

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ  
імені Івана Боберського

Кафедра анатомії та фізіології

**Анатомо-фізіологічні методи дослідження**

**ЛЕКЦІЯ № 1**

**Тема лекції:**

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СИСТЕМ  
ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ**

Рівень освіти – аспірант

напрямок підготовки

24.00.01 – "Олімпійський і професійний спорт"

24.00.02 – "Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення"

24.00.03 – "Фізична реабілітація"

План лекції:

1. Антропометричні методики дослідження.
2. Методи дослідження центральної нервової системи.
3. Методи дослідження нервово-м'язової системи.
4. Методи дослідження серцево-судинної системи.
5. Методи дослідження дихальної системи.
6. Методи оцінювання рівня фізичної працездатності

Тривалість лекції: 2 академічні години

Навчальні та виховні цілі: дати студентам уявлення про основні методики обстеження функціонального стану систем організму людини.

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні  
кафедри анатомії і фізіології  
"30" серпня 2021 р.

протокол № 1

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Вовканич Л.С.

## АНТРОПОМЕТРИЧНІ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Антропометричний метод полягає у вимірюванні морфологічних параметрів людського тіла, зокрема його розмірів. з антропометрією тісно пов'язана соматоскопія – це огляд тіла, при якому описують або оцінюють у балах ознаки, які не піддаються вимірюванню (форма грудної клітки, ніг, живота, рельєф м'язів тощо).

За допомогою антропометричного методу можна вимірювати тотальні й парціальні розміри тіла. до тотальних розмірів належать зріст, вага тіла, обвід та екскурсія грудної клітки. парціальні розміри – це розміри окремих частин тіла, наприклад, довжина плеча чи кисті, обвід стегна тощо.

Фізичний розвиток людини – це комплекс морфологічних і функціональних показників її організму, які визначають фізичну працездатність і біологічний вік особи в момент обстеження.

Більшість дослідників для оцінювання фізичного розвитку людини використовують три доступні для вивчення ознаки: довжину тіла (зріст), вагу (масу) тіла й обвід грудної клітки. Для точнішої характеристики фізичного розвитку необхідне визначення й інших показників, серед яких – питома вага тіла, життєва ємність легень, сила м'язів. Склад тіла – це співвідношення метаболічно активних і малоактивних тканин організму людини. У широкому розумінні "склад тіла" – це співвідношення всіх його складових елементів. Склад тіла може бути виражений в абсолютних величинах (кг, г) або у відсотках.

Залежно від галузі науки та від завдань, які ставить перед собою дослідник, для вивчення складу тіла людини застосовують різні моделі складу тіла: дво-, три-, чотири- і багатокomпонентні. Для характеристики складу тіла спортсмена у спортивній морфології найчастіше використовують дві моделі: двокомпонентну модель та анатомічну модель (рис. 2.3). До поняття "моделі складу тіла" належить не тільки кількісна оцінка компонентів, на які вона умовно ділить тіло людини, а й формули, за якими можна визначити вагу цих компонентів. Склад тіла безпосередньо впливає на його питому вагу, або густину. Із збільшенням жирової маси питома вага тіла зменшується, із

збільшенням чистої маси – навпаки, зростає. На взаємозалежності питомої ваги і складу тіла ґрунтується один із найточніших лабораторних методів визначення складу тіла – метод гідростатичної денситометрії, який запропонував американський фізіолог і лікар Альберт Бенке. Найпростішими польовими методами є розрахункові або, як їх ще називають, антропометричні методи. Ці методи ґрунтуються на даних антропометрії. Класичним розрахунковим методом є визначення абсолютної маси кісткового, м'язового та жирового компонентів за формулами І. Матейки (1921). Метод біоелектричного імпедансу (біоімпедансометрія) ґрунтується на тому, що загальний опір (імпеданс) і електропровідність тіла залежать від його складу. Жирова маса має меншу провідність, тобто більший імпеданс, ніж чиста маса. У наш час на базі цього методу розроблено багато моделей біоімпедансних аналізаторів складу тіла, які дають можливість визначити не тільки чисту та жирову масу тіла, а й інші його компоненти (рис. 2.10). Використовуючи струм різної частоти й вимірювання в різних ділянках тіла, можна отримати близько 50 показників складу тіла.

У спортивній практиці важливою є не тільки величина м'язового компонента, а й сила окремих груп м'язів. Метод визначення м'язової сили називають динамометрією, а прилади, які при цьому застосовують – динамометрами. Найпростішими є кистьовий динамометр (рис. 2.11), призначений для вимірювання сили м'язів-згиначів пальців кисті, та становий динамометр – для вимірювання сили м'язів-розгиначів поперекового відділу хребта (рис. 2.12). Найбільш інформативними є полідинамометри, за допомогою яких можна виміряти силу різних груп м'язів.

Розрізняють два основні склепіння стопи – поздовжнє та поперечне. Поздовжнє склепіння має медіальну (присередню) і латеральну (бічну) частини. Присередня частина утворена п'ятковою, надп'ятковою, човноподібною, трьома клиноподібними і трьома першими плесновими кістками (рис. 2.14). Вона виконує переважно ресорну функцію. Для точнішого оцінювання склепінь стопи застосовують вимірювальні методи, зокрема, метод плантографії або метод подометрії.

Постава – це спосіб невимушено тримати своє тіло. Правильна (нормальна) постава характеризується прямим положенням голови, рівномірними фізіологічними вигинами хребта (лордозами й кіфозами), прямою шиєю, випуклою грудною кліткою, симетричністю правої й лівої частин тіла (симетричним розміщенням грудного поясу й таза, відсутністю сколіозу).

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

### Електроенцефалографія

Електроенцефалографія - реєстрація електричних потенціалів головного мозку через непошкоджені покриви голови.

Електроенцефалографічні обстеження повинні проводитись у ізолюваному і екранованому приміщенні. Для забезпечення надійного електричного контакту на голові у місцях накладання електродів виголюється волосся, шкіра протирається сумішшю спирту з ефіром, під електроди кладуть прокладку, змочену розчином кухонної солі або наносять шар спеціальної пасти. Заземлюючий електрод закріплюють на мочці вуха. *Схема розташування відвідних електродів може бути різною. Частіше використовують лобні, тім'яні, скроневі, потиличні відведення. Якість накладання електродів перевіряють за допомогою визначення величини електричного опору. Перед початком досліджень записують калібрувальний сигнал.*

Електроенцефалограма є записом сумарної активності великої кількості клітин мозку і складається з багатьох частотних компонентів. Основними компонентами у здорової людини в умовах спокою є так звані альфа- і бета-хвилі.

**Альфа-хвилі** - правильні ритмічні коливання з частотою 8-12 за секунду і амплітудою 30-70 мкВ; найчіткіше вони виражені у задніх відділах мозку (у потиличній і тім'яній ділянках).

**Бета-хвилі** - коливання частотою 13-30 за секунду і амплітудою 10-30 мкВ характерні для стану активної уваги; найчіткіше вони виражені у передній частині мозку (у лобній і скроневій ділянках).

При засинанні і звичайному сні на електроенцефалограмі будуть фіксуватись **тета-хвилі**, частотою 4-7 Гц і амплітудою 120-200 мкВ.

Під час глибокого сну, наркозу та деяких патологічних станах реєструються **дельта-хвилі**, частотою 1-3 Гц, амплітудою 250-300 мкВ.

За наявності різних патологічних станів компоненти змінюються за частотою, амплітудою, формою та ін. Велике діагностичне значення має наявність на електроенцефалограмі патологічних форм активності: *гострих хвиль* - трикутних коливань з гострою верхівкою - 80-120 мс; *голкоподібних коливань* тривалістю менше 80 мс; *пароксизмальної активності* хвиль різного діапазону, тощо.

Під час дослідження біоелектричної активності мозку за різних патологічних станів велике значення має застосування різних *функціональних проб*: світлового подразнення (безперервне, переривчасте, ритмічне); гіпервентиляції (посилене глибоке дихання протягом 3-5 хв); фармакологічних впливів (залежно від характеру захворювання); звукового подразнення, тощо.

Електроенцефалографія допомагає уточнити локалізацію патологічного вогнища активності при органічних враженнях головного мозку, важкість загальних змін функціонального стану мозку, а також динаміку локальних і загальних змін електричної активності головного мозку. Дані ЕЕГ є дуже інформативними за різних форм епілепсії, пухлин (внутрішньомозкових і немозкових), судинних уражень мозку (особливо при гострих порушеннях мозкового кровообігу), при відкритій чи закритій черепно-мозковій травмі.

### **Комп'ютерна томографія**

*Комп'ютерна томографія* - метод рентгенологічного дослідження, який базується на вимірюванні і співставленні показників поглинання рентгенівського випромінювання структурами мозку. Ці дані на екрані монітора перетворюються в зображення у вигляді зрізів, які проходять аксіально через мозок. Зображення має широкий діапазон тональності. За допомогою КТ можна розрізнити ділянки мозку з різницею густини менш, ніж на 0,5%. Це забезпечує знаходження на томограмах сірої та білої речовини

мозку, шлуночків і підболоноккових просторів мозку, а також встановлення різних змін у них. Роздільна здатність методу складає 1,5 мм.

### **ЯМР-томографія**

*Томографія мозку з використанням ефекту ядерного магнітного резонансу (ЯМР-томографія)* базується на оцінці розподілу густини ядер водню (протонів) та їх фізичних характеристик, які позначаються як час релаксації. Використовуються у певній послідовності постійні і змінні магнітні поля. Важливо відзначити, що зображення на екрані після обробки сигналів мають не лише анатомічне значення, але й певну інформацію фізико-хімічного характеру.

ЯМР-томографія дозволяє отримати зрізи у різних площинах, при цьому зображення має більш високу контрастність. Вона дозволяє здійснювати більш ранню і більш точну, ніж при застосуванні КТ, діагностику (пухлини, інфаркти мозку, атрофічні зміни, тощо). З допомогою цього методу можна оцінити кровообіг і стан стінок великих судин мозку.

Застосовують також ЯМР-спектроскопію, яка дозволяє оцінити одночасно структуру і метаболізм мозку, швидкість енергетичних і ферментативних процесів.

### **Дослідження сенсомоторних реакцій.**

*Визначення латентного часу рухової реакції* на світловий або звуковий стимул для оцінки рівня збудливості центральної нервової системи. Може бути проведене за допомогою електроміорефлексометра або приладу ИПР-01, чи спеціально розроблених комп'ютерних програм. Обстеження бажано проводити в ізольованому приміщенні, при комфортній температурі і спокійному стані обстежуваного. Проведенню дослідження має передувати детальний інструктаж обстежуваного про його дії під час проведення обстеження.

### **Визначення реакції на рухомий об'єкт.**

*Визначення реакції на рухомий об'єкт.* Суть цієї методики полягає в необхідності зупинити швидкий рух об'єкта у зарані заданій точці. Може бути здійснене за допомогою тих же приладів або за допомогою пристрою, який включає до свого складу електросекундомір та ключі для замикання і

розмикання електричного ланцюга. Методика РРО у певній мірі характеризує типологічні особливості людини. У той же час, зміна функціонального стану центральної нервової системи, яка спричинена втомою або впливом різноманітних несприятливих факторів, відобразатиметься на характері реакцій-відповідей. Це дозволяє використовувати цей тест для оцінки стану коркових процесів.

#### **Визначення відчуття часу.**

*Визначення відчуття часу.* Може здійснюватись за допомогою електроміорефлексометра, приладу ИПР-01 або звичайного секундоміру. Обстежуваний сам запускає прилад і вимикає його через попередньо визначений постійний інтервал часу.

#### **Визначення швидкості переробки зорової інформації.**

*Визначення швидкості переробки зорової інформації (ШПЗІ).* Обстежуваний отримує бланк з кільцями Ландольта. У таблиці 32 рядки, у кожному по 32 кільця з розривом спрямованим у різні сторони. Після команди того, хто проводить обстеження, обстежуваний викреслює протягом 20 с кільця Ландольта з розривом у певну сторону. Напрямо розриву називається безпосередньо перед командою "Марш". Розраховують ШПЗІ за формулою:

$$\text{ШПЗІ} = A - 8 \cdot n / t, \text{ де}$$

A - кількість проглянутих знаків,

n - кількість помилок,

t - час (20 с);

**продуктивність** за формулою:

$$E = F \cdot A, \text{ де}$$

E - продуктивність,

F - кількість переглянутих знаків,

A - точність

**Точність** визначають за формулою:

$$A = F / (F+O), \text{ де}$$

F - кількість переглянутих знаків,

O - кількість помилок.

Виконується одна залікова спроба.

### **Таблиці Крепеліна**

Таблиця складається з 15 подвійних горизонтальних рядків цифр. В кожному рядку 30 пар. Досліджуваному необхідно якомога швидше додавати кожен пару цифр по вертикалі і записувати результат під ними. Збоку кожного рядка експериментатор проставляє час виконання і число помилок. Кількість помилок встановлюють з допомогою 15 еталонів.

Рівень працездатності головного мозку оцінюють за двома показниками: Т — час, що затрачається на виконання всього завдання і П — загальна кількість помилок.

Відсоток помилок вираховують по формулі:

$$П\% = \frac{П}{А} \cdot 100$$

А – число цифрових пар в таблиці Крепеліна (А=450).

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕРВОВО-М'ЯЗОВОЇ СИСТЕМИ.**

### **Методи дослідження силових показників та втоми м'язів.**

У більшості видів спорту трудно надати однозначну перевагу таким характеристикам як сила, потужність, витривалість. Проте, сильніший спортсмен буде володіти більшою абсолютною витривалістю при важких навантаженнях. При цьому збільшення сили може супроводжуватись зменшенням відносної витривалості. Для визначення сили і потужності використовують ряд тестів:

#### **Тести із зовнішньою вагою.**

Сила вимірюється як максимальна вага, яку можна підняти один раз. Альтернативою є гімнастичні вправи, коли кількість повторів вважається пропорційною до сили. Потужність визначають із врахуванням часу на піднімання вантажу.

**Ізометричне тестування.** Ізометрична сила вимірюється як максимальна сила, що досягається під час довільного ізометричного скорочення. Для вимірювання використовують ізометричні *динамометри*.



**Ізокінетичні тести.** Вимірювання проводять за постійної швидкості скорочення. Використовують ізокінетичні *динамометри*.

### **Динамометрія**

**Динамометрія** дозволяє оцінити вплив фізичного навантаження на силу і витривалість людини. Для її проведення використовують різні системи динамометрів - пружинні, ртутні, гідравлічні.

Максимальне м'язове зусилля характеризує м'язову силу людини. Під час проведення проби обстежуваний за командою експериментатора стискає ручний динамометр з максимальною силою 2-3 рази з інтервалом 1 хвилина. У протокол заносять середні дані.

На основі даних динамометрії можна визначити *показник сили* м'язів (*силовий індекс*) CI:

$$CI = (A \cdot 100) / P$$

де A – сила м'язів, кг;

P – вага тіла, кг

Отримані значення порівнюють із нормативними величинами.

М'язову витривалість можна оцінювати двома способами. По-перше, максимальна м'язова витривалість оцінюється за утриманням максимального м'язового зусилля протягом 1 хвилини. Експериментатор фіксує величину зусилля на початку (P<sub>1</sub>) і в кінці (P<sub>2</sub>) спроби. На основі цих величин розраховують *коефіцієнт витривалості* у відсотках:

$$KB = P_1 / P_2 \cdot 100.$$

Цей варіант дослідження дозволяє оцінити ступінь падіння працездатності після певного періоду роботи і простежити за динамікою розвитку втоми. Проте робота з необхідністю підтримання максимального зусилля дуже важка для обстежуваного і крім того мало відображає реальні умови м'язової діяльності.

По-друге, можна вивчати витривалість до статичного навантаження за часом утримання людиною м'язового зусилля, яке складає 50 або 75% від максимального значення. При цьому розраховують *показник м'язової витривалості* (ПМВ), який є добутком величини м'язового зусилля (Р) на час (Т) його утримання. Цей спосіб не дозволяє чітко судити про динаміку втоми, але не є дуже обтяжливим, аналогічний виконанню реальної роботи. Витривалість до динамічного навантаження визначається тривалістю виконання обстежуваними ритмічної роботи з відтворення половини максимального м'язового зусилля у темпі 1 раз за 1 с. Після спроби також розраховують ПМВ.

*Коефіцієнт відновлення* визначають після проведення проби на витривалість до статичного (або динамічного) навантаження, оскільки цей показник характеризує ступінь втоми людини. Через 2 хвилини після проби на витривалість обстежуваний знову її повторює. Відношення часу виконання другої проби до часу виконання першої, виражене у відсотках, і є коефіцієнтом відновлення.

*Відтворення заданого м'язового зусилля* полягає у тому, що обстежуваний декілька разів стискає динамометр з зусиллям, яке дорівнює 1/2 (або 1/3) максимального м'язового зусилля. Потім це завдання виконується 10 разів з закритими очима (при відключеній зоровій корекції). Під час опрацювання отриманих результатів враховується фактична величина зусилля (середнє значення 10 вимірювань) і різниця (середня) між заданим і відтвореним зусиллям.

**Треморометрія** є методом, за допомогою якого опосередковано оцінюється *м'язова втома*. Для цього використовується прилад треморометр, який дозволяє реєструвати руховий тремор рук, котрий зростає з розвитком втоми. Ступінь тремору визначається за здатністю обстежуваного провести через прорізи приладу або утримати в отворах різного діаметру, не торкаючись країв, контактний стрижень. Кожен доторк останнього, замикаючи електричний ланцюг між контактним стрижнем і корпусом приладу, реєструється лічильником імпульсів і електросекундоміром. Ці пристрої дозволяють зареєструвати:

- а) загальний час руху;
- б) час від моменту подачі командного сигналу до початку руху (латентний період);
- в) тривалість помилкових дій (час доторків);
- г) число доторків.

Після попереднього тренування обстежуваний виконує дві проби - статичну і динамічну. Перша полягає в утриманні контактного стрижня в отворі 5 мм протягом 10 с, друга - у проведенні стрижня через проріз приладу протягом 15 с. На основі отриманих даних розраховується число доторків за 1 с та середня тривалість одного доторку.

Можна також обчислити **показник стійкості руху**:

$$P = t_v / t_o = T - (t_l - t_m) / T - t_l, \text{ де}$$

P - стійкість руху;

$t_v$  - час руху без помилок в с;

$t_o$  - загальний час руху за траєкторією;

$t_l$  - латентний період;

$t_m$  - тривалість помилкових дій;

T - загальний час рухового акту.

Можна також розрахувати швидкість рухового акту:

$$V = S / t_o, \text{ де}$$

V - швидкість руху руки;

S - довжина траєкторії (переважно, 45 см).

**Теплінг-тест** - метод оцінки *функціонального стану* рухового центру нервової системи і *втоми м'язів* кисті руки, пальців і передпліччя.

Може здійснюватися за допомогою пристрою на зразок телеграфного ключа з електролічильником. Зазвичай дають завдання у максимальному темпі замикати і розмикати ключ. Через кожні 30 с знімають по ходу роботи показники лічильника.

### **Нейротахометрія**

Нейротахометрія включає реєстрацію латентних періодів рухової реакції, час рухів та інтервалів між ними у процесі діяльності обстежуваного (якщо його робота полягає у повторному виконанні стереотипних рухів). Реєстрацію цих показників можна здійснювати за допомогою нейротахометра (НТ-01) або вимірювача послідовних реакцій (ИПР-01).

**Ергографія** - один з методів оцінки *стану рухового апарату* людини під час виконання дозованих м'язевих навантажень, які здійснюються певною групою м'язів. З цією метою застосовують ергографи різних типів (пальцеві, кистеві, ножні). Суть методу полягає у записі траєкторії м'язового руху з підйому вантажу, який здійснюється у певному темпі. Ергограма, яку ми отримуємо, відображає процес розвитку втоми досліджуваної групи м'язів. Рекомендується записувати ергограми з використанням значного навантаження (3-5 кг), що сприяє швидшому розвитку втоми. На ергограмі оцінюють наступні показники: час роботи (до повної відмови), тривалість роботи з відносно високою амплітудою і тривалість роботи з амплітудою, яка зменшується. Можна також розрахувати показник втоми (ПВ), який є різницею між амплітудою траєкторії м'язового руху (в мм) на початку (Ап) і наприкінці (Ак) роботи, поділеною на величину початкової амплітуди:

$$\text{ПВ} = (\text{Ап} - \text{Ак}) / \text{Ап}$$

Чим вище значення ПВ, тим більш виражена втома.

### **Методи дослідження м'язового тону**

**Міотонометрія** характеризує твердість (тонус) м'язів. Для вимірювання застосовуються електроміотонометри чи механічні пружинні прилади типу міотонометра "Сірмаї". Тонус м'язів виражається у *міотонах*. Під час дослідження основу приладу розташовують так, щоб рухомий стержень торкався м'яза, тонус якого досліджуємо. Як правило, тонус м'язів досліджують у трьох станах – спокою (*тонус спокою*, ТС), максимального напруження (*тонус напруження*, ТН) і розслабленні (*тонус розслаблення*, ТР). На основі отриманих даних визначають амплітуду напруження (АН), амплітуду розслаблення (АР) та амплітуду тону (АТ).

$$AH = TH - TC$$

$$AP = TH - TP$$

$$AT = AH + AP$$

Як правило, м'язи тренуваних спортсменів характеризуються вищим тонусом у стані спокою та кращою здатністю до напруження і розслаблення

### **Методи дослідження біоелектричної активності м'язів.**

**Електроміографія** дозволяє охарактеризувати *особливості електричної активності* м'язів, які працюють. Вона відповідає трьом головним вимогам, які ставляться перед будь-яким фізіологічним методом, що використовується під час досліджень людини:

- 1) вона доступна для використання в клінічних умовах;
- 2) адекватна процесу, який досліджується, тобто відповідає уявленням сучасної науки про біоелектричну активність м'язів і про умови її формування;
- 3) дозволяє співставити особливості електрогенезу м'язу з клінічною оцінкою сили, збудливості, трофіки того ж м'язу.

Локальна електроміографія. Завдання: дослідження біоелектричної активності елементарних утворень сегментарного і периферійного нейромоторного апарату, тобто аналіз електричної активності рухових одиниць, окремих м'язових волокон, міоневральних закінчень.

*Методика і техніка.* Локальне відведення м'язових потенціалів з використанням різних видів внутрішньом'язевих електродів з невеликою міжелектродною відстанню і малою відвідною поверхнею.

Стимуляційна електроміографія. Завдання: дослідження м'язових потенціалів, які виникають у відповідь на подразнення нерва чи м'яза. Дані, які отримуються, дозволяють визначити електрозбудливість, лабільність, швидкість проведення імпульсу в сегментарній або периферійній частині нейромоторного апарату.

*Методика і техніка.* Застосовуються прийоми вдосконаленого електродіагностичного дослідження - сучасні електронні стимулятори і електроміографи, які забезпечують можливість поєднання електричного

подразнення нерва з записом коливань м'язових потенціалів, які виникають при цьому.

Глобальна (інтерференційна) електроміографія. Завдання: вивчення за біоелектричними показниками:

- 1) закономірної центральної організації і координації збудження багатьох сегментарних чи ядерних мотонейронів, які іннервують м'яз.
- 2) взаємодії різних м'язів під час рухових реакцій (під час поліграфічної реєстрації);
- 3) особливостей біоелектричних процесів у нормі та при основних рухових порушеннях.

*Методика і техніка.* Сумарне відведення біоелектричної активності від "рухової точки" м'язу, який досліджується, використання електродів з великою відвідною поверхнею і значною міжелектродною відстанню.

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ.**

### **Неінвазивні методи дослідження діяльності серця**

Інформацію про діяльність серця у людини звичайно отримують за допомогою вивчення зовнішніх проявів цієї діяльності, не проводячи втручання в організм. Такі методи дослідження називають неінвазивними.

### **Рентгеноскопія серця.**

Точну інформацію про розміри і форму серця можна отримати шляхом *рентгеноскопії* серця. При цьому реєструють контури серцевої тіні. Для запису зміни границь серцевої тіні в процесі скорочення, чи під впливом зміни положення тіла, використовують *рентгенокімографію*. У цьому випадку перед рентгенівською плівкою розташовують металеву решітку і під час кожного скорочення серця її зміщують на ширину однієї щілини. На плівці отримують зубчате зображення серця, яке є показником зміни границь серця під час скорочення. Метод супроводжується опроміненням організму.

### **Ехокардіографія.**

При ехокардіографії записують ультразвукові коливання, відбиті від різних поверхонь серця, зовнішніх і внутрішніх поверхонь стінок, клапанів і

т.д. Цей метод дозволяє отримати морфологічну характеристику серця та його окремих структур (розміри серця, товщина стінок, рух клапанів, тощо). Ехокардіографічні дослідження можна проводити багатократно.

### **Електрокардіографія**

Метод графічної реєстрації біопотенціалів серця з поверхні тіла називається *електрокардіографією*. Крива змін цієї різниці потенціалів у часі називається *електрокардіограмою*.

Розрізняють *біполярні* і *уніполярні* відведення. Для отримання *уніполярного* відведення реєструють біопотенціали однієї точки на поверхні тіла по відношенню до нульової. Розглянемо відведення, які найчастіше використовують у клініці.

#### Уніполярні:

*Уніполярні* підсилені відведення від кінцівок за Гольдбергером (aVR, aVL, aVF). При цих відведеннях реєструється різниця потенціалів між електродом, накладеним на кінцівку (наприклад, на праву руку для відведення aVR) і референтним електродом, який є об'єднаним електродом від двох інших кінцівок.

*Уніполярні* (прекордіальні) відведення за Вільсоном (V<sub>1</sub>-V<sub>6</sub>). Для отримання цих відведень використовують об'єднаний референтний електрод від трьох кінцівок і активний електрод, який накладається на певні точки грудної клітки на рівні серця. Відведення дозволяють виявити запізнення збудження різних ділянок серця, яке пов'язане з порушенням проведення збудження. Можливий також запис відведень від правої половини грудної клітки, у цьому випадку до позначень відведень додають індекс R - V<sub>R1</sub>-V<sub>R6</sub>.

#### Біполярні:

*Біполярні* стандартні відведення Ейнтховена (I, II і III) від кінцівок. При цих відведеннях реєструється різниця потенціалів між двома активними електродами, розташованими на кінцівках:

I – між правою і лівою рукою;

II – між правою рукою та лівою ногою;

III – між лівою рукою та лівою ногою.

*Біполярні грудні відведення* - запропоновані Небом у 1938 р. Електроди розміщують на передній поверхні грудної клітки так, що утворюється так званий малий серцевий трикутник. Електрод від правої руки встановлюють у другому міжребер'ї справа біля краю грудини; від лівої руки на задній підпахвовій лінії на рівні проекції верхівки серця; від лівої ноги на місці верхівкового поштовху. Відведення відображають різницю потенціалів між двома електродами, розташованими на грудній клітці. Запис здійснюють при положенні перемикача відведень у позиціях

I - позначається буквою D, відображає потенціали задньої поверхні серця;

II – A, передньої поверхні;

III – I, нижньої поверхні.

ЕКГ записують в стандартних і підсилених відведеннях від кінцівок, потім у грудних відведеннях  $V_{1-6}$ . У будь-якому відведенні записують не менше 4 серцевих циклів і тут же на стрічці позначають відведення. На нормальній електрокардіограмі розрізняють зубці (коливання), *сегменти* (відстань між двома зубцями) та *інтервали* (сукупність зубця і сегмента).

Вимірюють зубці та інші елементи ЕКГ найчастіше у II відведенні, але завжди слід старанно аналізувати їх і в інших відведеннях. Якщо розглянути нормальну електрокардіограму, то на ній виділяють шість зубців, три інтервали і два комплекси.

Електрокардіограма дозволяє визначити такі показники:

**Частота серцевих скорочень.**

$$\text{ЧСС} = 60/R-R, \text{ де}$$

R-R – тривалість інтервалу, с.

**Локалізація вогнища збудження** (синусний вузол, передсердя, синоатріальний вузол і ін.).

**Порушення ритму серця.** ЕКГ надає можливість розпізнати різні види аритмій (синусова аритмія, надшлуночкові і шлуночкові екстрасистоли, тріпотіння і фібриляція) та встановити їх джерело. Наприклад при тріпотінні передсердь на ЕКГ замість зубця P реєструють так звані хвилі тріпотіння, які мають однакову пилоподібну конфігурацію і частоту 220-350 на хвилину.



**Порушення проведення.** Можна визначити ступінь і локалізацію блокади чи затримки проведення.

**Напрямок електричної осі серця.** Напрямок електричної осі серця відображає його анатомічне розташування, а при патології вказує на порушення поширення збудження (гіпертрофія одного з відділів серця, блокада ніжки пучка Гіса, тощо).

**Гіпертрофію різних відділів серця.**

**Вплив різних зовнішніх факторів на серце.** На ЕКГ відображається вплив вегетативних нервів, гормональні порушення та порушення обміну, зсуви у вмісті електролітів, дія отрут, лікарств, тощо.

**Ураження серця.** Існують електрокардіографічні симптоми недостатності коронарного кровообігу, постачання серця киснем, запальних захворювань серця, порушень у серці при загальних патологічних станах і травмах, при вроджених чи набутих вадах серця.

**Кардіоінтервалографія.**

*Кардіоінтервалографія* є одним з методів оцінки ритму серця. Цей метод відрізняється простотою реєстрації *кардіоінтервалограм* (КІГ) і швидкістю одержання інформації, а також можливістю проведення повторних досліджень навіть у важкохворих і в екстремальних умовах. КІГ – це послідовний ряд 100 кардіоциклів і більш, записаних в одному з ЕКГ відведень у реальному масштабі часу, а інтервал R-R складає одиницю її виміру.

Розрахунок ведеться на підставі тривалості інтервалів R-R записаних у статистичний ряд. Спочатку розраховуються наступні показники:

**мода (Mo)** — найчастіше значення кардіоінтервалу, що характеризує гуморальний канал регуляції і рівень функціонування системи, норма -  $0,80 \pm 0,04$  с;

**амплітуда моди (AMo)** — число значень інтервалів відповідних Mo, виражене у відсотках до загального числа кардіоциклів масиву, визначає стан активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи, норма -  $43,0 \pm 0,9$  %;

**варіаційний розмах** ( $\Delta X$ , с) — різниця між максимальним і мінімальним значеннями тривалості інтервалів R-R у даному масиві кардіоциклів, відображає рівень активності парасимпатического ланки вегетативної нервової системи, норма -  $0,21 \pm 0,01$  с;

**вегетативний показник ритму** (ВПР):

$$\text{ВПР} = 1/(\text{Mo} \cdot \Delta X);$$

**відношення**  $\text{AMo}/\Delta X$ , характеризує баланс для симпатичних і парасимпатических впливів на серце;

**відношення**  $\text{AMo}/\text{Mo}$  — вказує на шлях реалізації центральної стимуляції діяльності серця (нервовий чи гуморальний);

**індекс напруження міокарду** (ІН, виражається в %):

$$\text{ІН} = \text{AMo}/(2 \cdot \text{Mo} \cdot \Delta X)$$

ІН є інформативним показником, що свідчить про ступінь напруження компенсаторних механізмів організму, рівні функціонування центрального контуру регуляції ритму серця. Норма - 80-140 ум. од. Він був запропонований у 1979 р. Р.М.Баевским. ІН зростає при збільшенні симпатичного тонузу і спадає при посиленні тонузу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Аналіз динамічного ряду інтервалів R-R може йти шляхом побудови *гістограм, варіаційних пульсограм, скатерграм*. Криві розподілу ритму серця розрізняють по видах і типах: 1) *нормальна*, близька по вигляду до кривих розподілу Гаусса, типова для здорових людей у стані спокою, 2) *асиметричні криві* — вказують на порушення стаціонарності процесу, спостерігаються при перехідних станах, 3) *ексцесивні* — характеризуються дуже вузькою основою і загостреною вершиною, реєструються при вираженому стресі, патологічних станах, 4) *багатовершинні криві* — характерні для миготливої аритмії.

Реєстрацію АКГ проводять синхронно з ЕКГ і ФКГ. Для реєстрації АКГ лівого шлуночка на грудній клітці пальпаторно визначають максимальну точку пульсації верхівкового поштовху серця, на якій міцно фіксують датчик. Для реєстрації АКГ правого шлуночка сфігмографічний датчик закріплюють у четвертому-п'ятому міжребер'ї.

## Фонокардіографія

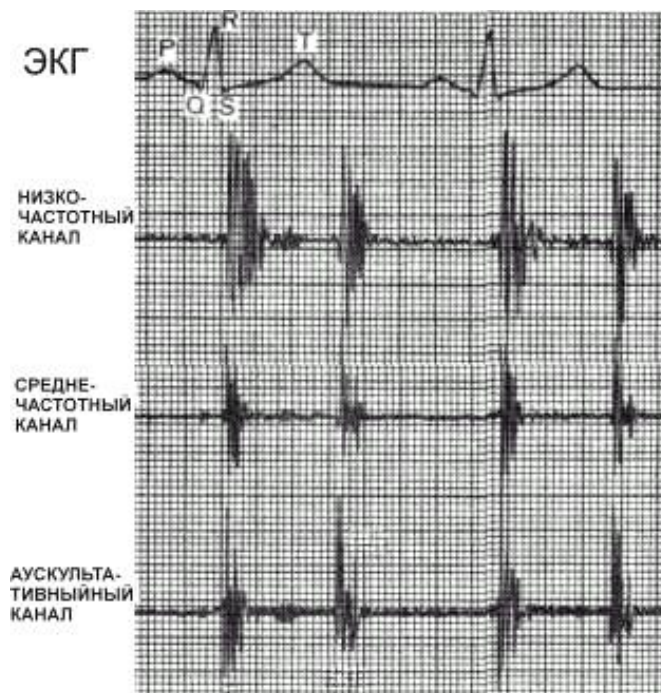
*Тони серця.* Під час скорочень серця виникають коливання звукової частоти (15-400 Гц), які передаються на грудну клітку, де їх можна вислухати або просто вухом, або за допомогою стетоскопа чи фонендоскопа (два тони).

*Перший тон* співпадає з моментом закриття атріовентрикулярних клапанів і пов'язаний з коливанням стінок серця та клапанів. Перший тон добре прослуховується безпосередньо над шлуночками (у п'ятому лівому міжребер'ї по середньоключичній лінії аускультують лівий атріовентрикулярний клапан, а по правому краю грудини - правий).

*Другий тон* коротший, пов'язаний з ударом одна об одну стулок півмісяцевих клапанів. Коливання цих стулок добре реєструються по ходу кровоносних судин (аортальний клапан аускультують у другому міжребер'ї справа, а легеневий у другому міжребер'ї зліва).

*Фонокардіографія (ФКГ)* - це графічний метод реєстрації звуків серця. За допомогою спеціальних мікрофонів та реєструючої апаратури можна записати окремі коливання, з яких складаються тони серця. Такий запис називається *фонокардіограмою*; він дозволяє не лише здійснювати постійну реєстрацію тонів, але й досліджувати часові співвідношення між цими тонами та іншими процесами, які відбуваються протягом серцевого циклу. Весь спектр звуків серця надходить до підсилювача і фільтрів фонокардіографа, які забезпечують їх підсилення і диференціацію на діапазони низьких, середніх і високих частот. Після цього електричні сигнали надходять на відповідний канал реєструючого пристрою і записуються у вигляді ФКГ. Для запису звуків серця використовують стандартні точки аускультатії, проте при цьому слід пам'ятати, що мікрофон потрібно встановлювати у точках найкращого вислуховування звуків, виходячи з індивідуальних особливостей кожного обстежуваного.

На нормальній фонокардіограмі реєструють *I, II*, і часто – *III і IV тони* серця. Інтервал від початку *першого тону* і до початку *другого тону* відповідає *механічній систолі*, а від початку *другого тону* до початку *першого* – *діастолі*.



*Перший тон.* Є три основних компоненти цього тону. Перший з них це *м'язовий компонент*, обумовлений скороченням міокарду шлуночків (повільна низькоамплітудна і низькочастотна хвиля) відповідає початку періоду ізометричного скорочення. Далі йде *клапанний компонент*, обумовлений коливанням стулок передсердно-шлуночкових клапанів після їх закриття (високоамплітудний, високочастотний). Третій компонент – *судинний*, виникає після відкриття легеневого і аортального клапанів та надходження порій крові у ці судини (низькоамплітудний, низькочастотний).

*Другий тон.* Початок другого тону знаменує кінець періоду вигнання і звичайно співпадає з кінцем Т-зубця ЕКГ. Іноді другий тон буває розщепленим: перший компонент у цьому випадку обумовлений закриттям аортального клапана, а другий співпадає з закриттям легеневого клапана.

*Третій і четвертий тони.* Коли у початковій стадії періоду наповнення кров починає надходити до шлуночків, виникає третій тон. Цей тон, звичайно, можна почути лише у дітей, оскільки у них звуки краще проводяться до поверхні тіла. Іноді в інтервалі між кінцем Р і початком Q-зубця ЕКГ можна зареєструвати четвертий тон, обумовлений скороченням передсердь. Цей тон не чути під час звичайної аускультатції.

Під час аналізу тонів враховують переважно клапанний компонент. При цьому можна виявити стеноз клапанів, погіршення скоротливої здатності міокарду, блокаду проведення по пучку Гіса, склероз аорти чи легеневої артерії.

*Серцеві шуми.* Серцеві шуми - це патологічні звукові явища, пов'язані, в основному з завихренням потоку крові. Шуми характеризуються більшою частотою і тривалістю і меншою швидкістю наростання і спадання, ніж нормальні тони серця. Шуми часто спостерігаються при вроджених чи набутих пороках клапанів серця (стеноз, недостатність), а також при дефектах міжпередсердної чи міжшлуночкової перегородок.

### **Інвазивні методи дослідження серцевої діяльності.**

Останнім часом розроблені методи *внутрішньосудинних і внутрішньосерцевих вимірювань*, в яких використовують спеціальні катетери (гнучкі трубки із відповідними датчиками). Їх вводять в периферичні кровоносні судини і (під рентгенографічним контролем) проводять у серце. Катетер із периферійної вени можна провести у праве передсердя, правий шлуночок і легеневий ствол. Ліве серце катетеризується ретроградно (через периферійну артерію) або шляхом проколу міжпередсердної перегородки з порожнини правого передсердя.

### **Аналіз артеріального пульсу.**

Шляхом простої пальпації пульсу поверхневих артерій (наприклад, променевої артерії в ділянці кисті) можна отримати важливі попередні відомості про функціональний стан серцево-судинної системи. При цьому оцінюють такі якості пульсу:

1. **Частоту** (нормальний чи частий пульс).
2. **Ритм** (ритмічний чи аритмічний пульс). Частота пульсу може коливатись згідно з ритмом дихання - "дихальна аритмія", можливі й інші види аритмій - екстрасистоли, миготливі аритмії, тощо.
3. **Висоту** (високий чи низький пульс). Амплітуда пульсу залежить, насамперед, від величини ударного об'єму і об'ємної швидкості кровообігу при діастолі, а також від еластичності амортизуючих судин (прямо пропорційно).

4. **Швидкість** (швидкий чи повільний пульс) – характеризує крутизну наростання пульсової хвилі.

5. **Напруження** (твердий чи м'який пульс). Напруження пульсу залежить, в основному, від середнього артеріального тиску, за напруженням пульсу можна приблизно судити про систолічний тиск.

Форму пульсової хвилі можна досліджувати за допомогою відносно простих методик. Найбільш поширений у клініці метод полягає у розташуванні на шкірі датчиків, які реєструють або зміни тиску (*сфігмографія*) або зміни об'єму (*плетизмографія*).

#### **Аналіз венозного пульсу**

*Венозний пульс.* Під час серцевого циклу змінюється ступінь наповнення кров'ю центральних вен. Ці зміни зовні виявляються як коливання об'єму вен, наприклад зовнішньої яремної вени. Запис її рухів (*флебограма* яремної вени) є показником діяльності правого серця і, особливо, правого передсердя.

#### **Вимірювання артеріального тиску**

*Артеріальний тиск (АТ)* - це сила, з якою кров тисне на стінки артерій і на стовп крові у судинах у напрямку від серця до периферії. Значення артеріального тиску залежить, від сили скорочення серця та від периферичного опору кровоносних судин. Артеріальний тиск змінюється протягом серцевого циклу. Під час систоли артеріальний тиск досягає найбільшої величини і називається *систолічним* або *максимальним*. Максимальний тиск складається з бокового систолічного тиску (тиску крові на стінки судин під час систоли) і ударного або гемодинамічного (сили гемодинамічного удару, необхідного для проштовхування крові по судинах). Наприкінці діастолі шлуночків артеріальний цикл найменший і називається *діастолічним* або *мінімальним*. Він залежить від еластичності судинної стінки і міри відтоку крові через систему дрібних артерій і артеріол. Різниця між систолічним і діастолічним артеріальним тиском називається *пульсовим тиском*. Існують *прямі* (криваві) і *непрямі* методи вимірювання артеріального тиску.

## **Прямі методи вимірювання артеріального тиску**

Пряме вимірювання величина артеріального тиску передбачає сполучення порожнин кровеносного русла із датчиками тиску - рідинними (ртутними або водяними) чи мембранними манометрами. Інерційність рідинних манометрів дозволяє визначити лише середній тиск.

За допомогою *мембранних манометрів* можна зареєструвати більш швидкі коливання тиску. В загальному такі манометри складаються з жорсткої камери, однією з стінок якої є пружна мембрана. Тиск у судині передається через канюлю на мембрану і реєструється за допомогою механічного, оптичного, або електричного пристрою. Сучасні мембранні датчики тиску надійно реєструють зміни тиску з частотою 1000 Гц і більше. Для того, щоб під час запису швидких коливань тиску не спотворювалась їх амплітуда і фазові співвідношення, власна частота коливань манометра повинна у 10 разів перевищувати частоту коливань, які реєструються. Сигнал датчика, перед його реєстрацією підсилюється за допомогою електронних підсилювачів.

## **Непрямі методи вимірювання артеріального тиску**

Основним приладом для непрямого вимірювання артеріального тиску є сфігмоманометр, сконструйований Ріва-Роччі. Зазвичай артеріальний тиск вимірюється на плечі обстежуваного, який перебуває у положенні сидячи або лежачи.

*Пальпаторний метод* дозволяє визначити лише систолічний тиск. У цьому випадку також використовується сфігмоманометр Ріва-Роччі і визначається тиск, при якому пульс на променевій артерії зникає під час нагнітання повітря у манжету і знову з'являється під час випускання повітря.

При використанні *аускультативного методу* Короткова на плечову артерію в ділянці ліктя (дистальніше манжети) накладають стетоскоп або фонендоскоп і судять про систолічний (СТ) чи діастолічний (ДТ) тиск за характерними звуками (тонами Короткова). Момент появи звуків відповідає систолічному тиску, а їх зникнення чи послаблення – діастолічному. На основі СТ та ДТ розраховують пульсовий тиск (ПТ).

$$ПТ = СТ - ДТ$$

Знаючи СТ та ДТ можна розрахувати середній тиск, або середній динамічний тиск, за формулою Хікема (СДТ)

$$СДТ = ДТ + 1/3 ПТ$$

чи за формулою Вецлета і Богера:

*Осцилографічний метод.* Метод базується на записі коливань стінки артерії при зміні міри її стискання манжеткою. Перевагою цього методу є об'єктивна реєстрація тиску. Осцилограма також дозволяє визначити величину середнього динамічного артеріального тиску, яка співпадає з найбільшою амплітудою осциляцій

На основі даних артеріального тиску можна обчислити ударний об'єм серця та ряд інших важливих показників.

**Ударний об'єм (УО)** можна розрахувати за формулою Старра:

$$УО = 90,97 + 0,54 ПТ - 0,57 ДТ - 0,61 В$$

де, ПТ – пульсовий тиск (мм. рт. ст), ДТ – діаст. тиск, В – вік в роках

Існує модифікація формули Старра за Романцевою для обчислення систолічного об'єму серця у дітей:

$$УО = 80 + 0,5 ПТ - 0,6 ДТ - 2 В$$

Обрахунок можливий також за формулою Бремзера-Ранке:

$$УО = (0,6 \cdot Q \cdot 1332 \cdot ПТ \cdot S \cdot T) / C \cdot D$$

де Q – площа перерізу аорти (см<sup>2</sup>), по номограмі Савицького, ПТ – пульсовий тиск, S – тривалість систоли (с), T – серцевий цикл (с), C – швидкість розповсюдження пульсової хвилі (см/с), D – тривалість діастоли (с).

Слід зазначити, що в умовах клініки серцевий викид визначають прямим методом Фіка або методом розведення індикатора. Прямий метод передбачає визначення вмісту кисню в артеріальній і змішаній венозній крові. Використання індикатора передбачає його введення у праве передсердя із наступним виявленням у променевій артерії т побудовою кривої розведення.

**Хвилиний об'єм крові (ХОК, л)** можна орієнтовно обрахувати за формулою Лільєштранда і Цандера:

$$ХОК = РАТ \cdot ЧСС$$



де РАТ – редукований артеріальний тиск,

$$РАТ = (СТ - ДТ) \cdot 100 / ((СТ + ДТ) / 2)$$

Знаючи ХОК, можна розрахувати також **серцевий індекс** (СІ, л/хв/м<sup>2</sup>), що дозволяє більш точно порівняти показники серця різних людей:

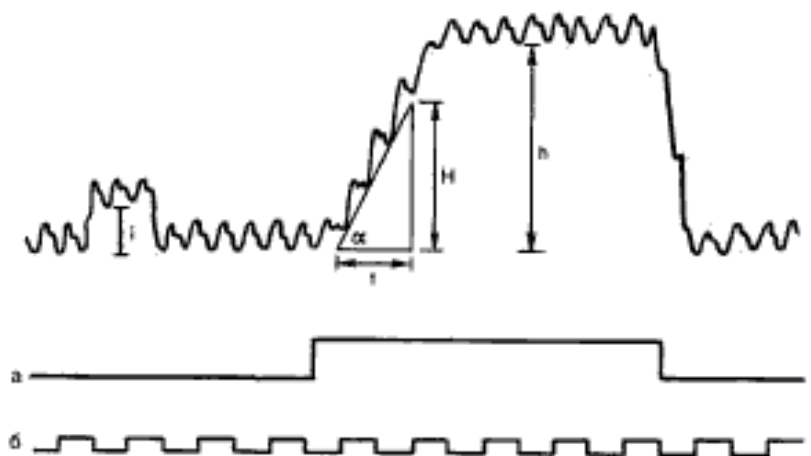
$$СІ = ХОК / S,$$

де S – площа поверхні тіла (м<sup>2</sup>), яку знаходять по номограмі чи за формулою.

### Плетизмографія

*Плетизмографія* — спосіб реєстрації змін об'єму тіла чи його частини, що пов'язані з динамікою кровонаповнення. *Загальна плетизмографія* (body plethysmography) використовується для дослідження функцій зовнішнього дихання і хвилинного об'єму кровообігу. За допомогою плетизмографії можна оцінити тонус судин та проаналізувати органічну чи функціональну природу його змін.

Плетизмограма  
пальця.  
а — отметка давления — 20 мм рт. ст. в окклюзионной манжетке; б — отметка времени; i — высота подъема кривой (мм) при калибровке объемом V = 10 мм<sup>3</sup>; h — высота плато; H — прирост объема за время t; угол α — крутизна подъема кривой на высоту H.



Реєстрація плетизмограм проводиться з використанням спеціальних приладів - *плетизмографів* різної конструкції (водяні, електро-, фотоплетизмографи). У залежності від характеру сигналу, який отримуємо при зміні кровонаповнення, розрізняють *механічну плетизмографію* (коливання об'єму реєструються завдяки повітряній чи водяній передачі), *електроплетизмографію* (*імпедансна плетизмографія*, *реографією* - реєструємо динаміку електропровідності, що залежить від ступеня кровонаповнення), *фотоелектрична плетизмографія* (*денситографія*, в основі якої лежить оцінка світлопроникності частини тіла в залежності від ступеня

кровонаповнення). Останній метод не одержав широкого застосування, тому що не є кількісним.

### **Сфігмографія**

*Сфігмографія* - це метод реєстрації коливань стінок артерій, які виникають внаслідок викиду порції крові із серця під час систоли. Розрізняють сфігмограми *центрального* (сонна артерія) і *периферійного* пульсу (променева, стегнова артерія і артерії гомілки), а також *пряму* і *об'ємну* сфігмографію. *Пряма сфігмографія* забезпечує реєстрацію змін на обмеженій ділянці стінки судини з допомогою датчиків, які зафіксовані над пульсуючою судиною. *Об'ємною сфігмографією* називають запис кривої, яка реєструє сумарні об'ємні зміни в артеріях за допомогою манжетки, розташованої довкола ділянки кінцівки, яка досліджується.

### **Реографія**

*Реографія* - метод дослідження загального і органного кровообігу, який ґрунтується на реєстрації коливань електричного опору живих тканин організму внаслідок зміни вмісту у них рідини (кровонаповнення). Чим інтенсивніший кровообіг у тканинах і більше їх кровонаповнення, тим більша електропровідність і менший опір. При реографії через ділянку, яка досліджується, проводиться нешкідливий для організму і не відчутний ним змінний струм високої частоти (від 100 до 500 кГц) і малої сили (до 10 мА). У момент збільшення кровонаповнення тканини під час систоли електропровідність зростає, що супроводжується зменшенням опору і збільшенням амплітуди реографічної кривої. Під час діастолі наявні протилежні явища.

Для реєстрації реограм використовують реографи типу 4РГ-1М, Р4-02 або реоплетизмограф РПГ2-02. Під час запису реограми звичайним *біполярним способом* на відповідних ділянках тіла фіксують два електроди, кожен з яких і одночасно активним і вимірювальним. Форма і розмір електродів, їх локалізація залежать від виду дослідження. Застосовуються пластинчаті і кільцеві електроди з різних матеріалів з прокладками і пастами для кращого контакту. Контроль за якістю накладання здійснюють за величиною

міжелектродного опору. Залежно від зони вимірювання інтегрального і регіонарного базового імпедансу електроди розташовують у різних зонах, наприклад: один довкола шиї, другий довкола грудної клітки на рівні мечеподібного відростка  $Z_1$ ; і т.д.

При *тетраполярній (чотириелектродній) реографії* зону дослідження обмежують двома вимірювальними електродами, названі від яких розташовують два активні. При такому способі відпадає необхідність у прокладках і пастах. Електроди закріплюють на досліджуваній ділянці тіла після обезжирення її спиртом.

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.**

Система зовнішнього дихання забезпечує підтримання нормального газового складу артеріальної крові. За умов, які безперервно змінюються, безперервно змінюються і вимоги, які постають перед системою дихання. Головним принципом функціонального дослідження системи дихання, як і будь-якої іншої системи організму, полягає у тому, щоб оцінити відповідність реакції системи дихання умовам за яких вона працює.

Види тестувань, які використовуються під час досліджень системи дихання: *довільне регулювання дихальних рухів, дихання з додатковим опором, фармакологічні проби, дихання з використанням сумішей змінюваного газового складу, фізичні навантаження*, тощо. Однією з величин, на зміну яких звертають увагу під час досліджень системи дихання і так звані паттерни дихання. Це сукупність об'ємних і часових параметрів, які характеризують структуру дихального циклу та легеневу вентиляцію в цілому:

**кількість дихальних рухів за 1 хвилину;**

**тривалість окремого дихального циклу;**

**тривалість інспіраторної та експіраторної фази;**

**частка вдиху у загальній тривалості циклу;**

**дихальні об'єми;**

**середня швидкість потоку повітря на вдиху і на видиху;**

**максимальна швидкість потоку повітря на вдиху і на видиху;**

## **легенева вентиляція.**

До найпростіших методик, які дозволяють вивчити стан дихальної системи у людини належить **вимірювання рухомості грудної клітки**. При цьому обстежуваний знаходиться у положенні стоячи, опустивши руки по швах, сантиметрова стрічка пропускається довкола грудної клітки під пахвами. Здійснюється глибокий вдих. У нормі у мужчин обсяг грудної клітки має зрости на 7-10 сантиметрів, у жінок на 5-8.

Ще одним методом, який не потребує наявності складної апарату є **перкусія** або простукування грудної клітки. Обстежуваний під час цього повинен бути роздягнутим до пояса. За допомогою перкусії можна встановити зміни положення нижнього краю легенів. У здорових людей під час нормального дихання цей край має зміщатись у циклі вдих-видих на три міжреберні проміжки.

## **Спірометрія**

Спірометрія – метод вимірювання дихальних об'ємів. Для визначення застосовують цілий ряд спірометрів – повітряні, водні і ін. Можливе застосування також **динамічної спірометрії**, що полягає у реєстрації ЖЄЛ після фізичних навантажень. При цьому ЖЄЛ досліджують у стані спокою, безпосередньо після навантаження та через 3 і 5 хв. Здорові люди реагують на виконану роботу зменшенням ЖЄЛ на 200-300 мл., вихідні значення ЖЄЛ відновлюються через 1-3 хв. За умов дихальної недостатності зменшення ЖЄЛ більш виражене та зберігається понад 3 хв. На основі ЖЄЛ обчислюють **життєвий показник (життєвий індекс)**, який дорівнює відношенню ЖЄЛ в мл до ваги тіла в кг. Для здорових чоловіків цей показник становить 60 мл/кг, для жінок - 52 мл/кг.

## **Спірографія**

Спірографія - метод графічної реєстрації змін об'ємів легень під час виконання різноманітних дихальних рухів. За її допомогою можна отримати ряд важливих характеристик анатомо-морфологічних властивостей апарату дихання. Умови проведення спірографії обстежуваний перебуває за умов відносного спокою у положенні сидячи, на ніс накладають затискач. Спочатку

протягом 2-3 хвилин обстежуваний здійснює спокійне дихання з метою адаптації до дихання через прилад та встановлення рівня спокійного видиху. Після цього проводиться запис життєвої ємності легень (ЖЄЛ). Визначення здійснюють 3 рази з невеликими паузами відпочинку (нормальне дихання). Отримане значення ЖЄЛ порівнюють із належною ЖЄЛ (**НЖЄЛ**), яку вираховують за величиною належного основного обміну (НОО, таблиці).

$$\text{НЖЄЛ} = \text{НОО} \cdot \text{К}, \text{ де}$$

К – коефіцієнт.

Для чоловіків К – 3,0, для жінок – 2,6, у 4 р. – 1,4, 5-6 р. – 1,5, 7-9 р. – 4,65, 10-13 р. – 1,75, 14-15 р. – 2,0, 16-17 р. – 2,2, у 50-60 р. – зменшений на 0,2.

Окрім визначення ЖЄЛ за допомогою спірографії можна розрахувати ряд інших показників: **частоту дихання (ЧД), дихальний об'єм (ДО), резервні об'єми вдиху і видиху (РОВд і РОВи), максимальну вентиляцію легень, час затримки дихання на вдиху (проба Штанге, не менше 35-40 с) і на видиху (проба Генча, не менше 30 с), форсовану ЖЄЛ.**

Іншим неінвазивним методом дослідження дихання людини і оксигеметрія метод визначення *міри насичення крові* киснем методом **оксигеметрії**. Базується на аналізі спектральних властивостей гемоглобіну. Окислений гемоглобін пропускає видиме червоне світло в певній частині спектру більшою мірою, ніж відновлений. Після калібрування за еталонним фільтром датчик приладу розташовують на мочці вуха. Він складається з двох камер: в одній розташована лампа, у іншій два фотоелементи, один з яких реагує на інтенсивність світлового потоку, інший на зміну спектральних властивостей крові. Оскільки окислений і відновлений гемоглобін мають різні спектральні характеристики, за їх зміною можна судити про ступінь насичення крові киснем. Датчик прогрівається 20 хв, що сприяє пришвидшенню кровотоку у місці накладання і артеріалізації крові. Після цього стрілку розташовують на поділці шкали, рівній приблизно 90% насичення і подають чистий кисень (здорові люди дихають ним протягом 3 хвилин, хворі протягом 5). Кожні 30 с записують результати. Після закінчення відведеного часу, переходять на дихання звичайним повітрям. У здорової людини ступінь

насичення під час дихання киснем має змінитись до 100%, у хворої цього не спостерігатиметься.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СПОРТСМЕНІВ**

Фізична працездатність – це комплексне поняття, що характеризується як ергометричними, так і фізіологічними показниками. Для оцінки фізичної працездатності, як правило, використовують сукупність показників. Сюди належать, зокрема, потужність, ємність і ефективність аеробної і анаеробної енергопродукції, сила і витривалість м'язів, нейром'язова координація та ін. У більш вузькому сенсі фізичну працездатність визначають як функціональний стан кардіореспіраторної системи. Проте оцінка фізичної працездатності на основі лише одного з показників, наприклад  $PWC_{170}$ , може призвести до неправильних висновків. Мінімальне обстеження повинне включати антропометрію, визначення максимальної аеробної потужності та сили м'язів. При цьому важлива роль відводиться застосуванню функціональних проб. При цьому розрізняють кілька видів факторів впливу:

- фізичні навантаження;
- зміна положення тіла у просторі;
- натужування;
- зміна складу повітря;
- фармакологічні проби

Найчастіше як фактор впливу використовується фізичне навантаження, форми виконання якого дуже різноманітні. Важливим при цьому є точне дозування навантажень, для чого найчастіше використовують велоергометри різних конструкцій чи бігові доріжки. З метою наблизити характер роботи спортсмена під час функціональних проб до змагальної чи тренувальної діяльності, в окремих випадках застосовують прилади спеціальної конструкції (плавальний ергометр, гребний ергометр, лижну бігову доріжку і ін.). Методику реєстрації відповіді організму на навантаження вибирають у залежності від того, яка система організму найбільш є найбільш об'єктивним індикатором

реакції на дане навантаження, та технічних можливостей зареєструвати той чи інший показник.

Для оцінки стану різноманітних систем енергетичного забезпечення фізичної роботи були запропоновані такі показники:

аеробна потужність – МПК (чи критична потужність);

аеробна ємність – споживання кисню під час вправи;

аеробна ефективність – кисневий еквівалент або поріг анаеробного обміну;

гліколітична потужність – швидкість накопичення молочної кислоти;

гліколітична ємність – кількість накопиченої молочної кислоти;

гліколітична ефективність – механічний еквівалент молочної кислоти;

алактатну потужність – максимальна анаеробна потужність;

алактатну ємність – вміст кретинфосфату у м'язах;

алактатну ефективність – швидкість оплати алактатного кисневого боргу.

Для визначення цих та інших показників запропоновані і апробовані ряд функціональних проб.

### **Визначення МПК.**

Величина МПК досить надійно характеризує аеробну працездатність людини. Вона дозволяє як передбачити результат у циклічних видах спорту, так і є показником стану хворих із порушеннями кардіореспіраторної системи.

У випадку масових обстежень доцільним є використання *непрямих методів визначення МПК*.

### **Визначення максимального кисневого боргу.**

Максимальний кисневий борг (МКБ) характеризує здатність організму до виконання навантажень анаеробного характеру, фактично він відображає ємність систем анаеробного енергозабезпечення. При цьому розрізняють швидку фракцію кисневого боргу, що погашається протягом 3-5 хв. після завершення навантаження. Величина цієї фракції є показником спринтерських можливостей досліджуваного. Як правило, у спортсменів-початківців вона становить 25 мл/кг, у тренуваних – в 2-3 рази вища.

Визначення максимального кисневого боргу складається з кількох етапів – вибір адекватного навантаження, вимірювання надлишку споживання кисню, розрахунку МКБ. Інтенсивність навантаження вибирають на таку, щоб тривалість роботи становила 1-3 хв., при цьому максимально мобілізується кардіореспіраторна система, а кисневий запит набагато перевищує МПК. Після цього відбувається реєстрація споживання досліджуваним кисню за схемою, що передбачає 10-15 кратну реєстрацію протягом 30-45 хвилин. Побудована на основі цих значень графічна залежність дозволяє визначити хід оплати кисневого боргу у даного досліджуваного. У нетренованих дорослих чоловіків величина МКБ становить 70-110 мл/кг, у жінок вона на 30-40% нижча. У добре тренованих спортсменів МКБ може досягати 250-300 мл/кг.

### **Визначення максимальної потужності м'язової роботи**

Максимальна потужність м'язової роботи є критерієм максимальної анаеробної потужності. З метою оцінити величину роботи максимальної потужності були запропоновані ряд тестів.

**Велоергометричне визначення** максимальної потужності м'язової роботи доцільно проводити при оптимальному співвідношенні частоти обертання педалей і опору обертанню. Цей оптимум становить приблизно 50% від максимальної частоти та 35% від максимального опору. Тому для визначення максимальної потужності роботи був запропонований тест, під час якого визначали максимальну частоту обертання педалей за різних величин опору обертанню. На це потрібно близько 5 с, з яких 2-3 затрачаються на "розгін". Максимальну роботу за підсумком серії таких спроб визначають математично чи за графіком.

Максимальну потужність роботи також можна визначати **за тестом Маргарія**. Під час цього тесту досліджуваний після розгону (5-50 м) максимально швидко піднімається по сходах висотою 10-15 сходинок. При цьому реєструється час проходження ними невеликого відрізка сходів (0,7 м по вертикалі) на ділянці, де досягається максимальна швидкість пересування. За результатом найкращої спроби (інтервал між ними – 2-5 хв.).



Усі ці тести важко застосувати при масових обстеженнях. Тому для дослідження анаеробних можливостей організму були запропоновані інші тести. Сюди належить, перш за все, **1-хвилинний тест**. Під час 1-хвилинного тесту робота виконується на велоергометрі із постійним опором обертання педалей, що не залежить від частоти їх обертання. Перш за все досліджуваний виконує стандартну роботу протягом 1 хв. Після чого він відпочиває теж 1 хв. Під час тестуючої спроби досліджуваний намагається виконати максимальне число обертів за 1 хв. за стандартизованого згідно із вагою досліджуваного опору педалей. Середнє значення 6,25 Вт/кг.

За методичними підходами мало відрізняється від 1-хвилинного також **Вінгатський анаеробний тест**. Проте навантаження тут триває лише протягом 30 с., а опір обертання педалей – на 25% вищий. Перед основним навантаженням досліджуваний виконує 5-6 хвилинну розминку. При цьому оцінюють як “пікову”, так і середню величину потужності педалювання.

Для оцінки загальної фізичної працездатності спортсменів, що виступає також показником функціональної готовності спортсменів, застосовують **тест Новаккі**. При цьому на велоергометрі задається початкове навантаження таким чином, щоб спортсмен виконував роботу із потужністю 1 Вт/кг. Через кожні 2 хв. навантаження збільшують на 1 Вт/кг. Результати оцінюють за числом подоланих “сходинок”, та за часом роботи на кожній із них. Нормальною вважається робота нетренованих із навантаженням 3 Вт/хв., а тренуваних – 4-5 Вт/кг.

### **Оцінка фізичної працездатності**

Оцінка фізичної працездатності може бути проведена з допомогою тесту **PWC<sub>170</sub>**. Відомо, що м'язова робота при ЧСС 170 уд/хв. викликає зсуви у показниках кардіореспіраторної системи, що становлять 75-80% від максимальних. Очевидно, що рівень фізичної працездатності за цим тестом визначається продуктивністю кардіореспіраторної системи.

Під час визначення PWC<sub>170</sub> досліджуваний виконує два навантаження (велоергометр, степ-тест і ін.) помірної потужності. Між навантаженнями

повинна бути перерва тривалістю 3 хв. Тривалість кожного навантаження – 5 хв. Величину  $PWC_{170}$  визначають по формулі.

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot ((170 - ЧСС_1) / ЧСС_2 - ЧСС_1)$$

де  $W_1$  і  $W_2$  - потужність першого і другого навантаження,  $ЧСС_1$  і  $ЧСС_2$  – частота серцевих скорочень після першого та другого навантаження.

Для отримання адекватних результатів слід дотримати кілька умов. Перш за все, тест  $PWC_{170}$  виконується без розминки. По-друге, слід адекватно підібрати величину першого і другого навантаження. ЧСС після першого навантаження повинна складати 100-120 уд/хв, а після другого – 145-160 уд/хв. Різниця повинна складати 40 уд/хв. Величину навантаження можна підібрати за спеціальними таблицями.

Абсолютна величина  $PWC_{170}$  прямо пропорційно залежить від розмірів тіла. Тому для нівелювання індивідуальних відмінностей у вазі визначають відносні величини  $PWC_{170}$  у перерахунку на кілограм маси тіла. Окрім того, величини  $PWC_{170}$  залежать від статі, віку, спадкових факторів, стану здоров'я і ін.

### **Визначення анаеробного порогу.**

Під анаеробним порогом розуміють ту потужність навантаження, при якій для енергетичні потреби організму починають задовольнятися із значною участю систем анаеробної енергопродукції, наслідком чого стає метаболічний ацидоз. Вважається, що момент такого переходу можна визначити за точкою перегину на кривій залежності показників багатьох функцій організму від потужності роботи. До показників належать – концентрація молочної кислоти, рН, легенева вентиляція, дихальний коефіцієнт і ін. Слід зазначити, що величина анаеробного переходу тісно корелює з результатом у бігу на довгі дистанції.

Анаеробний поріг визначають під час однократного навантаження ступінчасто зростаючої потужності на велоергометрі чи біговій доріжці. Як правило, застосовують навантаження тривалістю 3 хв. на кожній сходинці, потужність визначають за таблицями (15-20% МПК на кожен сходинку). Величину анаеробного переходу визначають по потужності роботи, при якій

досліджуваний показник досягає порогового значення (4 ммоль/л молочної кислот, дихальний коефіцієнт 0,85 і ін.).