



ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ  
імені Івана БОБЕРСЬКОГО



Кафедра фізкультурно-спортивної реабілітації та спортивної медицини

# Лекція 6, Кількісні тести в практиці спортивної медицини

д.мед.н., професор  
Романчук Олександр Петрович

Важливою складовою ТФН є – стандартизація методики. Стандартизація методики і її гарна відтворюваність дозволяють вірогідно зіставляти результати обстеження однієї і тієї ж людини в різні періоди його життя, індивідуальні і групові результати досліджень, проведених в різних лабораторіях і клініках; визначають ранг функціональної повноцінності обстежуваного в системі певної шкали.

Цим вимогам відповідають кількісні тести, більшість яких базується на прямопропорційному зв'язку між потужністю виконуваної роботи та ЧСС.

У молодих людей взаємозв'язок між потужністю навантаження і ЧСС є лінійним в зоні від 95-105 до 170 хв<sup>-1</sup>. При менших і більших значеннях ЧСС лінійність цього взаємозв'язку порушується. У зоні навантажень помірної, середньої і великої потужності у здорових осіб різного віку взаємозв'язок між ЧСС і інтенсивністю навантаження задовільно апроксимується наступними рівняннями:

**для чоловіків:**

$$\text{ЧСС} = 0,1 \times \text{навантаження (кгм)} + 68(\pm 15 \text{ хв}^{-1}),$$

**для жінок:**

$$\text{ЧСС} = 0,13 \times \text{навантаження (кгм)} + 81,5(\pm 15 \text{ хв}^{-1}).$$

**Споживання кисню (СК) при навантаженні** – найбільш суворий кількісно вимірюваний відтворюваний параметр, придатний для стандартизації ТФН. Проте реальний його вимір при проведенні проб вимагає дорогого обладнання, тому фахівці звернулися до інших фізіологічних параметрів, тісно пов'язаних із СК. Чинником, що забезпечує при необхідності високе СК, є величина ХОК. Між СК і ХОК існує пряма лінійна залежність. В свою чергу, існує пряма залежність між СК, ХОК і ЧСС. У міру наростання функціональної недостатності серцево-судинної системи відбувається прогресуюче зниження МСК і максимальної ЧСС. Тобто, існує гарна можливість стандартизувати навантаження по дуже показовому і легко вимірюваному параметру – ЧСС. Чим вище у випробовуваного ЧСС при зростаючому навантаженні, тим вище МСК і, відповідно, фізична працездатність людини, краще функціональний стан серцево-судинної системи.

**Максимальне споживання кисню (МСК)** – найбільша кількість кисню, яку обстежуваний може спожити під час виконання динамічного навантаження з залученням великої частини м'язів. Цей показник розглядається як об'єктивний параметр стану серцево-судинної системи та толерантності до навантаження (ТН).

Показник МСК відображає кількість кисню, який транспортується і використовується у клітинному метаболізмі. Споживання кисню під час навантаження зручно виражати в метаболічних еквівалентах (МЕТ) як відношення до потреби в кисні у стані спокою. Один МЕТ – одиниця споживання кисню в положенні спокою, яка приблизно відповідає 3,5 мл кисню на кг ваги тіла за хвилину. На показник МСК впливають вік, стать, звичка до навантажень, спадковий фактор, стан серцево-судинної системи.

### **Фактори, що визначають МСК**

**Вік:** максимальна кількість кисню споживається у віці 15-30 років, прогресивно зменшуючись з віком. До 60-ти років середні цифри МСК у чоловіків складають % від МСК у віці 20 років. При сидячому способі життя МСК кожні 10 років скорочується на 9%, при активному способі життя – на 5%.

**Стать:** у віці 12-16 років немає істотної різниці в МСК між дітьми різної статі, але все-таки серед дівчаток у віці 12-14 років МСК децю знижене порівняно з хлопчиками. Менше МСК серед жінок пов'язано з їх меншою м'язовою масою, меншою кількістю гемоглобіну і об'ємом крові, меншим ударним об'ємом порівняно з чоловіками.

**Маса тіла:** виявлена дуже тісна залежність МСК від маси тіла, тому порівнювати МСК у різних осіб необхідно з урахуванням цієї залежності і виражати не в абсолютних ( $л \times хв^{-1}$ ), а у відносних величинах ( $мл \times кг^{-1} \times хв^{-1}$ ).

**Рівень фізичної підготовки:** фізична активність істотно впливає на МСК. Після 3-х тижнів постільного режиму МСК знижується у здорових чоловіків на 25%. У помірно активних молодих чоловіків МСК приблизно рівний 12 МЕТ, досягаючи при індивідуальному занятті фізичними навантаженнями (такими, як біг) 18-24 МЕТ ( $60-85 мл \times кг^{-1} \times хв^{-1}$ ).

**При однаковій ЧСС** споживання кисню у чоловіків вище, ніж у жінок, а у фізично підготовлених людей вище, ніж у людей малорухомого способу життя.

**Спадковість:** Існують природні відмінності МСК залежно від генетичних чинників.

**Початковий стан серцево-судинної системи:** МСК залежить від вираженості порушень, заподіяних хворобою.

# Нормальні величини максимального споживання кисню (МСК) в осіб різного віку

<i>Вік</i>	<i>Спосіб вимірювання МСК</i>	<i>Чоловіки</i>	<i>Жінки</i>
<i>20-29</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>43 ± 7,2</i>	<i>36 ± 6,9</i>
	<i>MET</i>	<i>12</i>	<i>10</i>
<i>30-39</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>42 ± 7,0</i>	<i>34 ± 6,2</i>
	<i>MET</i>	<i>12</i>	<i>10</i>
<i>40-49</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>40 ± 7,2</i>	<i>32 ± 6,2</i>
	<i>MET</i>	<i>11</i>	<i>9</i>
<i>50-59</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>36 ± 7,1</i>	<i>29 ± 5,4</i>
	<i>MET</i>	<i>10</i>	<i>8</i>
<i>60-69</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>33 ± 7,3</i>	<i>27 ± 4,7</i>
	<i>MET</i>	<i>9</i>	<i>8</i>
<i>70-79</i>	<i>Мл/кг/хв</i>	<i>29 ± 7,3</i>	<i>27 ± 5,8</i>
	<i>MET</i>	<i>8</i>	<i>8</i>

# Класифікація фізичного стану за МСК (мл/хв×кг)

## (за М.Л. Pollock і співавт., 1978)

Вік, років	Фізичний стан				
	<i>дуже поганий</i>	<i>поганий</i>	<i>середній</i>	<i>добрий</i>	<i>дуже добрий</i>
<b>Жінки</b>					
20-29	< 24	24-30	31-37	38-48	> 49
30-39	< 20	20-27	28-33	34-44	> 45
40-49	< 17	17-23	24-30	31-41	> 42
50-59	< 15	15-20	21-27	28-37	> 38
60-69	< 13	13-17	18-23	24-34	> 35
<b>Чоловіки</b>					
20-29	< 25	25-33	34-42	43-52	> 53
30-39	< 23	23-30	31-38	39-48	> 49
40-49	< 20	20-26	27-35	36-44	> 45
50-59	< 18	18-24	25-33	34-42	> 43
60-69	< 16	16-22	23-30	31-40	> 41

# Основні сфери застосування ТФН

1. масові (епідеміологічні) обстеження різних контингентів населення з метою раннього виявлення серцево-судинної патології, в першу чергу ІХС;
2. диференціальна діагностика ІХС і окремих її форм;
3. виявлення і ідентифікація порушень ритму серця;
4. виявлення осіб з гіпертензивною реакцією на навантаження;
5. визначення індивідуальної толерантності до фізичного навантаження у хворих зі встановленим діагнозом ІХС;
6. оцінка ефективності лікувальних і реабілітаційних заходів за результатами динамічного дослідження хворих;
7. експертиза працездатності хворих з серцево-судинними захворюваннями;
8. професійний відбір (для роботи в екстремальних умовах або для робіт, що вимагають високої фізичної працездатності);
9. оцінка прогнозу.

## Загальні вимоги до ТФН

- Вони мають бути простими для випробовуваного, мати нетривалу процедуру, яка не вимагає спеціальних навичок;
- Бути безпечними для випробовуваного і здійсненними для більшості осіб, які обстежуються амбулаторно (хворих і здорових);
- Забезпечувати участь багатьох м'язових груп, навантажуючи все тіло, а не окремі групи м'язів;
- Містити періоди стійкого стану, впродовж яких можна реєструвати порівнювані кількісні показники;
- Надавати відтворні результати;
- Виразатися у величинах витрат енергії на масу тіла, але з можливістю швидкого перерахунку в одиницю роботи;
- Дозволяти оцінювати максимальну реакцію кардіореспіраторної системи людини і максимальну фізичну працездатність.

## Абсолютні протипокази до проведення ТФН

- гострий інфаркт міокарду в перші 2 доби
- нестабільна стенокардія з високим ризиком розвитку інфаркту міокарду
- неконтрольована серцева аритмія, що супроводжується симптомами або гемодинамічними порушеннями
- симптомний важкий аортальний стеноз
- неконтрольована симптомна серцева недостатність
- гостра легенева емболія або інфаркт легень
- гострий міокардит і перикардит
- гостре розшарування аорти

## Відносні протипокази

(не враховуються у випадках, коли передбачувана користь від запланованого дослідження перевищує його ризик):

- стеноз стовбура лівої коронарної артерії
- помірні клапанні стенози
- електролітні порушення
- важка артеріальна гіпертензія (систоличний АТ > 200 мм рт.ст. і/або діастолічний АТ > 110 мм рт.ст.)
- тахіаритмії або брадіаритмії
- гіпертрофічна кардіоміопатія або інші хвороби з обструкцією вихідного тракту лівого шлуночку
- психічна або фізична неповноцінність, що унеможлиблює адекватне проведення навантаження і його оцінку
- високий ступінь атріовентрикулярної блокади

**До протипоказів вітчизняні автори також відносять:**

міопію високого ступеню,  
схильність до непритомних станів,  
тромбофлебіт і варикозне розширення вен,  
гарячкові стани,  
політопну екстрасистолію,  
некомпенсований діабет і  
тиреотоксикоз



## Вимоги до приміщення

Кімната, де проводиться навантажувальне тестування, має бути досить просторою, щоб в ній могло вільно розташуватися необхідне устаткування, включаючи кушетку, прилади невідкладної допомоги і дефібрилятор, а також – вільне місце, де при необхідності можна розмістити пацієнта при наданні йому невідкладної допомоги. Рекомендована **площа приміщення – не менше 46,4 м<sup>2</sup>**. Двері до кімнати мають бути широкими, щоб при необхідності можна було легко транспортувати пацієнта.

Приміщення має бути **чистим, добре освітленим і вентиляльованим, оснащеним термометром, гігрометром і барометром для контролю за температурою, вологістю повітря і атмосферним тиском**. Комфортною вважається температура 22°C, а при достатній вентиляції і нетривалому тесті **допускається підвищення температури до 26°C**. Прохолодне і сухе середовище (50% вологості) збільшує тепловіддачу шкіри. Наявність вентилятора сприяє контролю температури і вологості в приміщенні. При проведенні навантажувального тестування з газоаналізом необхідно вимірювати барометричний тиск і температуру, оскільки гази розширюються при підвищенні температури і при низькому атмосферному тиску і стискаються при холоді і високому тиску. Сучасні кардіопульмональні системи автоматично враховують стан довкілля.

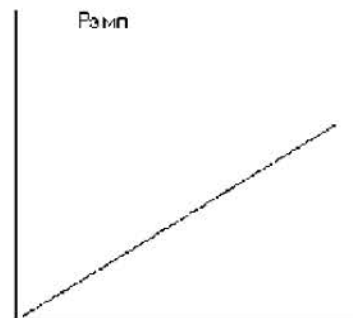
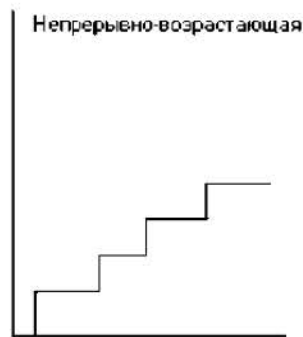
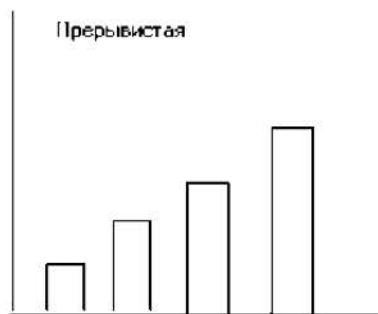
Для зменшення відчуття невпевненості і занепокоєння у пацієнтів, на стінах можуть бути розміщені плакати і фотографії. Зручно, якщо у полі зору лікаря і пацієнта був настінний годинник з секундною стрілкою. У кімнаті має бути місце для розташування рушників, ременів і інших пристосувань, необхідних для підготовки пацієнта і проведення тесту.

На стіні у полі зору пацієнта повинна розташовуватися надрукована великими буквами шкала оцінки інтенсивності навантаження, а самому пацієнтові повинно бути детально роз'яснено, як по ній оцінювати ступінь стомлюваності.

## Шкала суб'єктивної оцінки виконаного навантаження (Шкала Борга)

15-рівнева		10-рівнева	
6		0	- немає навантаження
7	- дуже дуже легке	0,5	- украй незначне
8		1	- дуже легке
9	- дуже легке	2	- легке
10		3	- помірне
11	- фактично легке	4	- середньо-важке
12		5	- важке
13	- помірно важке	6	
14		7	- дуже важке
15	- важке	8	
16		9	
17	- дуже важке	10	- майже максимальне
18			
19	- украй важке		- максимальне
20			

# Протоколи дослідження



Останні роки усе більш популярними стають «рампи»-протоколи, при яких навантаження зростає кожні 20, 15 або 12 с на 5 Вт, тобто - на 15, 20, 25 Вт/хв. Встановлено, що майже безперервне і рівномірне збільшення метаболічної вартості навантаження при такому типі протоколу забезпечує стійке збільшення реакцій серця і легень, а також – можливість точнішого визначення СК. СК при цьому типі протоколу зростає лінійно зростаючому навантаженню аж до моменту досягнення граничної стомлюваності, так що пік СК співпадає з МСК, не виходячи при цьому на рівень «плато». Такі протоколи можуть бути використані для тестування осіб з різними рівнями функціональних можливостей. Безперечною перевагою цього виду протоколу є той факт, що більшість осіб при його використанні досягають критеріїв припинення навантаження за оптимальний час - 9 хвилин.

## Тестування може бути максимальним і субмаксимальним

Максимальним вважається навантаження, при якому досягається МСК. Клінічним еквівалентом максимальності навантаження є максимальне стомлення. Максимальному навантаженню (максимальному стомленню) відповідає максимальна для обстежуваного ЧСС.

Під субмаксимальним розуміється навантаження, що відповідає певній частці від заздалегідь певного максимального навантаження.

Інтерпретація результатів тестування навантаження з діагностичною і прогностичною метою має на увазі оцінку максимальної працездатності. Якщо пацієнт не здатний виконати навантаження середньої інтенсивності або досягти 85-90% розрахункової вікової ЧСС, величина виконаного навантаження не дозволяє оцінити резерви кардіореспіраторної системи і тест вважається неінформативним.

Найчастіше неінформативним виявляється тест у пацієнтів із захворюваннями периферичних судин, ортопедичними обмеженнями, неврологічними захворюваннями і у осіб з низькою мотивацією до виконання навантажень. У цієї групи осіб прийнятніше використовувати стрес-візуалізуючі методики (Стрес-ЕхоКГ, сцинтиграфію міокарду).

## Визначення максимальної ЧСС

Відсоток від максимального навантаження	Вік									
	20-29		30-39		40-49		50-59		60-69	
	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж
	ЧСС, хв <sup>-1</sup>									
<b>75</b>	160	166	155	149	151	153	144	144	139	140
<b>100</b>	195	198	187	189	178	179	170	172	162	163

На думку В.Л. Карпмана досягнення 75% від МСК (максимального навантаження) відповідає 87% від передбачуваної максимальної ЧСС. Інші автори вважають, що 75% від максимального навантаження відповідають 75% від максимальної ЧСС.

За даними D. Swain взаємозв'язок між ЧСС і МСК виражається наступним рівнянням:

$$\% \text{ максимальної ЧСС} = (0,64 \times \% \text{ МПК}) + 37.$$

Відповідно, досягнення 85% від максимальної ЧСС відповідає 75% МСК.

## ЧСС на рівні 85% від максимальної вікової норми

ЧСС $\text{хв}^{-1}$	Вік(років)										
	16-20	21-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
85% від макс.	179	177	175	173	172	170	168	166	164	162	158

**Субмаксимальний рівень ЧСС при навантаженнях на велоергометрі (85% від максимальної ЧСС для жінок і нетренованих чоловіків і 90% - для тренуваних чоловіків)**

Обстежувані	Вік(років)									
	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
Нетреновані чоловіки	168	166	164	162	160	158	156	154	152	150
Треновані чоловіки	172	170	168	166	164	162	160	158	156	154
Жінки	169	165	162	158	154	151	147	143	-	-

# ЧСС при різних рівнях споживання кисню залежно від віку обстежуваних і ступеня тренуваності (Sheffield L. і Roitman D., 1976)

Ступінь тренуваності	% від макс. навантаження	Вік														
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	73	80	85	90
		ЧСС хв <sup>-1</sup>														
Слабка	100	195	195	193	191	189	187	184	182	180	178	176	174	172	170	168
	90	177	175	173	172	170	168	166	164	162	160	158	157	155	153	151
	75	148	146	144	143	142	140	138	137	135	134	132	131	129	128	126
	60	118	117	115	114	113	112	110	109	108	107	106	104	103	102	101
Висока	100	190	188	186	184	182	180	177	175	173	171	169	167	165	163	161
	90	171	169	167	166	164	162	159	158	156	154	152	150	149	147	145
	75	143	141	140	138	137	135	133	131	130	128	127	125	124	122	121
	60	114	113	112	110	109	106	105	104	103	101	100	99	98	97	

Спрощений спосіб розрахунку максимальної ЧСС:

$$\begin{aligned} \text{ЧСС макс} &= 220 - \text{Вік}, \\ \text{відповідно ЧСС 85\% (як цільова)} \\ \text{ЧСС 85} &= 0,85 \times (220 - \text{вік}) \end{aligned}$$

Шепард пропонує відмінні формули для чоловіків та жінок

$$\begin{aligned} \text{ЧСС макс} &= 220 - \text{Вік}, \text{ для чоловіків} \\ \text{ЧСС макс} &= 210 - \text{Вік}, \text{ для жінок} \end{aligned}$$

Для розрахунку субмаксимальної ЧСС, як критерію припинення навантаження, можна скористатися формулою:

$$\text{цільова ЧСС} = \text{ЧСС}_1 + K \times (215 - \text{вік} - \text{ЧСС}_1), \text{ де}$$

$\text{ЧСС}_1$  - фонові ЧСС у спокої,  $K$  - коефіцієнт поправки (0,9 для спортсменів; 0,8 - для здорових; 0,7 - хворих ІХС; 0,6 - для постінфарктних хворих).

Враховуючи значні індивідуальні коливання максимальної вікової ЧСС, зарубіжні керівництва не рекомендують використовувати її в якості критерію припинення навантаження.

Максимальним вважається такий тест, при якому обстежуваним досягнуте максимальне стомлення (точка тілесної знемоги) або з'являються клінічні симптоми, що вимагають припинення навантаження.

У останньому випадку тест називається симптом-обмеженим (maximum symptom-limited exercise – tolerance test, symptom - limited maximum exercise test).



## Абсолютні покази до припинення навантаження :

- \* Зниження систолічного АТ на 10 мм рт.ст. і більше від початкового рівня, незважаючи на збільшення навантаження, у поєднанні з іншими ознаками ішемії.
- \* Стенокардитичний біль середньої і вираженої інтенсивності, що посилюється.
- \* Наростаючі неврологічні симптоми (порушення координації, запаморочення, передсинкопе).
- \* Ознаки периферичної гіперфузії (блідість шкірних покривів, ціаноз).
- \* Технічні труднощі моніторингу ЕКГ або систолічного АТ.
- \* Відмова пацієнта від продовження навантаження.
- \* Стійка шлуночкова тахікардія.
- \* Підйом ST на 1 мм і більше (окрім відведень  $V_1$  і AVR)
- \* Депресія сегменту ST  $> 4$  мм

## Відносні покази до припинення навантаження :

- \* Зниження систолічного АТ на 10 мм рт.ст. і більше від початкового рівня, незважаючи на збільшення навантаження, за відсутності інших ознак ішемії.
- \* Такі зміни ST і комплексу QRS як: горизонтальна або косонизхідна депресія ST більше 2 мм; зміна електричної вісі серця.
- \* Такі порушення ритму серця як: політопна шлуночкова екстрасистоля, шлуночкові «триплети», суправентрикулярні тахікардії, атріовентрикулярні блокади і брадіаритмії.
- \* Поява блокади проведення по ніжках пучка Гіса і внутрішньо-шлуночкових блокад, які складно диференціювати від шлуночкової тахікардії.
- \* Стоннення, виражена задишка, хрипи в легенях, біль і слабкість в м'язах ніг.
- \* Наростаючий біль в грудях.
- \* Підвищення систолічного АТ більше 250 мм рт.ст. і/або діастолічного АТ більше 115 мм рт.ст.
- \* Відсутність адекватного приросту систолічного АТ, починаючи з 3 ступені навантаження.
- \* Поява або почастишання будь-якої екстрасистоїї з частотою 1:10 і частіше; поява парної шлуночкової екстрасистоїї.
- \* Обережність лікаря.
- \* Досягнення розрахункової максимальної або субмаксимальної вікової ЧСС

## Відновний період

Деякі патологічні відповіді на навантаження з'являються тільки в періоді відновлення. Якщо під час тесту пацієнтом досягнуті максимальні зусилля, у відновному періоді він має бути укладений на кушетку. Проте, у більшості випадків лікарі виходять з міркувань зручності для пацієнта і вважають за краще використати у відновному періоді сидяче положення обстежуваного.

Зниження навантаження повинне відбуватися поступово для відвертання ваготонічних реакцій у вигляді значного зниження АТ і розвитку брадікардії – обертання педалей в темпі, що сповільнюється, на нульовому рівні навантаження (за відсутності опору) повинне тривати впродовж 40-60 с після закінчення тесту. Слід зазначити, що поступове припинення навантаження може відстрочити або запобігти появі депресії сегменту ST, проте, воно є необхідним.

Постнавантажувальне спостереження повинне тривати впродовж 6-8 хвилин, а якщо за цей час показники АТ, ЧСС і ЕКГ не повернулися до початкових значень, то – до їх нормалізації. Якщо спостереження проводиться в положенні лежачи, то у 85% обстежуваних з патологічними реакціями на навантаження впродовж перших 4-5 хв. відновного періоду ці зміни з'являються знову.

Патологічні зміни ЕКГ, що з'являються тільки в періоді відновлення, зустрічаються нечасто і вірогідніші для хибно-позитивних відповідей. З іншого боку, механічна дисфункція або патологічні електрофізіологічні відповіді в ішемізованому лівому шлуночку після навантаження можуть проявлятися через декілька хвилин або навіть години після тесту.

## Проведення ергоспірометрії (ЕСМ)

ЕСМ виконується з використанням стандартного велоергометра або бігової доріжки (тредміла). Тредміл є зручнішим, більше того, він дозволяє досягти МСК на 5-10% вище, ніж під час велоергометрії. В той же час велоергометри дешевші, займають менше місця, створюють менше шуму і артефактів під час тесту, а також дозволяють з істотно більшою точністю розрахувати виконану роботу.

## *При очікуванні добрій толерантності:*

- 1. Ступінчатий протокол Bruce (трєдмїл)*
- 2. ВЕМ протокол з початковим навантаженням 50 Ватт з подальшим приростом 25 Ватт кожні 2-3 хв.*

## *При очікуванні середній толерантності:*

- 1. Модифікований протокол Bruce (трєдмїл)*
- 2. ВЕМ протокол з початковим навантаженням 25 Ватт з подальшим приростом 25 Ватт кожні 2-3 хв.*

## *При очікуванні поганій толерантності (наявність ХСН):*

- 1. Стандартний або модифікований протокол Naughton*
- 2. ВЕМ протокол з початковим навантаженням 25 Ватт з подальшим приростом 10-20 Ватт кожні 2-3 хв.*

# Протоколи для тредміл-тестування

Ступінь	Швидкість		Кут підйому %	Тривалість, хв
	миль/год	км/год		
<b>Протокол R. Bruce</b>				
1	1,7	2,7	0,0	3
2	2,5	4,0	12,0	3
3	3,4	5,5	14,0	3
4	4,2	6,8	16,0	3
<b>Модифікований протокол R. Bruce</b>				
1	1,7	2,7	0,0	3
2	1,7	2,7	5,0	3
3	1,7	2,7	10,0	3
4	2,5	4,0	12,0	3
5	3,4	5,5	14,0	3
6	4,2	6,8	16,0	3
7	5,0	8,0	18,0	3
8	5,5	8,9	20,0	3
9	6,0	9,7	22,0	3
<b>Протокол J. Naughton</b>				
1	3,0	4,8	0,0	3
2	3,0	4,8	2,5	3
3	3,0	4,8	5,0	3
4	3,0	4,8	7,5	3
5	3,0	4,8	10,0	3
6	3,0	4,8	12,5	3
7	3,0	4,8	15,0	3
8	3,0	4,8	17,5	3
9	3,0	4,8	20,0	3
10	3,0	4,8	22,5	3

# Індивідуальний протокол

У разі призначення індивідуального протоколу використовують так звані рамп-протоколи. Такі протоколи можуть бути сформовані і для тредміла, і для велоергометра. Сенс протоколу в тому, що приріст навантаження відбувається не ступінчасто, а плавно – буквально кожну секунду програма ненабагато збільшує швидкість і/або кут нахилу тредміла або гальмівне зусилля на велоергометрі.

Рамп-протоколи мають низку переваг :

- ◆ уникнення різкого ступінчастого приросту навантаження;
- ◆ плавна зміна гемодинамічного і інших фізіологічних відповідей на навантаження;
- ◆ точніша оцінка толерантності до навантажень;
- ◆ індивідуалізований протокол;
- ◆ можливість точного дотримання часу виконання тесту.

Зокрема, для ослаблених або літніх пацієнтів може бути використаний протокол з інкрементом  $10\text{--}15 \text{ ватт} \times \text{хв}^{-1}$ , який система прирощує плавно. На тредмілі можливо встановити постійну швидкість  $2\text{--}4 \text{ км/год}$  і плавно прирощувати кут нахилу на  $1\text{--}3^\circ$  в хвилину.

У разі застосування ручних ергометрів використовують інкремент приросту навантаження  $10 \text{ ватт}$  кожні  $2\text{--}3 \text{ хв}$ . Такий режим підходить практично для усіх груп хворих.

# Показники, які визначаються при ергоспірометрії

Розрізняють два найбільш важливих показника: *МСК* і споживання кисню на рівні анаеробного порогу (*АП*)

*Максимальне споживання кисню*. Є найбільш надійним, відтворним і об'єктивним показником фізичної працездатності. Так само як тривалість і потужність навантаження, цей показник може залежати від суб'єктивних чинників – мотивації пацієнта і лікаря і оцінки ними тяжкості симптомів, що виникають під час проби.

*МСК* виражають в абсолютних значеннях: в л/хв і у відсотках від передбаченого належного. *СК* може бути нормалізоване до ваги тіла (мл/хв×кг), зросту, ІМТ, худой маси тіла, ідеальної маси тіла. У спортивній медицині і кардіології найчастіше використовують *МСК*, виражене в л/хв×кг, проте у осіб з надмірною масою тіла цей показник може бути заниженим.

*МСК* є найбільш точним при розрахунку дозованих навантажень і контролі їх ефективності у хворих з кардіальною патологією. Чим вище рівень *СК* в процесі навантаження, тим вище функціональні можливості організму, тим значніші резервні можливості організму, серцево-судинної системи. Важливість визначення *МСК* у осіб з ІХС зумовлена не лише об'єктивністю оцінки толерантності до навантажень, але й високим прогностичним значенням цього показника. Автори визначили прогностичну цінність *МСК* нарівні з віком, наявністю цукрового діабету, прийомом β-адреноблокаторів і палінням. Більше того, *МСК* не залежить від таких характеристик осіб з ІХС, як стать, вік і прийом β-адреноблокаторів, тобто не пов'язаний з медикаментозним статусом хворого. Певну роль цей показник має у прогнозуванні ефективності кардіореабілітації у хворих ХСН.

**СК на рівні АП.** Під АП розуміють рівень СК під час зростаючого навантаження, понад який аеробне продукування енергії доповнюється анаеробними механізмами. Також АП визначається як точка під час субмаксимального навантаження, після якого відбувається підвищення концентрації лактату плазми. Цей поріг вважається результатом недостатності аеробних механізмів утворення енергії і характеризується включенням в процес енергозабезпечення анаеробного окислення з розвитком метаболічного ацидозу. Іншими словами, АП можна розглядати як показник, якого здатний досягти суб'єкт без розвитку стійкого лактатацидоза.

Згідно з сучасними уявленнями, АП знижується внаслідок порушень транспорту і утилізації кисню, недостатнього рекрутування м'язових волокон та ін. У малорухомих людей АП настає при навантаженні, складовій 50-60% від МСК, у тренуваних – при більш високій.

АП визначається декількома методами, але найточніше за рівнем лактату крові. Сучасне устаткування дозволяє визначати його неінвазивно, за показниками газообміну.

АП може служити індикатором рівня тренуваності, тому застосовується для моніторингу ефектів фізичних навантажень. Цей показник знижується при різних станах (ХСН, легеневі хвороби, міопатії, детренованість) і тому має обмежене диференціально-діагностичне значення. В той же час, як і МСК, з яким він корелює, АП вважається об'єктивним і відтворним кількісним показником фізичної працездатності і має прогностичне значення. При багатьох станах, зокрема при серцевій недостатності, досягнення АП вказує на достатні зусилля пацієнта і визначає інформативність тесту.

Під час ЕСМ визначається також багато інших показників..