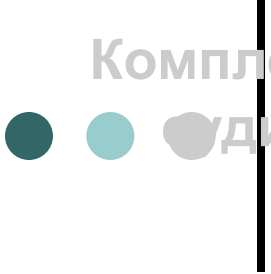


# ІНВАЗИВНІ І НЕІНВАЗИВНІ МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ




Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-  
судинної системи осіб, які систематично займаються  
фізичною культурою і спортом

**МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ.** Величину артеріального тиску (АТ, мм рт.ст.) прийнято розглядати як гомеостатичний показник, у зв'язку з чим його відхилення в той або інший бік може свідчити про певні зміни в загальному функціональному стані організму. Так, наприклад, фізична робота, як правило, дещо знижує артеріальний тиск, але психічна напруга, навпаки, сприяє його збільшенню.

## Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом

**Артеріальний тиск систолічний (АТс)** є одним із найбільш інформативних функціональних параметрів і тонко відбиває зміни, пов'язані із станом його регуляторних ланок: периферичного судинного опору, активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи, тонусом вазомоторного центру, силою серцевих скорочень, хвилинним об'ємом кровообігу. Згідно з останніми експериментальними даними, виявлення АТс  $>120$  мм рт.ст. у жінокі  $>125$  мм рт.ст. у чоловіків, пацієнта доцільно відносити до групи з чинником ризику порушення регуляції артеріального тиску. Критеріями зриву адаптації, незалежно від віку, слід вважати величини АТс  $>150$  мм рт.ст. у жінок і  $>170$  мм рт.ст. у чоловіків.

**Артеріальний тиск діастолічний (АТд)** залежить, у свою чергу, від тону дрібних і середніх судин і пов'язаний з активністю парасимпатичної іннервації та станом судинної стінки. Збільшення АТд понад 80 мм рт.ст. як у чоловіків, так і у жінок (у молодому віці понад 75 мм рт.ст.) слід вважати прогностично несприятливим. Критерієм зриву адаптації систем, що регулює рівень артеріального тиску діастоли, можна визначити АТд  $>95$  мм рт.ст. у чоловіків і  $>85$  мм рт.ст. у жінок.



## Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом

- ▣ **ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ.** Цей метод призначений для оцінки електричної активності серця (автоматизм, збудливість і провідність серцевого м'язу). На стандартній ЕКГ виділяють 5 основних зубців (P, Q, R, S, T) і 6 основних інтервалів (R-R, P-Q, Q-T, T-P, S-T, QRS).
- ▣ 1 R-R 0,80 – 0,86 с- Відбиває тривалість серцевого циклу
- ▣ 2 P-Q 0,12 – 0,20 с Відповідає часу від початку збудження передсердя до початку збудження шлуночків
- ▣ 3 Q-T 0,24 – 0,55 с Відбиває процес розповсюдження і припинення збудження в міокарді шлуночків (електрична систола)



## Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом

- 4 T-P 0,26 – 0,39 Відбиває стан спокою міокарду (діастола)
- 5 S-T до 0,15 Відбиває фазу повного обхвату шлуночків збудженням
- 6 QRS 0,06 – 0,10 Відбиває час проведення збудження по міокарду шлуночків

Реєстрація ЕКГ проводилася в стані відносного спокою при стандартному посиленні 1 мВ = 10 мм, у 12 загальноприйнятих відведеннях. Розшифровка ЕКГ проводиться з визначенням тривалості серцевого циклу, ритму і ЧСС, тривалості інтервалів і систолічного показника, з описом форми і амплітуди зубців, з обчисленням загального вольтажу ЕКГ, а також визначення електричної осі з визначенням сегмента ST і зубців T.

Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом

- ▣ **Зубці Вольтаж (мВ) Фізіологічна інтерпретація**
- ▣ P 0,05 – 0,25 Відбиває процес збудження в міокарді передсердя
- ▣ Q 0 – 0,3 Відбиває процес збудження внутрішньої поверхні шлуночків, міжшлуночкової перегородки, правого сосочкового м'яза, верхівки обох шлуночків і підстави правого



Комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом

- R 0,6 – 2,4 Відбиває поступове розповсюдження збудження по поверхні правого і лівого шлуночків до підстави лівого шлуночка
- S 0 – 0,6 Відбиває закінчення періоду збудження обох шлуночків
- T 0,3 – 0,5 Відбиває процес припинення збудження в міокарді шлуночків

## Основні особливості ЕКГ у спортсменів

ознаки, які зустрічаються у них досить часто і не пов'язані ні з якими відхиленнями у стані здоров'я, самопочуттям і спортивною результативністю.

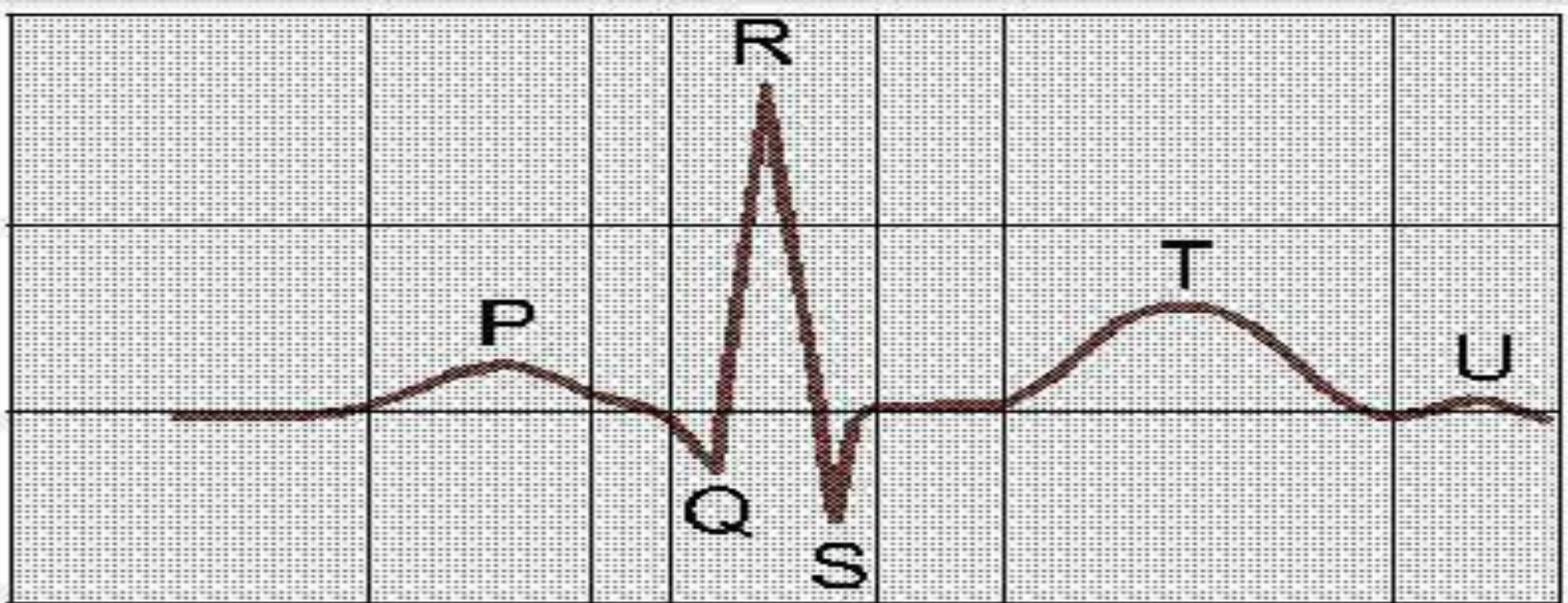
1. **Синусова брадикардія** (зниження ЧСС менше 60 уд · хв-1). Особливу увагу необхідно приділяти низьких значень ЧСС (менш 40 уд · хв-1). Якщо такі цифри зустрічаються вранці, і вони пов'язані з багаторічними тренуваннями, протягом яких частота пульсу рівномірно знижувалася, то це слід оцінювати як ознака високої функціональної спроможності серця. Але якщо такі цифри виникли швидко, протягом 1 - 2 тижнів, а цьому передували посилені тренування у хворобливому стані, то вони можуть бути ознаками гострого перевантаження серця. Остаточно питання може бути вирішене за допомогою ретельного комплексного обстеження спортсмена;

2. **Згладжений зубець R**. Це дуже характерна ознака у спортсменів, які тренуються на витривалість;



3. Збільшення вольтажу QRS комплексу. Ця ознака найчастіше пов'язаний з гіпертрофією лівого шлуночка серця. Збільшення вольтажу комплексу QRS особливо помітно при векторному аналізі ЕКГ. Проте ця ознака не дуже постійна;
4. Неповна блокада правої ніжки пучка Гіса. За даними Л.М. Бутченко, М.С. Куршаковського і Н.Б. Журавльової, така ознака зустрічається майже у кожного другого спортсмена, що тренується на витривалість. Фактично це не справжня блокада, а лише уповільнення провідності в правому шлуночку. Цей факт підтверджений інтракардіальним ЕКГ - обстеженням осіб, що мають гіпертрофію серця;

5. Підвищені зубці Т. Якщо висота зубця Т в II відведенні у середньому зазвичай дорівнює 3 - 4 мм (0,3 - 0,4 мВ), то у спортсменів зубець Т становить 3 - 6 мм, причому у чоловіків амплітуда зубця дещо більше (5 - 6 мм), ніж у жінок (3 - 5 мм);
6. Подовження інтервалу Q-T (електросистоля) щодо належних значень для нетренованих осіб.



Wave

Distance

Interval

	$<0,11\text{ s}$	$<0,11\text{ s}$		
	P	QRS	T	U
		PC	ST	
	PQ	QT ca. 0,35 s		
	QU			

PQ - duration  
0.12 - 0.21 sec

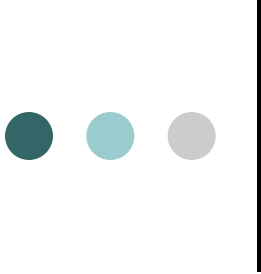
# Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

*Традиційні методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання:*

## СПІРОМЕТРІЯ

▣ **Життєва ємність легенів (ЖЄЛ, в л або мл)** – кількість повітря, яку реципієнт здатний видихнути після максимального вдиху. Структуру життєвої ємності легенів складають: **дихальний об'єм**, а також **резервні об'єми вдиху (РОВд)** і **видиху (РОВид)**. В середньому у здорових нетренованих чоловіків величина ЖЄЛ складає 3,0–5,5 л, у жінок – 2,5–4,0 л.

▣ **Дихальний об'єм (ДО, в л або мл)** – кількість повітря, яку реципієнт вдихає і видихає з кожним диханням. ДО складає 300-600 мл.



## Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

▣ **Резервний об'єм вдиху або об'єм додаткового вдиху ( $PO_{vd}$ , в л або мл)** – кількість повітря, яку реципієнт може додатково вдихнути після спокійного вдиху. Величина  $PO_{vd}$  зазвичай, складає від 1,0 до 2,5 л і характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання.

▣ **Резервний об'єм видиху або об'єм додаткового видиху (залишковий об'єм) ( $PO_{vid}$  в л або мл)** – кількість повітря, яку реципієнт може додатково видихнути після спокійного видиху. В нормі величина  $PO_{vid}$  складає 1,0–1,5 л.



## Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

**Максимальна вентиляція легенів (МВЛ, в л/хв або мл/хв)** – кількість повітря, яка може пройти через дихальну систему за одну хвилину при максимально частому і максимально глибокому диханні реципієнта. В нормі величина МВЛ у дорослих здорових нетренованих чоловіків складає 80–230 л/хв, у жінок – 60–170 л/хв.

**СПИРОГРАФІЯ** – графічної реєстрації дихальних рухів.

**Хвилиний об'єм дихання (ХОД, л/хв)** – кількість повітря, яка проходить через дихальну систему під час звичайного спокійного дихання.

**Форсована життєва ємність легенів (фЖЄЛ, л або мл)** – кількість повітря, яку реципієнт може максимально швидко видихнути після глибокого вдиху.

**Резерв дихання (РД, л/хв або %)** розраховують як відношення звичайного для реципієнта ХОД до МВЛ.

Величина РД дозволяє отримати важливу інформацію про ступінь напруги дихальної функції

і ступінь навантаження дихальної системи. В нормі величина РД складає близько 8%, тобто організм використовує близько 8% від своїх максимальних можливостей.

**Споживання кисню (л/хв або мл/хв)** також визначається за допомогою спірографічного методу. При цьому розраховується висота підйому лінії, яка поєднує основи зубців спірограми і час, за який відбувся цей підйом.

# Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

- ▣ **ПНЕВМАТАХОМЕТРІЯ.** Цей метод сприяє визначенню *потужності вдиху ( $N_{вд}$ , л/с)* і *потужності видиху ( $N_{вид}$ , л/с)* реципієнта. Потужність видиху зазвичай, дещо більше потужність вдиху. У дорослого здорового нетренованого чоловіка  $N_{вид}$  складає 5-8 л/с, а у жінок – 4-6 л/с.
- ▣ **ОКСИГЕМОМЕТРІЯ.** Цей метод слугує для визначення ступеня насичення киснем артеріальної крові. Для практичної реалізації методу оксигеметрії необхідний спеціальний прилад – оксигемометр.



## Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

● **МЕТОДИ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ.** Оцінка кількості кисню і вуглекислого газу в артеріальній і венозній крові є досить цінним методом, який надає можливість скласти уявлення про різні види дихальної недостатності, яка, на жаль, є поширеним явищем не тільки серед хворих людей, але й осіб, які систематично піддаються дії високих фізичних навантажень.. В нормі ступінь насичення артеріальної крові киснем складає близько 95%. При різних видах дихальної недостатності виникає так звана **артеріальна гіпоксемія** – недонасичення гемоглобіну артеріальної крові киснем через порушення газообміну в легенях або їх поразку.

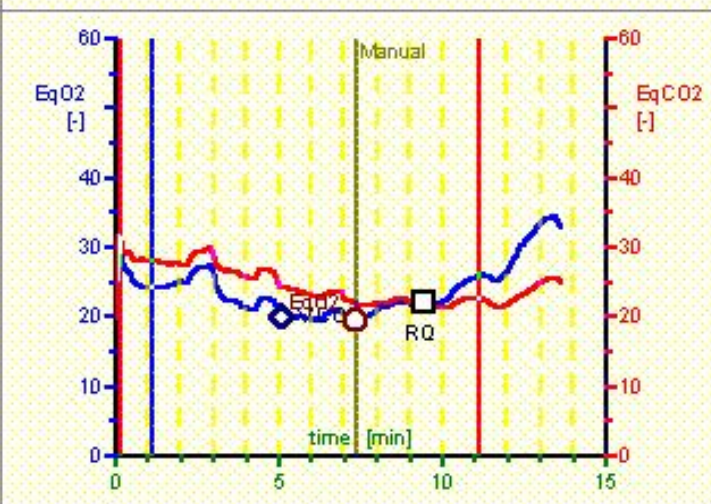
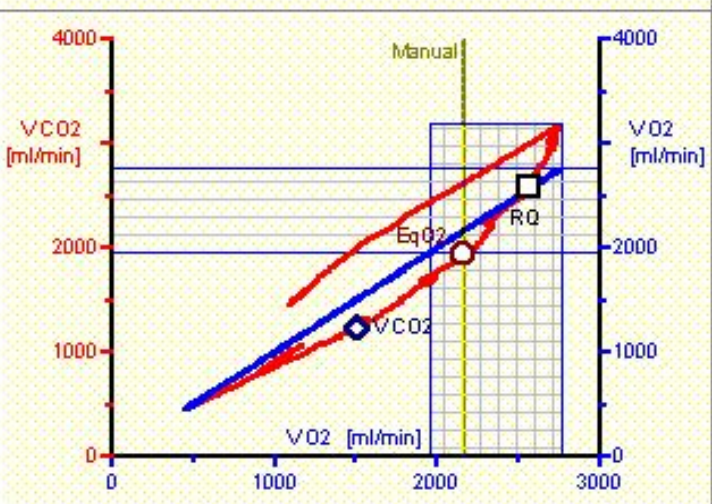
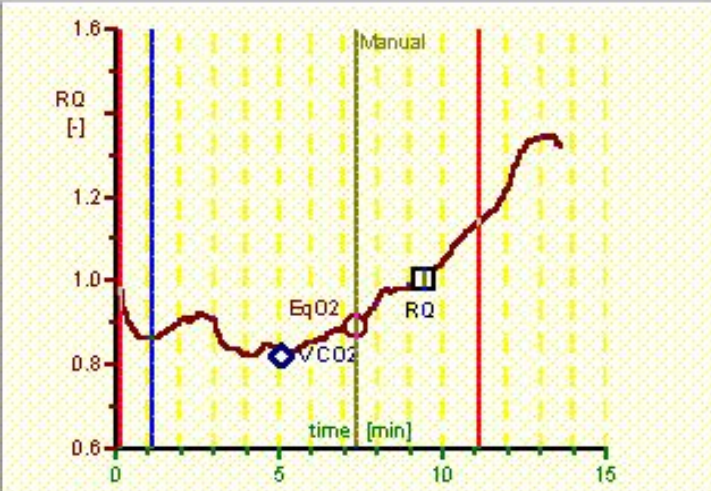
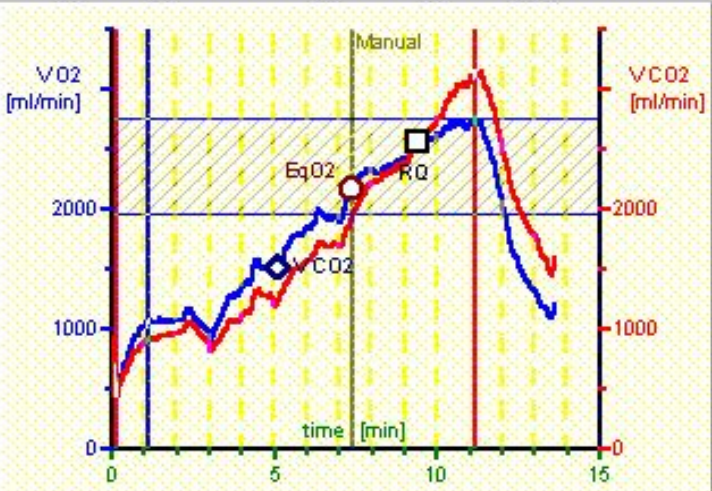
## Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

Тимчасова артеріальна гіпоксемія досить часто фіксується при гострих поразках дихального апарату (пневмонії, бронхіоліти тощо). У залежності від важкості несприятливих змін в дихальній системі ступінь насичення артеріальної крові киснем може знижуватися до 85-90%, а в деяких випадках до 60-70% і навіть 50%. У разі важких поразок легенів може розвиватися також **артеріальна гіперкапнія** – істотне підвищення змісту вуглекислого газу у крові, що призводить до виникнення газового ацидозу.





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8



HR  
**135**

HRR  
**28**

O<sub>2</sub>/HR  
**16.0**

BR  
**46**

Watt  
**161**

V <sub>O2</sub>	V <sub>C</sub> O <sub>2</sub>	RQ	V <sub>E</sub>	BF	V <sub>T</sub> ex	tPh	time
2166	1930	0.89	43.3	25	1.708	06:14	07:22

## **Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання**

▣ **Відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної ЖЄЛ (відх. ЖЄЛ, %).**

$$\text{Відх. ЖЄЛ} = ((\text{фЖЄЛ} - \text{нЖЄЛ}) / \text{нЖЄЛ}) \cdot 100$$

де відх. ЖЄЛ – відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної, %;  
нЖЄЛ – величина належної ЖЄЛ, л; фЖЄЛ – фактична величина ЖЄЛ, л.

**Дорослі треновані люди:**

$$\text{Чоловіки: нЖЄЛ} = (27,63 - 0,122 \cdot \text{В}) \cdot \text{ДТ}$$

$$\text{Жінки: нЖЄЛ} = (21,78 - 0,101 \cdot \text{В}) \cdot \text{ДТ}$$

В усіх випадках нЖЄЛ – величина належної ЖЄЛ, мл; ДТ – довжина тіла, см; МТ – маса тіла, кг; В – вік, роки. В нормі відхилення ЖЄЛ у здорових нетренованих осіб складає -10–(-15%). У спортсменів відхилення ЖЄЛ практично завжди більше 0.



## **Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання**

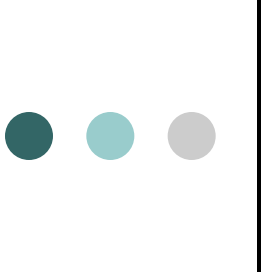
**Вентиляційний індекс (VI).** Цей розрахунковий показник запропоновано Гаррісоном. Вентиляційний індекс розглядається як відношення хвилинного об'єму дихання до життєвої ємності легенів. Значення VI можна визначити як критерій реалізації потенційних можливостей системи зовнішнього дихання конкретного реципієнта.

$$VI = \text{ХОД} / \text{ЖЄЛ}$$

де VI – вентиляційний індекс Гаріссона, %; ХОД – хвилинний об'єм дихання, л/хв; ЖЄЛ – фактична життєва ємність легенів, л.

В нормі вентиляційний коефіцієнт Гаріссона складає 1,2–2,6%.

Для спортсменів характерним є деяке зниження цього параметру (в основному, за рахунок підвищення значень життєвої ємності легенів).



# Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання

*Належна величина максимальної вентиляції легенів (нМВЛ, мл). Формула Пібоді.*

**нМВЛ = 11,5 • ЖЄЛ (для осіб молодше 45 років)**

**нМВЛ = 17,5 • ЖЄЛ (для осіб старше 45 років)**

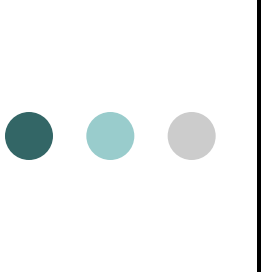
В обох формулах нМВЛ – належна величина максимальної вентиляції легенів, мл; ЖЄЛ – фактична життєва ємність легенів, мл.

*Індекс гіпоксії (ІГ).* Цей розрахунковий показник характеризує ступінь стійкості організму до дефіциту кисню.

Традиційно величину індексу гіпоксії розраховують за такою формулою: **ІГ = Твид. / ЧСС**

де ІГ – індекс гіпоксії, у.о.; Твид. – час затримки дихання на видиху, с.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв. В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення ІГ складає 0,409–0,586 у.о., у жінок - 0,369–0,546 у.о.





# Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання

▣ **Індекс Скібінського (ІС)**. характеризує не тільки потенційні можливості системи зовнішнього дихання, її стійкість до гіпоксії, але і, певною мірою, рівень узгодженості функціонування з системою кровообігу. Формула для розрахунку індексу Скібінського має такий вигляд:  $ІС = ЖЄЛ \cdot T_{вид} / ЧСС$

де ІС – індекс Скібінського, у.о.; ЖЄЛ – фактична величина життєвої ємності легенів, мл;  $T_{вид}$  – час затримки дихання на видиху, с.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв. В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення ІС складає 2500–3900 у.о., у жінок - 1500–2900 у.о.

▣ **Функціональні проби системи зовнішнього дихання** – дослідження характеру реакції фізіологічної системи на певну дію ззовні.

▣ функціональні проби із затримкою дихання на вдиху (**проба Штанге**) і на видиху (**проба Генчі**). В обох випадках реєструється максимально можливий час затримки дихання (відповідно  $T_{вд.}$  і  $T_{вид.}$ ).





## ***Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання***

▣ **проба Розенталя**, яка дозволяє оцінити ступінь тренованості апарату зовнішнього дихання.

Згідно з цією пробою, у реципієнта 5 разів з інтервалом в 30 с визначаються величини життєвої ємності легенів, реєструється ЖЄЛ<sub>max</sub> і ЖЄЛ<sub>min</sub>, а також різниця між ними (ΔЖЄЛ) в л або мл. Норма ΔЖЄЛ складає від 100 до 200 мл. Більш низькі величини цього функціонального параметра свідчать про високий ступінь тренованості дихальної системи організму і, навпаки, більш високі – про зниження тренованості системи зовнішнього дихання.

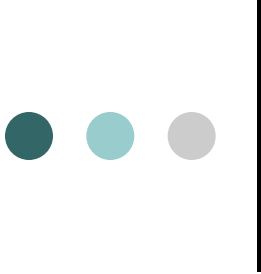


## Реакція системи дихання на фізичне навантаження

оцінювали за допомогою швидкодіючого автоматичного газоаналізатора типу "Охусон Про" (Jeager, Німеччина). Безперервна комп'ютерна обробка даних в реальному масштабі часу дозволяла отримувати і використовувати для подальшого аналізу значення фізіологічних показників з інтервалом в 10 с.

### Реєстрували:

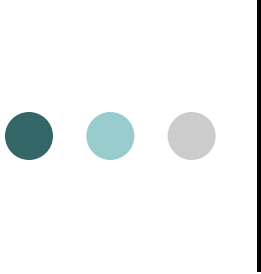
- ▣ легеневу вентиляцію ( $VE$ , л · хв<sup>-1</sup>),
- ▣ процентний вміст  $O_2$  і  $CO_2$  в повітрі видиху,
- ▣ частоту дихання, споживання  $O_2$  ( $VO_2$ , мл · хв<sup>-1</sup>),
- ▣ виділення  $CO_2$ ,
- ▣ дихальний коефіцієнт,
- ▣ вентиляційні еквіваленти по  $O_2$  і по  $CO_2$ , кисневий пульс



# Реакція системи дихання на фізичне навантаження

**Основні параметри навантаження** - потужність (W, Вт.), швидкість пересування і т.д.

Вимірювання **частоти серцевих скорочень** (ЧСС, уд · хв<sup>-1</sup>) проводилося за допомогою "Polar RS-800 G3" (Финляндія). На 3-й і 7-й хвилини відновного періоду проводився забір крові для визначення концентрації лактату в крові (Dr. Lange-400). Після закінчення тестування проводиться комп'ютерний розрахунок комплексу показників, які значною мірою відображають особливості функціональних можливостей організму.



## Реакція системи дихання на фізичне навантаження (фізіологічні властивості, що визначають рівень і структуру функціональної підготовленості спортсмена)

- ▣ **"Потужність" (функціональна і енергетична)** - рівень максимального споживання кисню систем, відображає здатність виведення процесів масопереносу респіраторних газів і м'язового метаболізму на рівень, який забезпечує хоча б короткочасне досягнення як можна більш високих значень споживання кисню.
- ▣ **"Стійкість"** - здатність підтримувати високий ефективний рівень функціональних реакцій при різних ступенях невідповідності кисневого запиту на роботу і споживання кисню, що визначаються відносної потужністю навантаження, а також стійкість функціональних систем до зрушень внутрішнього середовища організму, головним чином ацидемічним (накопичення молочної кислоти в крові в результаті анаеробного енергозабезпечення).



## Реакція системи дихання на фізичне навантаження

- ▣ **"Рухливість"** - швидкість (інтенсивність) розгортання функціональних реакцій на початку фізичного навантаження, а також їх рухливість, що розуміється як здатність швидко і адекватно реагувати, відтворювати в своїх реакціях зміни кисневого запиту на роботу при варіюванні її інтенсивності.
- ▣ **Комплекс фізіологічних процесів**, що забезпечують "економічність" роботи, її функціональну ціну і економічність кисневого режиму організму в цілому.
- ▣ **Ступінь біомеханічних обмежень**, а також модифікації дихальних реакцій метаболізму в тому чи іншому вигляді фізичного навантаження, пов'язаної з позою роботи, умовами для дихання, силовими та частотними компонентами циклічних робочих рухів та іншими факторами, які можуть впливати на ступінь "реалізації функціонального потенціалу" організму в конкретних умовах роботи граничної інтенсивності.



## Реакція системи дихання на фізичне навантаження

**Чотири енергетичні зони** за частотою серцевих скорочень, принципово відрізняються за характером функціонування систем і переважної участі факторів енергозабезпечення працездатності. Для цих зон характерні відмінності тренуючого впливу на організм, їх рекомендується використовувати в тренувальному процесі для розвитку тих чи інших якостей функціональної підготовленості організму спортсменів.



# Чотири енергетичні зони

- **Зона відновного, або "нетренуючого", навантаження.** Це навантаження характеризується таким діапазоном ЧСС, при якому не відбувається істотного розвитку аеробних можливостей організму. Вона сприяє виведенню метаболітів та їх утилізації, створює найбільш ефективні умови для периферичного кровообігу, в цілому сприятливо впливає на прискорення процесу відновлення після попередньої навантаження. **Використовується також як метод реабілітації після перенесених захворювань.**

**Зона аеробного навантаження.** Одним із критеріїв ідентифікації цієї зони може служити уявлення про "аеробний поріг", який характеризується моментом появи в крові лактату (молочної кислоти) вище вихідного рівня, нелінійним зростанням легеневої вентиляції, дихального коефіцієнта, виділення вуглекислоти (фаза активізації анаеробних процесів енергозабезпечення). Концентрація лактату при цьому, як правило, становить близько  $2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$  і збігається з найбільшою величиною відсотка вживання  $\text{O}_2$  з повітря, що видихається (найбільша економічність роботи). Таким чином, зона аеробного навантаження знаходиться в межах значень ЧСС, які відповідають відновному навантаженню, з одного боку, і ЧСС аеробного порогу, з іншого боку. За своїм впливом застосоване в цій зоні навантаження є основною для формування аеробної бази організму.



**Аеробний поріг, або поріг анаеробного обміну (ПАНО)** - межа, нижче рівня, якої енергозабезпечення відбувається в аеробних умовах з використанням кисню. Такий режим має місце під час звичайної ходьби, не інтенсивного помірною бігу.

Вище границі - енергоутворення відбувається в більш напружених анаеробних умовах **(без кисню)** - максимальні високоінтенсивні прискорення, а також робота на рівні **VO<sub>2</sub>max** коли максимально використовуються аеробні та анаеробні механізми енергообеспечення.

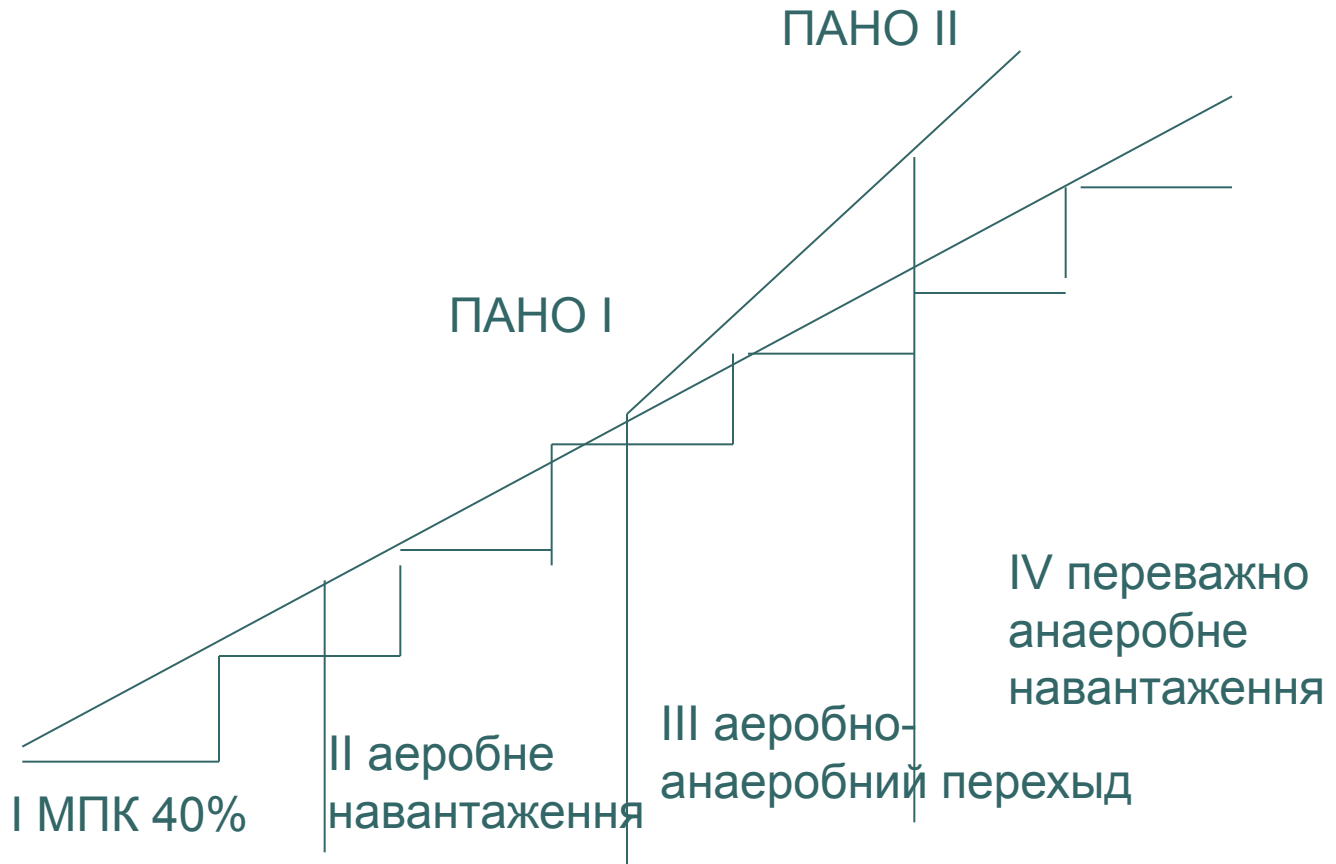
Чим вище поріг анаеробного обміну (% від VO<sub>2</sub>max), тим більший обсяг роботи виконає спортсмен в більш економних аеробних умовах, тим пізніше підключаються анаеробні механізми енергозабезпечення, що вимагають високих енергетичних витрат.

**Зона аеробно-анаеробного переходу** - характеризується наявністю стійкого балансу виходу лактату в кров і його утилізації. За даними ряду авторів, ця зона знаходиться в межах зміни лактату близько  $2,0-4,0 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ . Верхня межа зони практично відповідає порогу анаеробного обміну (ПАНО). Ідентифікація ПАНО по ЧСС здійснюється на підставі специфічних змін ряду параметрів газообміну. Таким чином, зона аеробно-анаеробного переходу виділяється як діапазон ЧСС, обмежувана, з одного боку, ЧСС аеробного порогу, а з іншого - ЧСС ПАНО (активізація анаеробних механізмів енергозабезпечення). Навантаження, що застосовується в цій зоні, найбільш інтенсивно впливає на розвиток переважно аеробних джерел енергозабезпечення.

• Зона анаеробно-аеробної навантаження. Зона енергозабезпечення змішаної аеробно-анаеробної навантаження з переважанням анаеробних процесів енергозабезпечення. Виділення її пов'язано з тим, що при досягненні максимального рівня споживання  $O_2$  робота може певний час тривати, але при цьому  $VO_{2max}$  уже не зростає, іноді може навіть трохи знижуватися, а ЧСС зростає до самого закінчення роботи. Таке явище неадекватності споживання  $O_2$  і ЧСС на високому рівні навантаження і викликало необхідність виділення цієї зони, коли задіяні як аеробні, так і анаеробні джерела енергії.

Таким чином, зона змішаної аеробно-анаеробної навантаження знаходиться в межах ЧСС ПАНО і ЧСС початку досягнення максимального споживання  $O_2$  (зона в середньому 180 - 190 уд. хв<sup>-1</sup>). На початку цієї зони, коли ЧСС складає 150-170 уд · хв<sup>-1</sup> (зона 4.1), превалюють аеробні компоненти енергозабезпечення, а потім, коли ЧСС зростає до 170 - 190 уд · хв<sup>-1</sup> (зона 4.2), зростає частка анаеробних джерел, причому тим значніше, чим більше наближається до верхньої межі цієї зони інтенсивність навантаження. Концентрація лактату коливається від 4 до 12 ммоль · л<sup>-1</sup>.

Використовується для розвитку та підтримки рівня загальної витривалості (зона 4.1). Виконання роботи при ЧСС верхньої межі даної зони (зона 4.2) періодично може використовуватися добре підготовленими спортсменами для розвитку швидкісної витривалості





**ПУЛЬСОМЕТРІЯ** - метод визначення пульсу у людини. При пульсометрії вимірюються: частота серцевих скорочень (ЧСС), наповнення пульсу (чіткі тони або ~~ниткоподібний пульс~~), ритм (аритмія синусова, екстрасистолія, відсутність аритмії). Пульсометрія буває: пальпаторна, радіотелеметрія, варіаційна. Назва – по методу визначення.

**Пальпаторна** – без інструментальний метод (лише секундомір або годинник з секундною стрілкою),

**Радіотелеметрія** – метод оперативного контролю при використанні при використанні портативних приладів («Polar», «Timex», «Garmin», «Sigma», «Casio») з поєднанням і аналізом на персональному комп'ютері,

**Варіаційна пульсометрія** – математичний аналіз серцевого ритму по rr-інтервалах у спокої (вранці після сну, після закінчення навантажень і так далі) – частенько проводиться з ортопробою, пробами Штанзі і Генче на сучасному портативному електрокардіографі, сумісному з персональним комп'ютером.

Індивідуальні дані максимальної ЧСС, ЧСС навантаження і ЧСС в стані спокою дозволяють досить об'єктивний оцінювати інтенсивність навантаження, що виконується спортсменом, і порівнювати міру напруги декількох спортсменів при виконанні однакового навантаження. Для цього зручно використовувати відому формулу Карвонена:

**ЧСС навантаження - ЧСС в стані спокою**

**x**

---

**100 % ЧСС максимальна – ЧСС в стані спокою**

В практиці спорту пропонується безліч інтерпретацій ділення тренувальних навантажень по зонах інтенсивності. За даними різних джерел, таких зон буде від 3х до 6ті, і більш. Майже завжди ЧСС (внутрішня сторона інтенсивності навантаження) вимірюється разом із спідометрією (зовнішньою стороною інтенсивності навантаження), що підсилює значущість

# МЕТОД ВЕКТОРКАРДІОГРАФІЇ

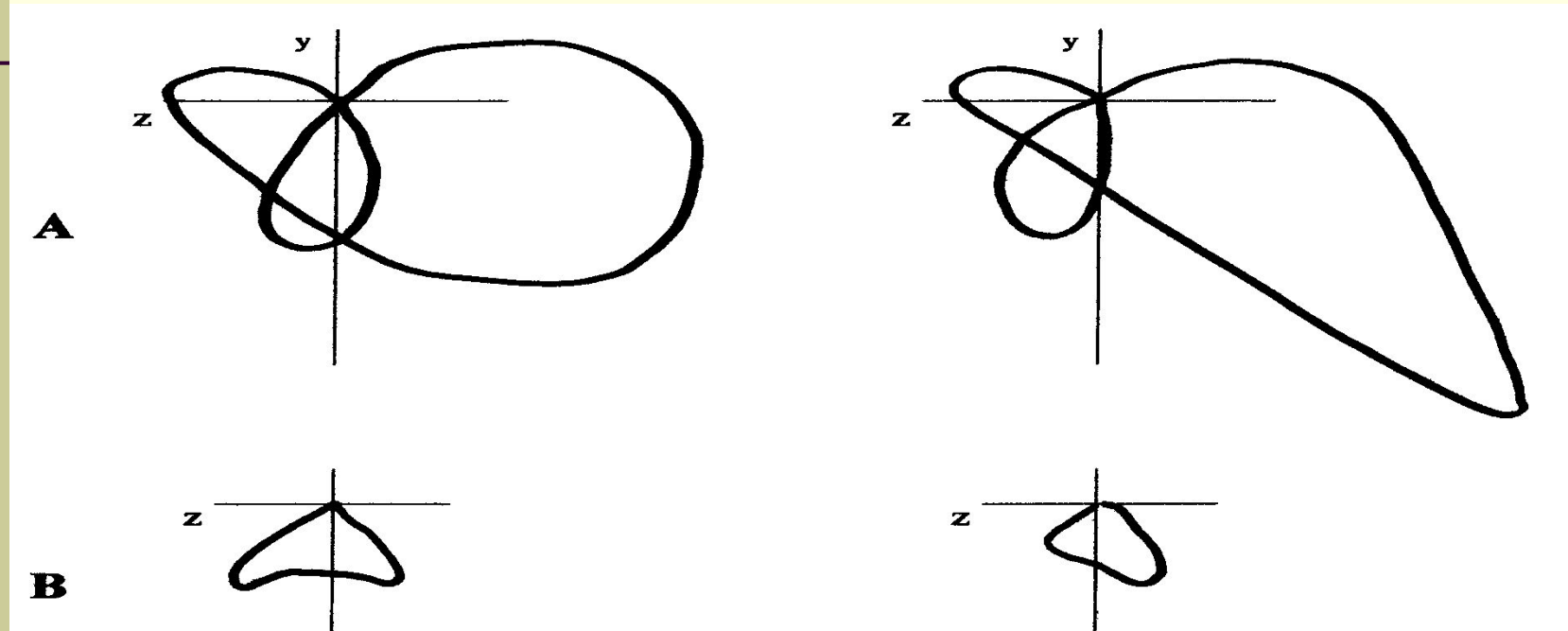
- дозволяє оцінити наявність і ступінь вираженості гіпертрофії міокарда різних відділів серця, оцінити метаболічне забезпечення м'язи серця, виявити гемодинамічне перевантаження передсердь, тобто визначити шляхи адаптації серця до фізичних навантажень різної спрямованості.
- Векторкардіограма реєструється на діагностичному комплексі DX-NT (м. Харків). Векторкардіограма (ВКГ) складається з трьох петель: Р, QRS і Т, аналогічним зубців звичайної електрокардіограми.
- Всі три петлі ВКГ мають загальну нульову точку, в якій починається і де закінчується петля. Велика зовнішня петля QRS відповідає процесу деполяризації шлуночків. Усередині розташовується маленька петля Т, яка відображає процес реполяризації. Найменша петля Р представляє процес збудження передсердь.
- Розроблені критерії оцінки високих і знижених резервних можливостей серця дозволяють своєчасно вносити корекцію в тренувальний процес, сприяють його оптимізації. Дані векторкардіографії можуть бути використані при відборі спортсменів з різними, за спрямованістю, видами діяльності.



# МЕТОД ВЕКТОРКАРДИОГРАФІЇ

- Векторкардіографічні обстеження інформативні при використанні в річному і багаторічному циклі підготовки. Так як періоди підготовки мають свої певні кількісні та якісні характеристики, стан об'ємного електричного поля серця теж зазнає відповідну зміну, що метод векторкардіографії і дозволяє визначити.
- Метод неінвазивний. Обстеження проводиться в стані відносного спокою, після дня відпочинку, вранці. Тривалість дослідження займає 7 - 10 хв. Обробка, розшифрування та написання висновку на одну людину займає 20 хв.
- Встановлено, що навантаження аеробного характеру (на витривалість) викликають гіпертрофію міокарда лівого шлуночка, а навантаження з переважною анаеробної спрямованістю (швидкісно-силові) - правих відділів шлуночків

# МЕТОД ВЕКТОРКАРДИОГРФІЇ



Анаеробне направлення

Аеробне направлення

Рис. Адаптаційна перебудова об'ємного електричного поля шлуночків (А) і передсердь (В) в сагітальній площині в залежності від спрямованості тренувального процесу у велосипедистів високої класифікації.

- Критерієм високих резервних можливостей серця у річному циклі підготовки зменшення просторової площі петлі QRS у змагальному періоді на 20-30% по відношенню до підготовчого періоду, що розцінюється як максимально оптимальна тоногенная дилатація серця на фоні помірно вираженої гіпертрофії міокарда.
- При раціональному побудові тренувального процесу оптимальне зменшення площі петлі QRS досягається до моменту відповідальних змагань. Як явище приходить, воно утримується протягом двох-трьох місяців (залежно від індивідуальних особливостей організму спортсмена), після чого площа шлуночкової петлі знову збільшується. Зменшення об'ємного електричного поля шлуночків на початку змагального періоду служить менш сприятливою ознакою для участі в змаганнях, так як до цього часу резервні можливості серця можуть вже знижуватися.



# Критерії оцінки знижених резервних можливостей серця

Динамічні дослідження спортсменів різного рівня підготовленості дозволили встановити критерії знижених морфо - функціональних можливостей серця, які були прогностично несприятливими щодо подальшого підвищення функціональних резервів і зростання спортивних результатів.

У залежності від фону, на якому вони розвивалися, критерії можна розділити на кілька груп:

1. фізіологічні;
2. передпатологічні;
3. патологічні.

Вони характеризувалися різної картиною ВКГ змін і, в свою чергу, включали ряд ознак.



## КОМПЛЕКС МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

□ використовувався в стані спокою (лежачи) і у відновному періоді після ортостатичного впливу (стоячи, 1 хв відновного періоду) і комплексу тестуючих навантажень (12 хв відновного періоду). Математичний аналіз особливостей варіабельності серцевого ритму є найбільш доступним і інформативним для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи та її регуляторних механізмів. Методи математичного аналізу серцевого ритму дають кількісне значення про активацію впливів симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи на синусовий вузол, про центральні механізми регуляції серцевого ритму (автокореляційною і спектральний аналізи) і дозволяє судити про адаптивних можливостях організму. Більшість використовуваних нині в фізіології кровообігу показників (ЧСС), артеріальний тиск (АТ), ударний і хвилинний об'єми крові) характеризують рівень функціонування систем, що склався в результаті діяльності керуючих механізмів. Варіативність цих показників невелика. Для досягнення одного і того ж кінцевого результату (сформованого рівня функціонування) кожен організм витрачає неоднакові зусилля, тобто платить різну "ціну". Саме цю "ціну" адаптації можна визначити за математичними характеристиками (показник "індекс напруги" - ІН).

**Апаратура - електрокардіограф CARDIOTEST (м. Харків, Україна) -** цифровий 12-ти канальний інтерпретує кардіограф та програмне забезпечення для реєстрації та аналізу основних характеристик електрокардіографії, функціонального стану серця та регуляції серцевого ритму.

При оцінці результатів математичного аналізу ритму серця мова йде про характеристику станів регуляторних систем, обумовлених пристосувальними (адаптаційними) реакціями організму. Нами розроблений класифікатор станів системи регуляції ритму серця, що охоплює такі функціональні особливості серцевого ритму:

сумарний ефект всіх регуляторних впливів - використовується загальновізнаний клінічний підхід до умовного виділення за частотою пульсу нормо-, бради-і тахікардії.

Для випадків брадикардії і тахікардії введено поділ на помірну і виражену ступінь прояву. Класифікація може здійснюватися як за частотою пульсу так і за значеннями тривалості серцевого циклу;

- функцію автоматизму серцевого м'яза - виділення стану синусової аритмії або її відсутності;
- стійкість регулювання;
- вегетативний гомеостаз - математичний аналіз серцевого ритму є специфічним методом оцінки вегетативного гомеостазу.

У нашому класифікаторі виділяють помірні і виражені ступеня переважання тону симпатичної (СНР) або парасимпатичної (ПСНС) нервової системи на підставі оцінки значень ( $\Delta RR$ ), (АМо), (ІН). Після вимірювання величини інтервалів RR (в мм) (не менше 100 інтервалів) складається динамічний ряд, який статистично обробляється, внаслідок чого розраховують:

# КОМПЛЕКС МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВАРИАбельНОСТИ СЕРДечНОГО РИТМА

<b>R-R<sub>ср</sub>, с</b>	Математичне сподівання (M), середнє значення RR інтервалів
<b>ЧСС, уд·мин<sup>-1</sup></b>	Частота серцевих скорочень
<b>R-R<sub>min</sub>, с</b>	Мінімальне значення RR інтервалу
<b>R-R<sub>max</sub>, с</b>	Максимальне значення RR інтервалу
<b>Mo, с</b>	Мода, найбільш ймовірне значення випадкової величини - це найбільш часто зустрічається в цьому динамічному ряді значення кардіоінтервала
<b>ΔR-R, с</b>	Варіаційний розмах значень RR інтервалів - відображає ступінь варіативності значень кардіоінтервалів в досліджуваному динамічному ряду.
<b>AMo, %</b>	Амплітуда моди, ймовірність моди у% - це число кардіоінтервалів, відповідних значенням моди, у% до обсягу вибірки
<b>AMo/ ΔR-R, у.о.</b>	індекс вегетативної рівноваги - співвідношення між симпатичної і парасимпатичної регуляцією серцевого ритму
<b>ІН, у.о.индекс напряжения,</b>	"ціна адаптації", рівень енергетичних витрат організмом на підтримку досягнутого рівня функціонування організму, у.о. - Чим менше, тим краще $ІН = AMo / 2 Mo \cdot \Delta RR$



Виділяють симпатикотонічний тип регуляції серцевого ритму, який характеризується переважанням симпатичного каналу регуляції, підвищеним рівнем енергетичних витрат організмом на підтримку досягнутого рівня функціонування. Це менш економний тип регуляції серцевого ритму.

Високий рівень активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи в поєднанні з високим рівнем напруги в регуляції серцевого ритму в стані спокою (ІН більше 100 у. е.) свідчить про неадекватність тренувальних навантажень функціонального стану організму спортсмена і може бути передвісником патологічних змін в організмі.

Парасимпатикотонічний тип регуляції серцевого ритму, характеризується переважанням активності парасимпатичного каналу регуляції і зниженим рівнем енергетичних витрат в організмі - це найбільш економний тип регуляції серцевого ритму. Такий тип регуляції серцевого ритму часто зустрічається у тренуваних спортсменів, особливо у видах спорту, пов'язаних з розвитком витривалості.

# КОМПЛЕКС МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Оптимальне співвідношення активності симпатичного і парасимпатичного каналу регуляції відрізняє нормотонічний тип регуляції серцевого ритму - найбільш оптимальний рівень енергетичних витрат організмом на підтримку досягнутого рівня функціонування систем організму.

Зміна ритму серця при ортостатичних реакціях (перехід з горизонтального положення «лежачи» у вертикальне положення «стоячи») дозволяє судити про стан механізмів регуляції серця в нормі і виявити зміни, пов'язані з початковими порушеннями його діяльності.

У здорової людини перехід у вертикальне положення викликає нерізке виражене переміщення крові у вени ніг (при цьому обсяг її збільшується на 300-350 мл.). Проте переміщення крові в нижні відділи тіла уповільнює та знижує її надходження до серця і ударний об'єм зменшується на 20,3%. У зв'язку з цим систолічний артеріальний тиск знижується на 2,5%, менший ступінь зниження систолічного артеріального тиску і стабільність середнього артеріального тиску забезпечуються вираженим посиленням симпатодреналової активності з виразним збільшенням (на 17%) числа серцевих скорочень, внаслідок чого хвилинний об'єм зменшується на 7,3%, а також підвищенням загального периферичного опору на 10,3%. Останнє обумовлено підвищенням тону артерій нижніх відділів тіла, у зв'язку з чим діастолічний артеріальний тиск підвищується на 12%.



**ПУЛЬСОМЕТРІЯ** - метод визначення пульсу у людини. При пульсометрії вимірюються: частота серцевих скорочень (ЧСС), наповнення пульсу (чіткі тони або ниткоподібний пульс), ритм (аритмія синусова, екстрасистолія, відсутність аритмії). Пульсометрія буває: пальпаторна, радіотелеметрія, варіаційна. Назва – по методу визначення.

**Пальпаторна** – без інструментальний метод (лише секундомір або годинник з секундною стрілкою),

**Радіотелеметрія** – метод оперативного контролю при використанні при використанні портативних приладів («Polar», «Timex», «Garmin», «Sigma», «Casio») з поєднанням і аналізом на персональному комп'ютері,

**Варіаційна пульсометрія** – математичний аналіз серцевого ритму по rr-інтервалах у спокої (вранці після сну, після закінчення навантажень і так далі) – частенько проводиться з ортопробою, пробами Штанзі і Генче на сучасному портативному електрокардіографі, сумісному з персональним комп'ютером.

- Індивідуальні дані максимальної ЧСС, ЧСС навантаження і ЧСС в стані спокою дозволяють досить об'єктивний оцінювати інтенсивність навантаження, що виконується спортсменом, і порівнювати міру напруги декількох спортсменів при виконанні однакового навантаження. Для цього зручно використовувати відому формулу Карвонена:

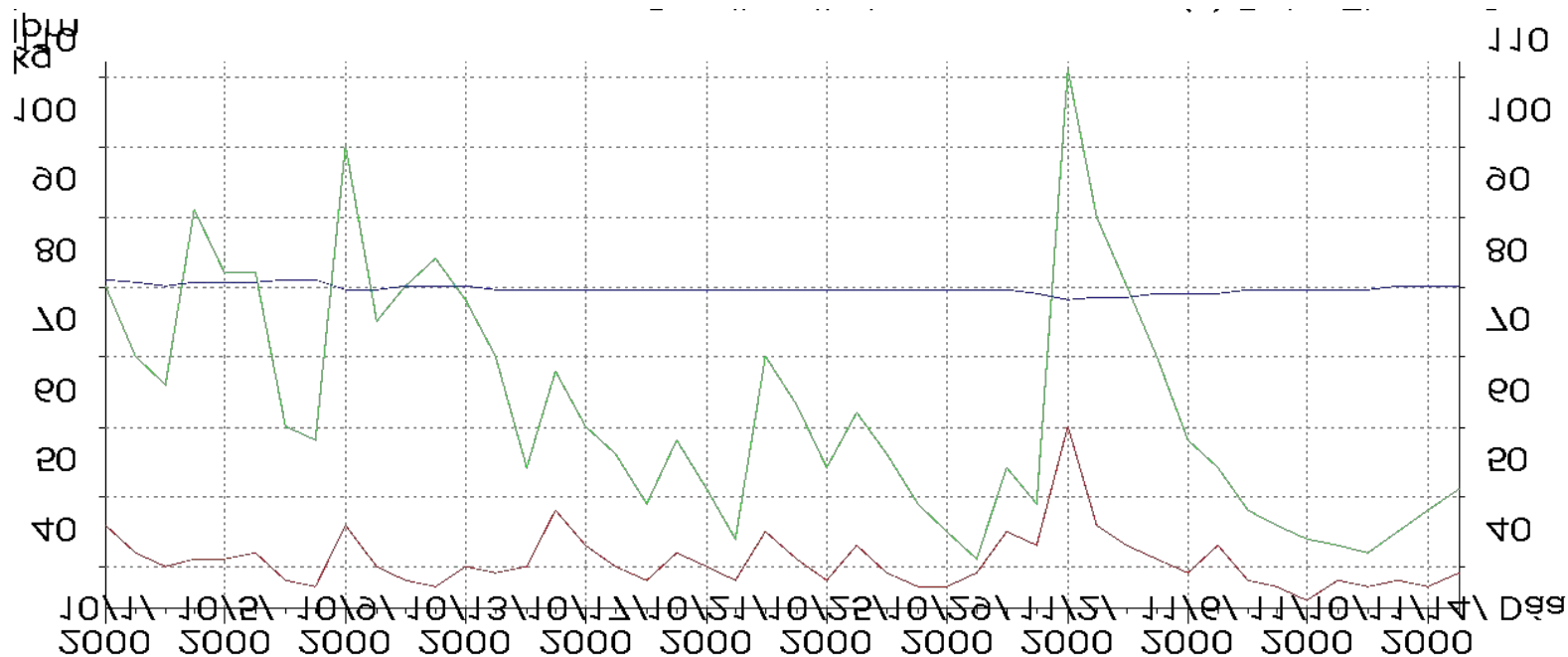
**ЧСС навантаження - ЧСС в стані спокою**

---

**$\frac{\quad}{\quad} \times 100 \% \text{ ЧСС максимальна} - \text{ЧСС в стані спокою}$**

В практиці спорту пропонується безліч інтерпретацій ділення тренувальних навантажень по зонах інтенсивності. За даними різних джерел, таких зон буде від 3х до 6ті, і більш. Майже завжди ЧСС (внутрішня сторона інтенсивності навантаження) вимірюється разом із спідометрією (зовнішньою стороною інтенсивності

Типова динаміка частоти серцевих скорочень по днях в стані, близькому до основного обміну (вранці після сну) і при ортостатичному впливі у кваліфікованого спортсмена. Графічне представлення програми Training Advisor [www.polar.fi].

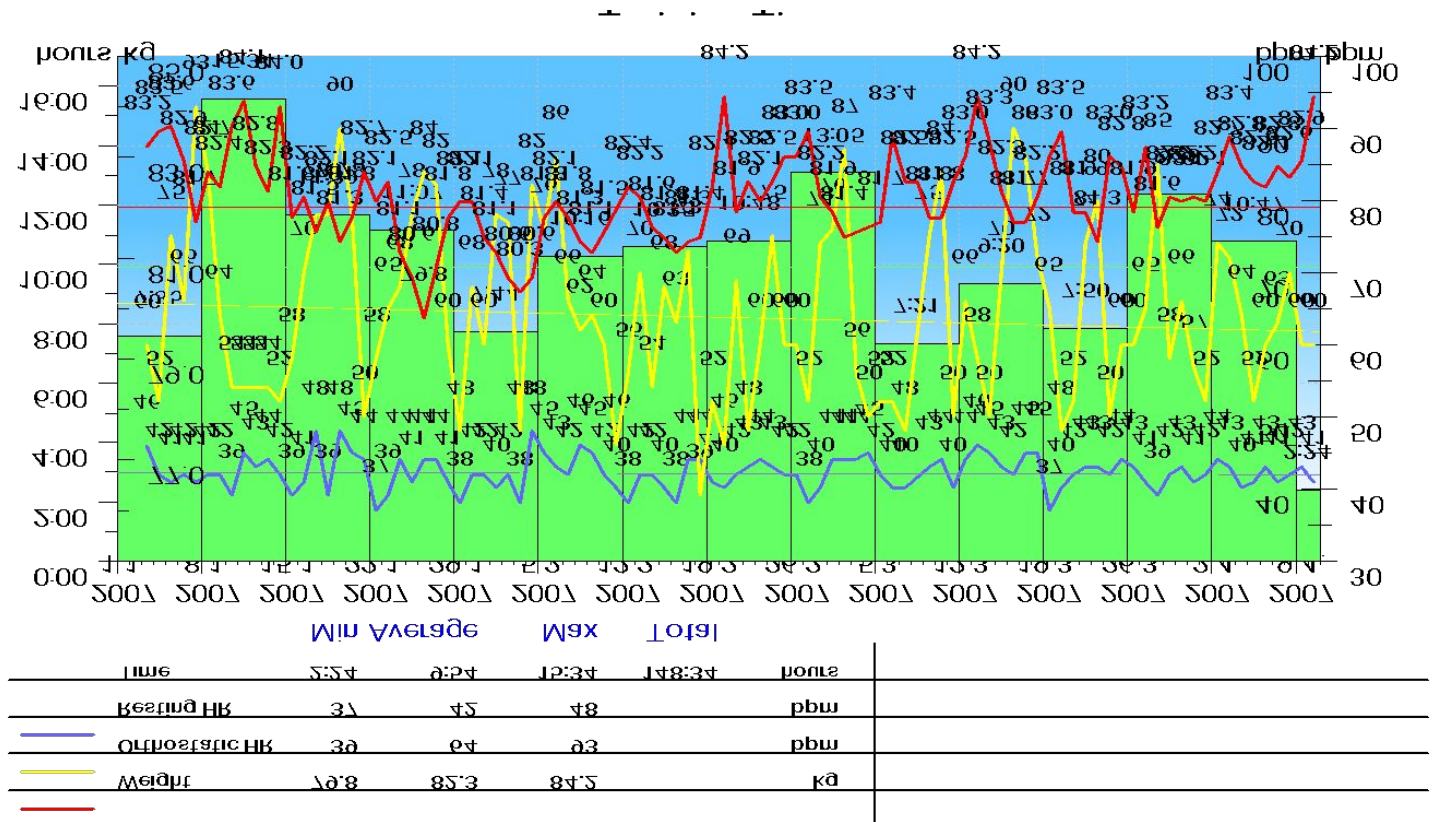


Person	Sample	HR in rest (Pego)	HR	HR	HR
Edrivo	Edrivo Polar	BC en rebogo	32	40	60
Paulo de Paula	Paulo de Paula	BC en rebogo	32	40 <td>60 </td>	60
		Pera ortostatika	32	40 <td>60 </td>	60
		Pego	32	40 <td>60 </td>	60

# Динаміка ЧСС при розминці і змагальній вправі весляра на 5000 м. Представлення програми "Polar Pro Trainer".



# Залежність ЧСС від швидкості за результатами проходження тесту Конконі у спортсмена під час бігу.








# СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ Нейродинамічних ФУНКЦІЙ

Показники поділяються на характеризуючі властивості нейродинамічних функцій, психічні процеси (пам'ять і увагу), особистісні особливості.

Латентного періоду реакцій (лат. *latens, latentis* - прихований) - величина прихованого періоду довільної рухової або словесної реакції людини на зовнішній сигнал, тобто час, що протікає від моменту застосування стимулу до моменту прояву з відповідною реакцією на нього; оцінюється по одній або кільком характеристикам - час початку реакції, час досягнення її максимуму і т. д.





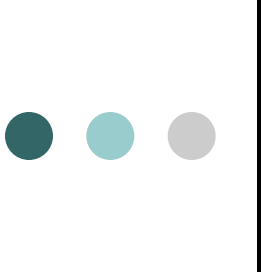
## СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

### Нейродинамічних ФУНКЦІЙ

Значну частину латентного періоду реакції займають центральні коркові процеси, що забезпечують впізнання подразника і організацію виконавчої команди. Є чутливим індикатором змін функціонального стану ЦНС.

Дослідження властивостей нейродинамічних функцій - методи визначення сили, рухливості, співвідношення збудження і гальмування нервових процесів:

- Визначення часу простий зорово-моторної реакції (ПЗМР);
- Визначення часу складної зорово-моторної реакції (СЗМР) на дратівливічіть в умовах вибору одного з трьох (РВ1-3) або двох з трьох (РВ2-3) пред'явлених сигналів, адресованих до першої (колір, геометричні фігури) сигнальної системі;



# СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ Нейродинамічних ФУНКЦІЙ

РУХЛИВІСТЬ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ (ПНП) - швидкість зміни дратівливого процесу гальмівним або навпаки. Перевіряється переробкою позитивних умовних рефлексів в гальмівні і останніх в позитивні. Критерієм ПНП може служити також погашення та відновлення умовного рефлексу.

Рухливість нервових процесів визначається швидкістю їх функціонування і включає такі показники:

- 1) швидкість виникнення нервового збудження;
- 2) швидкість руху нервового процесу (ірадіація і концентрація);
- 3) швидкість зникнення нервового процесу;
- 4) швидкість заміни одного нервового процесу на інший;
- 5) швидкість утворення умовного рефлексу;

6) легкість переробки сигнального значення умовних подразників і стереотипів.

**СИЛА НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ** характеризується здатністю тривалий час зберігати збудження. Слабка нервова система швидко стомлюється, що є захисною реакцією. Як правило, чим слабкіше сила нервових процесів, тим більше вона чутлива до дії подразників. Критеріями оцінки сили нервових процесів (або працездатності), як впливає з сучасних уявлень (М. В. Макаренко, 1996), є:

- 1) якість виконання завдання з переробки інформації зростаючою складністю;
- 2) кількість переробленої інформації згідно диференціюванню позитивних вірних і негативних невірних подразників за певний час, що визначається в процесі роботи в режимі "зворотного зв'язку".

**ДОСЛІДЖЕННЯ** реакції на рухомий об'єкт, дозволяє оцінити таку якість складної сенсомоторної реакції, як точність реагування, і судити про співвідношення (врівноваженості) збуджувального і гальмівного процесів в корі головного мозку;

Врівноваженість нервових процесів - це баланс сили збудження і сили гальмування.

Показниками таких властивостей служать: значення збуджувальних і гальмівних умовно-рефлекторних реакцій, визначення кількості помилок або вірних рішень на збудливий і гальмівної сигнал, сталість фону умовно - рефлекторної діяльності та ін.

Психологи цей баланс визначають за допомогою тестів, які враховують диференцію сили, відстані, часу.

Якщо виключити відповідний сигнальний контроль і визначити результат, то коли він більше встановленого - переважає збудження, коли менше - переважає гальмування.

Теппінг - ТЕСТ заснований на зміні в часі максимального руху кисті і характеризує функціональний стан нервово-м'язового апарату.