

УДК: 612.74.,612.886.,612.776.1.,612.1:796
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-46-54

Дамілола Олувасеївна Комолафе

аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін
Національний університет фізичного виховання і спорту України
ll.komolafe@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0279-0512>

Михайло Михайлович Філіппов

доктор біологічних наук, професор кафедри медико-біологічних дисциплін
Національний університет фізичного виховання і спорту України
filmish@ukr.net

<https://orcid.org/000-0001-5096-7445>

ПОРІВНЯННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЗА ЯКИМИ ВИЗНАЧАЮТЬ ФІЗИЧНУ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПІДЛІТКІВ І ДОРΟΣЛИХ В ЛАБОРАТОРНИХ ТА "ПОЛЬОВИХ" УМОВАХ

В статті розглядаються різноманітні прийоми та тести для оцінки працездатності нетренованих підлітків та юних спортсменів в порівнянні з нетренованими чоловіками. Дослідження фізичної працездатності в останні роки набуває все більш важливе значення. Хоча фізична працездатність являється спеціальним поняттям фізіологія праці, спорту, спортивної медицини, вона вивчається і в інших областях прикладної фізіології та медицини (підводна та космічна фізіологія, клінічна медицина та інше.). Метою даної роботи було провести порівняльну характеристику інформативності фізіологічних показників оцінки фізичної працездатності, отриманих в лабораторних умовах та за допомогою найбільш поширених непрямих методичних підходів. Було показано, що прямі вимірювання фізичної працездатності та максимального споживання кисню у підлітків відрізняються від непрямих відмінностями різної величини в залежності від стану тренуваності. Проведені синхронні побудови петель гістерезису ЧСС та показників газообміну (споживання кисню і виділення вуглекислого газу) показали, що переважна більшість параметрів петлі гістерезису серцевої діяльності з високим ступенем корелюють з параметрами газообміну ($r=0,80-0,97$). Зазначено, що застосований на основі аналізу киснево-транспортної функції крові та режимів масопереносу кисню комплексний підхід до оцінки функціонального стану організму дозволяє не тільки отримати свідчення про ступінь фізичної тренуваності та працездатності, але також і виявити слабкі ланки в системі постачання організму киснем, визначити його резервні можливості.

Ключові слова: *режими масоперенесення кисню та його споживання, м'язова діяльність, киснево-транспортна функція крові.*

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Результати даних досліджень отримані авторами при виконанні науково-дослідної роботи НУФВСУ (кафедра медико-біологічних дисциплін) на тему: "Особливості соматичних, вісцеральних і сенсорних систем у кваліфікованих спортсменів на різних етапах підготовки" (номер державної реєстрації 0116U001614).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо [1], що в 14-16 років у підлітків відбувається процес статевого дозрівання та пов'язана з цим перебудова нейро-гуморальної регуляції основних життєвих функцій організму. Однак, саме в цей період більшість підлітків починає регулярно займатися спортом. У зв'язку з цим відбір бажаючих в дитячі спортивні школи, а також побудова тренувального процесу потребують спеціальних знань фізіологічних особливостей цього вікового періоду, зокрема визначення функціональної можливості системи забезпечення організму киснем, яка зумовлює аеробну продуктивність.

Існують різноманітні прийоми та тести для оцінки працездатності [2]. У зв'язку з тим, що одним з найбільш легко визначаємих в процесі роботи функціональних показників є ЧСС,

багатьма дослідниками та практиками саме він враховується при визначенні працездатності. В результаті експериментальних досліджень [3] була виявлена лінійна залежність між ЧСС до 170 ск./хв та потужністю зовнішньої механічної роботи, тому що в цьому діапазоні у здорових людей знаходиться так звана зона оптимального функціонування серцево-судинної та респіраторної систем.

Одним із загальноприйнятих методів оцінки працездатності є визначення максимального споживання кисню (МСК). Цей показник розглядають як інтегральний для характеристики максимальної активності основних тканин і вегетативних функцій організму [4].

Пряме визначення МСК проводиться безпосередньо в лабораторних умовах, при цьому застосовуються ступенеподібні підвищення навантаження.

У зв'язку з тим, що таке визначення МСК потребує від дослідника певних знань та навичок, широке застосування оцінки працездатності таким методом не всім доступне. Більш широке розповсюдження отримали розрахунки МСК за формулою, яку запропонував В.Л. Карпман: $МСК = 2,2 PWC_{170+} / 1070$, мл/хв [5].

В останні десятиріччя отримав розповсюдження ще один метод - "гістерезисний", який враховує певне співвідношення ЧСС або іншого фізіологічного показника із зміною по заданому циклу потужності роботи (підвищення від нуля до заданої величини, а потім з такою ж швидкістю зниження до нуля) і дозволяє, крім значень механічної потужності та її похідних, характеризувати ефективність мобілізації фізіологічних резервів, енергетичного рівня організму і загальної фізичної працездатності, дає можливість здійснювати оцінку адаптаційних резервів організму спортсменів шляхом реєстрації змін ЧСС і потужності виконуваної роботи, які потім графічно зображують у вигляді так званої петлі гістерезису [6]. Найбільш інформативним, на наш погляд, може бути використаний підхід для оцінки функціонального стану організму, заснований на аналізі зміни дихання, кровообігу, кисневотранспортної функції крові (КТФК), режимів масопереносу кисню (РМК) та їх регулювання [7]. В якості тестових навантажень рекомендовано застосовувати наступні: 1) для виявлення максимальної анаеробної продуктивності – навантаження з МСК; 2) для виявлення максимальної ефективності та економічності РМК – навантаження зі споживанням кисню 40-50% МСК; 3) для виявлення максимальної анаеробної продуктивності – короткочасне (1-2 хв) навантаження субмаксимальної інтенсивності із споживанням кисню 80-85% МСК. При аналізі особлива увага приділяється змінам в перехідних режимах – від спокою до навантаження, від навантаження меншої інтенсивності до навантаження більшої інтенсивності, від навантаження до спокою (відновлювальний період).

Мета дослідження. Провести порівняльну характеристику інформативності фізіологічних показників оцінки фізичної працездатності, отриманих в лабораторних умовах та з допомогою найбільш поширених непрямих методичних підходів.

Об'єкт і методи дослідження. Проводили порівняння прямих і непрямих підходів для визначення PWC_{170} та МСК, аналізували зміст "гістерезисного" методу оцінки адаптаційних резервів організму, а також проводили комплексну оцінку функціональних можливостей організму, засновану на аналізі зміни дихання, кровообігу, КТФК, РМК та їх регулювання.

Обстежено 14 нетренованих підлітків 15-16 років, 16 юних велосипедистів та 18 нетренованих чоловіків 21-26 років за допомогою сучасних методів для визначення споживання кисню, киснево-транспортної функції крові, РМК та їх компонентів.

У відповідності з принципами Гельсінської декларації всі досліджувані дали письмову інформовану згоду на обстеження.

Використовували наступне обладнання: регістратор ЧСС «Polar, Фінляндія»), газоаналізатор МХ 6202 (Україна), волюметр 45084 (Німеччина), велоергометр (Monark, Швеція,) двохкоординатний самописець ДКС-2 для побудови гістерезисної побудови ЧСС.

Результати дослідження та їх обговорення. Як виявилось (табл. 1), потужність роботи, яка розрахована за тестом PWC_{170} та зафіксована безпосередньо, були незначно, але різними. Розбіжність у величинах потужності, отриманої двома способами, склала в середньому від 14,1 до 29,4%. Найбільшою різниця була для юних спортсменів. Це свідчить про те, що тест PWC_{170} не зовсім придатний для точних кількісних визначень фізичної працездатності підлітків - спортсменів. Для нетренованих вона може бути використана для загальної характеристики підвищення працездатності.

Таблиця 1

Показники потужності роботи, отримані за тестом PWC_{170} та безпосередньо зафіксовані в лабораторних умовах

Показники / Вікові групи	Потужність розрахована за тестом PWC_{170}	Потужність zareєстрована при ЧСС 170 уд./хв.	Δ *) %
	Вт	Вт	
Нетреновані підлітки	141	163	14,0
Нетреновані чоловіки	178	218	12,2
Юні велосипедисти	153	218	29,9

Проведені зрівняння значень показників МСК, отриманих в лабораторних умовах та розрахованих за формулою В.Л. Карпмана використовуючи результати тесту PWC_{170} , показали достатньо високу схожість результатів у нетренованих підлітків і чоловіків, але для юних велосипедистів різниця значень виявилася високою (табл. 2). Останнє свідчить про те, що необхідно обережно відноситись до інтерпретації результатів оцінки фізичної працездатності юних спортсменів, отриманих розрахунковим методом. Тобто, у тих випадках, коли розрахункові значення МСК використовуються для аналізу переваг аеробних процесів у спортсменів, які конкурують у відборі кращих, а також коли вони включаються в аналіз наукових інтерпретацій, після яких фахівці формулюють певні висновки, можна вважати такими, що не відповідають дійсності.

Таблиця 2

Порівняння значень МСК за формулою В.Л. Карпмана та виміряних прямим методом у різних груп осіб, які виконували роботу на велоергометрі

Вікові групи	Розраховане значення		Виміряне значення		Δ *) %
	мл/хв	мл/хв.кг	мл/хв	мл/хв.кг	
Нетреновані підлітки	2100	36,3	2260	39,3	6,15
Нетреновані чоловіки	2550	35,0	2715	38,8	9,41
Юні велосипедисти	2420	37,2	3025	45,8	19,9

Ми проаналізували взаємозв'язок змін ЧСС і потужності виконуваної роботи, які потім графічно зображуються у вигляді так званої петлі гістерезису.

Тестування проводиться у такій послідовності: рівномірно підвищують потужність (наприклад, кожну хв. на 33 Вт) до точки реверсу (наприклад, 230 Вт) із поверненням (із заданою швидкістю) до нуля. З допомогою двохкоординатного самописця або графічно будується петля гістерезису (приклад представлений на рис. 1). Початок зниження потужності (реверс) задається або за досягненням певної потужності роботи (наприклад, 230 Вт), або за значенням фізіологічного параметру (наприклад, ЧСС=150 с/хв).

На підставі аналізу петлі гістерезису "потужність - ЧСС» здійснюється оцінка різних компонентів як фізіологічної реакції організму, так і характеристик, що визначають

потужність роботи (рис. 2). У структурі петлі виокремлюють кілька діагностичних ділянок (фаз), за аналізом різних компонентів яких і оцінюють адаптаційні можливості організму.

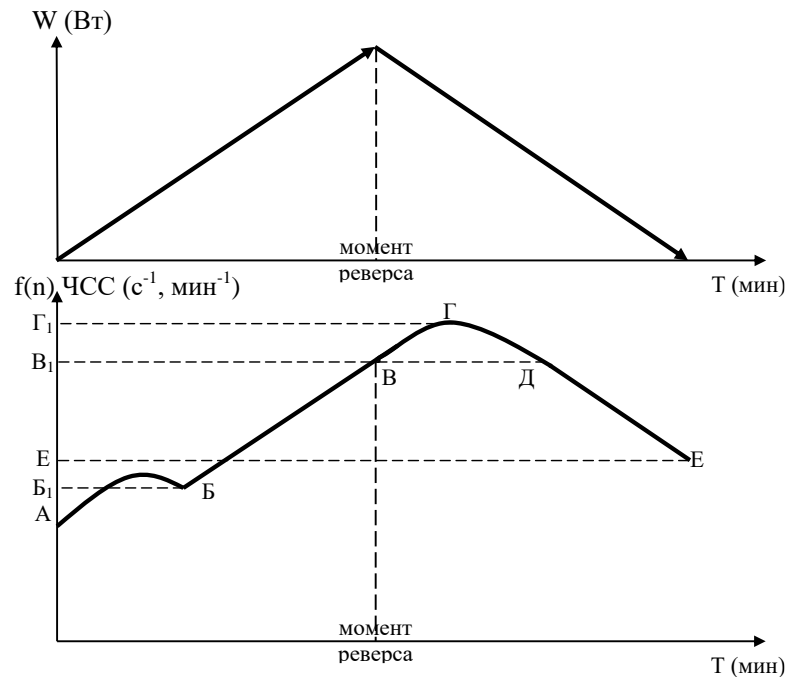


Рис. 1. Динаміка потужності виконуваної роботи (верхня частина рисунку) та ЧСС (нижня частина) в процесі тестування.

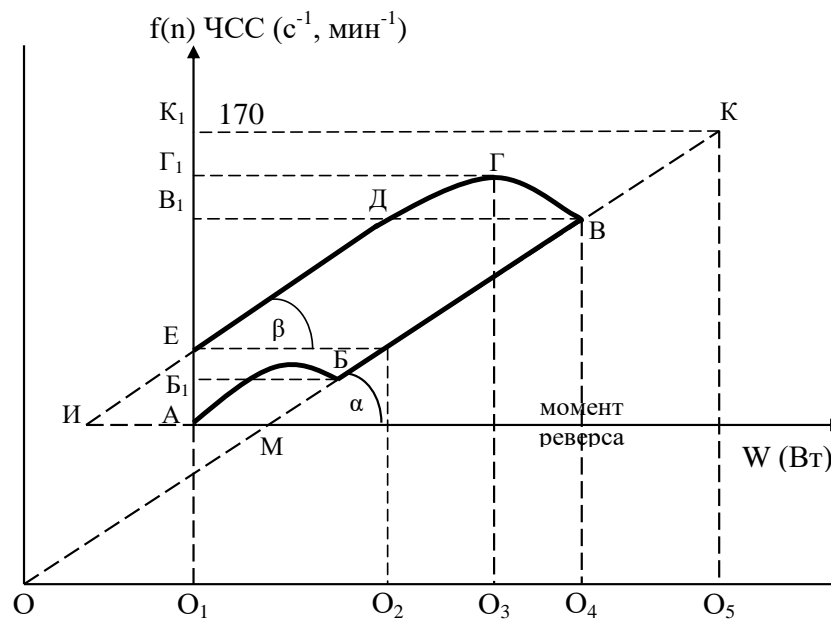


Рис. 2. Петля гістерезису в абсолютній системі координат

Основними фазами є наступні:

1. Гетероакселераційна - ділянка АБ, характеризує процес впрацьовування, що обумовлений вихідним станом організму.

2. Ізоакселераційна фаза - ділянка БВ, характеризує сталість збільшення ЧСС у відповідь на приріст потужності. Котангенс кута нахилу цієї ділянки від ізолінії до осі «Х» відображає індивідуальний характер функціональних резервів організму.

3. Гетероакселераційна фаза ВД, відображає динаміку використання функціональних резервів організму на початковому етапі зниження потужності. Кінцева точка цієї ділянки характеризує максимальне значення фізіологічного параметру.

4. Ізоакселераційна фаза ДЕ, характеризує сталість зміни фізіологічного параметру при зниженні потужності роботи. Котангенс кута нахилу ділянки ДЕ до осі «Х» відображає характер функціонального стану організму, який визначається потужністю роботи, швидкістю відновлювальних процесів і станом адаптованості організму.

Оскільки усі точки обох ізоакселераційних фаз БВ і ДЕ характеризуються сталістю фізіологічного параметру при зміні потужності роботи, то відповідно, що площа, яка обмежена петлею гістерезису, буде відповідати «внутрішній роботі» організму (навантаженню). Якщо б організм не був змушений здійснювати внутрішню роботу, нисхідна частина петлі співпала б з висхідною. Сама петля відображає першу похідну мобілізації функціональних резервів адаптації організму, тоді як його площа - другу похідну цієї мобілізації [8].

Графічне зображення петлі гістерезису дає можливість виділити ряд показників, що характеризують особливості мобілізації функціональних резервів організму в процесі термінової адаптації до фізичної роботи, а також оцінити компоненти фізичної працездатності. Усі результати тестування згруповані логічно і піддаються комп'ютерній обробці із застосуванням кластерного аналізу

Виділяються наступні показники тестування.

I. Показники, що характеризують функціональну пробу:

1. швидкість зміни потужності механічної роботи представляє собою постійну величину - плавно на 33 Вт на хвилину;
2. потужність реверсу характеризує функціональну пробу, якщо момент реверсу заздалегідь планується за значенням потужності механічної роботи;
3. значення фізіологічного параметру (наприклад, ЧСС=150 ск./хв.) в момент реверсу: характеризує функціональну пробу, якщо реверс встановлюється за значенням фізіологічного показника.

II. Показники, що характеризують напруження організму за значенням фізіологічного параметру:

1. початкове ЧСС, на рис.2 - точка А;
2. порогове ЧСС - точка Б1: характеризує початок ізоакселераційної навантажувальної фази;
3. ЧСС в момент реверсу - точка В1;
4. максимальне ЧСС - точка Г1;
5. ЧСС у момент закінчення роботи - точка Є;
6. середнє значення ЧСС за весь період виконуваної роботи.

III. Показники ефективності мобілізації резервів:

1. швидкість розподілу стану напруження організму в процесі роботи - визначається площею АБВГДЕА, характеризує мобілізацію функціональних резервів організму;
2. швидкість розподілу напруження - визначається площею ВГДВ;
3. період інерції - коли після реверсу ще спостерігається підвищення ЧСС і характеризує час інерційності регуляторних механізмів.

IV. Показники енергетичних процесів організму):

1. зовнішня робота, що відповідає нормованому значенню фізіологічного параметру (наприклад, одному серцевому скороченню) при зростанні потужності роботи (являє собою котангенс кута α - відношення ОО4 до О1В);
2. зовнішня робота, що відповідає нормованому значенню фізіологічного параметру при закінченні роботи. Являє собою котангенс кута β - відношення ІА до АЕ);
3. напруженість організму перед навантаженням – відрізок ОО;
4. напруженість організму в момент реверсу - відрізок ОО4);
5. рівень напруженості організму в момент припинення фізичної роботи - відрізок ОО2;

6. максимальний рівень напруженості організм - половина довжини;
7. приріст рівня напруженості організму під впливом функціональної проби - $OO_2 - OO_1$;
8. коефіцієнт корисної дії мобілізації функціональних резервів організму (ККД,%, визначається відношенням OIO_4 до половини довжини петлі);
9. значення рівня активації організму в стані перед роботою – відрізок AM ;
10. значення рівня активації організму при закінченні фізичної роботи - відрізок IA , характеризує рівень напруження організму.

Момент реверсу потужності роботи може здійснюватися або при досягненні запланованої величини потужності, або при досягненні певного значення фізіологічного параметру. Найбільш адекватним при тестуванні осіб, які явно відрізняються за рівнем адаптованості, слід вважати використання другого варіанту, тому що в цьому випадку фізіологічна ціна навантаження буде однаковою для всіх категорій осіб, що проходять тестування. Для зіставлення результатів тестування в цьому випадку враховується зовнішня механічна робота, яка визначається значенням всіх показників, що залежать від обсягу її виконання (довжина, площа петлі і їх похідні).

Для доказу інформативності даного методу були проведені синхронні побудови петель гістерезису ЧСС та показників газообміну (споживання кисню і виділення вуглекислого газу), які показали, що переважна більшість параметрів петлі гістерезису серцевої діяльності з високим ступенем корелюють з параметрами газообміну ($r=0,80-0,97$). Проведений інтеркореляційний аналіз показав, що описані вище параметри петлі гістерезису майже не пов'язані один з одним (коефіцієнти кореляцій не перевищують 0,3), що вказує на їх самостійну інформативність і можливість з їх допомогою оцінювати різні сторони системної мобілізації функціональних резервів організму при м'язовій діяльності.

Комплексний підхід з аналізом КТФК та РМК дозволив виявити ланки, що обмежують постачання організму киснем та пов'язану з ним працездатність.

В якості зображення переваг комплексного методу наведемо порівняння змін РМК двох юних спортсменів однакової кваліфікації, у яких максимальна швидкість споживання кисню була майже однаковою (рис. 3), хоча функції дихання, кровообігу та механізми, що забезпечують її були різними.

Так, більш низька швидкість транспорту кисню змішаною венозною кров'ю у юного спортсмена В. свідчила про кращу утилізацію кисню працюючими м'язами. Низька напруга тут кисню вказувала про більший ступінь тканинної гіпоксії. Більш економічною у спортсмена В. виявилась функція зовнішнього дихання (високий коефіцієнт використання кисню в тканинах та низький вентиляційний еквівалент (рис. 4).

Краща утилізація кисню тканинами та більша економічність зовнішнього дихання призвели до того, що у спортсмена В. РМК в цілому виявився більш ефективним. Аналіз зміни КТФК показав, що однакова швидкість транспорту кисню артеріальною кров'ю у юних спортсменів Л. та В. досягалась по різному.

У спортсмена Л. киснева ємність крові (КЄК) була на 1,9% більшою, крім того, артеріальна кров краще була насичена киснем, що призвело до більш високого вмісту кисню в артеріальній крові (19,8 об% у Л. та 15,1 об% у В.). При цьому хвилинний об'єм крові (ХОК) у Л. був дещо меншим, що зумовило більш низький НЕ. Більший ХОК у В. досягався здатністю серця забезпечувати ударний об'єм (УО), до 156 мл, що на 44 мл було вище, ніж у Л. Збільшення ХОК можна розглядати як компенсуючий механізм, що дозволив організму спортсмена В. при невисокій КЄК забезпечити необхідну швидкість транспорту кисню артеріальною кров'ю до тканин.

Таким чином, юний спортсмен В., не дивлячись на більш низьку оксигенацію крові та меншу КЄК, відрізнявся більшою ефективністю РМК, значною здатністю утилізації кисню тканинами. Краща підготовленість В. підтвердилась в подальшому кращими спортивними результатами.

Очевидно, що для підвищення аеробної продуктивності цього спортсмена, рекомендували застосувати заходи та засоби, які спрямовані на підвищення кисневої ємності крові – тренування в гірських умовах, препарати, які підвищують кількість гемоглобіну. Вказані фактори можуть додатково збільшити споживання кисню у юного спортсмена В. на 350-500 мл/хв.

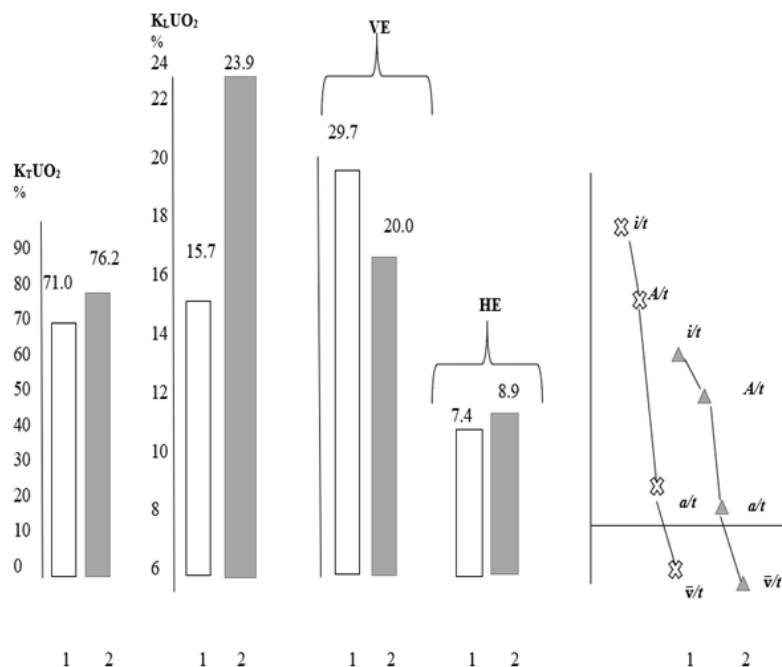


Рис. 3. Каскади швидкості та інтенсивності (qO_2) надходження кисню до легень (i), альвеол (A), транспортування його артеріальною (a) та змішаною венозною кров'ю відповідне значення PO_2 на цих етапах у юних спортсменів Л. (1) та В. (2) при МСК

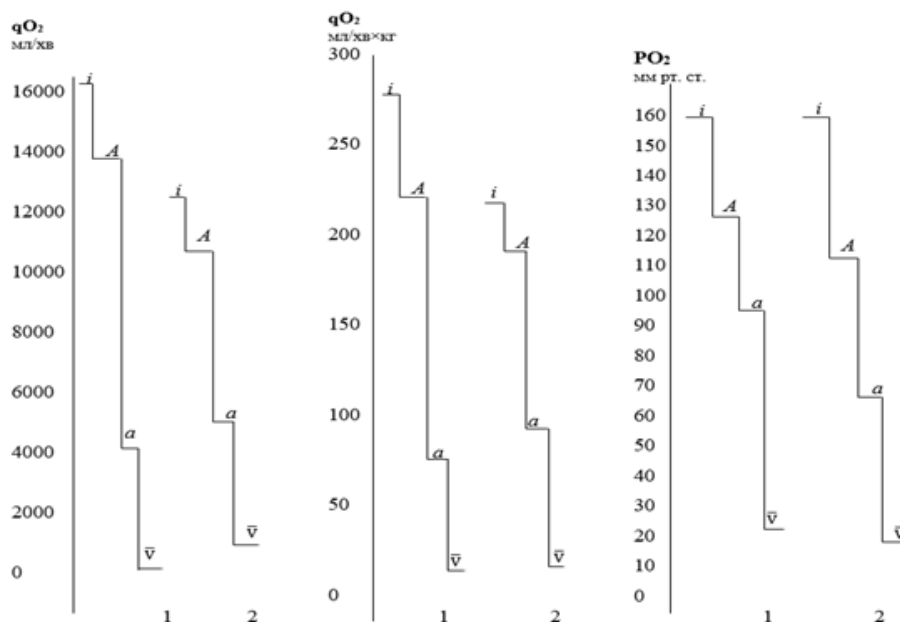


Рис. 4. Коефіцієнти утилізації кисню тканинами ($KU_T O_2$) та використання в легенях ($KU_L O_2$), вентиляційний (VE) та гемодинамічний (HE) еквіваленти, а також параметри ефективності РМК у юних велосипедистів Л. (1) та В. (2) при МСК

Висновки. Наведені приклади показують, що комплексний підхід до оцінки функціонального стану дозволяє не тільки отримати свідчення про ступінь фізичної тренуваності та працездатності, але також і виявити слабкі ланки в системі постачання організму киснем.

Вважаємо, що проведений фізіологічний аналіз різних прямих і непрямих методів розширює наші уявлення про можливості оцінювання не тільки фізичної працездатності підлітків, але і знайомить з методичними підходами до визначення факторів, які її обмежують і від яких залежать функціональні резерви організму.

Перспективи подальших досліджень. Більш детальне питання оцінки працездатності організму може бути предметом подальших досліджень.

Список використаної літератури

1. Филиппов М.М., Давиденко Д.Н. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности. Санкт-Петербург-Киев: БПА, 2010.
2. Давиденко Д.М., Філіппов М.М. Метод оцінювання показників, що характеризують резервні можливості організму спортсменів, за аналізом залежності: параметри механічної роботи – зміна фізіологічного параметру/Д.М.Давиденко, М.М.Філіппов //Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2011. – N20(1). – С.20-29
3. Мурза В.П., Філіппов М.М. Методи функціональних досліджень у фізичній реабілітації та спортивній медицині. Навчальний посібник. Київ: У-т «Україна», 2021. 95 с
4. Карпман В.Л., Гудков И.А., Койдинова Г.А. Непрямое определение максимального потребления кислорода у спортсменов высокой квалификации. Теория и практика физ. культуры. – 1972. – № 1. – С. 37–41
5. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г. PWC170 – проба для определения физической работоспособности // Теория и практика физической культуры. – 1969. – № 10. – С. 37.
6. Філіппов М.М. Порівняння інформативності різних методів визначення фізичної працездатності спортсменів / М.М. Філіппов, В.В. Сосновський // Науковий часопис [Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова]. Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). – 2017. - Вип. 3К. – С. 482-485.
7. Ivanets OB, Kosheva LO. Approach to the evaluation of the functional state of the human body taking into account the variability of medical and biological indicators. Abstract of 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL); 2019; Sozopol, Bulgaria; 2019. p. 661-665. DOI: 10.1109/CAOL46282.2019.9019500.
8. Louizos C, Yáñez JA, Forrest ML, Davies NM. Understanding the Hysteresis Loop Conundrum in Pharmacokinetic / Pharmacodynamic Relationships. J Pharm Amp Pharm Sci. 2014;17(1):34. DOI: 10.18433/j3gp53.

References

1. Filippov MM, Davidenko DM. Fiziologicheskiye mekhanizmy razvitiya i kompensatsii gipoksii v protsesse adaptatsii k myashechnoy deyatelnosti. Kyiv: BPA; 2010. 268 s.
2. Davidenko DM, Filippov MM. Metod otsinyuvannya pokaznykiv, scho karakterizuyut' rezervni mozhlyvosti orhanizmu sportsmeniv, za analizom zalezhnosti: parametry mekhanichnoyi roboti – zmina fiziolozhichnoho parametru. Akt. problemy fiz. kul'tury i sportu. 2011;20(1):20-9. [in Ukrainian].
3. Murza VP, Filippov MM. Metody funktsional'nykh doslidzhen' u fizychniy reabilitatsiyi ta sportyvniy medytsyni. Kyiv: Un-t "Ukrayina"; 2001. 95 s. [in Ukrainian].
4. Karpman VL, Gudkov IA, Koydinova GA. Nepryamoe opredeleniye maksimal'nogo potrebleniya kisloroda u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii. Zhurn Teor i praktyk fizychnoy kul't. 1972;(10):37-41.
5. Karpman VL, Belotserkovskiy ZB, Lyubina BG. PWC 170 - proba dlya vyznachennya fizychnoyi pratsesposobnosti. Zhurn Teor i praktyk fizychnoyi kul't. 1969;(10):37-9. [in Ukrainian].
6. Filippov MM, Sosnovs'kyi VV. Porivnyannya informatyvnosti riznykh metodiv vyznachennya fizychnoyi pratsesposobnosti sportsmeniv. Nauk. chasopys NPU im MP Dragoman. 2017;(3):482-5. [in Ukrainian].
7. Ivanets OB, Kosheva LO. Approach to the evaluation of the functional state of the human body taking into account the variability of medical and biological indicators. Abstract of 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL); 2019; Sozopol, Bulgaria; 2019. p. 661-665. DOI: 10.1109/CAOL46282.2019.9019500.
8. Louizos C, Yáñez JA, Forrest ML, Davies NM. Understanding the Hysteresis Loop Conundrum in Pharmacokinetic / Pharmacodynamic Relationships. J Pharm Amp Pharm Sci. 2014;17(1):34. DOI: 10.18433/j3gp53.

Komolafe D. O., Filippov M. M. Comparison of Physiological Indicators that Determine the Physical Capacity of Teenagers and Adults in Laboratory and "Field" Conditions

The article explores various methods and tests for assessing the performance of untrained teenagers and young athletes in comparison to untrained males. The main goal of this work is to conduct a comparative analysis of the informativeness of physiological indicators used to assess physical performance, which are measured both in laboratory conditions and with the help of the most common indirect methods.

The results show that direct measurements of physical performance and maximal oxygen consumption of teenagers differ from results obtained using indirect methods, and this difference may depend on the level of physical training.

The study also showed that many parameters of cardiac activity obtained from the analysis of heart rate hysteresis loops correlate with parameters of gas exchange, such as oxygen consumption and carbon dioxide excretion.

Based on the analysis of the function of oxygen transport in the blood and modes of oxygen mass transfer, a comprehensive approach is used to assess the functional state of the body. This approach allows not only to determine the level of physical training and work capacity, but also to identify possible problems in the body's oxygen supply system and to determine the reserve capabilities of the body in this regard.

In addition, the article notes that an important part of assessing the functional state of the body is the analysis of the oxygen transport function of the blood. This aspect makes it possible to study in detail how blood transports oxygen to working tissues. This is important because the correct supply of oxygen is a crucial component of physical performance.

Also, an important conclusion of the article is that a comprehensive approach to assessing the functional state of the body can be useful for identifying weaknesses in the oxygen supply system. This can help athletes and coaches improve their training programs and ensure optimal physical activity that can improve their performance. Such an approach can also be useful in medical research and planning of therapeutic measures to correct disorders of oxygen metabolism. Summarizing, this article emphasizes the importance of an integrated approach to the assessment of physical performance and the use of blood function analysis and mode of oxygen mass transfer to obtain more complete information about the functional state of the body.

Key words: *oxygen mass transfer regimes and consumption, muscular activity, oxygen transport function of blood.*

Одержано редакцією: 12.11.2023

Прийнято до публікації: 10.12.2023