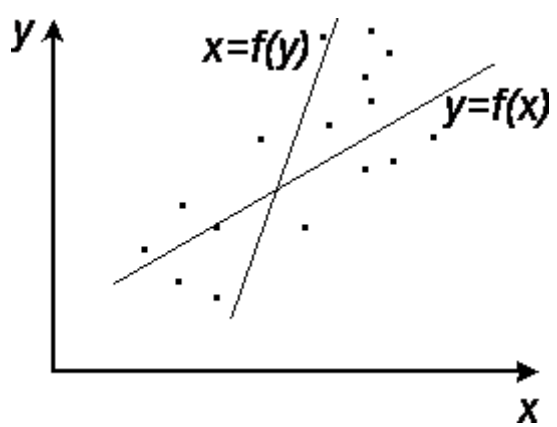




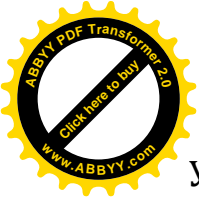
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка

## ОЦІНКА ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОСІБ 19–21 РОКУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Науково-методичні рекомендації



Суми  
Видавництво СумДПУ імені А. С. Макаренка  
2012



УДК 616.12-07-053.81:612.172(075.9)

ББК 28.91я73

Л 27

**Укладач:** Латіна Г. О. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри спортивної медицини та валеології Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

**Рецензент:** Гуменна О. А. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біологічних основ фізичної культури Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

**Л27 Оцінка загальної фізичної працездатності осіб 19–21 року за показниками варіабельності серцевого ритму :**  
наук.-метод. рек. / [уклад. Г. О. Латіна] –  
Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2012. – 32 с.

У методичних рекомендаціях подано алгоритм індивідуальної оцінки фізичної працездатності осіб 19–21 року за показниками варіабельності серцевого ритму.

Призначено для гігієністів, лікарів спортивної медицини, тренерів та студентів напрямів підготовки 6.010201 Фізичне виховання, 6.010202 Спорт для прогнозування, діагностики фізичної працездатності та оптимізації тренувального процесу.

УДК 616.12-07-053.81:612.172(075.9)

ББК 28.91я73

© Латіна Г. О., 2012

© Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2012



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
1. Сучасні підходи до визначення та оцінки загальної фізичної працездатності.....	7
2. Алгоритм оцінки показника фізичної працездатності за даними варіабельності серцевого ритму .....	25
3. Характеристика рівнів фізичної працездатності.....	28
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТ –	Артеріальний тиск
ВЕС <sub>150</sub> –	Велоергометричний тест
ВСР –	Варіабельність серцевого ритму
ЖЄЛ –	Життєва ємність легень
ІГСТ –	Індекс Гарвардського степ-тесту
ІН –	Індекс Баєвського
ІФС –	Індекс функціонального стану
М –	Показник Моді (Mo) після виконання степ-тесту
МСК –	Максимальне споживання кисню
МТ –	Маса тіла
Р –	Показник RMSSD у стані спокою
ФК –	Функціональний клас
ФП –	Фізична працездатність
ЧСС –	Частота серцевих скорочень
ПФП <sub>L</sub> –	Показник загальної фізичної працездатності
АМо –	Амплітуда Моді – кількість кардіоінтервалів, що відповідають значенням (діапазону) моди, указує на процентне потрапляння RR-інтервалів у найбільш представницьку зону гістограми
aPWC <sub>170</sub> –	Абсолютна величина PWC <sub>170</sub>
vPWC <sub>170</sub> –	Відносна величина PWC <sub>170</sub>
Mo –	Діапазон RR-інтервалів, які найчастіше зустрічаються, указує на найімовірніший рівень функціонування системи кровообігу, а точніше синусового вузла (мс)
PWC <sub>170</sub> –	Потужність м'язової роботи за частоти серцевих скорочень 170 ударів за 1 хв
RMSSD –	Корінь квадратний із середнього значення суми квадратів різниці між сусідніми RR-інтервалами (мс)
SDNN –	Стандартне відхилення NN-інтервалів
vPWC <sub>170</sub> –	Відносна величина PWC <sub>170</sub>

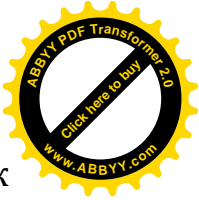
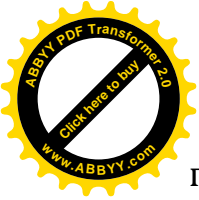


## ВСТУП

Дослідження закономірностей адаптації організму до різних факторів середовища, зокрема фізичних навантажень, є важливою проблемою сучасної фізіології та медицини [4]. Причому оцінку ступеня адаптації організму до змінних умов навколишнього середовища можна встановити за вегетативним гомеостазом, який визначає функціональний стан вісцеральних систем організму. Вегетативне забезпечення фізичної працездатності студентів тісно пов'язано з оцінкою та прогнозуванням індивідуальної стійкості організму до навантажень фізичної і навчальної діяльності [3].

Результати досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців свідчать про зміни функціональних резервів організму студентів на підготовчому етапі професійної діяльності. Так, на підставі досліджень адаптаційних можливостей студентів-юристів А. В. Обухової, Н. І. Шлик, І. І. Шуміхіної [10] встановлено напруження регуляторних систем у 57,2% обстежених. Дослідження показників кардіоінтервалографії студенток-медиків доводять вищий вплив надсегментарних автономних центрів на серцево-судинні центри довгастого мозку на кінець навчального року (С. Н. Вадзюк, Л. С. Цибульської [1]). Наукові праці, що свідчать про взаємозв'язок між ступенем напруження механізмів вегетативної регуляції та показниками фізичної працездатності, насамперед пов'язані з кваліфікованими спортсменами – лижниками, борцями [11]. Автори вважають, що отримані дані необхідні для правильного планування тренувального процесу, прогнозування досягнення оптимального рівня функціональної готовності, а саме вищих спортивних результатів.

Найважливішим розділом спортивної медицини є функціональна діагностика, зокрема тестування функціональної



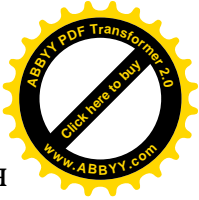
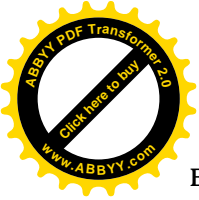
готовності, фізичної працездатності та інших характеристик функціонального стану організму спортсменів. Це стосується як спорту, так і масової фізичної культури.

Загальні і специфічні адаптаційні можливості організму спортсмена перевіряються за допомогою функціональних проб, що виконуються як у лабораторних умовах (у кабінеті функціональної діагностики), так і безпосередньо під час тренувань у спортивних залах і на стадіонах.

За результатами тестування можна визначити функціональний стан організму у цілому, його адаптаційні можливості у даний момент. Знання класифікації функціональних проб допомагає тренерів та лікарів вирішувати конкретні завдання, пов'язані з об'єктивною оцінкою стану функціональної готовності, працездатності спортсмена, вибрати саме ті проби, що потрібні на конкретному етапі тренувального циклу і дозволяють відповідати на найбільш актуальні питання, що виникають у процесі тренування конкретного спортсмена.

На сьогодні перспективним напрямом у спортивній медицині залишається оцінка функціональних можливостей спортсменів на основі реєстрації показників системи кровообігу. Сучасні підходи функціональної діагностики повинні підвищувати точність та якість кількісної оцінки функціональних станів спортсменів під час динамічних досліджень спортсменів у мікро- та макроциклах з метою корекції тренувального процесу [5].

Тому вважаємо за потрібне в систему багаторічної підготовки спортсменів включити спосіб визначення загальної фізичної працездатності. Запропонована методика базується на виявленні індивідуальних показників статистичних та варіаційних показників



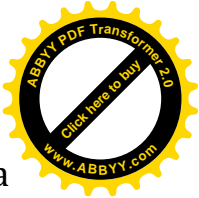
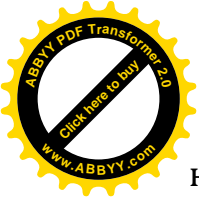
варіабельності серцевого ритму за фізичного навантаження відповідно до регресійної моделі.

Методичні рекомендації включають інформацію про сучасні методи оцінки фізичної працездатності та алгоритм оцінки розробленого способу оцінки фізичної працездатності, що дозволяють поряд із використанням загальновідомих методів оцінки фізичної працездатності спортсменів запровадити у практику професійного спорту аналіз варіабельності серцевого ритму як індикатора адаптаційних можливостей організму.

## **1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ**

Терміном «фізична працездатність» (з англ. *physical working capacity*) позначають потенційну здатність людини проявити максимум фізичного зусилля у статичній, динамічній або змішаній роботі. Під час статичної роботи м'язове скорочення не пов'язане з рухом частин тіла. Скорочення м'яза, за якого він розвиває напругу і не змінює своєї довжини, називається ізометричним. Мірою статичної сили є максимум ізометричної напруги. Якщо зовнішній опір під час м'язового скорочення долається (підняття вантажу), то м'яз коротшає і відбувається рух.

Максимальний опір, за якого м'язи долають на всьому шляху відповідний рух, є мірою концентричної сили, що позначається як динамічна. Під час змішаної роботи наявне поєднання ізометричної та ізотонічної напруги. З боку серцево-судинної системи ізометричне навантаження скорочення м'язів без руху спричиняє навантаження лівого шлуночка тиском. Серцевий викид у цьому випадку зростає менше, ніж за ізотонічного навантаження, що зумовлено обмеженням м'язового кровотоку. За ізотонічного навантаження виникає об'ємне



навантаження лівого шлуночка. У повсякденному житті та професійній діяльності людина використовує тільки невелику частину своєї фізичної працездатності. У спорті, коли кваліфікований спортсмен в умовах змагань установлює особистий рекорд, вона виявляється на вищому рівні.

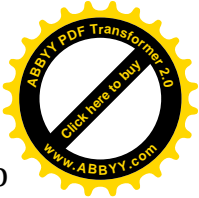
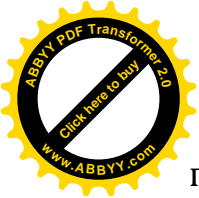
Таким чином, будь-який прояв фізичної працездатності і навіть «максимум зусилля» є умовною величиною. Її слід розглядати як відносну.

Розрізняють прямі і непрямі методи визначення фізичної працездатності. Прямі методи припускають виконання випробовуванням різних фізичних вправ, які є специфічними для певного виду спорту. Ці фізичні вправи (тести) дозволяють судити про силу і витривалість м'язів, загальну витривалість організму, швидкість та здатність підтримувати швидкість і потужність під час зміни напрямку руху. До непрямих методів визначення фізичної працездатності належить проведення тесту  $PWC_{170}$  (степергометрія, велоергометрія, застосування як дозованого навантаження тредбана або тредміла) [8].

На відміну від величин алактатної і лактатної анаеробної продуктивності, щодо основних методів оцінки аеробної потужності та ємності у фахівців галузі фізичної культури і спорту склалася одностайна думка. Більшість дослідників як критерій оцінки аеробної потужності визнають абсолютні і відносні величини  $PWC_{170}$  (відповідно у кгм/хв або Вт/хв і у кгм/хв/кг або Вт/хв/кг), а аеробної ємності – абсолютні і відносні значення максимального споживання кисню (МСК) (відповідно у л/хв і у мл/хв/кг).

Незважаючи на широку популярність основних тестів для визначення величин аеробної потужності та ємності, ми вважаємо за





потрібне навести опис зазначених методичних підходів з метою збереження логіки викладу навчального матеріалу.

Як уже зазначалося, субмаксимальні тести PWC<sub>170</sub> є такими, що застосовуються у практиці медико-біологічного і лікарсько-педагогічного контролю за функціональним станом і рівнем підготовленості спортсменів. У процесі виконання тестів реципієнт виконує два 5-хвилинні навантаження різної потужності з 3-хвилинним інтервалом відпочинку між ними.

В останні 30 секунд кожного з навантажень у реципієнта реєструється ЧСС. Відмінність між тестами ГЦОЛІФК і В. Л. Карпмана полягає в різних методичних підходах до дозування потужності початкового (N1) і повторного (N2) фізичних навантажень.

У ГЦОЛІФК було розроблено спеціальну таблицю (табл. 1), відповідно до якої потужність першого навантаження (N1) задається залежно від маси тіла реципієнта, а повторна (N2) – залежно від рівня тренуваності реципієнта, що становить N1 + 50, 100 або 150% від потужності першого або початкового навантаження [9].

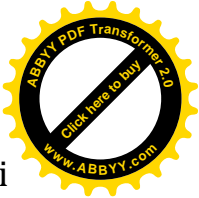
В. Л. Карпман запропонував дещо інший спосіб дозування величин потужності початкового і повторного фізичних навантажень згідно з даними, наведеними у табл. 2.

Таблиця 1

**Залежність величини потужності початкового навантаження (N1) від маси тіла реципієнта**

№ п/п	Маса тіла (кг)	N1 (кгм/хв)	N1 (Вт)
1	59 і менше	300	50
2	60–64	400	67
3	65–69	500	83
4	70–74	600	100
5	75–79	700	117
6	80 і більше	800	133

**Примітка:** 1 Вт  $\approx$  6,12 кгм/хв.



Під час оцінки рівня загальної фізичної працездатності дозування навантаження можна також проводити без використання велоергометра, а за допомогою спеціальної сходинки, що має висоту 20 см для жінок і 40 см для чоловіків. У цьому випадку потужність виконуваної роботи можна обчислити за формулою:

$$N = 1,33 \times MT \times h \times n, \quad (2.1)$$

де N – потужність навантаження (кгм/хв або Вт);

MT – маса тіла реципієнта (кг);

h – висота сходинки (м);

n – кількість сходжень за хвилину (сход./хв);

1,33 – поправочний коефіцієнт, що враховує величину роботи під час спуску зі сходинки.

Таблиця 2

**Орієнтовні значення величин потужності першого (N1) і другого (N2) фізичних навантажень для визначення загальної фізичної працездатності спортсменів за тестом PWC<sub>170</sub> (кгм/хв)**

№ п/п	Передбачувана величина PWC <sub>170</sub> (кгм/хв)	N1 (кгм/хв)	N2 (кгм/хв)				
			ЧСС (уд/хв) при N1				
			80– 89	90– 99	100– 109	110– 119	120 і більше
1	До 1000	400	1100	1000	900	800	700
2	1000–1500	500	1300	1200	1100	1000	900
3	Більше 1500	600	1500	1400	1300	1100	1000

**Примітка:** у разі дозування фізичних навантажень на велоергометрі у ватах треба враховувати, що 1 Вт ≈ 6,12 кгм/хв.

Необхідно вказати на те, що, незалежно від способу дозування фізичних навантажень у субмаксимальному тесті PWC<sub>170</sub>, формули розрахунку aPWC<sub>170</sub> і vPWC<sub>170</sub> в обох наведених модифікаціях ідентичні:

$$aPWC_{170}(\text{кгм/хв,вт}) = N_1 + (N_2 + N_1) \times \frac{170 - ЧСС_1}{ЧСС_2 - ЧСС_1}, \quad (2.2)$$

де N1 – потужність першого навантаження (кгм/хв);



$N_2$  – потужність другого навантаження (кгм/хв);

ЧСС1 – частота серцевих скорочень (уд/хв) у кінці першого навантаження;

ЧСС2 – частота серцевих скорочень (уд/хв) у кінці другого навантаження.

$$vPWC_{170} (\text{кгм/хв, Вт/кг}) = \frac{aPWC_{170}}{M}. \quad (2.3)$$

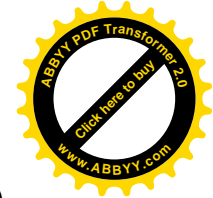
Абсолютна величина  $PWC_{170}$  ( $aPWC_{170}$ ) у здорових нетренованих чоловіків становить у середньому 700–1100 кгм/хв, у жінок – 450–750 кгм/хв. Відносна величина указанного показника ( $vPWC_{170}$ ) для цієї категорії становить 14,5–15,5 кгм/хв/кг (чоловіки) і 9,5–10,5 кгм/хв/кг (жінки).

У спортсменів значення  $aPWC_{170}$  і  $vPWC_{170}$ , залежно від спеціалізації, кваліфікації і рівня підготовленості, реєструються відповідно у 1074 у діапазонах 1100–2000 кгм/хв/кг і вище та 16–27 кгм/хв/кг і більше.

Крім субмаксимального тесту  $PWC_{170}$ , для оцінки рівня аеробної потужності або загальної фізичної працездатності організму досить часто застосовуються й інші методики, серед яких можна виокремити стандартний велоергометричний тест ( $ВЕС_{150}$ ), Гарвардський степ-тест, тест Купера та деякі інші спеціалізовані методики [7].

Безперечною перевагою функціональної проби  $ВЕС_{150}$  є застосування однократного навантаження, відсутність необхідності розрахунку величин потужності виконуваної роботи і менший час обстеження спортсмена. Реципієнт протягом 6 хвилин виконує на велоергометрі стандартне навантаження, що дорівнює 900 кгм/хв або 150 Вт. Наприкінці 1-ї і 6-ї хвилин роботи в нього реєструються величини частоти серцевих скорочень (уд/хв).

Величина аеробної потужності або загальної фізичної працездатності за тестом  $ВЕС_{150}$  (кгм/хв) обчислюється за формулою:



$$BEC_{150} = \frac{900 \times (170 - ЧСС_1)}{ЧСС_6 - ЧСС_1}, \quad (2.4)$$

де 900 – величина стандартного навантаження на велоергометрі (кгм/хв), відповідно 150 Вт;

ЧСС1 – частота серцевих скорочень наприкінці 1-ї хвилини роботи;

ЧСС6 – частота серцевих скорочень наприкінці 6-ї хвилини роботи [7].

Під час використання Гарвардського степ-тесту реципієнту пропонується протягом 5 хвилин виконати сходження на сходинку в ритмі 30 кроків за хвилину. Темп сходжень задається метрономом, який встановлюється на 120 уд/хв. Після виконання роботи в обстежуваних 3 рази (протягом перших 30 секунд 2-й, 3-й і 4-й хвилин) реєструється величина ЧСС (уд/за 30 с). У випадку, якщо реципієнт у процесі сходжень через втому починає відставати від заданого метрономом темпу, через 15–20 секунд після перших ознак цієї «аритмії» тест припиняють і фіксують фактичний час роботи в секундах. Тест необхідно припинити і за появи зовнішніх ознак надмірної стомленості – блідості, спотикань тощо [7].

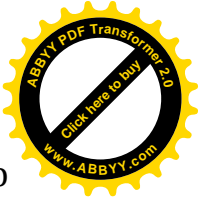
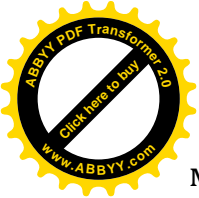
Індекс Гарвардського степ-тесту розраховують за такою формулою:

$$IGCT = \frac{t \times 100}{(f_2 + f_3 + f_4) \times 2}, \quad (2.5)$$

де t – фактичний час сходження реципієнта, в секундах;

f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> і f<sub>4</sub> – частота серцевих скорочень за 30 с відповідно на 2-й, 3-й і 4-й хвилинах відновлення.

Отримані в результаті розрахунку кількісні значення ІГСТ використовують для якісної оцінки фізичної працездатності реципієнта відповідно до даних, наведених у табл. 3. Величини ІГСТ



можна визначити також без використання формул за допомогою спеціально розроблених таблиць.

Таблиця 3

**Оцінка фізичної працездатності за індексом  
Гарвардського степ-тесту**

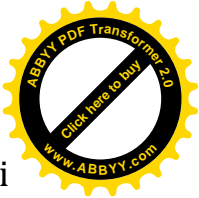
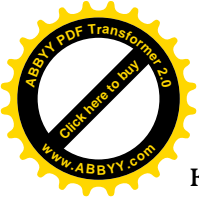
№ п/п	Значення ІГСТ	Оцінка
1	<55	Низька (слабка)
2	55–64	Нижче середньої
3	65–79	Середня
4	80–89	Вище середньої (хороша)
5	>90	Висока (відмінна)

Споживання кисню – сумарний показник, який відображає функціональний стан серцево-судинної та дихальної систем. Значення цього показника у фізіологічній та клінічній практиці особливо велике тому, що є достатні можливості для його прямого та непрямого визначення.

Якщо зростає інтенсивність обмінних процесів, то під час фізичного навантаження необхідне значне збільшення споживання кисню. Це вимагає підвищення функції серцево-судинної та дихальної систем. Споживання кисню зростає пропорційно до збільшення навантаження, але настає межа, за якої подальше збільшення навантаження не супроводжується збільшенням споживання кисню. Цей рівень називається максимальним споживанням кисню [7].

Величина максимального споживання кисню – це найвищий рівень аеробного обміну під час фізичного навантаження. Вище цієї межі працюючі м'язи опиняються в умовах недостатнього постачання киснем, у них наростають анаеробні обмінні процеси. Отже, максимальне споживання кисню є показником аеробної здатності організму.

Максимальне споживання кисню (аеробна здатність) залежить від резервів серця, можливостей кровопостачання працюючих м'язів,



кисневої ємності крові, стану легеневої вентиляції, дифузної здатності легень та інших показників, тобто від фізіологічного стану організму, а також від типу навантаження, маси м'язів, що беруть участь у роботі.

Величина МСК є важливим показником, який характеризує максимальну продуктивність системи транспорту кисню, фізичну працездатність, граничні можливості (потужність) аеробного енергоутворення (максимальної аеробної здатності). Високі показники МСК свідчать про високий серцевий, дихальний, ендокринний та інші фізіологічні резерви організму, тобто про високий рівень соматичного здоров'я індивіда. У процесі тренувань збільшуються адаптаційні можливості, підвищується аеробна здатність і рівень соматичного здоров'я.

Максимальне споживання кисню визначається в літрах на хвилину (л/хв). У зв'язку з тим, що воно пропорційне масі тіла, для отримання порівняльних показників його часто відносять до 1 кг маси тіла обстежуваного (мл/хв/кг).

*Пряме визначення МСК.* Досліджуваний виконує сходинкоподібно зростаюче безперервне навантаження до неможливості продовжувати роботу. Навантаження дозується за допомогою велоергометра чи інших специфічних для спортсмена навантажень. При цьому за допомогою газоаналізатора визначають величину споживання кисню. Метод може використовуватися в лабораторних умовах, є досить складною процедурою.

*Непряме визначення МСК.* Воно використовується в оздоровчих тренуваннях та масовому спорті. Найбільш поширеним є розрахунок МСК за методом Астранда. Обстежуваний виконує дозоване субмаксимальне навантаження на велоергометрі чи здійснює сходження на сходинку висотою 40 см для чоловіків і 33 см для жінок протягом 5 хв. Частота сходження – один рух на один удар метронома,

який налаштований на 90 уд/хв. Для велоергометричного дослідження підбирають таке навантаження, щоб у кінці навантаження ЧСС досягала рівня між 120 і 170 уд/хв. Для визначення МСК користуються номограмою Астранда (рис. 1).

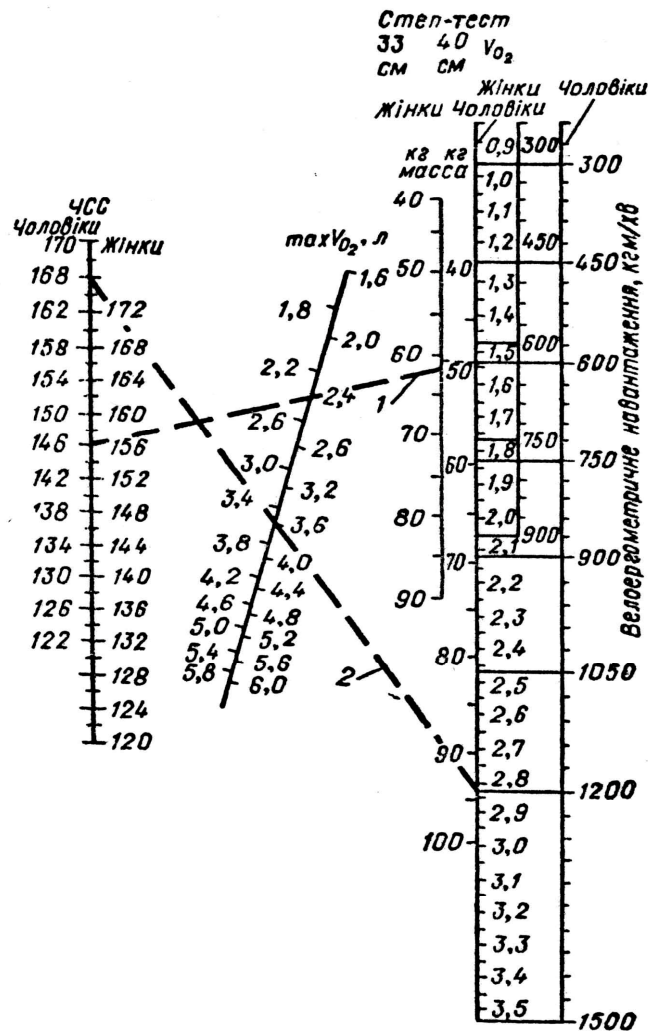
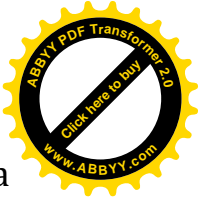
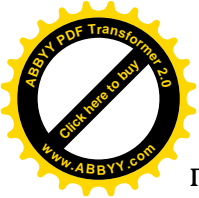


Рис. 1. Номограма Астранда для розрахунку максимального споживання кисню

Якщо дослідження проводиться за допомогою степ-тесту, то спочатку на шкалі «степ-тест» знаходять точку, яка відповідає масі досліджуваного. Потім цю точку з'єднують горизонтально зі шкалою споживання кисню. На місці пересічення знаходять величину фактичного споживання кисню. Цю точку, у свою чергу, поєднують



прямою лінією із зареєстрованою в досліді ЧСС на лівій шкалі «частота пульсу». Точка пересічення останньої лінії зі шкалою «.....» укаже на МСК. Користуючись замість шкали «степ-тест» шкалою велоергометричне навантаження обчислюють показники МСК за умови використання велоергометра.

Точність визначення МСК за номограмою Астранда цілком задовільна. Розроблено також коефіцієнти, які враховують вік пацієнта.

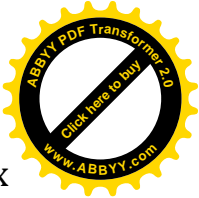
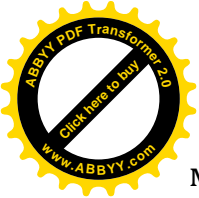
Не рекомендується користуватися номограмою Астранда під час обстеження кваліфікованих спортсменів, які тренуються на витривалість, оскільки у них під час виконання тестів ЧСС відносно низька, що призводить до одержання неправильних результатів.

МСК у дитячому віці збільшується пропорційно зросту та масі. У чоловіків воно досягає максимального рівня у 18–20 років. Починаючи з 25–30 років, МСК невинно зменшується і до 70 років становить 50% від рівня 20 років. У жінок МСК відповідає приблизно 70% визначеного у чоловіків, залишається незмінним протягом продуктивного періоду, а потім знижується з такою ж швидкістю, як у чоловіків (К. Andersen у співавт., 1971).

Для молодих добре тренованих осіб МСК у чоловіків – 4 л/хв, у жінок – 3 л/хв (Р. Astrand, 1960). У дорослих з пониженою фізичною активністю у 25–45 років становить приблизно 3,2 л/хв у чоловіків і 2,4 л/хв у жінок (Н. Monod, 1973).

Дослідження з використанням значних фізичних навантажень виявили тісну кореляційну залежність між інтенсивністю м'язової роботи, споживанням кисню та хвилинним об'ємом серця; між величиною споживання кисню, ступенем навантаження та частотою серцевих скорочень під час навантажень, які вимагають споживання кисню не менше ніж 1 л/хв. На цій залежності будуються всі непрямі





методи оцінки функціонального стану і його максимальних фізичних можливостей без використання максимальних виснажливих навантажень, за яких досягається киснева межа і максимум частоти серцевих скорочень.

Для обчислення МСК (мл/хв) можна використати дані  $PWC_{170}$  (кгм/хв) за формулою:

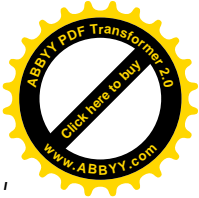
$$МСК = 1,7 \times PWC_{170} + 1240. \quad (2.6)$$

МСК можна приблизно розрахувати за формулою, яку запропонував Ж. Шеррер (1973). Вона враховує залежність життєвої ємності легень та аеробної здатності: чим вища життєва ємність легень, тим більша максимальна вентиляція, а отже, вище МСК.

$$МСК = ЖЄЛ \times 0,7. \quad (2.7)$$

Масові обстеження людей з використанням номограми Астранда дають змогу установити нормативну оцінку рівня МСК для практично здорових осіб різної статі та віку. За результатами всіх обстежуваних поділили на так звані функціональні класи (ФК) аеробної здатності: ФК I – низький, ФК II – нижче середнього, ФК III – середній, ФК IV – вище середнього, ФК V – високий.

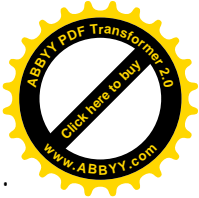
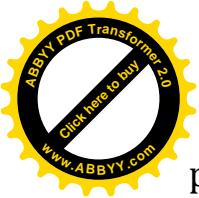
Тест Наваккі – досить інформативний і надзвичайно простий. Для його проведення необхідний лише велоергометр. Ідея тесту полягає у визначенні часу, протягом якого досліджуваний здатний виконати навантаження визначеної, залежної від його ваги витривалості. Таким чином, навантаження суворо індивідуалізовані й виражаються у Вт/кг. У цьому тесті досягається визначена уніфікація потужності. Наприклад, для того щоб виконати навантаження 4 Вт/кг, спортсмен, вага якого 100 кг, повинен педалювати з потужністю 400 Вт (2400 кгм/хв), а спортсмен з вагою 50 кг – з потужністю всього 200 Вт [8].



Початкове навантаження, що дорівнює 1 Вт/кг за кожні 2 хв, збільшується на 1 Вт/кг, поки досліджуваний відмовиться виконувати навантаження. У момент відмови споживання кисню близько або дорівнює максимальному споживанню кисню, досягає також максимальних значень ЧСС. У табл. 4 наведено дані про оцінку результатів тестування, що характеризують загальну фізичну працездатність. За ними можна спостерігати і функціональну готовність спортсменів. Проба придатна для дослідження як тих, хто займається, так і для тих, хто не займається фізкультурою і спортом. Вона може бути використана у лікувальній фізичній культурі для реабілітації після захворювань і травм. В останньому випадку починати пробу потрібно з навантаження 1/4 Вт/кг. Тест дає непогані результати під час добору в юнацькому віці для занять спортом.

Під час динамічних спостережень за тим самим спортсменом необхідно чітко реєструвати час відмови від роботи на певній сходинці навантаження. Тоді збільшення або зменшення часу роботи можна пов'язувати зі станом функціональної готовності спортсмена.

Тест Купера – проба, запропонована американським лікарем К. Купером. Її ідея полягає у визначенні тієї максимально можливої дистанції, що досліджуваний може пробігти (або пройти) протягом 12 хв. Це значення часу обрано на підставі емпіричних даних. Тест Купера виконується на стадіоні або будь-якій точно обміряній доріжці, по якій можливий легкоатлетичний біг. Перед початком тестування досліджувані попередньо розминаються, а потім з індивідуального або загального старту за командою починають біг, намагаючись підтримувати найбільшу для себе швидкість (за втоми дозволяється переходити на ходьбу, чергувати ходьбу з бігом). Після закінчення 12 хв дається команда до закінчення бігу і визначається пройдена дистанція, величина якої слугує мірою виконаної м'язової



роботи, тобто характеризує фізичну підготовленість людини. Чим більша пройдена за 12 хв відстань або (що те саме) кількість виконаної м'язової роботи, тим вища фізична підготовленість.

Таблиця 4

**Оцінка результатів тесту Наваккі**

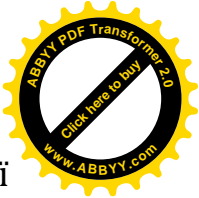
Потужність навантаження (Вт/кг)	Час роботи на кожній сходинці (хв)	Працездатність
Для осіб, які не займаються спортом		
2	2	Низька
3	1	Задовільна
3	2	Нормальна
Для спортсменів		
4	2	Задовільна
4	2	Хороша
5	1-2	Висока
6	1	Дуже висока

Результати тестування оцінюються за спеціальною таблицею, у якій урахується вплив таких факторів, як стать і вік (табл. 5).

Таблиця 5

**Оцінка результатів (км) 12-хвилинного тесту Купера**

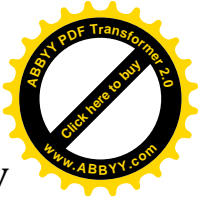
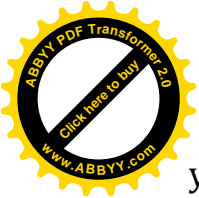
Фізична підготовленість	Вік, роки			
	до 30	30-39	40-49	50 і більше
<b>Чоловіки</b>				
Дуже погана	1,5 і менше	1,4 і менше	1,2 і менше	1,1 і менше
Погана	1,6-1,9	1,5-1,84	1,3-1,6	1,2-1,5
Задовільна	2,0-2,4	1,85-2,24	1,7-2,1	1,6-1,9
Хороша	2,5-2,7	2,25-2,64	2,2-2,4	2,0-2,4
Відмінна	2,8 і більше	2,65 і більше	2,5 і більше	2,5 і більше
<b>Жінки</b>				
Дуже погана	1,4 і менше	1,2 і менше	1,1 і менше	0,9 і менше
Погана	1,5-1,84	1,3-1,6	1,2-1,4	1,0-1,3
Задовільна	1,85-2,15	1,7-1,9	1,5-1,84	1,4-1,6
Хороша	2,16-2,64	2,0-2,4	1,85-2,3	1,7-2,15
Відмінна	2,65 і більше	2,5 і більше	2,4 і більше	2,2 і більше



К. Купер запропонував ще один спосіб визначення фізичної підготовки – за допомогою так званого півторамильного тесту. Він полягає у визначенні часу проходження дистанції в 1,5 милі (2414 м). Його переваги порівняно з 12-хвилинним тестом мають організаційний характер: досліджувані закінчують біг на одній і тій самій фінішній лінії, що спрощує методику тестування (насамперед великих груп досліджуваних).

Тест Купера вимагає виконання дуже важкого фізичного навантаження, що дозволяє віднести його до групи максимальних тестів, і тому його можна використовувати лише для осіб, які пройшли попередню фізичну підготовку. Під час обстеження тих, хто самостійно займається оздоровчим бігом (хворих нейроциркуляторною дистонією, гіпертонічною хворобою I стадії), навіть за цілком задовільних результатів визначення фізичної підготовленості відповідно до тесту Купера відзначалися несприятливі зміни електрокардіографічних показників безпосередньо у процесі тестування. Між результатами 12-хвилинного тесту і величинами МСК спостерігається прямо пропорційна залежність (коефіцієнт кореляції 0,897), що дозволяє використовувати цей тест для непрямого визначення аеробної продуктивності людини. Однак така можливість може бути реалізована лише у випадку виконання тесту з максимальною напругою сил. Саме тому для одержання вірогідних результатів (як і за будь-якого іншого максимального тесту) велике значення має такий фактор, як психологічна мотивація [6].

Поряд з відомими тестами з навантаженням науковці Є. Л. Михалюк, В. В. Сиволап, І. В. Ткалич, С. І. Атаманюк запропонували спосіб оцінки функціонального стану фізкультурників та спортсменів, який ураховує величину фізичної працездатності, подвійний добуток



у стані спокою, на піку велоергометричного навантаження тесту  $PWC_{170}$  та в найближчому відновлюваному періоді.

Ця методика пропонує спосіб визначення функціонального стану фізкультурників та спортсменів на підставі розрахунку індексу функціонального стану (ІФС):

$$I\Phi C = \frac{PWC_{170}}{ДП_1 + ДП_2 + ДП_3} \times 1000 \text{ (відн. од.)}, \quad (2.8)$$

де  $PWC_{170}$  (Вт/кг) – відносна величина фізичної працездатності;

ДП<sub>1</sub> – подвійний добуток (вихідні дані);

ДП<sub>2</sub> – подвійний добуток після другого фізичного навантаження на велоергометрі;

ДП<sub>3</sub> – подвійний добуток на 5-хвилинні відновлення;

1000 – величина, яка дозволяє перевести дані у цілі цифри.

Якщо ІФС становить або перевищує 12.0 відн. од., то стан оцінюється як високий, 11,9–10 – вище середнього, 9,9–8,0 – середній, 7,9–6,0 – нижче середнього, менше 6,0 – низький [13].

Експрес-методика оцінки фізичного стану для первинного, поточного лікарсько-педагогічного контролю і самоконтролю наведена О. Л. Єрьоміною, Л. І. Котовою. Вона базується на рівнянні регресії [2]:

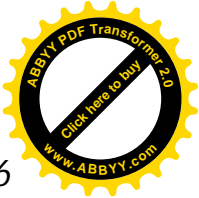
$$X = \frac{700 - 3 \times ЧССп - 2,5 АТ_{ср.п.} - 2,7 \times вік + 0,28 \times маса \cdot тіла}{350 - 2,6 \times вік + 0,21 \times зріст}, \quad (2.9)$$

де  $X$  – кількісний показник, еквівалентний рівню прогнозованого фізичного стану;

ЧССп – частота пульсу у стані спокою;

$АТ_{ср.п.} = АТ_{діаст.} + 1/3 АТ_{пульс.}$ ;  $АТ_{пульс.} = АТ_{сист.} - АТ_{діаст.}$ .

Кількісна характеристика виділених п'яти рівнів фізичного стану знаходиться в такому діапазоні значень (табл. 6).



Таблиця 6

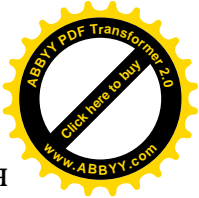
**Характеристика рівнів фізичного стану**

№ п/п рівня фізичного стану	Рівень фізичного стану	Діапазон значення X
1	Низький	<0,375
2	Нижче середнього	0,376–0,525
3	Середній	0,526–0,675
4	Вище середнього	0,676–0,825
5	Високий	0,826 та більше

Автори Запорізького національного університету розробили комп'ютерну програму «Комплексна експрес-оцінка функціонального стану і функціональної підготовленості організму – ШВСМ». Для оцінки рівня фізичної підготовленості в обстежуваного після виконання стандартного велоергометричного тесту PWC<sub>170</sub> реєструються величини ЧСС після двох навантажень й автоматично розраховуються основні параметри фізичної підготовленості [12].

На підставі аналізу зазначених параметрів з урахуванням статі, віку, антропометричних даних, а під час обстеження спортсменів і спортивної кваліфікації робиться висновок про тренуваність конкретного обстежуваного.

Оригінальність запропонованої програми полягає в тому, що лише на основі 10-хвилинного субмаксимального тесту розраховуються майже всі параметри фізичної підготовленості і функціонального стану організму. Необхідно відзначити, що розрахунок абсолютної і відносної величин загальної фізичної працездатності, абсолютної і відносної величин максимального споживання кисню проводиться за загальновідомими формулами, тоді як визначення алактатної та лактатної анаеробної потужності і ємності, порога анаеробного обміну, частоти серцевих скорочень на рівні порога анаеробного обміну проводиться відповідно до розроблених авторами із застосуванням рівнянь множинного регресійного аналізу [12].



Запатентований метод power-ергометрії М. Ф. Хорошухи для визначення фізичної працездатності юних спортсменів належить до субмаксимальних тестів і є необтяжливим для обстежуваного, а тому може бути використаний у практиці лікарсько-педагогічного контролю за юними спортсменками лише з тих видів спорту, тренувальний процес яких переважно спрямований на розвиток швидко-силових якостей, а підтягування у висі на перекладині та інші силові вправи на ній є специфічними навантаженнями [14].

Згідно з методикою спортсмену пропонується виконати фізичну роботу із двох серій навантажень тривалістю 4–5 хвилин з 5-хвилинним інтервалом відпочинку між ними. Перше навантаження складається з 10 вправ, які виконуються в режимі одне підтягування за 30 с (на підйом і спуск – 3–4 с, на відпочинок, стоячи на підлозі, – 26–27 с). Друге навантаження включає 15(20) вправ, які виконуються в режимі одне підтягування за 20 с (на підйом і спуск – 3–4 с, на відпочинок – 16–17 с).

Вправи виконуються на підвісній перекладині, яка закріплюється на шведській стінці на різній висоті від підлоги. У кінці кожного навантаження (за останні 30 с його) підраховували частоту серцевих скорочень (ЧСС) за допомогою електрокардіографа зі зміненою конструкцією стрічкопротяжного механізму (р.п. МОЗ УРСР, № 96 від 04.07.89 р.). Робота здійснюється під звуковий метроном чи за командою «Можна!». Спортсменці пропонується підтягуватися до такого положення, щоб її підборіддя було над перекладиною. У разі настання втоми вона може підтягуватися на меншу висоту. Методика передбачає точне визначення реально виконаної обстежуваною зовнішньої механічної роботи в кожній серії навантажень за допомогою силового ергометра «СЕ-2» власної конструкції (р.п. МОЗ УРСР, № 980 від 12.10.89 р.).



Механічна робота визначається за формулою:

$$W = P \times S, \quad (2.10)$$

де  $S$  – висота підйому (показники електронного лічильника ергометра) (м);

$K$  – поправочний коефіцієнт, який ураховує фізичні витрати («від’ємна робота»), пов’язані зі спуском з перекладки. За даними наших досліджень, коефіцієнт дорівнює 1,50.

Середня потужність роботи визначається за формулою:

$$W' = \frac{W}{t}, \quad (2.11)$$

де  $\dot{W}$  – потужність роботи (кГм/хв);

$W$  – виконана робота (кГм);

$t$  – час виконання роботи (хв).

Фізична працездатність ( $PWC_{170}$ ) розраховується або шляхом графічної екстраполяції, або за формулою В. Л. Карпмана у співавт.:

$$PWC_{170} = W'1 + (W'2 - W'1) \times 170 - \frac{f1}{f2} - f1, \quad (2.12)$$

де  $\dot{W}1$  і  $\dot{W}2$  – потужність першого і другого навантажень (кГм/хв);

$f1$  і  $f2$  – ЧСС під час першого і другого навантажень (уд. за 1·хв) [14].

Указані вище способи оцінки фізичної працездатності організму людини мають спільні риси для оцінки фізичної працездатності під час фізичного навантаження та на підставі оцінки вхідних і вихідних показників серцево-судинної системи. Однак запропоновані способи оцінки не враховують зміни показників варіабельності серцевого ритму спортсмена під час виконання фізичного навантаження. Тому в наступному пункті методичних рекомендацій подано спосіб оцінки фізичної працездатності для осіб 19–21 року.





## 2. АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА ДАНИМИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Для використання запропонованого способу оцінки фізичної працездатності для осіб 19–21 року слід застосовувати такий алгоритм оцінки. Показник фізичної працездатності ( $ПФП_L$ ) базується на розрахунку загальних статистичних характеристик вихідного масиву даних, кореляційного та регресійного аналізу ( $F=3,41; p<0,01$ ).

Пропонується спосіб оцінки фізичної працездатності у спортсменів:

$$ПФП_L = 43,7 + 0,5 \times P + 0,3 \times IH + 0,7 \times M, \quad (2.13)$$

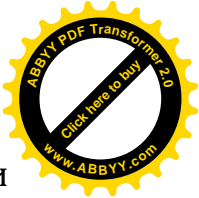
де  $ПФП_L$  – показник фізичної працездатності (бали);

$P$  – показник RMSSD у стані спокою – корінь квадратний із середнього значення суми квадратів різниці між сусідніми RR-інтервалами (мс);

$IH$  – індекс Баєвського у стані спокою – показник, що відображає рівень централізації серцевого ритму, пов'язаний також зі станом симпатичного тону (ум. од.);

$M$  – показник Моді ( $M_0$ ) після виконання степ-тесту – діапазон RR-інтервалів, які найчастіше зустрічаються, указує на найімовірніший рівень функціонування системи кровообігу, точніше кажучи, синусового вузла (мс).

Для обчислення  $ПФП_L$  вихідні дані необхідно отримати за допомогою заповнення спеціально розробленої картки обліку даних (табл. 7). Картка передбачає визначення трьох складових показника фізичної працездатності та встановлення його рівня. Формування діапазонів рівнів  $ПФП_L$  здійснювалося за допомогою методу сигмальних відхилень.



Для обчислення  $ПФП_L$  вихідні дані необхідно отримати у три етапи оцінки показників варіабельності серцевого ритму та проведення Гарвардського степ-тесту:

I етап: визначити статистичні та варіаційні показники серцевого ритму за системою експрес-аналізу «КардіоСпектр» АТ Солвейг у стані спокою. Реєстрацію кардіоінтервалів здійснювати протягом 5 хв – у першу половину доби після 10-хвилинного спокою, якщо немає зовнішніх емоційних, звукових подразників. (Примітка: у жінок реєстрацію проводити з 7 по 20 день менструального циклу.) Зафіксувати показники RMSSD (мс), індекс Баєвського (ум. од.) у картку обліку даних;

II етап: виконати Гарвардський степ-тест за класичною методикою – 30 сходжень на сходинку протягом 5 хвилин за темпу підйому 30 циклів за 1 хвилину, причому кожен цикл складається з 4 кроків. Висота сходинки для чоловіків – 50 см, для жінок – 43 см;

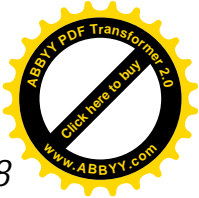
III етап: визначити варіаційні показники серцевого ритму за системою експрес-аналізу «КардіоСпектр» АТ Солвейг після завершення Гарвардського степ-тесту. Зафіксувати показник  $M_0$  (мс) у картку обліку даних. Зробити розрахунки.

Таблиця 7

**Картка обліку даних**

Показник	Значення показника	
RMSSD у стані спокою	P	
Індекс Баєвського у стані спокою	ІН	
$M_0$ після виконання степ-тесту	М	
$ПФП_L = 43,7 + 0,5P + 0,3ІН + 0,7M.$		
$ПФП_L = 43,7 + 0,5\_\_\_ + 0,3\_\_\_ + 0,7\_\_\_$		
$ПФП_L =$		

Одержаний результат  $ПФП_L$  ідентифікується за табл. 8 для встановлення рівня фізичної працездатності.



Таблиця 8

**Кількісна оцінка фізичної працездатності спортсменів**

Кількісна оцінка за <i>ПФП<sub>L</sub></i>	Рівень фізичної працездатності	Якісна характеристика рівнів
518 і менше	I	високий
від 517 до 610	II	середній
від 611 і більше	III	низький

**Приклад розрахунку *ПФП<sub>L</sub>* у спортсмена N.**

За карткою обліку даних визначаємо характеристики *ПФП<sub>L</sub>*:

**Р** – 52 мс, **ІН** – 32 ум. од., **М** – 761 мс.

За формулою знаходимо *ПФП<sub>L</sub>*:

$$ПФП_L = 43,7 + 0,5 \times 52 + 0,3 \times 32 + 0,7 \times 761.$$

$$ПФП_L = 611,3 \text{ бала.}$$

Висновок: одержаний результат 611,3 бала за якісною оцінкою – низький рівень фізичної працездатності спортсмена N.



### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА РІВНІВ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

I – високий рівень фізичної працездатності. Характеризується низьким рівнем показників варіабельності відповідно до стану спокою та стану фізичного навантаження;

II – середній рівень фізичної працездатності. Характеризується проявами парасимпатичної активності у стані спокою (низьким показником RMSSD та індексом Баєвського) та високим рівнем симпатичної активності після фізичного навантаження (високий рівень показника Mo);

III – низький рівень фізичної працездатності. Характеризується високими показниками варіабельності серцевого ритму у стані спокою та особливо після фізичного навантаження.

Таким чином, використання запропонованого показника фізичної працездатності для осіб 19–21 року дозволяє як оптимізувати тренувальний процес, так й обґрунтувати заходи щодо профілактики патологічних станів (перенапруження, перетренованість) у спортсменів.



## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вадзюк С. Н. Статеві відмінності автономної регуляції серцевого ритму у студентів-медиків із підвищеним ризиком розвитку артеріальної гіпертензії / С. Н. Вадзюк, Л. С. Цибульська // Освіта і здоров'я: формування здоров'я дітей, підлітків та молоді в умовах навчального закладу : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 25–26 берез. 2010 р. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2010. – С. 49–51.

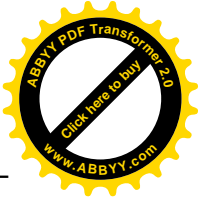
2. Єрьоміна О. Л. Спортивна медицина : навч. посіб. [для студ. мед. ф-ту] / О. Л. Єрьоміна, Л. І. Котова. – Полтава, 2005. – 44 с.

3. Криворученко Е. В. Вегетативное обеспечение функциональной подготовленности спортсменов различной квалификации, специализирующихся в беговых дисциплинах легкой атлетики / Е. В. Криворученко // Спортивная медицина. – 2007. – № 1. – С. 26–30.

4. Кудря О. Н. Вегетативное обеспечение сердечно-сосудистой системы при ортостатическом тестировании спортсменов / О. Н. Кудря // Бюллетень сибирской медицины. – 2010. – № 3. – С. 75–81.

5. Латіна Г. О. Вегетативний супровід фізичної працездатності студентів спеціальності «олімпійський та професійний спорт» / Г. О. Латіна // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 20. Біологія : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2011. – №3. – С. 144–147.

6. Лікувальна фізкультура та спортивна медицина : підруч. / [В. В. Клапчук, Г. В. Дзяк, І. В. Муравов та ін.] ; під ред. В. В. Клапчука, Г. В. Дзяка. – К. : Здоров'я, 1995. – 312 с.



7. Макарова Г. А. Спортивная медицина : учеб. / Г. А. Макарова. – М. : Совет. спорт, 2003. – 480 с.

8. Маліков М. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Маліков М. В., Сватъєв А. В., Богдановська Н. В. – Запоріжжя : ЗДУ, 2006. – 227 с.

9. Михалюк Є. Л. Функціональні проби в спортивній медицині : метод. рек. / Є. Л. Михалюк. – К., 2005. – 37 с.

10. Обухова А. В. Оценка адаптационных возможностей организма у студентов-юристов / А. В. Обухова, Н. І. Шлик, І. І. Шуміхіна // Освіта і здоров'я: формування здоров'я дітей, підлітків та молоді в умовах навчального закладу : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 25–26 берез. 2010 р. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2010. – С. 265–271.

11. Опыт использования автоматизированных систем для оценки функциональных особенностей организма. Сообщение II. Показатели вегетативной регуляции у спортсменов различной специализации и уровня физической работоспособности организма / Э. М. Казин, В. А. Панферов, А. Д. Рифтин [и др.] // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 2. – С. 135–140.

12. Сітнікова Н. С. Оцінка фізичної підготовленості і функціонального стану організму у системі медико-біологічного контролю / Н. С. Сітнікова // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2010. – № 1. – С. 61–63.

13. Функциональные пробы в медицине спорта: положительные и отрицательные стороны их проведения / Е. Л. Михалюк, В. В. Сыволап, И. В. Ткалич [и др.] // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2010. – № 96. – С. 93–96.



14. Хорошуха М. Ф. Про можливості використання методу power-ергометрії у визначенні фізичної працездатності юних спортсменок / М. Ф. Хорошуха // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми в фізичному вихованні і спорті. – 2011. – № 11. – С. 135–138.

15. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов : [монография] / Н. И. Шлык. – Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.



Навчальне видання

**ОЦІНКА ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОСІБ 19–21 РОКУ  
ЗА ПОКАЗНИКАМИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ**

Науково-методичні рекомендації

Укладач: **Латіна Ганна Олександрівна**

Суми: Видавництво СумДПУ, 2012 р.  
Свідоцтво ДК № 231 від 02.11.2000 р.

Відповідальна за випуск **А. А. Сбруєва**  
Комп'ютерний набір і верстка **Г. О. Латіна**

Здано в набір 22.10.12. Підписано до друку 27.11.12.  
Формат 60×84/16. Гарн. Cambria. Друк ризогр.  
Папір друк. Умовн. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 1,39.  
Тираж 100 прим. Вид. № 80.

Видавництво СумДПУ імені А. С. Макаренка  
40002, м. Суми, вул. Роменська, 87

Виготовлено у видавництві СумДПУ імені А. С. Макаренка