

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ ТА СПОРТУ

Возний С.С.

Маляренко І.В.

**Методи визначення фізичної
працездатності спортсменів**

у програмі навчально-дослідницької роботи
для студентів денної та заочної форми навчання
факультету фізичного виховання та спорту
спеціальностей: 014. Середня освіта (Фізична культура)
та 017. Фізична культура і спорт

Херсон – 2020 р.

Методи визначення фізичної працездатності спортсменів: методичні рекомендації /Уклад: С.С. Возний, І.В. Маляренко. Херсон: ХДУ, 2020. – 26 с.

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів факультету фізичного виховання та спорту спеціальностей: 014. Середня освіта (Фізична культура) та 017. Фізична культура і спорт.

Укладачі: Возний С.С. – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент.

Маляренко І.В. – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент.

Рецензенти:

Ромаскевич Ю.О. – доктор медичних наук, професор, директор КЗ «Херсонський обласний центр громадського здоров'я».

Коньков А.М. доцент кафедри медицини та фізичної терапії, кандидат медичних наук.

Методичні рекомендації обговорено та схвалено науково-методичною радою факультету фізичного виховання та спорту (протокол №3 від 29 січня 2020 року).

Рекомендовано до друку Вченою радою Херсонського державного університету (протокол № 8 від «24» лютого 2020 року).

ВСТУП

Навчально-дослідницька робота студентів (НДРС) факультету фізичного виховання та спорту є складовою частиною процесу навчання і спрямована на подальше підвищення рівня підготовки фахівців даної області. Основними задачами навчально-дослідницької роботи студентів є: уміння визначити і дати оцінку рівню фізичної працездатності, простежити динаміку фізичної працездатності в процесі занять фізичною культурою і спортом; дослідити вплив фізичного навантаження різного характеру (швидкісного, силового, на витривалість), спортивної спрямованості (легка і важка атлетика, гімнастика, спортивні ігри, веслування, єдиноборства і т.д.) та інтенсивності (низької, середньої, високої) на організм осіб, що займаються спортом.

Навчально-дослідницька робота студентів планується протягом всього періоду навчання у вузі і проводиться у процесі навчальних занять, наукових досліджень в рамках студентських проблемних груп, здачі контрольних нормативів, під час тренувань, тренувальних зборів і змагань, у спортивно-оздоровчому таборі, у туристичних походах, у період проходження тренерської та педагогічної практики.

Терміном «фізична працездатність» позначається її зовнішній прояв – потенційна здатність людини показати максимум фізичного зусилля у статичній, динамічній чи змішаній роботі (В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский 1969). За даними про фізичну працездатність осіб, які досліджуються, можна судити про функціональний стан серцево-судинної системи, рівень здоров'я, соціально-гігієнічні та соціально-економічні умови життя людей, про результати підготовки до трудової і спортивної діяльності.

Фізична працездатність – інтегральний показник функціональних можливостей людини, й одна зі складових її спортивного успіху. Вона залежить від статі, віку, аеробної потужності, що визначається рівнем розвитку і станом кардіореспіраторної системи, анаеробної продуктивності; рівня розвитку опорно-рухового апарату, фізичних якостей спортивної спеціалізації й

кваліфікації; психологічних факторів; умов навколишнього середовища. Фізична працездатність PWC (початкові букви від цього терміна англійською мовою – Physical Working Capacity, що перекладається як «здатність до фізичної роботи») – це максимальний обсяг роботи, яку людина може виконати за одиницю часу. Проба була запропонована скандинавським вченим Т. Sjostrand 1947 році.

Для встановлення фізичної працездатності людини розроблені прямі і непрямі, прості і складні тести з максимальним чи субмаксимальним фізичним навантаженням. Тести із субмаксимальним навантаженням найчастіше використовують для оцінювання фізичної працездатності спортсменів. Вони технічно нескладні, їх проводять із реєстрацією фізіологічних показників до і після тестування. До таких функціональних проб належать тест PWC₁₇₀, Гарвардський степ-тест, проба Летунова та інші Л.Я-Г. Шахліна (2018).

Перед початком проведення тесту з дозованим фізичним навантаженням необхідно провести анамнез, що включає самопочуття, перенесені захворювання і найближчий спортивний анамнез. Потім досліджується частота серцевих скорочень і артеріальний тиск в стані спокою і при відсутності протипоказань (див. додаток А) можна переходити до проведення навантажувальної проби.

1. Методи дослідження й оцінка фізичної працездатності

Проба PWC₁₇₀ рекомендована ВООЗ для оцінювання фізичної працездатності не спортсменів а також для характеристики загальної фізичної працездатності спортсменів (Р.А. Меркулова 2012).

Теоретичні основи тесту PWC₁₇₀ ґрунтуються на двох фізіологічних принципах: 1) між ЧСС і потужністю виконаної роботи існує лінійна залежність, тобто збільшення ЧСС під час фізичного навантаження прямо пропорційне інтенсивності роботи; 2) вираженість збільшення ЧСС обернено пропорційна фізичній підготовленості людини, що є непрямим показником загальної фізичної працездатності обстежуваного. У пробі PWC₁₇₀ визначають

потужність фізичного навантаження при якій ЧСС досягає 170 уд/хв. При якому виявляють найбільший систолічний об'єм шлуночків. Таким чином ЧСС 170 уд/хв є оптимальною величиною для діяльності серцево-судинної системи. Роботу вимірюють у джоулях (Дж), кілограм – сила – метрах (кГ×м) або кілограмометрах (кГм); 1 кГм = 10 Дж. Одиницею потужності, або інтенсивності виконаної роботи є ват (Вт) або кГм×хв⁻¹; 1 Вт = 6 кГм×хв⁻¹ [4].

1.1. Методика визначення фізичної працездатності PWC₁₇₀ за степ-тестом

Найбільше фізіологічним, простим і доступним методом визначення фізичної працездатності є тест зі сходинкою (степ-тест).

Для проведення тесту необхідні: сходинки різної висоти (табл.1.1.) метроном, секундомір, апарат для виміру артеріального тиску.

Таблиця 1.1

Висота "сходинки", що рекомендується, у залежності від довжини тіла обстежуваного

Довжина тіла, см	Висота "сходинки", см
≤152,2	30,5
152,5 – 160	35,6
161 – 175,3	40,6
175,4 – 182,9	45,7
≤183	50,8

Перше навантаження виконується зі швидкістю 20 підйомів за хвилину. Для цього метроном встановлюють на 40 ударів. На один удар підйом на сходинку двома ногами, на інший – спуск. Робота виконується протягом 5 хвилин. Потім за командою особа, яку обстежують, зупиняється і у неї підраховують пульс за перші 10 с після роботи. Після 3 хв. відпочинку дається друге навантаження, воно виконується зі швидкістю 30 підйомів за хвилину, для чого метроном встановлюється на 60 ударів. Тривалість другого

навантаження також 5 хвилини. Зразу, після припинення роботи, протягом 10 с вимірюється пульс.

Потужність виконуваної роботи (W) визначають за формулою 1.1

$$W=1,3 \times p \times h \times n \quad (1.1.)$$

де W – робота, у кг/м/хв.; p – маса тіла в кг; h – висота сходинки в см;

n – кількість сходжень за 1хв; 1,33 коефіцієнт, що враховує величину роботи при спуску зі сходинки

Розрахунок PWC_{170} можна робити графічно (рис. 1.1) або за допомогою формули (1.2.).

Де W_1 і W_2 – потужність двох застосовуваних навантажень; f_1 і f_2 – відповідні їм частоти серцевих скорочень.

Графічний метод. На міліметровому папері роблять графік з визначеним масштабом. На абсцис відкладають величини першого (W_1) і другого (W_2) навантаження, а на ординат відповідні їм частоти серцевих скорочень (f_1 та f_2). На перетині цих величин знаходяться точки, через які проводиться лінія до перетину з частотою пульсу 170 уд/хв. Зі знайденої точки опускається перпендикуляр на вісь абсцис, де і знаходять потужність роботи при пульсі 170 уд/хв., тобто PWC_{170} . (Sjostrand та Wahlund 1947).

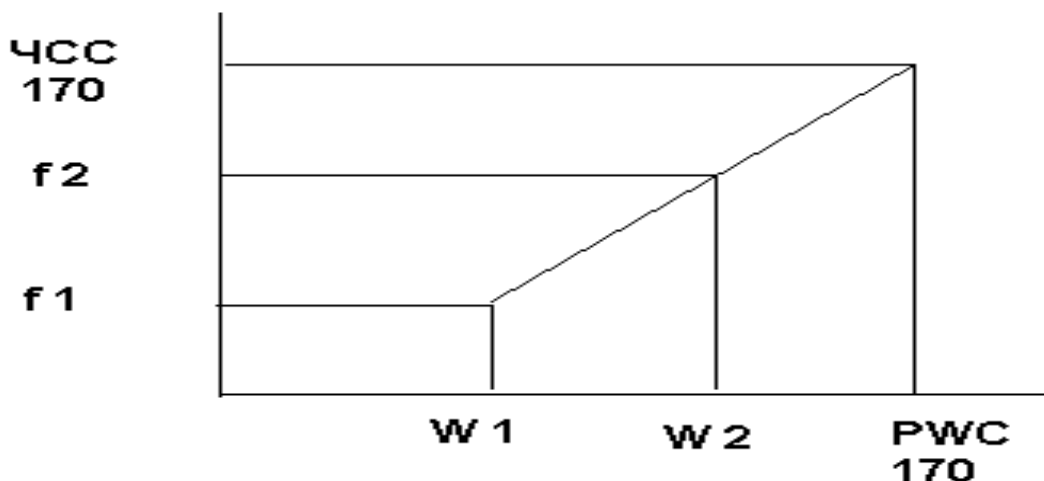


Рис 1.1. Графік визначення можливої потужності роботи при пульсі 170 ударів за хвилину.

Розрахунок PWC_{170} за формулою, запропонованою В.Л. Карпманом (1974) точніший за отримуваний графічним методом.

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1} \quad (1.2.)$$

Де W_1 і W_2 – потужність першого та другого навантаження; f_1 і f_2 – відповідні частоти серцевих скорочень.

Чим більше PWC_{170} , тим вище працездатність.

1.1.2. Оцінка фізичної працездатності школярів за тестом PWC_{170} у модифікації М.Ф. Сауткіна

Тест виконується без розминки. Школяр виконує два навантаження, друге більше за перше у вигляді сходження на сходинку висотою 30 см. протягом 3 хв. Під час першого навантаження темп 20 сходжень за 1 хв. Для цього метроном встановлюють на 40 уд/хв., на один удар підйом на сходинку двома ногами, на інший – спуск. Після припинення роботи в положенні стоячі підраховується пульс протягом перших 10 с. Через 1 хвилину відпочинку обстежуваний виконує друге навантаження, підйом на сходинку висотою 30 см в темі 30 сходжень за 1 хв. для чого метроном встановлюється на 60 уд/хв. Після припинення роботи в положенні стоячі знову підраховується пульс в перші 10 с. Для розрахунку PWC_{170} використовується таблиця М.Ф Сауткіної (табл. 1.2.). На горизонтальній лінії знаходять цифру, що відповідає частоті пульсу при першому навантаженні, а на вертикальній – частоту пульсу, отриману при другому навантаженні. У місці перетинання цих показників – величина, що характеризує фізичну працездатність обстежуваного на 1 кг маси тіла. Загальна фізична працездатність (PWC_{170}) може бути знайдена шляхом множення даної величини на масу тіла особи, яка обстежується формула (1.3.).

$$PWC_{170} = A \times B \text{ (кгм/хв)}, \quad (1.3.)$$

де A – величина PWC_{170} на 1 кг маси, знайдена у таблиці 1.2,

B – маса тіла обстежуваного в кг.

Таблиця визначення величини PWC_{170} на кг маси тіла за степ-тестом

Пульс за 10 с наприкінці 1-го навантаження (t-30 хв h-0,3м п-20)											
P_2	P_1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Пульс за 10 с у кінці 2-го навантаження (t – 3 хв), h – 0,3 м п – 30)	20	20,8	25,8	40,8							
	21	17,4	19,6	24,0	37,2						
	22	15,3	16,5	18,4	22,2	33,6					
	23	14,0	14,6	15,5	17,2	20,2					
	24	13,0	13,4	13,9	14,7	16,0	18,6				
	25	12,3	12,5	12,8	13,3	13,8	14,8	16,8			
	26	11,7	11,9	12,0	12,2	12,5	12,9	13,6	15,0		
	27	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,8	12,0	12,4	13,2	
	28			10,7	10,8	10,9	11,0	11,0	11,1	11,2	11,4
	29				10,5	10,5	10,4	10,4	10,3	10,2	10,0
	30					10,1	10,0	9,9	9,8	9,6	9,3
	31						9,7	9,6	9,4	9,2	8,9
	32							9,3	9,2	8,6	8,6

Якщо отримані величини пульсу відсутні в наведеній таблиці, величину A можна знайти розрахувавши її за формулою (1.4.).

$$A = 7,2 \times \left(\frac{1 + (0,5 \times 28) - P_1}{P_2 - P_1} \right); \quad (1.4.)$$

де P_1 – пульс після першого навантаження, P_2 – пульс після другого навантаження С.Б. Тихвинський.

1.1.3. Степергометричний варіант тесту PWC_{170} .

Для проведення проби застосовується сходинка висота якої дорівнює половині довжини ноги обстежуваного. Тому потрібно мати набір тумбочок різної висоти (15, 30, 40 см. і т.д.).

Таблиця 1.3.

Визначення потужності виконаної роботи (у кгм/хв) при степ-тесті в залежності від маси досліджуваного, висоти сходинки і числа сходжень

Число сход. у хв	Маса тіла, кг											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Висота сходинки 15 см												
10	90	100	110	120	129	140	150	160	169	180	190	200
15	135	150	165	180	195	210	225	239	254	270	284	299
20	179	200	219	239	260	279	300	319	340	359	379	399
25	224	249	274	300	324	349	374	399	424	449	474	499
30	270	300	330	360	390	420	450	479	509	539	568	598
35	314	349	384	419	454	488	524	559	593	629	663	698
40	358	399	439	479	519	559	598	638	696	718	758	798
Висота сходинки 30 см												
10	182	200	217	239	257	279	297	319	341	359	379	399
15	270	300	330	360	389	419	450	479	509	539	568	598
20	364	399	434	479	514	558	594	559	683	718	758	798
25	449	492	601	578	647	698	747	798	847	900	948	998
30	539	599	660	720	778	839	899	958	1018	1078	1137	1197
35	628	698	767	838	904	975	1046	1117	1188	1259	1327	1396
40	727	798	869	976	1028	1117	1188	1277	1365	1436	1560	1596
Висота сходинки 40 см												
10	239	266	292	319	346	372	399	426	452	479	505	532
15	359	399	439	479	519	559	598	638	678	718	758	798
20	479	532	585	638	692	745	798	851	904	958	1011	1064
25	598	665	732	798	864	931	998	1064	1130	1197	1264	1330
30	718	798	878	958	1037	1117	1197	1277	1357	1436	1516	1596
35	838	931	1024	1117	1210	1303	1396	1490	1583	1676	1769	1862
40	958	1064	1170	1277	1383	1490	1596	1702	1809	1915	2022	2128

Один цикл складається з чотирьох кроків і тому 25 циклів відповідають темпові метронома, рівному 100 уд./хв. Отриманий результат фізичної працездатності особи в кгм/хв. для зазначення у ватах (Вт), необхідно розділити на 6, оскільки 1 Вт = 6 кгм/хв. Після добору оптимальної для особи висоти сходинки наведено у таблиці 1.3. Степергометричний варіант тесту PWC₁₇₀ проводять у такій послідовності:

- 1) Під час першого навантаження виконується підйом на сходинку відповідної висоти протягом трьох хвилин в темпі 20 сходжень за 1 хв.
- 2) Відразу після закінчення виконання фізичного навантаження підраховується пульс (ЧСС₁) за 10 с;
- 3) За таблицею (1.3.) знаходять індивідуальне число підйомів на сходинку особи у залежності від ЧСС₁;
- 4) Продовження підйому на сходинку тієї ж висоти протягом 2-х хв. в швидшому темпі (22,5 – 30 сходжень за 1 хв.) залежно від ЧСС₁ (див. табл. 1.4);
- 5) Відразу після закінчення виконання фізичного навантаження підраховують пульс (ЧСС₂) за 10 с. [3.]

Таблиця 1.4.

Орієнтовний темп сходження при степергометрії при першому і другому сходженні за 1 хвилину з врахуванням ЧСС

Перше навантаження (кількість сходжень за 1 хв.)	20		
ЧСС за 10 с після першого навантаження	до 20	20-23	більше 23
Друге навантаження (кількість сходжень за 1 хв.)	30	25	22,5

Результати тесту PWC₁₇₀ оцінюють одним з двох способів: графічним (рис. 1.1.) або за математичною формулою 1.2. [1].

1.2. Методика визначення PWC₁₇₀ за допомогою велоергометра

Для проведення тесту необхідно: велоергометр, секундомір, апарат для виміру артеріального тиску.

При постійній швидкості педалювання (60 обертів за хвилину) перше навантаження дозується індивідуально в залежності від спортивної спеціалізації і маси тіла обстежуваного (див. табл. 1.5). Друге визначається у залежності від частоти серцевих скорочень після першого навантаження (див. табл. 1.6.).

При визначенні PWC_{170} у фізкультурників чи дітей потужність першого навантаження складає: 1 Вт/кг маси тіла (6 кгм/хв), потужність другого навантаження – 2 Вт/кг маси тіла (12 кгм/хв).

Якщо після другого навантаження пульс не досягає 150 уд/хв, визначається третє навантаження (2,5 – 3,0 Вт на кг маси 15 – 18 кгм/хв).

Тривалість кожного навантаження може варіювати (від 3 до 6 хв), найбільше часто використовується 5 хвилинне навантаження з 3-х хвилинним інтервалом відпочинку. ЧСС підраховується наприкінці першого і другого навантажень протягом 30 секунд. Розрахунок PWC_{170} можна робити графічно як показано на рисунку 1.1. або за допомогою формули 1.2.

Таблиця 1.5

Потужність першого навантаження (кгм/хв)

Види спорту	Вага тіла (кг)						
	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≤ 85
Швидкісно-силові та складно-координаційні	300	400	500	500	500	600	600
Спортивні ігри та одноборства	300	400	500	600	700	800	800
На витривалість	500	600	700	800	900	900	1000

Різниця між величинами першого і другого навантажень повинна істотно відрізнятись. ЧСС, що рекомендується наприкінці першого навантаження 100 – 120 уд/хв, а наприкінці другого – 140 – 160 уд/хв. (різниця не менше 40 уд/хв). Якщо ця умова дотримується, погрішність у визначенні PWC_{170} , буде практично незначною.

Таблиця 1.6

**Потужність другого навантаження в залежності від величини
ЧСС після виконання першого навантаження (кгм/хв)**

Потужність 1-го навантаження (кгм/хв)	ЧСС після виконання першого навантаження (уд/хв)			
	90 –100	100 –109	110 – 119	120 – 129
300	1000	850	700	600
400	1200	1000	800	700
500	1400	1200	1000	850
600	1600	1400	1200	1000
700	1800	1600	1400	1200
800	1900	1700	1500	1300
900	2000	1800	1600	1400

Для отримання достовірних результатів необхідно суворо дотримуватись описаної методики. Попереднє виконання розминки знижує величину PWC_{170} у середньому на 8%.

Таблиця 1.7

**Оцінка фізичної працездатності за тестом PWC_{170} (кгм/хв)
у осіб різного віку і статі**

Вік,	Фізична працездатність				
	низька	н/середньої	середня	в/середньої	висока
чоловіки					
20 – 29	≤699	700-849	850-1149	1159-1299	≥1300
30 – 39	≤599	600-749	750-1049	1055-1199	≥1200
40 – 49	≤499	500-649	650-949	950-1099	≥1100
50 – 59	≤399	400-549	550-849	850-999	≥1000
жінки					
20 – 29	≤499	450-549	550-749	750-849	≥850
30 – 39	≤399	400-499	500-699	700-799	≥800
40 – 49	≤299	300-399	400-599	600-699	≥700
50 – 59	≤199	200-299	300-499	500-599	≥600

У здорових молодих нетренованих чоловіків абсолютна величини PWC_{170} частіше коливаються у межах 700-1100 кгм/хв, а в жінок – 450-750 кгм/хв. Відносна величина PWC_{170} у нетренованих чоловіків складає в середньому 15,5 кгм/хв/кг, а у жінок – 10,5 кгм/хв/кг. У спортсменів ці величини, як правило, вище і залежать від спортивної спеціалізації, коливаючись у межах 1000 – 2500

кгм/хв. Більш високі значення показника мають представники циклічних видів спорту, що тренують витривалість.

2. Гарвардський степ-тест

Найбільш простим способом визначення фізичної працездатності щодо тренуваних осіб є степ-тест Гарвардського університету. Для визначення працездатності особа, яка обстежується, виконує сходження на сходинки визначеної висоти у заданому темпі з наступним підрахунком пульсу в процесі відновлення і розрахунком спеціального індексу (ІГСТ).

Апаратура і обладнання. Сходинки різної висоти, метроном, секундомір, тонометр.

Методика проведення тесту: навантаження створюється сходженням на сходинку, висота якої, а також тривалість м'язової роботи визначається в залежності від статі і віку (табл. 1.8.)

Таблиця 1.8

Висота сходинки і час сходження при проведенні Гарвардського степу-тесту

Група осіб, які обстежуються	Висота сходинки, см	Час сходження, хв.
Чоловіки старші 18 років	50	5
Жінки старші 18 років	43	5
Юнаки та підлітки (12-18 років) з поверхнею тіла більше 1,85 см ²	50	4
Юнаки та підлітки (12-18 років) з поверхнею тіла менше 1,85 см ²	45	4
Дівчата (12-18 років)	40	4
Хлопці та дівчата (8-11 років)	35	3
Хлопці та дівчата (до 8 років)	35	2

Темп сходжень у всіх обстежуваних однаковий – 30 підйомів за 1 хв. Метроном встановлюється на 120 уд/хв. Кожне сходження складається з чотирьох циклів. Сходження і спуск завжди починаються з однієї і тієї ж ноги. При виконанні цієї вправи дозволяється кілька разів змінювати ногу.

Якщо обстежуваний через утому відстає від ритму протягом 20 с, дослідження припиняється і фіксується його фактична тривалість. Отриманий час включають у скорочену формулу розрахунку.

Після виконання тесту в положенні сидячи підраховується пульс за перші 30 с. кожної 2, 3 і 4-й хв. відновлювального періоду.

Оцінка тесту. Індекс Гарвардського степ-тесту (ІГСТ) розраховується за формулою:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2}; \quad (1.5)$$

де

ІГСТ – індекс Гарвардського степ-тесту (в ум. од.)

t – фактичний час виконання фізичної роботи у секундах; f_1, f_2, f_3 , – ЧСС за перші 30 с, 2, 3 і 4-ї хвилини відновлювального періоду (уд/хв).

У таблиці 1.9 наведені оціночні критерії величин ІГСТ для здорових осіб.

Таблиця 1.9

Оцінка результатів Гарвардського степу-тесту

Індекс тесту	Оцінка
менше 55	погана
55 – 64	нижче середньої
65 – 79	середня
80 – 89	добра
90 та більше	відмінна

Серед спортсменів найбільш високі величини ІГСТ спостерігаються у осіб, які тренуються на витривалість.

Під час масових обстежень для економії часу можна використовувати скорочену форму тесту, що передбачає тільки один підрахунок кількості пульсових ударів за перші 30 с другої хвилини відновлення. Тоді використовується формула:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \times 100}{f_2 \times 5,5} \quad (1.6)$$

де позначення попередні.

Цей метод дає, як правило, орієнтовні величини ІГСТ.

3. Проба Руф'є

Проба Руф'є відноситься до простих непрямих методів визначення фізичної працездатності.

Апаратура і обладнання : секундомір, метроном, тонометр.

Методика проведення: у обстежуваного після 5 хвилинного відпочинку, визначають число пульсацій за 15 с (P_1); потім протягом 45 с обстежуваний виконує 30 присідань. Після закінчення навантаження у нього знову підраховується пульс за перші 15 с (P_2), а потім за останні 15 с (P_3) перші хвилини відновлювального періоду. Оцінку працездатності серця визначають за формулою:

$$\text{Індекс Руф'є} = \frac{4(P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10} \quad (1.7)$$

Результати оцінюються за величиною індексу від 0 до 15. Менше 3 – висока працездатність; 4 – 6 – добра; 7 – 9 – середня; 10 – 14 – задовільна; 15 і вище – погана.

Є й інші модифікації розрахунку:

$$\text{Індекс Руф'є} = \frac{(P_2 - 70) + (P_3 - P_1)}{10} \quad (1.8)$$

де позначення ті ж, а отриманий індекс оцінюється як добрий від 0 до 2,9; середній – від 3 до 6; задовільний – від 6 до 8; і поганий – вище 8.

4. Визначення максимального споживання кисню

Максимальне споживання кисню (МСК) – це найбільша кількість кисню, яку може спожити людина протягом однієї хвилини. З фізіологічної точки зору МСК це той показник за допомогою якого можна охарактеризувати функціональний стан основних систем, які лімітують м'язову працездатність, саме кардіореспіраторну. МСК є інтегративним показником аеробної продуктивності організму, за допомогою якого визначають величину загальної

фізичної працездатності. Існують прямі і непрямі методи визначення МСК у спортсменів і фізкультурників. Прямі вимагають складної апаратури, кваліфікованого персоналу і максимального напруження сил від обстежуваного, і тому можуть бути рекомендовані до використання під час масових досліджень. Через це поширення набули непрямі методи визначення МСК. Найпоширенішими із таких непрямих способів визначення МСК, які придатні для практичного застосування при використанні субмаксимального фізичного навантаження є номограма Р.Астранда.

4.1. Визначення максимального споживання кисню не прямим шляхом за номограмою Р.Астранда

Максимальне споживання кисню (МСК) 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.) тобто визначають відносні показники.

Непряме визначення МСК використовується в контролі оздоровчих тренувань та масовому спорті.

Обладнання: велоергометр або степергомерт, секундомір, тонометр, ваги, номограма Р. 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. В кінці 5 хв. навантаження підраховують ЧСС за 10 с. При використанні степергометра частота сходження – один крок на один удар метронома, який налаштований на 90 уд/хв.

Для велоергометричного дослідження підбирають таке навантаження, щоб в кінці навантаження ЧСС досягала рівня між 120 і 170 уд/хв. Для визначення МСК користуються номограмою Р.Астранда (рис. 2.1).

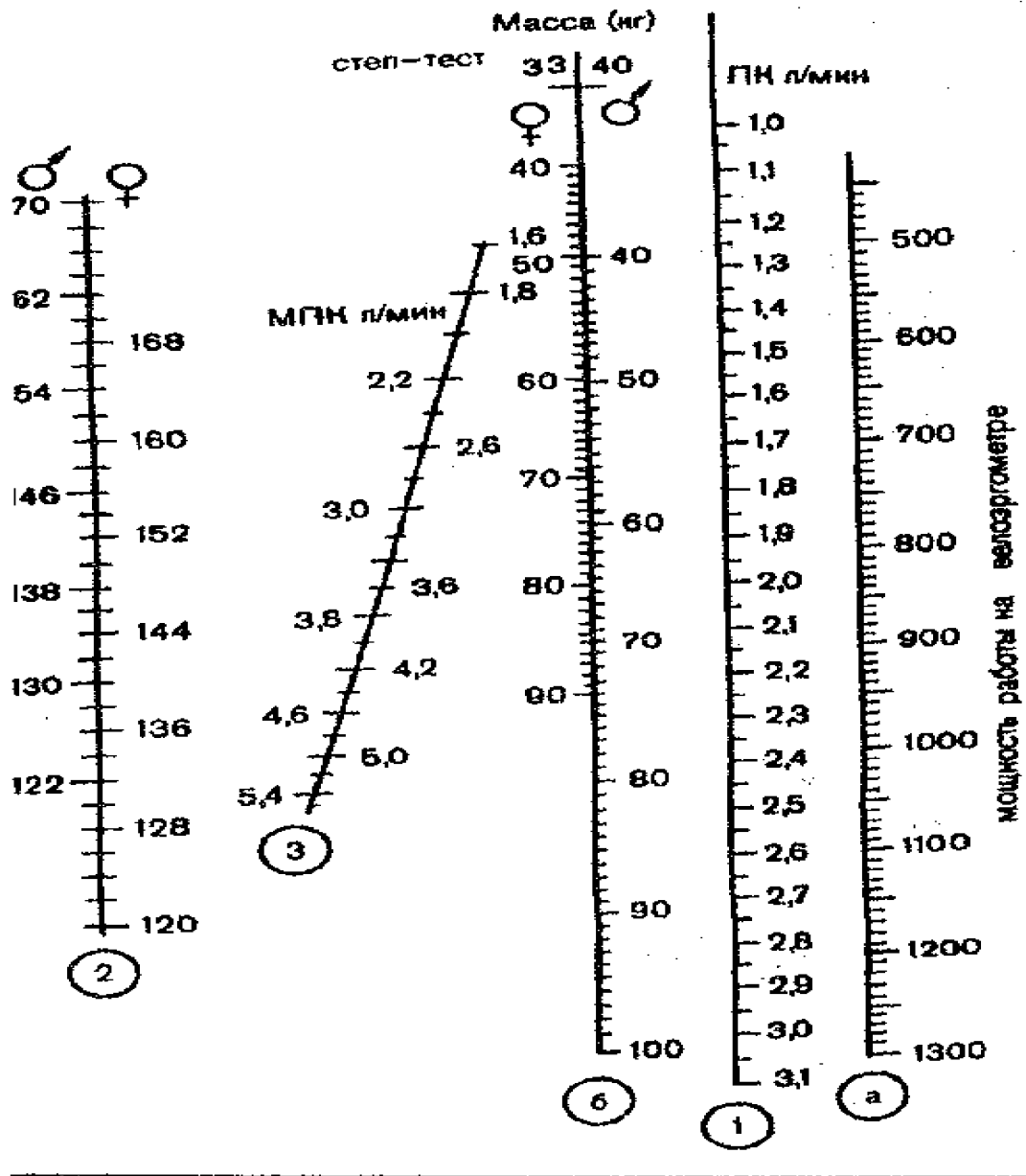


Рис. 2.1. Номограма Р. Астранда для розрахунку максимального споживання кисню непрямым шляхом.

Якщо дослідження МСК проводиться за допомогою степ-тесту, то спочатку на шкалі степ-тест – «шкала Б», знаходять точку, яка відповідає масі досліджуваного, цю точку з'єднують горизонтально зі шкалою споживання кисню (шкала 1). На місці перетину знаходять величину фактичного споживання кисню під час виконання роботи. Цю точку, в свою чергу, з'єднують прямою лінією із зареєстрованою під час навантаження ЧСС на шкалі 2, шкалі частоти пульсу для чоловіків і жінок. Точка перетину останньої лінії зі шкалою 3 вкаже на рівень МСК.

При використанні в якості навантаження роботу на велоергометрі використовують шкалу А, на якій знаходять потужність виконаної роботи, попередньо зробивши перерахунок $6 \text{ кГм} \times \text{хв}^{-1} = 1 \text{ Вт}$. Далі виконують ті ж дії, що і у попередньому випадку.

Точність визначення МСК за номограми Р. Астранда цілком задовільна.

При визначенні максимального споживання кисню за номограмою рекомендується враховувати коефіцієнт поправки на вік обстежуваного (див. табл. 2.1.).

Таблиця 2.1.

Віковий коефіцієнт поправки при розрахунку МСК (Р. Астранд)

Вік років	15	25	35	40	45	50	55	60	65
Коефіцієнт	1,10	1,00	0,87	0,83	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65

Не рекомендується користуватися номограмою Р. Астранда під час обстеження кваліфікованих спортсменів, які тренуються на витривалість, оскільки у них при виконанні запропонованого навантаження ЧСС може бути відносно низька, що призводить до отримання некоректних результатів.

МСК в дитячому віці збільшується пропорційно зросту та масі. У чоловіків воно досягає максимального рівня у віці 18-20 років. Починаючи з 25-30 років МСК невинно зменшується і до 70 років складає 50 % від рівня 20 років. У жінок МСК відповідає приблизно 70% визначеного у чоловіків, залишається незмінним на протязі продуктивного періоду, а потім знижується з такою ж швидкістю, як у чоловіків.

Для молодих добре тренуваних осіб МСК – 4 л/хв у чоловіків і 3 л/хв. у жінок. У дорослих з пониженою фізичною активністю у віці 25-45 років МСК складає приблизно 3,2 л/хв у чоловіків і 2,4 л/хв. у жінок.

4.2. Розрахунок максимального споживання кисню непрямим шляхом на підставі визначення PWC_{170} .

Дослідження з використанням значних фізичних навантажень виявили тісну кореляційну залежність (коефіцієнт кореляції 0,7-0,9) між інтенсивністю м'язової роботи, споживанням кисню та хвилинним об'ємом серця; між величиною споживання кисню, ступенем навантаження, частотою серцевих скорочень при навантаженнях, які вимагають споживання кисню не менше 1 л/хв. На цій залежності будуються всі непрямі методи оцінки функціонального стану і його максимальних фізичних можливостей без використання максимальних виснажливих навантажень, при яких досягається киснева межа і максимум частоти серцевих скорочень.

Для обчислення абсолютних величин МСК (мл/хв) у осіб невисокої спортивної кваліфікації можна використати дані PWC_{170} (кгм/хв) за формулою запропонованою В.Л. Карпманом.

$$МСК = 1,7 \times PWC_{170} + 1240 \quad (2.1.)$$

де МСК виражається у мл/хв.; PWC_{170} – в кгм/хв.

Для прогнозування МСК у спортсменів високої кваліфікації використовується інша формула:

$$МСК = 2,2 \times PWC_{170} + 1070 \quad (2.2.)$$

Відносну МСК знаходять за формулою:

$$МСК_{\text{відн}} = \frac{МСК_{\text{абс}}}{P} \quad (2.3.)$$

Де $МСК_{\text{відн}}$ – МСК на 1 кг маси тіла; p – маса тіла у кг.

У таблиці 2.2. наведені величини МСК прогнозовані за даними визначення фізичної працездатності за результатами тесту PWC_{170} .

Величина МСК розрахована за даними PWC₁₇₀

PWC ₁₇₀ кгм/хв	МПК л/хв	PWC ₁₇₀ кгм/хв	МПК л/хв	PWC ₁₇₀ кгм/хв	МПК л/хв
500	2,62	1200	3,60	1900	5,19
600	2,66	1200	3,88	2000	5,32
700	2,72	1400	4,13	2100	5,43
800	2,82	1500	4,37	2200	5,57
900	2,97	1600	4,62	2300	5,66
1000	3,15	1700	4,83	2400	5,72
1100	3,38	1800	5,06	-	-

4.3. Визначення максимального споживання кисню за тестом К.Купера.

Між показниками МСК і рівнем розвитку загальної витривалості існує високий ступінь зв'язку – коефіцієнт кореляції більше 0,8. На цій основі лікарем К.Купером були запропонований 12-ти хвилинний біговий тест. 12-хвилинний тест передбачає подолання любим доступним за фізичним станом шляхом (біг чи ходьба) максимально можливої відстані за 12 хвилин (по рівній місцевості). Оцінку результатів тесту проводять залежно від довжини подоланої дистанції з урахуванням віку обстежуваного, за його результатами визначають клас аеробної здатності.

Масові обстеження людей з використанням тесту Купера дають можливість установити нормативну оцінку рівня МСК для практично здорових осіб різної статі та віку. За результатами тесту всіх обстежуваних розділяють 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 (див. табл. 2.3)

Градація максимальної аеробної здатності (функціональні класи) в залежності від відстані подоланої за 12 хв. (у км) за К.Купером

Функціональний клас аеробних здатностей і фізичний стан	Вік роки							
	Молодші 30		30-39		40-49		50 і більше	
	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж
ФК I – дуже поганий	менше 1,6	1,5	менше 1,5	1,4	менше 1,4	1,2	менше 1,3	1,0
ФК II - поганий	1,6- 2,0	1,5- 1,8	1,5- 1,8	1,4- 1,7	1,4- 1,7	1,2- 1,5	1,3- 1,6	1,0- 1,3
ФК III - задовільний	2,01- 2,4	1,81- 2,1	1,81- 2,2	1,71- 2,0	1,71- 2,1	1,51- 1,8	1,61- 2,0	1,31- 1,7
ФК IV - добрий	2,41- 2,8	2,11- 2,6	2,21- 2,6	2,01- 2,5	2,11- 2,5	1,81- 2,3	2,01- 2,4	1,71- 2,2
ФК V- відмінний	більше 2,8	2,6	більше 2,6	2,5	більше 2,5	2,3	більше 2,4	2,2

4.4. Експрес-оцінка максимальних аеробних можливостей дітей і підлітків

Експрес-оцінку максимальних аеробних можливостей організму підлітків рекомендується використовувати при масових оглядах, коли потрібно отримати відносно грубі порівняльні дані в однорідній популяції.

Л.Г. Апанасенко (1985) для практичного застосування рекомендує наступні формули:

$$\text{Хлопчики: } \text{МСК}_{\text{л/хв}} = \frac{X_1}{20} + \frac{X_2}{100} + \frac{X_3}{20} - 1,1, \quad (2.4.)$$

Де X_1 – маса тіла в кг; X_2 – динамометрія найсильнішої кисті, кг; X_3 – ЖЄЛ, у сотнях мл.

$$\text{Дівчата: } \text{МСК}_{\text{л/хв}} = \frac{X_1}{20} + \frac{X_2}{250} + \frac{X_3}{100} - 0,7, \quad (2.5.)$$

Де X_1 – маса тіла, кг; X_2 – результат у стрибку з місця у довжину, см; X_3 – ЖЄЛ, у сотнях мл.

С.А. Душанін (1982) для непрямого визначення МСК пропонує використовувати діагностичну систему, яка складається з 4 показників, зміни яких оцінюються в балах:

1. Вік. Кожен рік життя дає 1 бал. Наприклад, у віці 12 років нараховується 12 балів.

2. Частота серцевих скорочень в стані спокою. За кожен удар нижче 95 нараховується 1 бал. Наприклад, пульс 82 уд/хв дає 13 балів і т.д. При пульсі 95 і більше бали не нараховуються.

3. Відновлення пульсу. Після 5 хвилинного відпочинку у положенні сидячи вимірюють частоту серцевих скорочень протягом 1 хвилини. Після цього особі, яку обстежують, пропонують зробити 20 присідань за 40 с і сісти. Через 2 хвилини знову вимірюють частоту пульсу протягом 10 с і результат множать на 6. Відповідність вихідній величині дає 30 балів, перевищення на 10 уд/хв – 20 балів, на 15 – 10 балів, на 20 – 5 балів, більше 20 із загальної набраної суми віднімають 10 балів.

4. Об'єм серця. За кожне збільшення об'єму серця, що розраховується за формулою, що приводиться, починаючи з 270 см³, на 10 см³ нараховується 5 балів:

$$\text{Об'єм серця (см}^3\text{)} = 20 \sqrt{\frac{\text{маса тіла (г)}}{\text{довжина тіла (см)}}}; \quad (2.6.)$$

Суму отриманих за кожним показником балів необхідно використовувати у наступній формулі для прогнозування МСК:

$$\text{МСК} = 26 \times x + 532, \quad (2.6)$$

де МСК – максимальне споживання кисню, мл; x – загальна сума набраних балів; 532 – постійний коефіцієнт.

Отриману таким шляхом величину МСК необхідно розділити на масу тіла, а результат оцінити використовуючи таблицю 2.4.

Точність методу. Середня помилка складає $\pm 10\%$ у порівнянні з прямим виміром МСК при використанні максимального за потужністю фізичного навантаження і газоаналізатора.

Функціональні класи й оцінка рівня аеробної потужності

Функціональні класи	Рівні аеробної потужності	Максимальне споживання кисню, мл/кг/хв
1	Низький	менше 35,0
2	Нижче середнього	35,0 – 41,9
3	Середній	42,0 – 50,9
4	Вище середнього	51,0 – 59,9
5	Високий	60 і вище

Приведені методи експрес – оцінки МПК доцільно застосовувати в основному для прогнозування аеробних можливостей дітей.

Основні протипоказання до проведення тестування з фізичними навантаженнями

1. Відсутність дозволу лікаря;
2. Температура тіла вище $37,5^{\circ}\text{C}$;
3. Частота пульсу перед тестуванням після 10 – 15 хвилинного відпочинку більше 100 ударів у 1 хвилину;
4. Артеріальний тиск перед тестуванням після 10 –15 хвилинного відпочинку більше 180/100 мм рт. ст.
5. Гострі захворювання (застира й ін.)
6. Явне погіршення серцевої діяльності, виражені ознаки стенокардії, порушення серцевого ритму.

Тестування повинне бути припинене у випадках якщо;

1. Обстежуваний не в змозі продовжувати роботу через нестачу сили;
2. Поява болю в грудях, сильна задишка, блідості чи синюшності обличчя, запаморочення, холодний піт, поява невиразної мови чи інших ознак, що свідчать про декомпенсацію серцевої діяльності;
3. Надмірний такий, що не відповідно віку систолічний тиск;
4. Падіння пульсового тиску;
5. Діастолічний тиск перевищує 125 мм рт. ст.
6. Падіння систолічного тиску;
7. Поява на ЕКГ – ознак неадекватності навантаження при відсутності суб'єктивних чи об'єктивних клінічних симптомів.

Література

1. Дегтяренко Т.В. Медико-педагогічний контроль у фізичному вихованні та спорті: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Т.В. Дегтяренко, Є.В.Долгієр. – Атлант ВОИ СОИУ, Одеса. – 2018. – 282 с.
2. Круцевич Т.Ю. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків і молоді : навч. посіб. / Т.Ю. Круцевич, М.І. Воробйов, Г.В. Безверхня. – К. : Олімпійська література, 2011. – 244 с.
3. Соколовський В.С. Врачебный контроль в физическом воспитании и спорте / В. С. Соколовський, Н.О. Романова, И.И. Бондарев. – Одеса, 2001. – 93 с.
4. Спортивна медицина : підруч. для студ. закл. вищої освіти фіз.. виховання і спорту / Л.Я.-Г. Шахліна, Б. Г. Коган, Т.О. Терещенко, та ін.; за ред.. Л.Я.-Г Шахліної. – К.: Національний університет фізичного виховання та спорту України, Олімпійська література, 2018. – 424 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Методи дослідження й оцінка фізичної працездатності.....	4
1.1. Методика визначення фізичної працездатності PWC ₁₇₀ за степ-тестом.....	5
1.1.2. Оцінка фізичної працездатності школярів за тестом PWC ₁₇₀ у модифікації М.Ф. Сауткіна.....	7
1.1.3. Степергометричний варіант тесту PWC ₁₇₀	8
1.2. Методика визначення PWC ₁₇₀ за допомогою велоергометра.....	11
2. Гарвардський степ-тест.....	13
3. Проба Руф'є	15
4. Визначення максимального споживання кисню.....	16
4.1. Визначення максимального споживання кисню не прямим шляхом за номограмою Р.Астранда.....	16
4.2. Розрахунок максимального споживання кисню непрямим шляхом на підставі визначення PWC ₁₇₀	19
4.3. Визначення максимального споживання кисню за тестом К.Купера.....	20
4.4. Експрес-оцінка максимальних аеробних можливостей дітей і підлітків.....	21
Додаток А	24
Література	25
Зміст	26