N_1 та N_2 – відповідно потужності першого та другого навантажень;

f_1 і f_2 – ЧСС наприкінці першого та другого навантажень.

Таблиця 8. – Орієнтовні величини потужності другого навантаження (кгм/хв.) для визначення PWC_{170} у чоловіків

Потужність першого навантаження (N_1), кгм/хв	Частота серцевих скорочень при N_1 , уд./хв				
	80 – 89	90 – 99	100 – 109	110 – 119	120 – 129
	Потужність другого навантаження (N_2), кгм/хв				
150	900	800	700	600	500
250	1000	900	800	700	600
350	1100	1000	900	800	700
450	1200	1100	1000	900	800
550	1300	1200	1100	1000	900

Після визначення величини PWC_{170} потрібно розрахувати відносне значення цього показника за наступною формулою: **$PWC_{170}/\text{масу тіла (в кг)}$** . Отримані абсолютні та відносні значення PWC_{170} занести до таблиці 9 і порівняти з літературними даними, користуючись таблицею 10. Зробити висновки про рівень фізичної працездатності спортсменів.

Таблиця 9. – Результати проби PWC_{170} у спортсменів різної спеціалізації

Обстежувані	Спортивна спеціалізація, кваліфікація	PWC_{170}			
		Індивідуальні дані		Літературні дані	
		кгм/хв	(кгм/хв)/1 кг маси тіла	кгм/хв	(кгм/хв)/1 кг маси тіла

Якщо обстежуваний має низький рівень спортивної кваліфікації або є новачком в обраному виді спорту, то доцільно порівнювати отримані результати з даними таблиці 11.

Таблиця 10. – Середні величини PWC_{170} у спортсменів різної спеціалізації

Спортивна спеціалізація	PWC_{170} (кгм/хв)		
	$M \pm m$	Межі коливань	$M \pm m$ на 1 кг маси тіла
Лижники	1760±305	1140-2328	25,7±4,6
Ковзанярі	1710±284	1160-2328	24,0±3,5
Легкоатлети (біг на с/д)	1694±35	1200-2400	24,2±1,9
Велосипедисти	1670±287	1220-2130	22,6±3,9
Баскетболісти	1625±306	950-2241	18,7±2,8
Ватерполісти	1637±219	1328-2190	19,1±2,5
Веслувальники	1919±249	1125-2100	21,2±2,2
П'ятиборці	1594±265	1145-2236	21,7±2,6
Спортивна ходьба	1548±216	1250-1867	22,5±2,1
Футболісти	1529±195	1200-1910	21,7±2,5
Хокеїсти	1428±47	489-1810	20,1±2,7
Борці	1370±310	976-2150	18,6±2,5
Тенісисти	1280±284	990-1800	18,4±3,2
Важкоатлети	1148±224	750-1332	15,2±1,6
Гімнасти	1044±150	793-1400	16,5±2,0
Боксери	1360±335	948-2456	20,2±2,4
Стрибуни у воду	1195±190	868-1518	17,7±2,1

Таблиця 11. – Оцінка фізичної працездатності молодих осіб (20-29 років) різної статі за даними проби PWC_{170} (кгм/хв)

Низька	Нижче середньої	Середня	Вище середньої	Висока
Ж І Н К И				
<450	450 – 549	550 – 749	750 – 849	≥850
Ч О Л О В І К И				
<700	700 – 849	850 – 1149	1150 – 1299	≥1300

Завдання для дистанційного виконання лабораторної роботи:

1. Опрацювати теоретичний матеріал і контрольні питання, переписати тему, обладнання, хід роботи, таблицю 2 (див додатки).
2. Користуючись кількісними даними у таблиці 2 (див. додатки), обчислити абсолютну та відносну величину PWC_{170} для трьох спортсменів різної спортивної спеціалізації та кваліфікації.
3. Оцінити рівень фізичної працездатності за абсолютними значеннями PWC_{170} у трьох спортсменів за допомогою таблиці 11 та порівняти відносні значення цього показника з літературними даними таблиці 10 відповідно до виду спорту.
4. Зробити висновки стосовно встановлених величин PWC_{170} з урахуванням спортивної спеціалізації (специфіка навантаження, домінуюче джерело енергозабезпечення) та кваліфікації спортсменів.
5. Переписану лабораторну роботу з обґрунтованими висновками завантажити (прикріпити) у Classroom для оцінювання.

Лабораторна робота 4.4. Дослідження фізичної працездатності у спорті з використанням специфічних навантажень за пробою PWC₁₇₀

Обладнання: секундомір (пульсометр).

Хід роботи

Спортсмени послідовно виконують два різних за потужністю навантаження з 3-хвилинним інтервалом відпочинку між ними.

Вимірювання пульсу здійснюється впродовж останніх 30 секунд кожного навантаження за допомогою пульсометра або підраховується впродовж перших 5 секунд відновлювального періоду пальпаторно.

Проба з використанням бігу. Перше навантаження передбачає біг підтюпцем. Кожні 100 м дистанції спортсмен повинен пробігати приблизно за 30-40 с. Швидкість бігу підтримується на відносно постійному рівні, довжина дистанції – 800 м. Друге навантаження виконується з більшою швидкістю: кожні 100 м дистанції потрібно подолати приблизно за 20-30 с, підтримуючи швидкість знову ж таки відносно постійною. Тривалість дистанції – 800-1200 м.

Знаючи довжину дистанції, можна розрахувати швидкість локомоцій за формулою:

$$V = \frac{S}{t} ,$$

де V – швидкість рухів в м/с;

S – довжина дистанції в м;

t – тривалість фізичного навантаження в с.

Розрахунок швидкості циклічних рухів при пульсі 170 уд./хв – PWC₁₇₀(V) здійснюється за наступною формулою:

$$PWC_{170}(V) = V_1 + (V_2 - V_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1} ,$$

де PWC₁₇₀(V) – фізична працездатність, що представлена у величинах швидкості локомоцій (м/с) при пульсі 170 уд./хв;

V_1 та V_2 – швидкість циклічних рухів (м/с) відповідно під час першого та другого навантажень;

f_1 і f_2 – ЧСС наприкінці першого та другого навантажень.

Оскільки фізична працездатність за даним тестом розраховується в метрах за секунду, то більші величини $PWC_{170}(V)$ вказують на більшу швидкість, з якою може бігти спортсмен при оптимальному функціонуванні системи кровообігу. Значить, чим більше показник $PWC_{170}(V)$, тим вище рівень фізичної працездатності.

У спортсменів величини $PWC_{170}(V)$ варіюють у широкому діапазоні: від 2,5 до 5 м/с. Найбільш високі значення $PWC_{170}(V)$, як правило, від 4 до 5 м/с і вище, мають спортсмени, що приділяють велику увагу біговій підготовці, зі спрямованістю тренувального процесу переважно на розвиток витривалості (бігуни на середні і довгі дистанції, п'ятиборці та ін.). У спортсменів, для яких біг не є специфічним навантаженням, а витривалість – домінуючою фізичною якістю (приміром, гімнасти), значення $PWC_{170}(V)$ відносно низькі та, як правило, коливаються в межах 2,5-3,5 м/с.

На величину $PWC_{170}(V)$ суттєво впливають такі фактори, як спортивна кваліфікація та рівень тренуваності. З покращенням бігової підготовленості значення $PWC_{170}(V)$ зростають. У спортсменів більш високої спортивної кваліфікації спостерігаються й вищі значення $PWC_{170}(V)$. Так, наприклад, якщо у футболістів II розряду величини $PWC_{170}(V)$ коливаються в межах 3,0-3,5 м/с, то у майстрів спорту, які виступають за команди вищої ліги, ці величини можуть бути більшими приблизно на 50%. Рівень фізичної працездатності за біговим тестом залежить також від статі обстежуваних: у спортсменок значення $PWC_{170}(V)$ приблизно на 20% нижчі, ніж у чоловіків однакової спортивної спеціалізації і кваліфікації.

Проба з використанням велосипеда. В якості фізичних навантажень використовуються два заїзди на велосипеді на треку або шосе з помірною швидкістю.

Перший заїзд виконується з повільною рівномірною швидкістю. Спортсмен долає кожні 100 м дистанції орієнтовно за 20-30 с, довжина дистанції – 1000 м. При другому навантаженні велосипедист їде з більшою швидкістю: кожні 100 м дистанції він долає приблизно за 10-15 с. При цьому швидкість руху на дистанції підтримується відносно постійною.

Розрахунок швидкості циклічних рухів при пульсі 170 уд./хв – $PWC_{170}(V)$ здійснюється за вище представленою формулою.

Значення $PWC_{170}(V)$ у спортсменів-велосипедистів коливаються в межах від 7 до 12 м/с. Приміром, у велосипедистів II-III розрядів цей показник становить у середньому 8,24 м/с, у першорозрядників – 9,58 м/с, а в майстрів спорту – 11,1 м/с.

З покращенням фізичної підготовленості велосипедистів значення $PWC_{170}(V)$ збільшується. Особливо високі показники $PWC_{170}(V)$ спостерігаються у велосипедистів, які спеціалізуються у гонках на шосе.

Проба з використанням плавання. Спочатку спортсмен пропливає 200 метрову дистанцію у повільному темпі: кожні 50 м приблизно за 50-60 с. Друге навантаження (дистанція за довжиною 300 м) виконується з більшою швидкістю: кожні 50 метрів потрібно подолати приблизно за 40-50 с. Швидкість виконання обох навантажень підтримується на постійному рівні. Отримані значення швидкості й ЧСС при першому та другому навантаженнях підставляються у формулу та розраховується величина $PWC_{170}(V)$.

Величини фізичної працездатності за даною пробою вимірюються в метрах за секунду. У кваліфікованих плавців (кандидати в майстри спорту та майстри спорту) величини $PWC_{170}(V)$ знаходять в межах 1,25-1,35 м/с, досягаючи у добре тренованих спортсменів 1,35-1,45 м/с і вище.

Рівень фізичної працездатності за пробою з плаванням залежить від статі обстежуваних. У жінок однакової спортивної кваліфікації з чоловіками величини $PWC_{170}(V)$ приблизно на 10-15% нижчі. Крім того на величину $PWC_{170}(V)$ впливає спосіб плавання, який використовується в якості

фізичного навантаження при проведенні проби. Так, швидкість руху при пульсі 170 уд./хв. у однієї і тієї ж людини буде найбільшою при плаванні кролем, дещо нижче – батерфляєм та на кролем на спині й найнижчою – при плаванні брасом. Наведена методика тесту так само, як і нормальні значення $PWC_{170}(V)$ у плавців, базується на даних, що були отримані за умов подолання дистанції спортсменами вольним стилем.

Проба з використанням бігу на лижах. Біг краще виконувати по раніше прокладеній лижні – замкнутому колу довжиною 200-300 м, що дозволяє коригувати швидкість руху спортсмена.

При першому навантаженні спортсмен проходить дистанцію (800 м) у повільному рівномірному темпі: відрізок у 100 м долається приблизно за 30-40 с. Друге навантаження виконується з більшою, але знову ж таки рівномірною швидкістю: кожні 100 м потрібно пройти за 20-30 с.

Отримані результати швидкості та ЧСС при першому та другому навантаженнях підставляються у формулу та розраховується величина $PWC_{170}(V)$.

Величина фізичної працездатності, що визначається за даною пробою, вимірюється у метрах за секунду. Цей показник може суттєво залежати від зовнішніх умов (сили тертя ковзання, метеорологічних умов). Саме тому при співставленні величин $PWC_{170}(V)$ в окремих спортсменів у різні періоди тренувального циклу в порівнянні з величинами $PWC_{170}(V)$, отриманими у різних груп лижників, слід враховувати цю обставину. При динамічних спостереженнях тестування фізичної працездатності за допомогою бігу на лижах необхідно проводити за можливістю в однакових умовах.

У лижників-чоловіків величини $PWC_{170}(V)$ дорівнюють приблизно 4-4,5 м/с. Найбільші значення при цьому, як правило, спостерігаються у спортсменів, що демонструють кращі результати. У жінок величини $PWC_{170}(V)$ становлять 85-90% від тих значень, котрі фіксують у чоловіків однакової спортивної кваліфікації та в один і той же період тренувань.

Проба з використанням веслування. Дана проба запропонована у 1974 році В.С. Фарфелем з співавторами. Фізична працездатність оцінюється в природних умовах при веслуванні на академічних суднах, веслуванні на байдарці або каное (в залежності від вузької спеціалізації спортсмена) за допомогою телепульсометрії.

Спортсмен повинен тричі пройти дистанцію, причому кожен наступний швидше за попередню. Дистанцію підбирають таким чином, щоб час, який витратиться на її проходження, становив більше двох хвилин. Це дає можливість реєструвати пульс в умовах стійкого стану серцевої діяльності. Зазвичай пульс змінюється в межах 130-170 уд./хв. Швидкість руху веслувальника при пульсі 170 уд./хв визначається графічним способом.

У спортсменів високого класу, які спеціалізуються в академічному веслуванні, величини $PWC_{170}(V)$ дорівнюють 3,4-4,2 м/с, у каноеїстів – 3,1-3,8 м/с, а у веслувальників на байдарках – 3,4-4,2 м/с.

Проба з використанням бігу на ковзанах. У фігуристів ця проба проводиться безпосередньо на тренувальному майданчику. Спортсмену пропонують виконати «вісімку» (на стандартній ковзанці повна «вісімка» дорівнює 176 м) – елемент найбільш простий і характерний для фігуристів.

При виконанні першого навантаження швидкість пересування на ковзанах повільна та рівномірна. Кожну «вісімку» потрібно пройти чоловікам приблизно за 35 с, а жінкам - за 45 с. Довжина дистанції складає відповідно 1200 і 960 м, тобто 7 та 5 повних «вісімок».

Друге навантаження виконується з більшою швидкістю: час проходження кожної «вісімки» становить для чоловіків 25 с, а для жінок 30 с. Швидкість катання при виконанні другого навантаження підтримується постійною. Довжина дистанції для чоловіків 1760 м (10 «вісімок»), а для жінок 1456 (8 «вісімок»).

Отримані результати швидкості та ЧСС при першому та другому навантаженнях підставляються у формулу та розраховується величина $PWC_{170}(V)$.

У фігуристів високого класу (чоловіки) величини $PWC_{170}(V)$ коливаються зазвичай в межах 6,5-8 м/с, а у жінок – 5,5-7 м/с.

Контрольні питання

1. Для людей якого віку призначена проба PWC_{170} ?
2. Який діапазон пульсу відповідатиме зоні оптимального функціонування серцево-судинної та дихальної систем при фізичному навантаженні?
3. Назвіть значення пульсу, при яких серце працює в умовах, що наближені до максимального поглинання кисню.
4. Чому в даній пробі частота серцевих скорочень обстежуваного не повинна перевищувати 170 уд./хв?
5. При яких значеннях ЧСС спостерігається лінійна залежність пульсу та потужності фізичного навантаження? Обґрунтуйте відповідь.
6. Яких вимог слід дотримуватися для отримання надійних результатів фізичної працездатності за пробою PWC_{170} ?
7. Які фактори впливають на рівень фізичної працездатності людини?
8. Яким чином можна нівелювати відмінності у фізичному розвитку людей при порівнянні величин фізичної працездатності за пробою PWC_{170} ?
9. Обґрунтуйте доцільність (або недоцільність) використання даної проби для оцінки фізичної працездатності у спортсменів із обраного вами виду спорту.
10. Для спортсменів яких видів спорту характерні вищі значення $PWC_{170}(V)$?

Лабораторна робота 4.5. Дослідження фізичної працездатності у дітей за пробою PWC_{170}

Обладнання: велоергометр, пульсометр (секундомір).

Хід роботи

Обстежуваний на велоергометрі послідовно виконує два навантаження відносно невеликої потужності. За тривалістю кожне навантаження становить 5 хвилин, час відпочинку між навантаженнями 3 хвилини. Потужність при першому та другому навантаженнях визначають в залежності від віку та статі дитини (див. табл. 12).

Таблиця 12. – Рекомендовані величини потужності першого (N_1) та другого (N_2) навантажень (в кгм/хв) для визначення PWC_{170} у юних спортсменів за З.Б. Белоцерковським

Навантаження	Вік, роки			
	9-10	11-12	13-14	15-16
Хлопці				
N_1	200	250	350	550
N_2	350	450	650	900
Дівчата				
N_1	150	200	250	350
N_2	300	350	450	650

При підборі потужності другого навантаження для юних спортсменів (хлопців та дівчат) можна виходити із наступного: знаючи реальну ЧСС при першому навантаженні та його потужність, а також враховуючи, що при зростанні потужності навантаження на 100 кгм/хв ЧСС у 9-10-річних спортсменів підвищується приблизно на 20 уд./хв, в 11-12-річних – на 15 уд./хв, у 13-14-річних – на 13 уд./хв і в 15-16-річних – на 10 уд./хв, нескладно визначити потужність цього навантаження, яка достатня для підвищення пульсу до необхідного рівня (150-160 уд./хв).

Отримані значення ЧСС та потужності використовують для розрахунку величини PWC_{170} (див. формулу, робота 4.3).

Дані дослідження порівнюють (табл. 13) і роблять висновки про рівень фізичної працездатності обстежуваних дітей.

Таблиця 13. – Оцінка фізичної працездатності за тестом PWC_{170} (кгм/хв) у юних спортсменів за З.Б. Белоцерковським

Маса тіла, кг	ФІЗИЧНА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ				
	низька	нижче середньої	середня	вище середньої	висока
Х Л О П Ц І					
30-39	≤ 299	300-399	400-599	600-699	≥ 700
40-49	≤ 499	500-599	600-799	800-899	≥ 900
50-59	≤ 599	600-749	750-1049	1050-1199	≥ 1200
60-69	≤ 799	800-949	950-1249	1250-1399	≥ 1400
70-79	≤ 999	1000-1149	1150-1449	1450-1599	≥ 1600
Д І В Ч А Т А					
20-29	≤ 199	200-299	300-399	400-499	≥ 500
30-39	≤ 349	350-449	450-649	650-749	≥ 750
40-49	≤ 449	450-549	550-749	750-849	≥ 850
50-59	≤ 559	600-699	700-899	900-999	≥ 1000

Лабораторна робота 4.6. Дослідження фізичної працездатності у дітей шкільного віку за двоступінчастим тестом Апанасенка

Обладнання: сходинки або гімнастична лава висотою 30 см, метроном, секундомір (пульсометр).

Теоретичні основи

Двоступінчастий тест Апанасенка був запропонований українським фізіологом і валеологом Геннадієм Апанасенком у 1988 році як адаптована методика для масового обстеження дітей шкільного віку з урахуванням їхніх вікових і фізіологічних особливостей. Тест був розроблений для швидкого та безпечного оцінювання фізичної працездатності, функціонального стану серцево-судинної системи, загального рівня фізичного здоров'я. Він враховує вікові, фізіологічні та анатомічні особливості дітей, що робить його безпечним і придатним для шкільного середовища.

Для коректного аналізу та оцінки результатів дослідження слід звернути увагу на наступні вікові особливості дітей шкільного віку:

1) у стані спокою ЧСС є вищою в порівнянні з дорослими, що пов'язано з недостатньо розвинутою стінкою міокарда, а значить, із меншим систолічним об'ємом крові. Отже, за рахунок прискореного серцебиття відбувається компенсація недостатнього ударного викиду крові, щоб забезпечити належний рівень хвилинного об'єму крові;

2) під час фізичного навантаження ЧСС порівняно швидше зростає, однак адаптація до фізичного навантаження ще недостатньо сформована. Адаптаційні реакції на фізичне навантаження у цьому віці мають нестабільний характер через процеси росту та розвитку;

3) відновлення після помірного фізичного навантаження відбувається швидше, ніж у дорослих, оскільки у дітей вища реактивність вегетативної нервової системи та високий рівень метаболічних процесів.

Хід роботи

Обстежуваний виконує фізичне навантаження у вигляді підйомів на сходинку (або гімнастичну лаву) у темпі 20 сходжень за хвилину (частота ударів метронома становить 80 за хвилину) впродовж трьох хвилин.

Після закінчення роботи в положенні стоячи підраховують пульс за перші десять секунд відновлення.

По закінченню однихвилинного відпочинку обстежуваний виконує друге навантаження: підйоми на сходинку у темпі 30 сходжень за хвилину (частота ударів метронома відповідає 120 за хвилину) протягом трьох хвилин.

Після завершення роботи в положенні стоячи знову реєструють значення пульсу за перші десять секунд відновлювального періоду.

Використовуючи дані наведеної нижче таблиці 14 на горизонтальній лінії знаходять значення пульсу після першого навантаження (наприклад, 21), а на вертикальній – значення пульсу після другого навантаження (приміром, 27). Отримане значення, що відповідає перетину цих двох величин пульсу дає певний коефіцієнт (у нашому прикладі 11,60), множенням якого на масу тіла обстежуваного (у кг) обчислюється показник фізичної працездатності PWC_{170} (у кгм/хв):

$$PWC_{170} = K \times m;$$

де K – коефіцієнт, який знаходять з таблицею на перетині значень пульсу після першого (P_1) та другого (P_2) навантажень, m – маса тіла.

Отримані результати записують до загальної таблиці, аналізують і роблять висновки про рівень фізичної працездатності дітей даної вікової групи.

Таблиця 14. – Значення пульсу після першого та другого навантаження для визначення коефіцієнту у пробі PWC_{170}

P1 P2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	20,80	25,80	40,80							
21	17,40	19,60	24,00	37,20						
22	15,36	16,50	18,40	22,20	33,60					
23	14,00	14,64	15,60	17,20	20,20					
24	13,03	13,40	13,92	14,70	16,00	18,60				
25	12,30	12,51	12,80	13,20	13,80	14,80	16,80			
26	11,73	11,85	12,00	12,20	12,48	12,90	13,60	15,00		
27	11,28	11,33	11,40	11,49	11,60	11,76	12,00	12,40	13,20	
28			10,93	10,85	10,97	11,00	11,04	11,10	11,20	11,40
29				10,53	10,50	10,46	10,40	10,32	10,20	10,00
30					10,13	10,05	9,94	9,80	9,60	9,30
31						9,73	9,60	9,43	9,20	8,88
32							9,33	9,15	8,91	8,60

Лабораторна робота 4.7. Дослідження фізичної працездатності у людей різного віку за пробою PWC

Обладнання: велоергометр, пульсометр (секундомір).

Теоретичні основи

Проба PWC надає можливість визначити фізичну працездатність з урахуванням віку людини. За умов дослідження фізичної працездатності в осіб старшого віку та хворих із серцевою патологією на основі принципів тесту PWC_{170} пропонують використовувати пульс 150 уд./хв. Однак більш перспективним є використання не єдиного фіксованого пульсу, а з урахуванням значень пульсу, які з віком змінюється. Цим вимогам відповідає проба PWC . Індекс PWC розшифровується як фізична працездатність при змінному пульсі з віком.

Дана проба призначена для дослідження фізичної працездатності осіб старше 30 років. Фізіологічні основи проби аналогічні тим, на яких базується й проба PWC_{170} . Разом з тим наявні деякі відмінності, що стосуються в першу

чергу вибору частоти пульсу, яка характеризує початок зони оптимального функціонування кардіореспіраторної системи при навантаженні.

У зв'язку зі структурною і функціональною віковою інволюцією міокарда, змінами нейрогуморальної регуляції серцевої діяльності можливості підвищення ЧСС стають все більше обмеженими. Тому на рівні граничних фізичних навантажень з кожним наступним десятиліттям життя пульс підвищується меншою мірою, ніж в попередньому десятилітті (табл. 9). Зрозуміло в цьому випадку, якщо для молодих людей ЧСС за величиною 170 уд./хв характеризує оптимальний режим серцевої діяльності, то у представників зрілого і похилого віку такий пульс може свідчити вже про максимальну реакцію у відповідь на фізичне навантаження.

У людей старших вікових груп адаптація й до субмаксимальних фізичних навантажень, що викликають підйом пульсу до таких же величин, як і в молодих людей (наприклад, 130 або 150 уд./хв), супроводжується більш напруженим режимом діяльності апарату кровообігу. У людей різного віку діапазон пульсу в зоні оптимального функціонування апарату кровообігу (зокрема, пульс, що характеризує початок цієї зони) – свій конкретний для даного віку. Тому при визначенні фізичної працездатності осіб, вік яких перевищує 30 років, слід орієнтуватися на потужність фізичного навантаження, при якій серцевий ритм менший за 170 уд./хв.

Пульс 170 уд./хв відповідає приблизно 87% від максимального його значення у молодих людей. В осіб старшого віку початок зони оптимального функціонування апарату кровообігу також відмічають пульсом, що відповідає приблизно тому ж відсотку від максимальних для даного віку величин.

При обстеженні осіб старше 30 років, окрім вивчення медичного анамнезу, обов'язкового запису ЕКГ і вимірів артеріального тиску безпосередньо перед проведенням проби в умовах спокою, проводяться регулярні ЕКГ-обстеження і вимірювання артеріального тиску кожні 2

хвилини у процесі виконання фізичних навантажень, у кінці паузи відпочинку і в перші п'ять хвилин після закінчення другого навантаження.

Визначенню фізичної працездатності за результатами проби PWC в осіб старше 40 років має обов'язково передувати (за один чи декілька днів до проби) ЕКГ-обстеження в умовах фізичного навантаження з метою об'єктивізації стану коронарного кровообігу.

Методика проведення проби PWC, послідовність дій, критерії припинення навантаження і протипоказання до його використання в основному аналогічні тим, котрих дотримуються при визначенні величини PWC_{170} .

Хід роботи

Обстежуваний послідовно виконує два навантаження на велоергометрі протягом 5-ти хвилин із 3-хвилинним інтервалом відпочинку між ними. Частота педалювання підтримується на рівні 60-70 обертів за хвилину. Впродовж останніх 30 секунд п'ятої хвилини кожного навантаження підраховується пульс (пальпаторно або електрокардіографічним методом).

Під час вибору першого фізичного навантаження слід орієнтуватися на навантаження, які використовуються при тесті PWC_{170} . Потужність першого навантаження підбирається індивідуально в залежності від маси тіла людини: 6,12 кгм/хв (1 Вт) на 1 кг маси тіла для здорових чоловіків з припустимою нормальною фізичною підготовленістю; 3,06 кгм/хв (0,5 Вт) на 1 кг маси тіла для чоловіків з припустимою низькою фізичною працездатністю (для жінок відповідно 3,06 і 1,53 кгм/хв).

При визначенні потужності другого навантаження можна виходити з наступного. Бажано, щоб ЧСС наприкінці другого навантаження була приблизно на 10-15 уд./хв менше значень пульсу, що рекомендовані для осіб різного віку (див. табл. 15). Знаючи реальну частоту пульсу при першому навантаженні та його потужність і враховуючи, що при збільшенні потужності навантаження на 100 кгм/хв (17 Вт) ЧСС у чоловіків підвищується приблизно на 8-12, а в жінок на 13-17 уд./хв, нескладно

розрахувати потужність другого навантаження, яка буде достатньою для підвищення пульсу до необхідного рівня. Наприклад, якщо при обстеженні чоловіка віком 45 років при виконанні першого навантаження потужністю 450 кгм/хв частота пульсу досягла 115 уд./хв, то доцільно, щоб потужність другого навантаження становила 700 кгм/хв. У цьому випадку можна очікувати, що ЧСС буде становити приблизно 135-140 уд./хв.

Таблиця 15. – Максимальна частота серцевих скорочень і величини пульсу при визначенні фізичної працездатності за тестами PWC₁₇₀ та PWC

Віковий діапазон, роки	Величина пульсу, уд./хв	
	Максимальна, розрахована за формулою: 220 – вік у роках	Використовується у тестах PWC ₁₇₀ та PWC (приблизно 87% від максимальної величини)
20–29	195	170
30–39	185	161
40–49	175	152
50–59	165	143

Шукану величину фізичної працездатності можна визначити за формулою:

$$PWC = N_1 + (N_2 - N_1) \times \frac{F - f_1}{f_2 - f_1},$$

PWC – фізична працездатність при ЧСС, що змінюється з віком;

N₁ та N₂ – відповідно потужності першого та другого навантажень;

f₁ і f₂ – ЧСС наприкінці першого та другого навантажень;

F – ЧСС, що відповідає приблизно 87% від максимального вікового пульсу.

Значення цього показника для осіб з десятирічним віковим діапазоном можуть бути встановлені за таблицею 9 або більш точно за формулою:

$$(220 - \text{вік у роках}) \times 0,87$$

Оцінка фізичної працездатності людей різного віку здійснюється шляхом порівняння отриманих величин із значеннями, наведеними у таблиці 16.

Таблиця 16. – Оцінка фізичної працездатності осіб різного віку та статі за даними проби PWC (кгм/хв)

Вік (роки)	Низька	Нижче середньої	Середня	Вище середньої	Висока
Ж І Н К И					
30 – 39	<400	400 – 499	500 – 699	700 – 799	≥800
40 – 49	<300	300 – 399	400 – 599	600 – 699	≥700
50 – 59	<200	200 – 299	300 – 499	500 – 599	≥600
Ч О Л О В І К И					
30 – 39	<600	600 – 749	750 – 1049	1050 – 1199	≥1200
40 – 49	<500	500 – 649	650 – 949	950 – 1099	≥1100
50 – 59	<400	400 – 549	550 – 849	850 – 999	≥1000

Контрольні питання

1. Для людей якого віку призначена проба PWC?
2. Як і чому з віком змінюється реакція пульсу в людини у відповідь на граничні фізичні навантаження?
3. Що враховується під час вибору потужності першого навантаження при проведенні проби PWC?
4. Як правильно підібрати потужність другого навантаження при проведенні проби PWC?
5. Як у віковому аспекті змінюється рівень фізичної працездатності людини (проаналізуйте табл. 16)?

Лабораторна робота 4.8. Дослідження аеробної фізичної працездатності за тестом Купера

Обладнання: відкрита рівна доріжка (стадіон), секундомір, прилади для вимірювання відстані.

Теоретичні основи

Тест Купера – це один із найпростіших і водночас ефективних способів оцінити аеробну фізичну працездатність людини. Він був розроблений американським лікарем Кеннетом Купером ще у 1968 році для армії США. Однак завдяки доступності та інформативності даний тест широко використовується і в наш час, причому як для з'ясування рівня фізичної працездатності, так і з метою визначення кардіореспіраторної витривалості, моніторингу фізичної підготовленості (наприклад, у спортсменів або військовослужбовців) або планування тренувальних програм.

Класичний тест Купера передбачає біг впродовж 12 хвилин із максимальною інтенсивністю, однак існують його модифікації для використання й в інших циклічних видах спорту, приміром плавання, велоспорт, спортивна ходьба.

Даний тест відноситься до навантаження глобального характеру, оскільки під час локомоцій у роботу залучено більше 2/3 м'язів тіла. При цьому навантаження виконується переважно за рахунок аеробного джерела енергозабезпечення, що потребує відповідного рівня функціонування обслуговуючих систем організму, а саме системи крові, кровообігу та зовнішнього дихання.

Хід роботи

Для отримання точних результатів тестування необхідно дотримуватися наступних рекомендацій: місце проведення (якщо це стадіон, то бігти у межах однієї доріжки, якщо траса, то вона має бути рівною, без спусків і підйомів, бажано з розміткою). Також зверніть увагу на природні умови (температура у межах комфорту від 10° до 20°C, оптимальна вологість повітря від 40% до 60%, відсутність сильного вітру).

У групі студентів обираємо 5-6 учасників, які спочатку виконують 10-хвилинну розминку, після якої впродовж 12 хвилин пробігають дистанцію з максимальною швидкістю. Після виконання тесту варто різко не зупинятися та виконати коротку заминку (біг підтюпцем 2-3 хвилини).

Інші студенти контролюють час (12 хвилин) та фіксують подолану дистанцію (м) для кожного із учасників забігу.

Отримані результати вносимо до загальної таблиці 17 та оцінюємо за допомогою даних (таблиця 18). Якщо спортсмен має високу спортивну кваліфікацію, то для коректної оцінки аеробної працездатності використовуємо дані таблиці 19.

Таблиця 17. – Аеробна фізична працездатність спортсменів за результатами тесту Купера

Учасники забігу ППП	Вид спорту		Спортивна кваліфікація (ІІ-І, КМС, МС, МСМК, ЗМС)	Подолана дистанція (м) за 12 хвилин
	Спортивна спеціалізація	Домінуюче джерело енергозабезпечення		

Проводимо порівняльний аналіз рівня аеробної фізичної працездатності в учасників забігу. При цьому беремо до уваги спортивну спеціалізацію (вид спорту), спортивний досвід (спортивна кваліфікація). Крім того, обов'язково враховуємо домінуючий механізм енергозабезпечення у тому чи іншому виді спорту.

Таблиця 18. – Оцінка результатів бігу (м) за тестом Купера

Вік (роки)	Стать	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано
13-14	Х	>2700	2400-2700	2200-2399	2100-2199	<2100
	Д	>2000	1900-2000	1600-1899	1500-1599	<1500
15-16	Х	>2800	2500-2800	2300-2499	2200-2299	<2200
	Д	>2100	2000-2100	1700-1999	1600-1699	<1600
17-19	Х	>3000	2700-3000	2500-2699	2300-2499	<2300
	Д	>2300	2100-2300	1800-2099	1700-1799	<1700
20-29	Ч	>2800	2400-2800	2200-2399	1600-2199	<1600
	Ж	>2700	2200-2700	1800-2199	1500-1799	<1500
30-39	Ч	>2700	2300-2700	1900-2299	1500-1899	<1500
	Ж	>2500	2000-2500	1700-1999	1400-1699	<1400
40-49	Ч	>2500	2100-2500	1700-2099	1400-1699	<1400
	Ж	>2300	1900-2300	1500-1899	1200-1499	<1200
>50	Ч	>2400	2000-2400	1600-1999	1300-1599	<1300
	Ж	>2200	1700-2200	1400-1699	1100-1399	<1100

Таблиця 19. – Результати тесту Купера для оцінки аеробної працездатності спортсменів високої спортивної кваліфікації

Стать	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано
Чоловіки	>3700	3400-2700	3100-3399	2800-3099	<2800
Жінки	>3000	2700-3000	2400-2699	2100-2399	<2100

Контрольні питання

1. З якою метою у спорті використовується тест Купера?
2. До якої групи методів (прямих чи непрямих) дослідження фізичної працездатності відноситься тест Купера?

3. Які переваги та недоліки застосування даного тесту у практиці тренера?
4. Обґрунтуйте можливість використання тесту для оцінки стану кардіореспіраторної системи.
5. Поясніть, чому даний тест відображає рівень саме аеробної працездатності.
6. Для спортсменів із яких видів спорту доцільно застосовувати даний тест?

Завдання для дистанційного виконання лабораторної роботи:

1. Опрацювати теоретичний матеріал і контрольні питання, переписати тему, обладнання, хід роботи, таблицю 3 (див. додатки).
2. Оцінити результати тесту за відстанню подоланої дистанції, які представлені у таблиці 3 (див. додатки), користуючись даними таблиць 18-19.
3. У висновках провести порівняльний аналіз рівня аеробної працездатності за тестом Купера у спортсменів-легкоатлетів, які мають однаковий рівень спортивної кваліфікації, але спеціалізуються з бігу на різні дистанції. Пояснити виявлені відмінності за результатами подоланої дистанції з урахуванням домінуючого джерела енергозабезпечення.
4. Переписану лабораторну роботу з обґрунтованими висновками завантажити (прикріпити) у Classroom для оцінювання.

Лабораторна робота 4.9. Дослідження фізичної працездатності спортсменів за типом реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження

Обладнання: метроном, секундомір, артеріальний тонометр.

Теоретичні основи

У більшості видів спорту відбувається розвиток як аеробної, так і анаеробної фізичної працездатності, що зумовлено специфікою рухової діяльності, варіативністю навантажень і необхідністю адаптації організму до різних енергетичних режимів. Трьохмоментна комбінована функціональна проба, відома як проба С.П. Летунова, призначена для оцінки адаптації організму спортсмена до різноспрямованих навантажень, зокрема до швидкісної роботи та роботи на витривалість.

Енергетична «вартість» цієї проби відносно невелика. Так, приміром, якщо у спокої в спортсменів швидкість поглинання кисню складає 300 мл/хв, то при першому навантаженні вона збільшується втричі, при другому навантаженні – у 4 рази і лише при третьому навантаженні поглинання кисню зростає у 8-10 разів (максимально цей показник при м'язовій роботі може збільшитися в 15-20 разів).

Проба С.П. Летунова запропонована в той час, коли медична вимірювальна техніка була розвинута недостатньо. З цих причин реакцію на навантаження у ній оцінювали за даними відновлювального періоду. Розглядаючи цю пробу відносно до вимог, які висувають до вхідних впливів і вихідної інформації, можна заключити наступне. Вхідне навантаження в даній пробі лише умовно подається в кількісній формі, тому що велике значення має суб'єктивне відношення обстежуваного до тестування. Особливо це стосується виконання 15-секундного бігу на місці у максимальному темпі. Навантаження цього компонента проби залежить від мотивації іспитованого, що необхідно враховувати в практиці проведення проби. Вихідна інформація в пробі С.П. Летунова оцінюється шляхом аналізу характеру змін частоти пульсу та артеріального тиску в період відновлення.

Проводячи аналіз отриманих результатів, варто розуміти, що адаптація до фізичного навантаження тренуваних осіб більшою мірою відбувається за рахунок збільшення ударного об'єму крові, величину якого опосередковано відображає показник артеріального (сistolічного) тиску, і меншою – за рахунок підвищення частоти серцевих скорочень, а у нетренованих чи недостатньо тренуваних осіб адаптація до фізичного навантаження досягається переважно за рахунок збільшення ЧСС і меншою мірою – за рахунок збільшення ударного об'єму.

Хід роботи

Обстежуваний у певній послідовності виконує три фізичні навантаження з короткими інтервалами відпочинку між ними.

Перше навантаження прирівнюється до розминки і полягає у виконанні спортсменом 20 глибоких присідань за 30 секунд. При кожному присіданні руки витягуються вперед, при вставанні – опускаються донизу. Після 3-хвилинного відпочинку виконується друге навантаження – біг на місці впродовж 15 секунд у максимальному темпі, що імітує швидкісну роботу. Навантаження цього компонента проби залежить від мотивації обстежуваного, що слід враховувати в практиці проведення проби. Час відновлення після швидкісного бігу подовжується до 4 хвилин. Третє навантаження, імітуючи роботу на витривалість, включає біг протягом 3 хвилин у темпі 180 кр./хв. Це навантаження проводиться під метроном при згинанні стегна на 70° , згинанні гомілки до кута зі стегном $45-50^{\circ}$ і з вільними рухами руками, зігнутими у ліктьових суглобах. Час відпочинку за тривалістю становить 5 хвилин.

Частота серцевих скорочень та артеріальний тиск реєструються перед початком проби та після закінчення кожного навантаження (положення сидячи) у періоди відпочинку: впродовж трьох, чотирьох і п'яти хвилин відповідно після першого, другого та третього навантажень. Пульс підраховується за 10-секундні інтервали, артеріальний тиск вимірюється

щохвилини. У таблиці 20 представлено протокол проведення функціональної проби Летунова.

Таблиця 20. – Протокол проведення тримоментної комбінованої функціональної проби Летунова (нормотонічний тип реакції)

Час (с)	Пульс до навантаження	Після 20 присідань			Після 15 с бігу				Після 3 хв бігу				
		1'	2'	3'	1'	2'	3'	4'	1'	2'	3'	4'	5'
10	10	17	10	–	22	12	10	10	23	15	12	11	10
20	10	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11
30	10	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10
40	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11
50	–	11	–	–	13	11	10	10	16	13	11	11	9
60	–	10	–	–	13	10	11	10	15	13	11	10	10
АТсист.	120	140	120	120	175	155	135	125	180	160	140	125	125
АТдіаст.	70	60	70	70	70	65	70	70	65	65	70	70	70

Оцінка типів реакції ССС на комбіновану пробу Летунова

Для того, щоб оцінити реакцію серцево-судинної системи на функціональну пробу, необхідно враховувати дані ЧСС і АТ перед навантаженням (у спокої), одразу після навантаження, а також тривалість і характер відновлювального періоду.

Величину реакції потрібно розрахувати у відсотках та побудувати графік змін ЧСС і АТ у відновлювальні періоди. Так, наприклад, пульс у спокої за 10 с дорівнював 10 ударів, а після навантаження складав 17 ударів за перші 10 с відновлювального періоду. За 100% приймаємо пульс у спокої, різницю частоти пульсу після та до навантаження – за Х. Процент прискорення пульсу підраховується наступним чином:

$$\frac{10 - 100\%}{(17 - 10) - X}; \quad X = \frac{7 \times 100}{10} = 70\%.$$

Отримана величина реакції (в даному випадку 70%) відкладається на графіку. Ті ж самі дії повторюються для визначення реакції пульсу на 2, 3, і т.д. хвилинах відновлювальних періодів.

За аналогією обчислюється процент підвищення артеріального тиску (сistolічного та діастолічного). Наприклад, АТсист. у спокої становив 120 мм рт. ст., а на першій хвилині відновлення після навантаження дорівнював 140 мм рт.ст.. Отже, за 100% приймаємо АТсист. у спокої, а різницю тисків після та до навантаження – за X.

$$\frac{120 - 100\%}{(140 - 120) - X}; \quad X = \frac{20 \times 100}{120} = 17\%.$$

Отримана величина реакції АТсист. (у даному випадку 17%) позначається на графіку, а потім розраховується для 2-ї, 3-ї і т.д хвилин відновлення та будується графік. У подальшому теж саме необхідно зробити для визначення величини реакції АТдіаст.. Тут слід врахувати, що значення даного показника здебільшого буде зменшуватися, оскільки артеріальний тиск у діастолу після фізичного навантаження знижується, інколи залишається сталим або дещо зростає. Отже, графік змін АТдіаст., як правило, буде розміщений нижче нульової лінії або дуже близько до неї.

Побудувавши графіки змін ЧСС та АТ, потрібно оцінити отримані результати шляхом вивчення типів реакції та зробити висновки.

Прийнято розрізняти наступні типи реакції серцево-судинної системи на комбіновану пробу Летунова.

Нормотонічний тип, який виявляється у тренуваних спортсменів, характеризується тим, що під впливом кожного навантаження у різному ступені відмічається виражене прискорення ЧСС (рис. 3).

Так, у перші 10 с після 20 присідань ЧСС збільшується на 60-80% і досягає приблизно 100 уд./хв. Після другого та третього навантажень її значення зростають на 120-130%, дорівнюючи 130-140 уд./хв. При нормотонічному типі реакції на всі види навантажень підвищується систолічний і знижується діастолічний АТ. Ці зміни АТсист. у відповідь на 20 присідань є невеликими (близько 20%), тоді як на 15-секундний біг і 3-хвилинний біг вони є достатньо вираженими. На першій хвилині відновлювального періоду АТсист. підвищується на 40-60% і становить близько 160-180 мм рт. ст., а діастолічний – знижується на 15-25%, дорівнюючи 50-60 мм рт. ст..

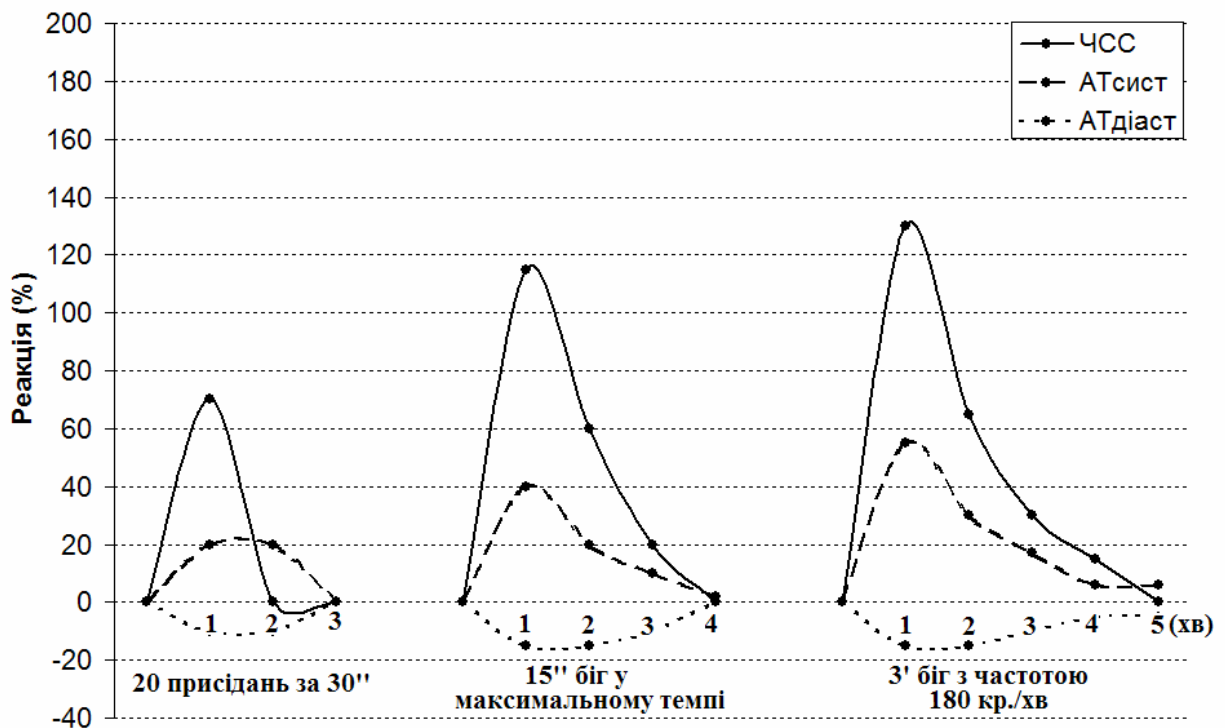


Рис. 3. – Нормотонічний тип реакції серцево-судинної системи спортсмена на комбіновану пробу Летунова.

Важливим критерієм нормотонічної реакції є швидке відновлення ЧСС і АТ до рівня величин спокою. Наприклад, після 20 присідань повне відновлення може спостерігатися вже на 2-й хвилині реєстрації; після другого навантаження – на 3-й хвилині; після третього навантаження – на 4-й

хвилині відновлення. Уповільнене відновлення показників серцево-судинної системи пов'язують з ознаками недостатньої тренованості спортсмена.

Окрім нормотонічної реакції ЧСС і АТ на функціональну пробу можливі атипові реакції. У деяких спортсменів визначається *гіпертонічний тип* реакції (рис. 4), який характеризується різким збільшенням АТсист. до рівня 180-220 мм рт. ст., що перевищує фонові величини на 50-85%. АТдіаст. не змінюється або дещо підвищується. У таких осіб спостерігається й вища пульсова реакція (до 200%) з уповільненим відновленням ЧСС до вихідного рівня.

Гіпертонічний тип реакції пов'язують з перевтомою, він також може бути ознакою передгіпертонічного стану. Однак цей тип реакції може спостерігатися й у цілком здорових добре тренованих спортсменів, в котрих зміни виявляються головним чином відносно величин АТсист.. Причина цього полягає в особливостях звукового метода визначення АТ під час або одразу після навантаження.

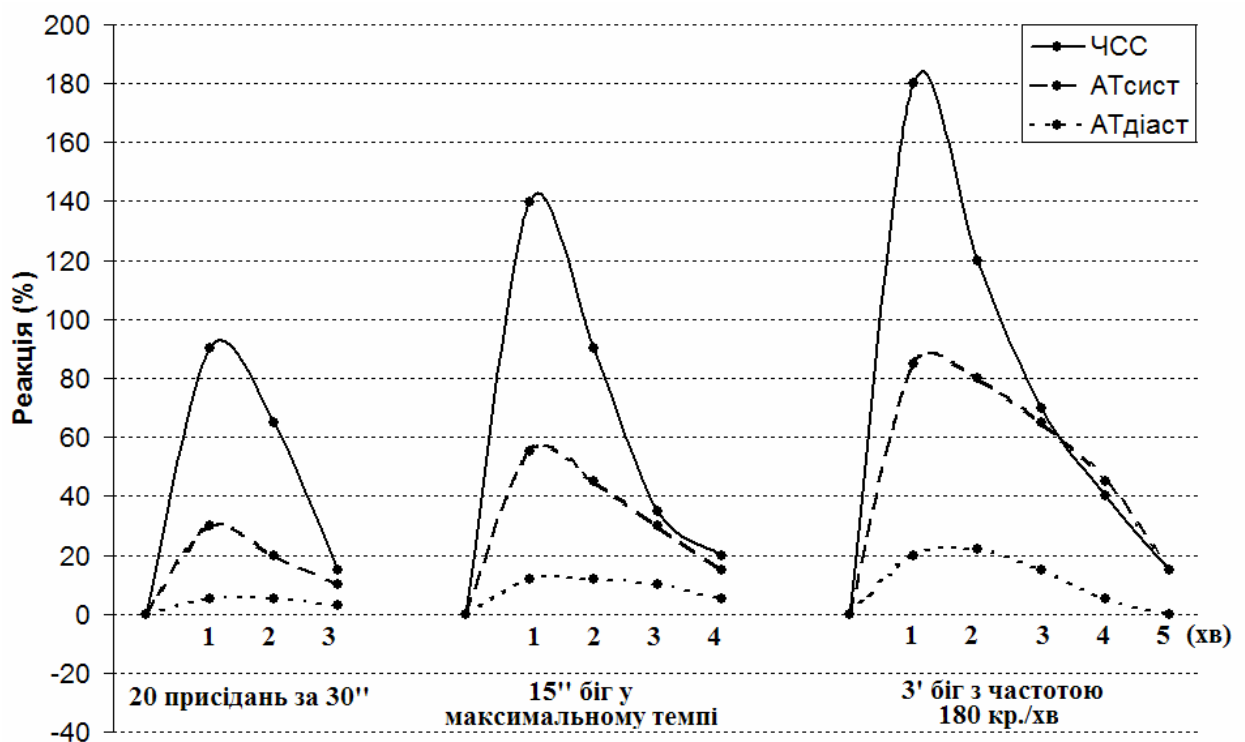


Рис. 4. – Гіпертонічний тип реакції серцево-судинної системи спортсмена на комбіновану пробу Летунова.

Гіпотонічний або астеничний тип реакції характеризується незначним підвищенням АТсист. (до 5-10%) у відповідь на навантаження (рис. 5). При цьому реакція пульсу на друге і третє навантаження становить 150-180%, оскільки серцебиття різко прискорюється до 170-190 уд./хв. В окремих випадках АТсист. після навантаження може не змінюватися, а іноді й знижуватися, при цьому АТдіаст. може залишатися без змін, незначно підвищуватися або знижуватися. Час відновлення ЧСС і АТ уповільнений.

Наведені зміни, ймовірно, пов'язані з тим, що збільшення серцевого викиду забезпечується головним чином прискоренням серцебиття, тоді як зростання систолічного об'єму крові є невеликим. Цей тип реакції розглядається як несприятливий.

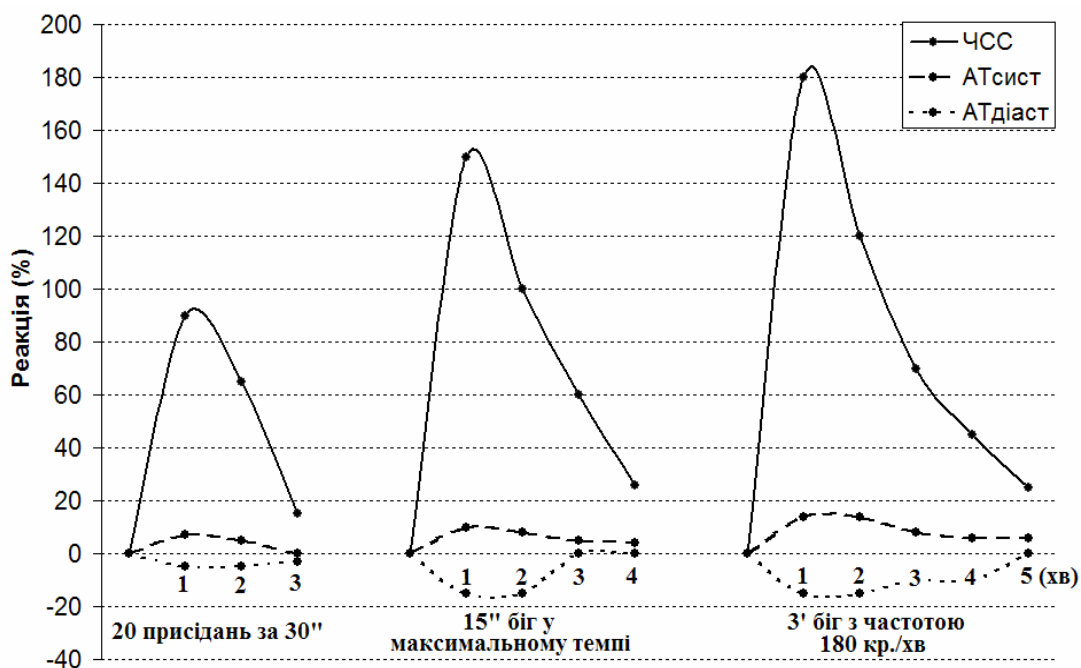


Рис. 5. – Гіпотонічний тип реакції серцево-судинної системи спортсмена на комбіновану пробу Летунова.

Дистонічний тип реакції характеризується значними зрушеннями як систолічного (вище 180 мм рт. ст., величина реакції більше 50%), так і діастолічного АТ, який після другого та третього навантажень стає рівним нулю («феномен нескінченного тону») (рис. 6).

Механізм такого роду змін АТ поки що залишається неповністю зрозумілим. Науковці схиляються до думки, що дане явище має методичне походження, оскільки при вимірюванні АТ тони Короткова виникають у зв'язку з утворенням вихорів у звуженій манжеті артерії (турбулентний потік рідини). Як тільки діаметр судини стає нормальним, то рух крові у ній має ламінарний характер. Таким чином, поява турбулентної течії крові пояснюється невідповідністю між діаметром судини та об'ємом крові, що протікає по ній.

У спокої явище турбулентності потоку крові зумовлене штучним звуженням діаметра судини манжеті, яка накладається на плече обстежуваного при вимірюванні АТ. За умов виконання фізичного навантаження, коли об'ємна швидкість кровотоку різко зростає, турбулентна течія може виникнути й у нормальній за діаметром судині. Отже, «феномен нескінченного тону» може розглядатися як нормальне явище, лише тривале звуження артерій (впродовж декількох хвилин після навантаження) є негативною ознакою.

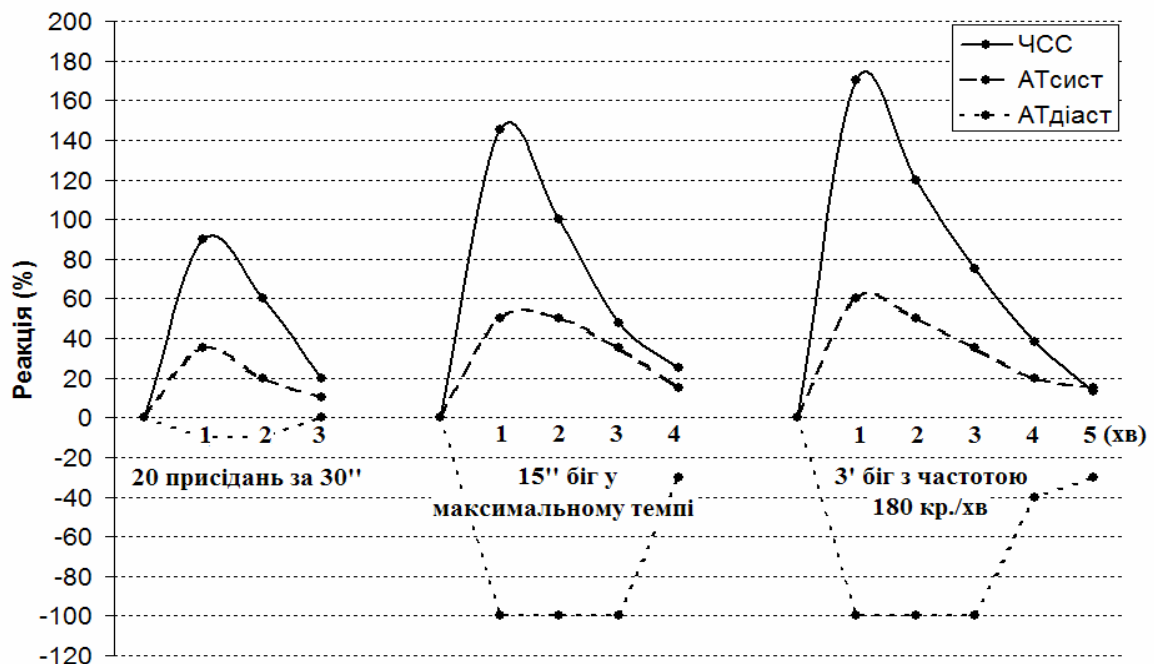


Рис. 6. – Дистонічний тип реакції серцево-судинної системи спортсмена на комбіновану пробу Летунова.

Існує ще один варіант атипичної реакції на функціональну пробу – **реакція зі ступінчастим підйомом систолічного АТ** (рис. 7). Вона характеризується тим, що на 2-й і 3-й хвилині відновлювального періоду АТсист. вище, ніж на 1-й хвилині. Найчастіше такого типу реакція спостерігається після 15-секундного бігу на місці.

Наведений тип реакції пов'язаний із погіршенням функціонального стану організму спортсмена, разом з тим він може бути показником інертності регулюючих систем кровообігу. Відомо, що період впрацювання серцево-судинної системи триває 1-3 хвилини, тож за умов 15-секундного бігу діяльність цієї системи не встигає розгорнутися і досягти стійкого стану, тому у деяких осіб активація функцій кровообігу може продовжуватися ще деякий час після навантаження.

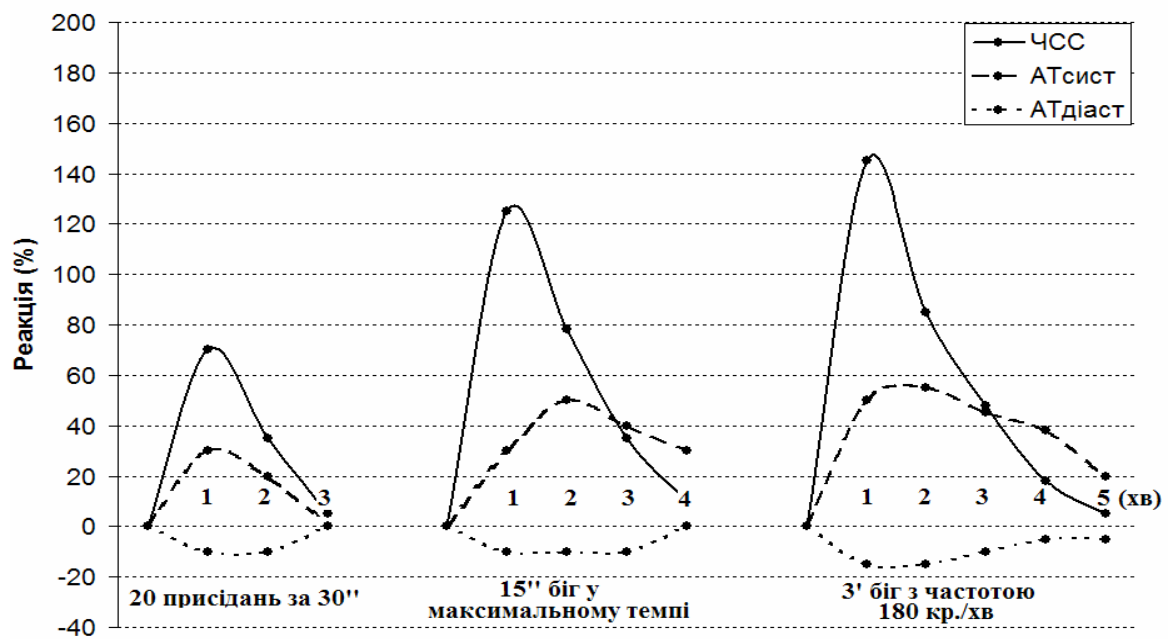


Рис. 7. – Ступінчастий тип реакції серцево-судинної системи спортсмена на комбіновану пробу Летунова.

Отже, при співставленні змін ЧСС і АТ після функціональної проби необхідно визначити, за рахунок яких механізмів відбувається пристосування

до навантаження, і виявити наявність тих чи інших атипових реакцій серцево-судинної системи.

Наведені критерії, що використовуються для оцінки результатів тестування тренуваності спортсменів, мають різне значення на різних етапах тренувального макроциклу. Найбільш інформативними вони є в змагальний період, коли виявлення тих чи інших атипічних реакцій може бути результатом нераціональних фізичних навантажень або порушенням тренувального режиму.

Контрольні питання

1. Який тип реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження є характерним для спортсмена?
2. Який із типів реакції на фізичне навантаження може відобразити схильність людини до гіпертонічної хвороби?
3. Дати пояснення, чому ЧСС та АТ найбільшою мірою змінюються після виконання 3-хвилинного бігу на місці в порівнянні з реакцією цих показників на інші навантаження.
4. Які типи реакції ССС на фізичне навантаження відносять до атипових і чим їх прояв може обумовлюватись?
5. Чому після виконання 15-секундного бігу на місці з максимальним темпом у людини більша реакція систолічного артеріального тиску може проявлятися на 2-й та 3-й хвилинах відновлення. Що це за тип реакції ССС?
6. Як повинні змінюватися показники артеріального тиску (систолічного та діастолічного) у спортсмена після виконання фізичного навантаження? Обґрунтуйте свою відповідь.
7. Яка причина виникнення «феномену нескінченного тону» після виконання фізичного навантаження?
8. Які реакції з боку ССС характерні для спортсмена з вищим рівнем фізичної працездатності у порівнянні з нетренованою людиною?

5. ВИЗНАЧАЛЬНІ ФАКТОРИ АНАЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Анаеробна фізична працездатність – це здатність організму виконувати короткочасну роботу з максимально потужним скороченням м'язів в умовах недостатнього надходження кисню (у безкисневих умовах). Отже, виконання такого навантаження відбувається за рахунок фосфагенного та/або гліколітичного джерела енергозабезпечення. Анаеробна фізична працездатність проявляється у швидкісно-силових спроможностях і характеризується анаеробною потужністю та анаеробною ємністю.

Анаеробна потужність – це та кількість енергії, яку організм може ресинтезувати за одиницю часу за рахунок анаеробних механізмів енергозабезпечення. Вона визначається властивостями центральної нервової системи, а також запасами м'язових фосфагенів (АТФ і КФ) та активністю ферментів анаеробного обміну (наприклад, креатинкінази, лактатдегідрогенази).

Основними властивостями ЦНС є функціональна рухливість (ФРНП), сила та врівноваженість нервових процесів. Так, ФРНП, яка визначає здатність нервової системи швидко перемикатися між станами збудження та гальмування, забезпечує точну, швидку та ефективну координацію рухів. Ця властивість, яка вважається високо генетично детермінованою, впливає на швидкість реакції, частоту рухів та їх миттєвий запуск на старті, що особливо важливо у спринті, стрибках та усіх рухах із вибуховим зусиллям. Тому спортсмени з вродженим високим рівнем ФРНП мають низку психофізіологічних і моторних переваг для реалізації у швидкісно-силових видах спорту.

Сила нервових процесів, яка лежить в основі стійкості нервової системи до надмірного або тривалого збудження чи гальмування, забезпечує в умовах виконання анаеробного навантаження максимальну активацію м'язів з боку ЦНС та утримання її на відносно стабільному рівні працездатності, тобто запобігає передчасній втомі нервових центрів.

Врівноваженість нервових процесів забезпечує психічну стійкість під час виконання анаеробних навантажень, що дає змогу спортсмену ефективно реалізувати свій фізичний потенціал.

Анаеробна ємність – це загальний обсяг енергії, який може бути утворений в організмі без участі кисню за весь період інтенсивного навантаження. Вона залежить від наступних факторів:

1) запасів АТФ у м'язах (система аварійного резерву) забезпечують 1-2 секунди навантаження, тому механізми ресинтезу АТФ запускаються миттєво;

2) кількості субстратів анаеробного ресинтезу: креатинфосфату (його вистачає на роботу 3-10 секунд максимальної інтенсивності, втім цей субстрат доволі швидко відновлюється вже за 30-60 секунд відновлення); глюкози та м'язового глікогену, запаси якого у спортсменів більші;

3) здатності організму до підтримання сталості внутрішнього середовища (гомеостазу) за рахунок ємності буферних систем крові;

4) стійкості організму до гіпоксії (нестачі кисню в тканинах організму) та гіперкапнії (збільшення утворення вуглекислого газу).

Отже, високий рівень фізичної анаеробної працездатності, в основному, реалізується завдяки відповідним можливостям нервової регуляції м'язової роботи, високій здатності м'язів до швидко-силових проявів, потужності та ємності анаеробних джерел енергозабезпечення.

Контрольні питання

1. За рахунок яких джерел енергозабезпечення реалізується анаеробна фізична працездатність?
2. Які енергетичні субстрати використовуються м'язами при високоінтенсивній короточасній (до 10 секунд) роботі?
3. Які енергетичні субстрати використовуються м'язами при інтенсивній роботі тривалістю до 40 секунд?
4. Які фактори впливають на максимальну анаеробну потужність?

5. У яких видах спорту максимальна анаеробна потужність визначає спортивний результат?
6. Обґрунтуйте можливі переваги спортсмена із високим рівнем ФРНП у швидкісно-силових видах спорту.
7. Які фактори впливають на анаеробну ємність?
8. Дайте визначення понять «гіпоксія» та «гіперкапнія».

6. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ АНАЕРОБНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

До *прямих методів* визначення анаеробної фізичної працездатності відносять тест Маргарія, стрибковий тест, Квебекський 10-секундний велоергометичний тест та інші.

Непрямі методи базуються на визначенні та оцінці наступних фізіологічних показників: максимальний кисневий борг (МКБ), піковий рівень молочної кислоти у період відновлення та ексцес CO_2 .

У спортивній практиці найчастіше надають перевагу визначенню показника *кисневого боргу (КБ)* – тієї кількості кисню, який організм споживає після інтенсивного навантаження в період відновлення понад рівня спокою. Зазвичай у спокої організм людини споживає в середньому 200-250 мл кисню за хвилину, що залежить від віку, статі, маси тіла, рівня тренуваності тощо.

Для оцінки максимальної анаеробної ємності використовується величина *максимального кисневого боргу (МКБ)*, яка у нетренованих становить: для чоловіків – 5 л ($68 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1}$), для жінок – 3,1 л ($50 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1}$). У спортсменів цей показник може дорівнювати: у чоловіків до 20 л і більше $140 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1}$, у жінок до 12 л ($95 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1}$).

У величині кисневого боргу розрізняють дві фракції, які відображають, скільки додаткового кисню споживає організм після навантаження для відновлення гомеостазу.

Алактатна (швидка) фракція КБ характеризує фосфагенну частину анаеробної ємності, яка забезпечує виконання короткочасних швидкісно-силових вправ. Ця фракція відповідає величині КБ за перші дві хвилини відновлення, коли спожитий кисень витрачається на відновлення його запасів у крові, м'язах і легенях, а також для ресинтезу АТФ і креатинфосфату. Ось чому цей компонент КБ називають алактатним, оскільки спожитий у даний період кисень не використовується для утилізації молочної кислоти.

Типова максимальна величина швидкої фракції КБ може складати 1,5 - 2,0 л О₂. За даними В.П. Мурзи, М.М. Філіппова (2001) під впливом швидкісно-силових навантажень цей показник може збільшуватися у 1,5-2 рази.

Лактатна (повільна) фракція КБ, пов'язана з анаеробним гліколізом, починається з третьої хвилини відновлення й може тривати від кількох хвилин до кількох годин. Кисень цієї фракції, спожитий понад рівня спокою, витрачається на утилізацію молочної кислоти в організмі шляхом її перетворення на глюкозу та глікоген або окиснення до СО₂ та Н₂О. Саме тому даний компонент кисневого боргу має назву лактатна фракція.

Серед непрямих методів дослідження анаеробної працездатності виділяють аналіз **пікового рівня молочної кислоти** у крові, який реєструють у період з третьої по восьму хвилини відновлення за допомогою фотометрів шляхом взяття крові з пальця. Даний показник після виконання інтенсивного фізичного навантаження в умовах анаеробного гліколізу у високотренованих атлетів може досягати величин 15-20 ммоль/л. Це перевищує фонові значення у стані спокою (0,5-2,0 ммоль/л) у 10 разів і більше. Так, для визначення максимальної ємності анаеробного гліколізу можна використовувати розрахунки утворення молочної кислоти під час виконання фізичного навантаження. Для цього, використовуючи формулу нижче, оцінюють енергію, яка утворюється за рахунок анаеробного гліколізу:

$$\begin{aligned} & \text{Енергія анаеробного гліколізу (кал} \times \text{кг}^{-1}) = \\ & = \text{Вміст молочної кислоти у крові (г} \times \text{л}^{-1}) \times 0,76 \times 220, \end{aligned}$$

де вміст молочної кислоти визначається як різниця між найбільшою її концентрацією на 4-5-й хвилині після роботи (пік її вмісту у крові) і концентрацією в умовах спокою; 0,76 – це константа, використана для корекції рівня молочної кислоти у крові до рівня її вмісту в усіх рідинах; 220 – калоричний еквівалент продукції 1 г молочної кислоти.

Визначення ексцесу CO_2 (надлишку вуглекислого газу) за допомогою газоаналізатора використовується як один із непрямих методів оцінки анаеробної працездатності, зокрема для виявлення порогу анаеробного метаболізму та оцінки ефективності гліколітичної системи. Надлишкове утворення CO_2 виникає як компенсаторний механізм внаслідок накопичення молочної кислоти при анаеробному гліколізі та зниження рН крові. Це стимулює посилену вентиляцію легень і виведення вуглекислого газу, в результаті різко зростає **неметаболічний дихальний коефіцієнт**. Зростання значення цього коефіцієнта більше за 1 вважається один із ключових маркерів початку домінування анаеробного енергозабезпечення, тобто переходу через анаеробний поріг.

Лабораторна робота 6.1. Дослідження максимальної анаеробної потужності у спортсменів за тестом Маргарія

Обладнання: рухові (інфрачервоні) сенсори з електросекундоміром, ваги.

Теоретичні основи

Максимальна анаеробна потужність (МАП) може підтримуватися лише кілька секунд. Робота такої потужності виконується виключно за рахунок енергії анаеробного розщеплення м'язових фосфагенів (АТФ і КФ). Тому запаси цих речовин і швидкість їх енергетичної утилізації визначають максимальну анаеробну потужність. Короткий спринт, стрибки, штовхання ядра, метання спису (диску, молота) є прикладами вправ, результати яких залежать від максимальної анаеробної потужності. Для оцінки МАП часто використовують тест Маргарія, суть якого полягає у максимально швидкому подоланні відстані між двома точками нахиленої поверхні (сходини).

Хід роботи

На третій та дев'ятій сходинках маршового прольоту встановлюємо рухові сенсори та електросекундомір.

Студенти з розбігу (2-4 м) намагаються якнайшвидше здолати відстань між контактними пластинами, виконуючи по декілька спроб. Обов'язковою умовою є крокування по кожній сходинці. Найкращий результат виконаних спроб – це час подолання відстані (t) використовується для обчислення рівня МАП.

Максимальна анаеробна потужність розраховується за формулою:

$$\text{МАП} = P \cdot h / t ,$$

де P – маса тіла в кілограмах, h – висота підйому (в даному випадку 2,09 м), t – час подолання відстані між пластинами в секундах.

Результати вимірів записуємо в таблицю 21 та обґрунтовуємо висновки щодо отриманих значень МАП у спортсменів різної спеціалізації та кваліфікації.

Таблиця 21. – Протокол дослідження максимальної анаеробної потужності за тестом Маргарія

Учасники дослідження	Вид спорту (спортивна кваліфікація)	P	h	t	МАП

Таблиця 22. – Оцінка результатів максимальної анаеробної потужності за тестом Маргарія в осіб різного віку та статі

Рівень працездатності кгм/сек	Вік, роки	
	15-20	21-30
Ч О Л О В І К И		
Поганий	<113	<106
Посередній	113-149	106-139
Середній	150-187	140-175
Добрий	188-224	176-210
Відмінний	>224	>210
Ж І Н К И		
Поганий	<92	<85
Посередній	92-120	85-111
Середній	121-151	112-140
Добрий	152-182	141-168
Відмінний	>182	>168

Контрольні питання

1. У яких видах спорту особливо важливий показник максимальної анаеробної потужності?
2. Поясніть доцільність використання показника максимального кисневого боргу для оцінки максимальної анаеробної ємності.
3. Назвіть кількісні характеристики МКБ у спортсменів і нетренованих.
4. Які виділяють фракції кисневого боргу? Обґрунтуйте їхню назву.
5. Для яких потреб першочергово використовується кисень із величини КБ у період відновлення?
6. Поясніть доцільність використання показника пікового рівня молочної кислоти у крові після навантаження для оцінки максимальної анаеробної ємності.

7. Поясніть фізіологічний механізм ексцесу CO_2 під час виконання високо інтенсивного фізичного навантаження в умовах анаеробного гліколізу.
8. Обґрунтуйте використання тесту Маргарія для оцінки максимальної анаеробної потужності.
9. За рахунок якої системи енергозабезпечення виконується навантаження у тесті Маргарія?
10. Проаналізуйте доцільність або недоцільність застосування тесту Маргарія у виді спорту, за яким ви спеціалізуєтесь.

Завдання для дистанційного виконання лабораторної роботи:

1. Опрацювати теоретичний матеріал і контрольні питання, переписати тему, обладнання, хід роботи, таблицю 4 (див додатки).
2. Користуючись кількісними даними у таблиці 4 (див. додатки), обчислити значення МАП для трьох спортсменів різної спортивної спеціалізації та кваліфікації.
3. Оцінити рівень максимальної анаеробної потужності у трьох спортсменів за допомогою таблиці 22.
4. Зробити висновки стосовно встановлених величин МАП з урахуванням спортивної спеціалізації (специфіка навантаження, домінуюче джерело енергозабезпечення) та кваліфікації спортсменів.
5. Переписану лабораторну роботу з обґрунтованими висновками завантажити (прикріпити) у Classroom для оцінювання.

Лабораторна робота 6.2. Визначення порогу анаеробного обміну у спортсменів за модифікованим тестом Конконі

Обладнання: велоергометр, пульсометр, секундомір

Теоретичні основи

Поріг анаеробного обміну (ПАНО) – це інтенсивність фізичного навантаження, при якій організм переходить від переважно аеробного до переважно анаеробного джерела енергозабезпечення. Така робота характеризується різким накопиченням молочної кислоти, рівень якої у крові зростає до **4 ммоль/л** (в спокої 0,5-1,0 ммоль/л). Також спостерігаються відчуття дискомфорту у м'язах, поява задухи, підвищення ЧСС до 80-90% від максимуму ($\text{ЧСС}_{\text{макс}} = 220 - \text{вік}$ (у роках)). Для більшості людей ЧСС на рівні ПАНО становить від **145 до 170 уд./хв**, що визначається віком, спрямованістю тренувального процесу, спортивною кваліфікацією тощо. Час, який спортсмен може підтримувати фізичну працездатність на рівні ПАНО, залежить від різних факторів. Приміром у циклічних видах спорту (біг, плавання, велоспорт) тривалість навантаження на рівні ПАНО буде більшою.

Доступною альтернативою для визначення ПАНО без забору крові, спеціального обладнання та кваліфікованого персоналу є тест Конконі. Це один із неінвазивних методів оцінки фізичної працездатності спортсменів у циклічних видах спорту, який був розроблений у 1982 році групою італійських вчених під керівництвом професора фізіології Франческо Конконі. Згідно з його теорією анаеробний поріг припадає на точку, в якій пряма лінія, що відображає взаємозв'язок між інтенсивністю навантаження та пульсом, утворює на графіку так зване «коліно» (рис. 8).

Хід роботи

Для стандартизації дослідження у групі студентів обираємо двох спортсменів із відносно однаковою вагою тіла, бажано різних спортивних спеціалізацій. За описаним нижче алгоритмом ці обстежувані виконують

навантаження, інші студенти контролюють тривалість навантаження, його потужність та реєструють значення пульсу.

Впродовж 4 хвилин проводимо розминку на велоергометрі з потужністю навантаження 60 Вт, по закінченню якої за 10 секунд вимірюємо пульс і розраховуємо ЧСС. Підвищуємо навантаження на 10 Вт і через 60 секунд роботи фіксуємо пульс за 10 секунд, обчислюємо ЧСС.

Наступні підвищення навантаження на 10 Вт здійснюємо зі зменшенням часу його виконання на 2 секунди (через 58, 56, 54, 52, 50 с і т.д.). У кінці кожної сходини реєструємо пульс за 10-ти секундний проміжок та визначаємо ЧСС. Проводимо вимірювання до досягнення значень ЧСС 180 уд./хв.

Отримані результати записуємо у таблицю 23 та будуємо графік залежності ЧСС від потужності навантаження за зразком (див. рис. 8). Визначаємо потужність роботи та ЧСС на рівні ПАНО (на графіку це буде відповідати різкому зламу на кривій).

Таблиця 23. – Зміни частоти серцевих скорочень при виконанні фізичного навантаження зростаючої потужності за тестом Конконі

Потужність (Вт)	ЧСС (уд./хв)		Потужність (Вт)	ЧСС (уд./хв)	
	перший спортсмен	другий спортсмен		перший спортсмен	другий спортсмен
60			150		
70			160		
80			170		
90			180		
100			190		
110			200		
120			210		
130			220		
140			230		

Описати висновки, вказуючи рівень ПАНО для обстежуваних спортсменів. Обґрунтувати отримані результати величин ПАНО, враховуючи специфіку спортивної спеціалізації, особливості механізмів енергозабезпечення та кваліфікацію спортсменів.

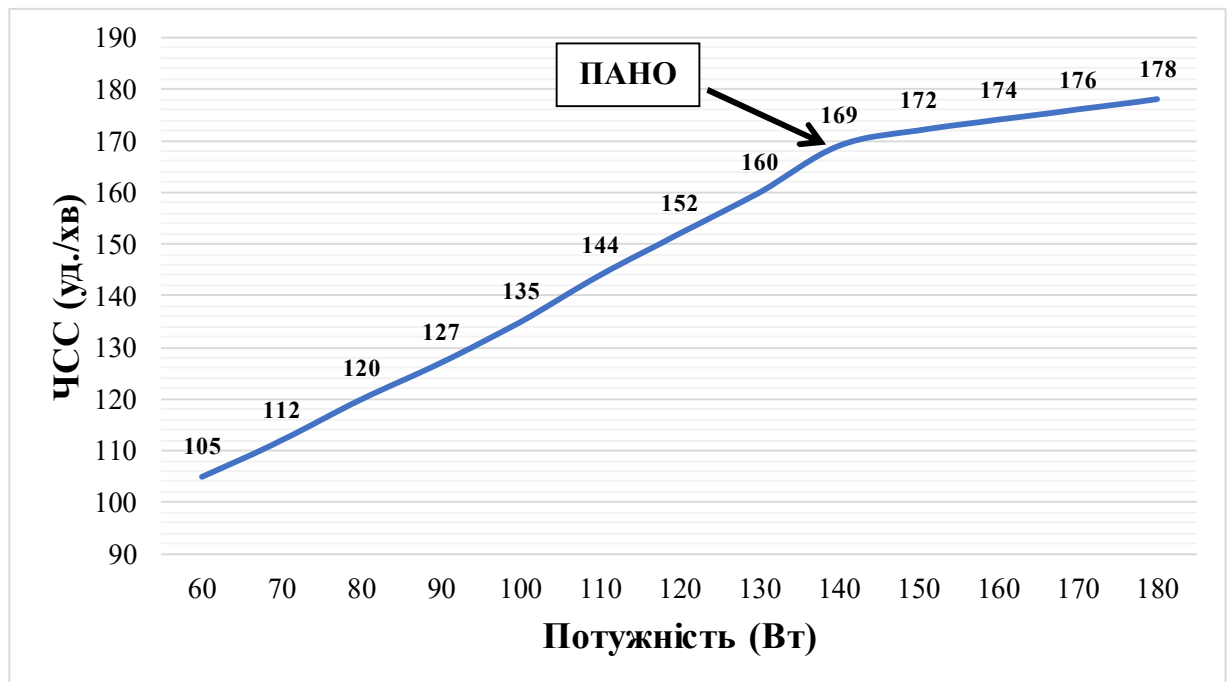


Рис. 8. – Залежність частоти серцевих скорочень від потужності фізичного навантаження за модифікованим тестом Конконі.

Контрольні питання

1. Який механізм енергозабезпечення є домінуючим при виконанні фізичного навантаження на рівні ПАНО?
2. Назвати кількісні фізіологічні показники, які свідчать про виконання фізичного навантаження на рівні ПАНО.
3. Яким чином тренер може визначити орієнтовний рівень ПАНО для спортсмена?
4. Які чинники впливають на величину ПАНО у спортсменів?

5. Від яких факторів залежить тривалість виконання фізичного навантаження на рівні ПАНО?
6. Обґрунтуйте наявність лінійної залежності між зростаючою потужністю навантаження та підвищенням ЧСС до рівня ПАНО.

Завдання для дистанційного виконання лабораторної роботи:

1. Опрацювати теоретичний матеріал та контрольні питання, переписати тему, обладнання, хід роботи, таблицю 5 (див додатки).
2. Користуючись таблицею 5 (див. додатки) та за зразком (див. рис. 8) на одній шкалі побудувати графіки залежності змін ЧСС від потужності виконуваної роботи для двох спортсменів, однакових за масою тіла. Визначити їхні індивідуальні рівні ПАНО.
3. Зробити висновки стосовно встановлених величин ПАНО з урахуванням спортивної спеціалізації (специфіка навантаження, домінуюче джерело енергозабезпечення) та кваліфікації спортсменів, якщо перший спортсмен спеціалізується з велогонок, маючи 1 розряд, а другий – кандидат у майстри спорту з єдиноборств.
4. Переписану лабораторну роботу з обґрунтованими висновками завантажити (прикріпити) у Classroom для оцінювання.

Лабораторна робота 6.3. Визначення анаеробних можливостей організму спортсменів за рівнем стійкості до гіпоксемії

Обладнання: секундомір, пульсоксиметр, носовий затискач

Теоретичні основи

Оскільки анаеробне навантаження характеризується виконанням фізичної роботи в умовах кисневого дефіциту, оцінка концентрації оксигемоглобіну (HbO_2) у період затримки дихання дозволяє за рівнем стійкості до гіпоксемії опосередковано оцінювати анаеробний потенціал організму спортсменів.

Гіпоксемія – це зниження рівня кисню саме в артеріальній крові, тобто зменшення насичення крові киснем, зокрема HbO_2 , що в умовах фізичного навантаження призводить до **гіпоксії** – кисневого голодування тканин. Здебільшого гіпоксія при фізичному навантаженні супроводжується **гіперкапією**, коли вентиляція легень не встигає компенсувати підвищене утворення CO_2 .

У спортивній практиці дослідження толерантності до гіпоксемії доцільно проводити за методом німецького фізика Карла Матеса, який у 1935 році створив перший прототип оксиметра. Він дослідив, що ступень насичення гемоглобіну киснем можна визначити за допомогою вимірювання світлопоглинання крові на двох різних довжинах хвиль світла: одна хвиля



поглинається оксигемоглобіном, а інша – гемоглобіном. Ця ідея лежить в основі пульсоксиметрії як методу неінвазивного визначення насичення гемоглобіну киснем (SpO_2) через шкіру.

Хід роботи

У стані спокою (положення сидючи) в обстежуваних по черзі реєструємо частоту серцевих скорочень (ЧСС) та рівень оксигенації крові (SpO_2) за

Рис. 9. – Вимірювання оксигенації крові пульсоксиметром.

допомогою пульсоксиметра (рис. 9). Після максимального вдиху затискаємо ніс носовим затискачем і максимально довго затримуємо дихання. Реєструємо тривалість затримки дихання, максимальні значення пульсу ($\text{ЧСС}_{\text{макс}}$) та оксигенації крові ($\text{SpO}_{2\text{макс}}$) при пробі, а також час їхнього досягнення в секундах відповідно показники $t\text{ЧСС}_{\text{макс}}$ та $t\text{SpO}_2$. Отримані результати заносимо у таблицю 24, у висновках оцінюємо анаеробні можливості обстежуваних за наступними показниками:

1) за рівнем оксигенації крові, якщо норма SpO_2 знаходиться в межах 95-100%, легка гіпоксемія – 90-94%; помірна гіпоксемія – 75-89%; важка гіпоксемія – менше за 75%;

2) за динамікою зниження цього показника: що повільніше він знижується, то вища стійкість до гіпоксемії та, навпаки, швидке зниження – ознака низької толерантності;

3) за змінами ЧСС впродовж проби (див. табл. 25) Зверніть увагу, що загальні зміни ЧСС у тренуваних осіб виражені меншою мірою у порівнянні з нетренованими.

Таблиця 24. – Протокол дослідження анаеробних можливостей організму спортсменів за рівнем стійкості до гіпоксемії

Учасники дослідження ППП	Спокій		Проба з затримкою на вдиху				
	ЧСС (уд./хв)	SpO_2 (%)	$ЧСС_{\text{макс}}$ (уд./хв)	$tЧСС_{\text{макс}}$ (с)	$SpO_{2\text{макс}}$ (%)	$tSpO_2$ (с)	$t\text{проби}$ (с)

Якщо серед обстежуваних виявлені особи з високим рівнем стійкості до гіпоксемії за досліджуваними показниками, обґрунтуйте отримані результати з урахуванням домінуючого джерела енергозабезпечення у виді спорту та кваліфікації цих спортсменів.

Таблиця 25. – Характерна динаміка ЧСС впродовж проби із затримкою дихання для спортсмена та нетренованої людини

Динаміка ЧСС	Тренований спортсмен	Нетренований
Початкова реакція ЧСС (0-20 с)	Помірне зменшення ЧСС (брадикардія)	Легка або відсутня брадикардія
ЧСС у середині проби (20-60 с)	Стабільна ЧСС або дуже повільне зростання	Помірне або швидке зростання ЧСС
ЧСС у кінці проби (>60 с)	Плавне збільшення ЧСС	Швидке зростання ЧСС
Загальні зміни ЧСС	Невеликі (5-10 уд./хв)	Значні (20-30 уд./хв)

Контрольні питання

1. Поясніть відмінності у термінах «гіпоксія» та «гіпоксемія».
2. Обґрунтуйте дослідження анаеробних можливостей організму спортсменів за показником стійкості до гіпоксемії та гіперкапнії.
3. Як зазвичай реагує організм тренуваної людини, яка розвиває анаеробні можливості, на затримку дихання з боку реакцій пульсу?
4. Про що свідчить різке зниження SpO_2 впродовж виконання проби на затримку дихання?
5. Проаналізуйте обраний вами вид спорту щодо розвитку толерантності до гіпоксії.

Лабораторна робота 6.4. Визначення анаеробної спроможності організму спортсменів за реєстрацією часу затримки дихання

Обладнання: секундомір, носовий затискач

Теоретичні основи

Дана методика передбачає досить простий, проте інформативний спосіб визначення анаеробних спроможностей організму спортсменів за значеннями максимальної затримки дихання на вдиху за умов спокою до

навантаження та одразу після його виконання. У якості навантаження може бути «човниковий біг» (7×50 м), який спрямований на прояв швидкісної витривалості.

Час затримки дихання у стані спокою розглядають як маркер анаеробних спроможностей організму, оскільки і час підтримання швидкісної витривалості, і час максимальної затримки дихання визначаються стійкістю організму до умов нестачі кисню.

Час затримки дихання після роботи свідчить про те, якою мірою протягом роботи спортсмен може використовувати анаеробні спроможності. Отже, що менше час затримки дихання після навантаження, то ефективніше використовуються анаеробні спроможності. Дослідження показали, що час затримки дихання за умов спокою у кваліфікованих футболістів у середньому становить 90 с (70-120 с), а час затримки дихання після роботи – 5-7 с.

Хід роботи

Для дослідження вибирають кількох студентів різної спортивної спеціалізації та кваліфікації. По черзі обстежувані роблять максимальну затримку дихання до та одразу після «човникового бігу» (7×50 м) для реєстрації часу затримки дихання у секундах. Варто дотримуватися процедури затримки дихання: перед затримкою дихання виконують максимальний вдих і максимальний видих з метою кращої вентиляції легень, потім глибокий вдих, після якого затискають ніс затискачем.

На підставі отриманих результатів за формулою нижче обчислюють показник ефективності реалізації анаеробних спроможностей організму – коефіцієнт використання анаеробних спроможностей (КВАНС):

КВАНС (ум.од.)=час затримки у спокої/час затримки після роботи

Таблиця 26. – Протокол дослідження анаеробної спроможності організму спортсменів за часом затримки дихання

Учасники дослідження	Час затримки дихання у спокої, с	Час затримки дихання після роботи, с	КВАНС, ум.од.

Отримані результати заносять до таблиці 26 та описують висновки щодо виявлених особливостей анаеробної спроможності в обстежуваних спортсменів та ефективність її реалізації за показником КВАНС.

Контрольні питання

1. Обґрунтуйте можливість використання проби з затримкою дихання для визначення анаеробних спроможностей організму спортсменів.
2. Поясніть можливість використання «човникового бігу» при дослідженні анаеробної спроможності.
3. Як пов'язані час затримки дихання після навантаження та ефективність використання анаеробної спроможності?
4. Оцініть доцільність застосування даної методики при визначенні фізичної працездатності у вашому обраному виді спорту.

7. КРИТЕРІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА В.С. МІЩЕНКОМ

Українським спортивним фізіологом Віктором Міщенком запропоновано визначення та оцінка фізичної працездатності за п'ятьма критеріями: потужністю, рухливістю, економічністю, стійкістю функціональних систем та реалізацією потенційних можливостей організму.

Показники, що характеризують потужність функціональних систем

I. Інтегративні прямі та побічні енергетичні показники:

- максимальне поглинання кисню, $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- величина максимальної потужності навантаження тривалістю 10 с, $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- кисневий борг (чи максимальна робоча продуктивність) при навантаженні 60 с, $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- сумарне надмірне виділення CO_2 при навантаженні максимально можливої інтенсивності тривалістю 60 с, $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- максимальне газообмінне відношення при критичному рівні навантаження, яке виконується «до відмови».

II. Прямі циркуляторні показники:

- максимальний серцевий індекс, $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} / \text{м}^2$ поверхні тіла;
- максимальний систолічний індекс, $\text{мл} \cdot \text{м}^2$.

III. Побічні циркуляторні показники:

- максимальний систолічний (та пульсовий) тиск, мм рт.ст.;
- різниця (у %) $\text{ЧСС}_{\text{макс}}$ та $\text{ЧСС}_{\text{мін}}$ спокою основного обміну;
- добуток $\text{ЧСС}_{\text{макс}}$ та максимального систолічного тиску крові;
- відношення об'єму серця до максимального кисневого пульсу при $W_{\text{кр}}$

IV. Вентиляторні показники:

- максимальна вентиляція фізичного навантаження, ВTPS , $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- максимальний дихальний об'єм, $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1}$;

- відношення максимальної довільної вентиляції та легеневої вентиляції спокою основного обміну.

V. Загальні показники провідності респіраторних газів:

- дифузійна здатність легень для O_2 , $мл \cdot мм \text{ рт.ст.}^{-1} \cdot хв^{-1}$;
- максимальний транспорт O_2 артеріальною кров'ю, $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$.

Показники, що характеризують рухливість функціональних систем (їх здатність до швидкої мобілізації)

I. Швидкість функціональних реакцій:

- T_{50} ЧСС при переході від легкого навантаження ($0,5W_{кр}$) до $W_{кр}$, с;
- T_{50} ЧСС при переході від спокою до $0,5W_{кр}$, с;
- T_{50} легеневої вентиляції при переході від легкого навантаження ($0,5W_{кр}$) до $W_{кр}$, с;
- швидкий компонент легеневої вентиляції на початку навантаження (10 с) при $W_{кр}$, л;
- ступінь активації дихальної компенсації метаболічного ацидозу як відношення ХОД $0,5W_{кр}$, $W_{кр}$ (момент закінчення) до $PaCO_2$ в тих же точках;
- час напіввідновлення ЧСС після навантаження $W_{кр}$, с.

II. Швидкість розгортання метаболічних реакцій:

- T_{50} PO_2 при $W_{кр}$, с;
- дефіцит O_2 на початку навантаження $0,5W_{кр}$, $мл \cdot кг^{-1}$;
- T_{50} надмірного виділення CO_2 при $0,5 W_{кр}$;
- швидкість виходу лактату в кров по швидкості «запізнення» його піку (чи зниження рН) після навантаження $W_{кр}$;
- швидкість утилізації лактату упродовж 10 хв після навантаження $1,5W_{кр}$ (60 с), $ммоль \cdot хв^{-1}$;
- швидкість утилізації лактату упродовж 8 хвилин після переходу від навантаження $1,5W_{кр}$ (60 с) до навантаження $0,5W_{кр}$ (60 с), $ммоль \cdot хв^{-1}$;
- ступінь активації утилізації лактату легким фізичним навантаженням як співвідношення двох попередніх показників.

Показники, які характеризують економічність функціональних систем

I. Метаболічні показники економічності:

- ПО_2 ПАНО, $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- потужність навантаження ПАНО, $\text{Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- киснева вартість граничних робочих рівнів легеневої вентиляції, $\text{мл} \cdot \text{л}^{-1}$;
- механічна ефективність роботи потужністю $0,5W_{\text{кр}}$, %;
- газообмінне відношення (вміст лактату чи рН крові) початку досягнення МПО_2 при $W_{\text{кр}}$.

II. Функціональні показники економічності:

- ват-пульс як співвідношення потужності навантаження до ЧСС, $\text{Вт} \cdot \text{уд}^{-1}$;
- пульсова вартість одиниці роботи як відношення загальної кількості виконуваної роботи (кГм) до суми серцевих скорочень вище рівня спокою за цей час, $\text{кГм} \cdot \text{уд}^{-1}$;
- ЧСС початку МПО_2 при $W_{\text{кр}}$, $\text{уд} \cdot \text{хв}^{-1}$;
- ЧСС ПАНО, % до $\text{ЧСС}_{\text{макс}}$;
- відношення $\Delta \text{ПО}_2$ до $\Delta \text{ЧСС}$ на 1 кг маса тіла, розраховане з трьох та більше точок різних рівнів ПО_2 , $\text{мл} \cdot \text{уд}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- оптимум легеневої вентиляції як найбільший рівень вентиляції при найбільшій утилізації O_2 з повітря, $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- критична частота дихання як найбільша величина, після котрої спостерігається різне її наростання та зниження ДО , $\text{циклів} \cdot \text{хв}^{-1}$;
- вентиляційний еквівалент $0,5W_{\text{кр}}$ та початку досягнення МПО_2 при $W_{\text{кр}}$ як відношення $\text{ХОД}_{\text{ВТРS}}$ до ПО_2 ;
- гемодинамічний еквівалент при тих же навантаженнях як відношення серцевого викиду ($\text{л} \cdot \text{хв}^{-1}$) до ПО_2 ;
- відношення кількості O_2 , транспортованого кров'ю, до ПО_2 при тих же навантаженнях.

Показники, що характеризують стійкість функціональних систем

I. Функціональна стійкість:

- час підтримання критичної потужності навантаження, хв.;
- час підтримання $85 \pm 3\%$ МПО₂, хв.;
- ЧСС початку зниження систолічного об'єму чи пульсового тиску;
- різниця ЧСС кінця першої та останньої хвилин при $W_{кр}$, поділені на час роботи (t);
- різниця ЧСС 30-й та 5-ї хвилин при $0,7 W_{кр}$ («дрейф» ЧСС);
- різниця ВЄ₀₂ першої та останньої хвилин при $W_{кр}$, поділена на t;
- різниця кисневого пульсу в тих же точках, поділена на t;
- ступінь гетерохронізму зниження ефективності вентиляції та кровотоку при $W_{кр}$, як відношення двох попередніх показників;
- час витривалості дихальних м'язів у режимі довільної вентиляції 70% МВЛ з підтримкою рАСО₂, хв.;
- анаеробна стійкість дихальних м'язів як максимальний об'єм вентиляції за 40 с (з підтримкою рАСО₂), % від МВЛ.

II. Оцінка використання субстратів окиснення:

- ступінь зниження рівня глюкози крові до кінця тривалого (40-120 хв) лабораторного чи змагального навантаження, %;
- швидкість зниження вмісту лактату з 10-ї хвилини до кінця тривалого (40-120 хв) навантаження $0,7-0,8 W_{кр}$, ммоль·хв⁻¹;
- ступінь зниження дихального коефіцієнту в тих же умовах роботи, %;
- ступінь наростання вмісту вільних жирних кислот в крові в тих же умовах, %.

III. Максимальні зрушення параметрів внутрішнього середовища:

- граничні величини СО₂ змішаної венозної крові в кінці та після навантаження $1,5 W_{кр}$ до відмови чи змагального навантаження;
- граничні величини дефіциту лугів в тих же умовах;
- граничні величини рН в тих же умовах;
- температура тіла в тих же умовах.

IV. Додаткові показники:

- показники, які відображають ступінь зниження здатності до швидкої мобілізації систем (втомлюваність регуляторних механізмів, зміна балансу нервових та гуморальних впливів) в умовах тривалого (4-120 хв) навантаження (чи тренувального уроку) в межах приблизно $0,6-0,7 W_{кр}$ у відповідь на стандартні короткочасні (10-30 с) стимули;
- гуморальний стимул – гіперкапнія з гіпоксією (6-7% CO_2 та 12-14% O_2 в азоті) як ступінь зниження (у %) інтенсивності реакцій вентиляції та ЧСС до кінця роботи у порівнянні з 10-ю та 30-ю хвилинами роботи;
- різке (у 1,5-2 рази) прямокутне збільшення інтенсивності навантаження як ступінь зниження (у %) інтенсивності реагування ЧСС, вентиляції, PO_2 , зміни дефіциту O_2 до кінця навантаження в порівнянні з 10-ю та 30-ю хвилинами роботи;
- ступінь зміни швидкості надмірного виділення CO_2 , збільшення лактату при короткочасних (30 с) збільшеннях інтенсивності навантаження ($1,5 W_{кр}$) в тих же умовах тривалого навантаження чи тренувального уроку як характеристики стійкості анаеробного компонента утворення енергії.

Показники, що характеризують реалізацію потенційних можливостей організму

I. Ступінь мобілізації функцій:

- відношення об'єму серця та систолічного об'єму при $W_{кр}$;
- відношення МВЛ та максимальної робочої вентиляції легень;
- робочий ДО, % ЖЄЛ;
- наявність гіперциркуляторного (гіпервентиляційного) чи гіпоциркуляторного (гіповентиляційного) типу реакцій на навантаження $W_{кр}$ та вище;
- PO_2 на змагальній дистанції, % М PO_2 (при навантаженнях вище $W_{кр}$).

II. Найбільш можливі зрушення внутрішнього середовища організму:

- 1) при навантаженнях вище $W_{кр}$ відносно граничних зрушень (в %):

- за максимальною величиною лактату;
- за мінімальною величиною рН;
- за мінімальною величиною PaCO_2 ;

2) при граничних навантаженнях:

- за мінімальною величиною вмісту глюкози;
- за максимальною величиною температури тіла.

III. Співвідношення з референтними (нормативними) показниками, %:

- МПО₂, на 1 кг маси тіла;
- об'єму серця на 1 кг маси тіла;
- форсованої ємності видиху за 1 с чи МВЛ;
- артеріо-венозної різниці вмісту O₂;
- кисневого пульсу;
- утилізації O₂ в легенях (BE_{O2} чи % споживання O₂);
- дефіциту O₂ та постійної часу ПО₂ на початку навантаження в межах W_{кр} як відображення швидкості розгортання аеробних процесів;
- часу напіввідновлення ЧСС, АТ після навантаження в межах 0,7 W_{кр};
- загального кисневого боргу на 1 кг маси тіла чи об'єму роботи за 60 с;
- механічної ефективності роботи.

Контрольні питання

1. Які фізіологічні показники характеризують потужність функціональних систем?
2. Що таке рухливість функціональних систем?
3. Якими показниками визначається економічність функціональних систем?
4. За якими кількісними показниками можна оцінити стійкість функціональних систем?
5. Характеристика показників реалізації потенційних можливостей організму.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Яка речовина є універсальним джерелом енергії для м'язового скорочення?
 - креатинфосфат;
 - АТФ;
 - глікоген;
 - глюкоза.
2. Який із перелічених енергетичних субстратів має найбільші запаси (депо) в організмі людини?
 - креатинфосфат;
 - АТФ;
 - глікоген;
 - глюкоза.
3. Резерви яких із наведених енергетичних субстратів є найбільш обмежені в організмі людини?
 - АТФ, креатинфосфат;
 - креатинфосфат, глюкоза;
 - глюкоза, глікоген;
 - глікоген, жири.
4. Яка з перелічених енергетичних систем має найбільшу потужність?
 - фосфагенна;
 - гліколітична анаеробна;
 - гліколітична аеробна;
 - окиснення жирів.
5. Яка з перелічених енергетичних систем має найбільшу ємність?
 - фосфагенна;
 - гліколітична анаеробна;
 - гліколітична аеробна;
 - окиснення жирів.
6. Яка з перелічених енергетичних систем є найбільш ефективною?
 - фосфагенна;

- гліколітична анаеробна;
- гліколітична аеробна;
- окиснення жирів.

7. Ефективність енергетичного джерела, що забезпечує м'язове скорочення, визначається:

- загальною кількістю АТФ, яка утворена в даному джерелі;
- кількістю АТФ, яка ресинтезована в даному джерелі за одиницю часу;
- кількістю АТФ, яка ресинтезована в даному джерелі на одиницю енергетичного субстрату.

8. Виконання якого фізичного навантаження відбувається переважно за рахунок фосфагенного джерела енергозабезпечення?

- штовхання ядра;
- біг 400 м;
- велосипедна гонка на 10 км;
- плавання 400 м.

9. Виконання якого фізичного навантаження відбувається переважно за рахунок анаеробного гліколізу?

- штовхання ядра;
- біг 400 м з бар'єрами;
- велосипедна гонка на 10 км;
- біг 100 м.

10. Виконання якого фізичного навантаження відбувається переважно за рахунок аеробної системи енергозабезпечення?

- метання спису;
- біг 400 м;
- веслування на байдарках (10000 м);
- плавання 200 м.

11. Фактори, що визначають анаеробну працездатність:

- запаси білків в організмі;
- потужність буферних систем організму;

- продуктивність системи зовнішнього дихання;
- продуктивність системи кровообігу.

12. Методи дослідження анаеробної фізичної працездатності – це:

- проба PWC_{170} , проба Руф'є, стрибковий тест;
- Квебекський 10-секундний тест, тест Маргарія;
- Гарвардський степ-тест, визначення стійкості до гіпоксемії.

13. Які фізіологічні показники характеризують анаеробну працездатність?

- споживання кисню;
- ПАНО;
- максимальна вентиляція легень;
- рівень молочної кислоти в крові після навантаження.

14. Що є лімітуючим фактором виконання фізичного навантаження за рахунок механізму анаеробного гліколізу?

- накопичення молочної кислоти;
- вичерпання енергетичних субстратів;
- втома нервових центрів;
- зміщення рН крові у лужну сторону.

15. Що виступає лімітуючим фактором виконання фізичного навантаження за рахунок креатинфосфатного механізму енергозабезпечення?

- накопичення молочної кислоти;
- вичерпання енергетичних субстратів;
- втома нервових центрів;
- закиснення внутрішнього середовища.

16. При виконанні якого фізичного навантаження в якості домінуючого енергетичного субстрату будуть використовуватися жири?

- біг 10000 м;
- біг 400 м;
- біг 200 м;
- біг 100 м.

17. Які енергетичні субстрати використовуються м'язами першочергово при високоінтенсивній короткочасній (до 10 секунд) роботі?

- АТФ, креатинфосфат;
- глюкоза, глікоген;
- глюкоза, жири;
- жири, білки.

18. Які енергетичні субстрати використовуються м'язами при інтенсивній роботі тривалістю до 40 секунд?

- АТФ, креатинфосфат;
- глюкоза, глікоген;
- глюкоза, жири;
- жири, білки.

19. Який із фізіологічних показників вважається основним маркером продуктивності аеробної фізичної працездатності?

- максимальний кисневий борг;
- максимальне споживання кисню;
- максимальна вентиляція легень;
- максимальна частота серцевих скорочень.

20. Кисневий борг у висококваліфікованих спортсменів після бігу на 400 метрів складає:

- 25-30 л;
- 15-20 л;
- 10-15 л;
- 5-10 л.

21. Яка з наведених фаз належить до швидкої фракції кисневого боргу?

- відновлення м'язового глікогену;
- утилізація молочної кислоти у крові;
- ресинтез креатинфосфату;
- усунення лактату печінкою.

22. Повільна фракція кисневого боргу переважно забезпечує:

- відновлення запасів кисню у м'язах і крові;
- відновлення креатинфосфату;
- відновлення серцевого ритму;
- утилізацію молочної кислоти.

23. Яка концентрація молочної кислоти у крові буде відображати рівень ПАНО?

- 4 ммоль/л;
- 2 ммоль/л;
- 6 ммоль/л;
- 12 ммоль/л.

24. Які значення частоти серцевих скорочень будуть відображати рівень ПАНО?

- 145-170 уд./хв;
- 120-140 уд./хв;
- 75-95 уд./хв;
- 200-220 уд./хв.

25. При досягненні порогу анаеробного обміну відбуваються такі фізіологічні зміни:

- збільшення серцевого викиду;
- зменшення рівня глюкози в крові;
- збільшення молочної кислоти в крові;
- зсув рН крові у лужну сторону.

26. Які фізіологічні показники характеризують аеробну працездатність?

- хвилинний об'єм дихання при навантаженні;
- експес CO_2 ;
- споживання кисню;
- максимальний кисневий борг.

27. Фактори, які визначають аеробну працездатність:

- запаси макроергічних речовин в організмі;
- продуктивність кардіореспіраторної системи;

- стійкість організму до гіпоксії та гіперкапнії;
- ємність буферних систем крові.

28. Методи дослідження аеробної фізичної працездатності – це:

- проба PWC_{170} , тест Маргарія, стрибковий тест;
- Квебекський 10-секундний тест, тест Конконі, Гарвардський степ-тест;
- Гарвардський степ-тест, тест Купера, проба PWC_{170} .

29. Максимальне споживання кисню у висококваліфікованих лижників складає:

- 70-90 мл/хв * кг;
- 60-70 мл/хв * кг;
- 50-60 мл/хв * кг;
- 40-50 мл/хв * кг;

30. При фізичному навантаженні спостерігається:

- збільшення кількості лейкоцитів;
- зменшення кількості лейкоцитів;
- кількість лейкоцитів незмінна;
- зміни кількості лейкоцитів є різноспрямовані.

31. рН крові в нормі у людини складає:

- 8,0;
- 7,0;
- 7,4;
- 6,5.

32. Дихальний алкалоз крові при інтенсивному фізичному навантаженні – це:

- зрушення рН крові в лужну сторону;
- збільшення кількості еритроцитів;
- зрушення рН крові у кислу сторону;
- зменшення кількості еритроцитів.

33. Додатковим енергетичним субстратом для серця при фізичній роботі є:

- глюкоза;
- креатинфосфат;

- молочна кислота;
- АТФ.

34. Під час фізичного навантаження спостерігаються такі зміни в нервовій регуляції діяльності серця:

- збільшення активності парасимпатичних впливів;
- збільшення активності симпатичних впливів;
- збільшення активності метасимпатичних впливів;
- збільшення впливу кори головного мозку на серце.

35. Артеріальний тиск при помірній циклічній роботі змінюється наступним чином:

- підвищується максимальний і мінімальний тиск;
- підвищується максимальний, а мінімальний не змінюється;
- підвищується максимальний, а мінімальний зменшується.

36. Хвилинний об'єм крові при фізичній роботі може досягати:

- 20 л/хв;
- 40 л/хв;
- 70 л/хв;
- 15 л/хв.

37. Максимальна вентиляція легень у висококласних спортсменів, які мають високі аеробні можливості, може досягати:

- 50 л/хв;
- 70 л/хв;
- 120 л/хв;
- 170 л/хв.

38. Який фізіологічний показник під час виконання фізичного навантаження характеризується найбільшими адаптаційними зрушеннями:

- рН артеріальної крові;
- PO_2 ;
- ЛВ;
- ЧСС.

39. Який із наведених фізіологічних показників відноситься до жорсткої константи організму?

- ЧСС;
- ЛВ;
- PO_2 ;
- рН крові.

40. У стані спокою у спортсменів, які розвивають переважно витривалість, спостерігаються такі зміни в серцево-судинній системі порівняно з нетренованими людьми:

- збільшення частоти серцевих скорочень та систолічного об'єму крові;
- зменшення частоти серцевих скорочень та збільшення систолічного об'єму крові;
- збільшення артеріального тиску та прискорення серцебиття;
- зменшення артеріального тиску крові та прискорення серцебиття.

41. Показник PWC_{170} у молодого здорового чоловіка за умов норми в середньому складає:

- 700 кгм/хв;
- 1050 кгм/хв;
- 1450 кгм/хв;
- 1800 кгм/хв.

42. Рівень фізичної працездатності за тестом PWC_{170} за однакової кваліфікації буде більшим у спортсмена, який спеціалізується переважно:

- на розвиток витривалості;
- на розвиток сили;
- на розвиток гнучкості;
- на розвиток швидкісно-силових якостей.

43. Скільки кисню при повному насиченні приєднує 1 грам гемоглобіну?

- 1,26 мл;
- 2,21 мл;
- 1,74 мл;

- 1,34 мл.

44. Нормальна кількість еритроцитів у нетренованого чоловіка в стані спокою становить:

- 3 млн. в мм^3 ;

- 5 млн. в мм^3 ;

- 6 млн. в мм^3 ;

- 7 млн. в мм^3 .

45. Хвилинний об'єм дихання при фізичному навантаженні може досягати:

- 70 л/хв;

- 300 л/хв;

- 170 л/хв;

- 100 л/хв.

46. Пристосування системи зовнішнього дихання підлітків до фізичного навантаження відбувається переважно за рахунок:

- збільшення дихального об'єму;

- збільшення частоти дихання;

- збільшення експерсії грудної клітки;

- збільшення життєвої ємності легень.

47. Неметаболічний дихальний коефіцієнт виникає при циклічній роботі такої потужності:

- максимальної;

- субмаксимальної;

- великої;

- помірної.

48. Неметаболічний дихальний коефіцієнт обумовлений:

- активацією ліполізу;

- збільшенням споживання кисню тканинами;

- буферними реакціями нейтралізації метаболічного ацидозу;

- підвищенням концентрації глюкози крові.

49. Який із цих спортсменів-легкоатлетів за умов однакової кваліфікації покаже найкращий результат за тестом Купера?

- стаєр (біг 5000, 10000 м);
- бар'єрист (біг 100 м з/б);
- бар'єрист (біг 400 м з/б);
- спринтер (біг 100, 200 м).

50. Який із цих спортсменів за умов однакової кваліфікації продемонструє найкращий результат за тестом Маргарія?

- волейболіст;
- пауерліфтер;
- спринтер (біг 100 м);
- лучник.

51. Який із цих спортсменів за умов однакової кваліфікації продемонструє найкращий результат за пробою PWC_{170} ?

- баскетболіст;
- велогонщик;
- метальник спису;
- важкоатлет.

52. Який із цих спортсменів за умов однакової кваліфікації продемонструє найкращий результат у стійкості до гіпоксемії при затримці дихання?

- плавець;
- спринтер;
- штангіст;
- футболіст.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Аеробна фізична працездатність – це здатність організму виконувати фізичне навантаження середньої та помірної інтенсивності впродовж відносно тривалого часу за рахунок переважно аеробного джерела енергозабезпечення.

Алактатна фракція – це величина кисневого боргу за перші дві хвилини відновлення, коли спожитий кисень витрачається на відновлення його запасів у крові, м'язах і легенях, а також для ресинтезу АТФ і креатинфосфату.

Анаеробна ємність – це загальний обсяг енергії, який може бути утворений в організмі без участі кисню за весь період інтенсивного навантаження.

Анаеробна потужність – це та кількість енергії, яку організм може ресинтезувати за одиницю часу за рахунок анаеробних механізмів енергозабезпечення.

Анаеробна фізична працездатність – це здатність організму виконувати інтенсивне фізичне навантаження за відносно короткий проміжок часу за рахунок анаеробної системи енергозабезпечення.

Ацидоз – це зміщення кислотно-лужного балансу у бік підвищеної кислотності, тобто зменшення рН крові нижче 7,35 внаслідок накопичення кислот або втрати лужних компонентів.

Брадикардія – це фізіологічне уповільнення частоти серцевих скорочень (менше ніж 60 уд./хв) у стані спокою, що спостерігається у тренуваних спортсменів як прояв довготривалої адаптації до фізичних навантажень аеробної спрямованості.

Гіперкапіія – це підвищений вміст вуглекислого газу в артеріальній крові, тобто підвищення парціального тиску CO_2 вище норми.

Гіпоксемія – це знижений вміст кисню в артеріальній крові, тобто зменшення насичення крові киснем, що в умовах фізичного навантаження призводить до кисневого голодування тканин (гіпоксії).

Ексцес CO_2 – це надлишкове утворення CO_2 , яке виникає як компенсаторний механізм внаслідок накопичення молочної кислоти при анаеробному гліколізі та зниження рН крові.

Ефективність системи енергозабезпечення – це здатність енергетичної системи ресинтезувати АТФ із найменшою витратою енергетичного субстрату чи споживання кисню.

Ємність системи енергозабезпечення – це максимальна кількість енергії (максимальна кількість АТФ), яка може ресинтезуватися в цілому за рахунок енергії даного джерела.

Кисневий борг (КБ) – це кількість кисню, яку організм споживає після інтенсивного навантаження у період відновлення понад рівня спокою.

Киснево-транспортна система – це сукупність фізіологічних (обслуговуючих) систем організму, а саме дихання, крові та кровообігу, які забезпечують поглинання, транспорт і використання кисню для енергозабезпечення клітин.

Лактатна фракція – це величина кисневого боргу, починаючи з третьої хвилини відновлення і далі, яка витрачається на утилізацію молочної кислоти в організмі шляхом її перетворення на глюкозу та глікоген або окиснення до CO_2 та H_2O .

Максимальна анаеробна потужність (МАП) – це здатність організму ресинтезувати найбільшу кількість енергії за одиницю часу за рахунок анаеробного джерела енергозабезпечення, а саме фосфагенної системи.

Максимальна вентиляція легень (МВЛ) – це найбільший об'єм повітря (л/хв), який людина здатна вдихнути та видихнути за 1 хвилину при максимально глибокому та частому диханні.

Максимальне споживання кисню (МСК) – це найбільша кількість кисню (зазвичай у мл/кг/хв), яку організм здатний поглинути, транспортувати та використати за одиницю часу

Неметаболический дихальний коефіцієнт – це підвищення співвідношення між об'ємом виділеного вуглекислого газу та спожитого кисню вище 1,0 внаслідок вивільнення CO₂, що утворюється не в результаті окиснення субстратів, а через буферні реакції нейтралізації метаболічного ацидозу, зокрема лактату.

Поріг анаеробного обміну (ПАНО) – це інтенсивність фізичного навантаження, при якій організм переходить від переважно аеробного до переважно анаеробного джерела енергозабезпечення.

Потужність системи енергозабезпечення – здатність системи енергозабезпечення ресинтезувати найбільшу кількість АТФ за одиницю часу.

Функціональна проба – це метод (спосіб) дослідження, що дає змогу оцінити реакцію та адаптаційні можливості організму людини у відповідь на дозований вхідний вплив, у тому числі й фізичне навантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білаш С. М., Коптев М. М., Проніна О. М. Фізіологія рухової активності / за редакцією С. М. Білаша. Вид-во : «Олді+», 2024. 300 с.
2. Босенко А. І. Фізіологія спорту: навч. посіб. / А. І. Босенко, М. С. Топчій, Н. А. Орлик. Одеса : Букаєв В. В., 2017. 67 с.
3. Голяка С. К. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту: навчально-методичний посібник для студентів. / С. К. Голяка, С. С. Возній. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2015. 230 с.
4. Єжова О. О. Спортивна фізіологія у схемах і таблицях: посібник для студентів інститутів фізичної культури / О. О. Єжова. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2013. 164 с.
5. Земцова І. І. Спортивна фізіологія. Київ : «Олімпійська література», 2008. 207 с.
6. Ільїн В. М., Філіппов М. М., Лизогуб В. С., Виноградов В. Є., Безкопильний О. П. Хронобіоритмологічні аспекти адаптації у спорті. К. : Олімпійська література, 2024. 380 с.
7. Вілмор Х., Костілл Д. Л. Фізіологія спорту. К. : Олімпійська література, 2003. 656 с.
8. Вовканич Л. С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для перепідготовки спеціалістів освіт.-кваліфікац. рівня «Бакалавр». Львів : ЛФУФК, 2013. 195 с.
9. Кудій Л. І., Коваленко С. О. Функціональні проби оцінки стану серцево-судинної системи: навчальний посібник. / Л. І. Кудій, С. О. Коваленко. Черкаси : ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2012. 80 с.
10. Лисенко О. Вплив концентрації CO_2 і O_2 на структуру дихальної реакції за умов фізичних навантажень різного характеру. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Серія: Біологія. 2012. Вип. 61. С. 52-55.

11. Лисенко О. М. Зміни фізіологічної реактивності дихальної системи на зрушення дихального гомеостазу при застосуванні комплексу засобів стимуляції працездатності. *Фізіологічний журнал*. 2012. Т.58. №5. С. 70-77.
12. Маліков М. В., Богдановська Н. В. Фізіологія фізичних вправ. Навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДУ, 2005. 85 с.
13. Мурза В. П., Філіппов М. М. Методи функціональних досліджень у фізичній реабілітації та спортивній медицині : навч. посібник. К.: Університет «Україна», 2001. 96 с.
14. Неведомська Є. О. Фізіологія рухової активності: навч. посіб. для практичних і самостійних робіт для студ. вищ. навч. закл. / Євгенія Олексіївна Неведомська. К. : Київськ. ун-т імені Бориса Грінченка, 2018. 37 с.
15. Ровний А. С. Фізіологія рухової активності: підручник / А. С. Ровний, В. А. Ровний, О. О. Ровна. Харків, 2014. 344 с.
16. Ровний А. С. Фізіологія спортивної діяльності: підруч. для студентів навч. закл. фіз. виховання та спорту / А. С. Ровний, В. М. Ільїн, В. С. Лизогуб, О. О. Ровна. Харків : ХНАДУ, 2015. 555 с.
17. Barbosa GM, Calixtre LB, Fonseca Fialho HR, Locks F, Kamonseki DH. Measurement properties of upper extremity physical performance tests in athletes: a systematic review. *Braz J Phys Ther*. 2024 Jan-Feb;28(1):100575. doi: 10.1016/j.bjpt.2023.100575. Epub 2023 Dec 14. PMID: 38232688; PMCID: PMC10803909.
18. Poehling RA, Tsai MC, Manson SA, Koehle MS, Meylan CMP. Physical performance development in a female national team soccer program. *J Sci Med Sport*. 2021 Jun;24(6):597-602. doi: 10.1016/j.jsams. 2020.12.009. Epub 2020 Dec 31. PMID: 33390301.
19. Lentz TA, Magill J, Myers H, Pietrosimone LS, Reinke EK, Messer M, Riboh JC. Development of Concise Physical Performance Test Batteries in Young Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2020 Dec;52(12):2581-2589. doi: 10.1249/MSS.0000000000002422. PMID: 32555020.

Таблиця 1. – Результати Гарвардського степ-тесту

Обстежувані (вік, стать)	Спортивна спеціалізація, кваліфікація	t (с)	Пульс за 30 с у період відновлення			ІГСТ
			f ₁	f ₂	f ₃	
А (20 років, Ч)	Спортивна гімнастика, КМС	300	70	55	40	
Б (21 рік, Ч)	Плавання, II розряд	300	76	60	45	
С (20 років, Ч)	Волейбол, б/р	240	80	68	52	

Таблиця 2. – Результати проби PWC₁₇₀ у спортсменів різної спеціалізації та кваліфікації

Обстежува ний/ маса тіла (кг)	Спортивна спеціалізація, кваліфікація	I навантаження		II навантаження		PWC ₁₇₀ кгм/хв	PWC ₁₇₀ кгм/хв/кг
		N1 кгм/хв	f1 уд./хв	N2 кгм/хв	f2 уд./хв		
А (65 кг)	Велоспорт, КМС	500	86	1200	150		
Б (62 кг)	Л/а (с/д), II розряд	450	105	1000	152		
С (80 кг)	Боротьба, КМС	520	112	1050	154		

Таблиця 3. – Аеробна фізична працездатність у спортсменів-легкоатлетів за результатами тесту Купера

Учасники забігу	Вид спорту		Спортивна кваліфікація (III-I, КМС, МС, МСМК, ЗМС)	Подолана дистанція (м) за 12 хвилин
	Спортивна спеціалізація	Домінуюче джерело енергозабезпечення		
А	Легка атлетика (10000 м)		КМС	4200
Б	Легка атлетика (400 м)		КМС	3600
С	Легка атлетика (100 м)		КМС	2700

Таблиця 4. – Протокол дослідження максимальної анаеробної потужності за тестом Маргарія

Учасники дослідження	Вид спорту (спортивна кваліфікація)	Р	h	t	МАП
А	Л/а (спринт), I розряд	75	2,09	0,90	
Б	Триатлон, КМС	65	2,09	1,02	
С	Футбол, II розряд	68	2,09	0,98	

Таблиця 5. – Протокол дослідження порогу анаеробного обміну за тестом Конконі у двох спортсменів

Потужність (Вт)	ЧСС (уд./хв) І-й спортсмен	ЧСС (уд./хв) ІІ-й спортсмен	Потужність (Вт)	ЧСС (уд./хв) І-й спортсмен	ЧСС (уд./хв) ІІ-й спортсмен
60	105	115	150	172	175
70	112	122	160	174	180
80	120	128	170	176	
90	127	136	180	180	
100	135	142	190		
110	144	150	200		
120	152	160	210		
130	160	164	220		
140	169	170	230		