*Лекція № 8; № 9*

***Тема:* ДІАГНОСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ**

**СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ**

Функціональний стан організму обумовлений інтенсивністю і стійкістю роботи його органів і систем, що дуже важливо для оцінки здоров'я. Практично будь-який фізіологічний показник може бути використаний для оцінки функціонального стану організму і стану здоров'я суб'єкта, однак їх інформативність неоднакова. Відповідно до теорії адаптації, ***серцево-судинна система (ССС)*** є індикатором адаптивних можливостей цілісного організму, тому показники ССС розглядаються як основні при оцінці рівня здоров'я людини. Високий рівень функціональної здатності апарату кровообігу, як правило, характеризує високий рівень фізичного здоров’я та високу фізичну і загальну працездатність організму, так як кровообіг грає важливу роль в задоволенні підвищеного обміну речовин, викликаного м'язовою діяльністю.

Дослідження функціонального стану ССС здійснюється загально-клінічними і параклінічними методами діагностики. До загально-клінічних методів дослідження відносять пульсометрію, тонометрію і аускультацію серця. До основних параклінічних методів діагностики стану ССС відносять електрокардіографію, ехокардіографію, реографію, коронарографію тощо.

**1. Дослідження системної гемодинаміки в стані спокою**

***1.1. Артеріальний тиск. Тонометрія***

Рідина, що тече по судині, чинить на її стінку тиск, вимірюваний в міліметрах ртутного стовпа. Існує градієнт тиску, спрямований від артерій до артеріол і капілярів та від периферичних вен до центральних. Таким чином кров'яний тиск зменшується в наступному напрямку: аорта - артеріоли - капіляри - венули - великі вени - порожнисті вени. Завдяки цьому градієнту кров тече від серця до капілярів і назад до серця. Максимальний тиск, що досягається в момент викиду крові з серця в аорту, називається систолічним. **Максимальний,** або **систолічний тиск** **(САТ)** - величина, що відображає весь запас потенційної і кінетичної енергії, який має маса крові, що рухається на даній ділянці судинної системи. Kоли після виштовхування крові із серця аортальні клапани закриваються, тиск падає до величини, що відповідає так званому діастолічному тиску. Під **мінімальним** або **діастолічним тиском** **(ДАТ)** розуміють найменшу величину, якої досягає тиск крові до кінця діастолічного періоду. Мінімальний тиск залежить від ступеня прохідності або величини відтоку крові через систему прекапілярів, ЧСС і пружних властивостей артеріальних судин.

***Артеріальний тиск*** ***(АТ)*** вимірюється ***аускультативним методом Н.С. Короткова*** за допомогою спеціального апарата – *сфігмоманометра* (тонометра) і *стетофонендоскопа.* В теперішній час використовуються електронні апарати, що дозволяють визначити АТ не звуковим методом.

На АТ впливають три фактори: а) частота серцевих скорочень; б) зміна периферичного опору судинного русла і в) зміна ударного об’єму або серцевого викиду крові. Стабільність АТ досягається збалансованістю показників, що характеризують скорочувальну функцію серця, а саме: величинами хвилинного об’єму крові (ХОК) та загальним периферичним опором судин (ЗПОС), що обумовлює відтік крові через прекапілярне русло.

Варіантами норми виділяють три основних гемодинамічних типи: *гіперкінетичний тип з підвищеним ХОК і зниженим ЗПОС* настільки, щоб врівноважити вплив збільшеного ХОК; *нормокінетичний тип з підвищенням ЗПОС, при нормальному ХОК* (найбільш поширений тип); *гіпокінетичний тип*, що характеризується значним підвищенням ЗПОС і зменшенням ХОК.

Рівень артеріального тиску також залежить від: кількості та в'язкості крові, що надходить в судинну систему в одиницю часу, ємності судинної системи, напруги стінок артеріальних судин, фізичного навантаження, зовнішнього середовища, способу життя, маси тіла, статі, віку.

Для осіб молодше 20 років належні показники САТ і ДАТ вираховують за формулами, або визначають за спеціальними таблицями.

З віком у чоловіків систолічний та діастолічний тиск зростають рівномірно, у жінок залежність тиску від віку складніше: від 20 до 40 років тиск у них збільшується незначно, і величина його менше, ніж у чоловіків; з настанням менопаузи показники тиску швидко зростають і стають вищими, ніж у чоловіків. У страждаючих ожирінням АТ вище, ніж у людей з нормальною масою тіла. Під час фізичного навантаження САТ та ДАТ підвищуються. При курінні САТ може зрости на 10-20 мм рт. ст. У спокої і під час сну АТ істотно знижується, особливо якщо він був підвищеним. АТ підвищується у спортсменів перед стартом, іноді за кілька днів до змагань.

На відміну від мінливих систолічного і діастолічного тиску середній динамічний тиск відносно постійний. ***Середній динамічний тиск*** - це та середня величина тиску, який був би здатний за відсутності пульсових коливань тиску дати такий же гемодинамічний ефект, який спостерігається при природному, коливному тиску крові, тобто середній тиск виражає енергію безперервного руху крові. Середній динамічний тиск це розрахунковий показник, що визначається за спеціальними формулами.

За даними тонометрії можна розрахувати показник ***пульсового тиску******(ПТ),*** як різницю САТ і ДАТ. В нормі ПТ становить 40-60 мм рт.ст.

Високий АТ стає патологічним лише тоді, коли він не обумовлений природними потребами організму при тих чи інших фізіологічних реакціях. Такий стан називається *артеріальною гіпертензією* *(АГ)* та можливий при розбалансуванні всієї системи регуляції АТ в цілому. Гемодинамічною основою підвищення АТ на початковому етапі розвитку АГ частіше за все є підвищення ХОК при відсутності адекватного зниження ЗПОС. Але, не дивлячись на достатньо велику кількість варіантів зміненої гемодинаміки при АГ, підвищення величини СОК відбувається тільки у 20% всіх випадків, а підвищення ЗПОС – у 80-90%. Звідси виходить, що основним плацдармом морфологічних та функціональних змін при АГ є резистивна судина.

За визначенням Міжнародного товариства гіпертензії, оптимальним артеріальним тиском є САТ 110-120 мм рт. ст. і ДАТ 70-80 мм рт. ст., нормальний АТ визначається як САТ 120-130 мм рт. ст. і ДАТ 80-85 мм рт. ст., високий нормальний АТ: САТ 130-139 мм рт. ст., ДАТ 85-89 мм рт. ст.

Міжнародне товариство гіпертензії надає також класифікацію АГ за рівнем АТ. І ступінь (м’яка АГ) - САТ 140-159 мм рт. ст., ДАТ 90-99 мм рт. ст.; ІІ ступінь (помірна АГ) – САТ 160-179 мм рт. ст., ДАТ 100-109 мм рт. ст.; ІІІ ступінь (тяжка АГ) – САТ ≥ 180 мм рт. ст., ДАТ ≥ 110 мм рт. ст.

***1.2. Артеріальний пульс.******Пульсометрія***

Найбільш доступним для дослідження показником функціонального стану ССС є ***артеріальний пульс***,який відображає ритмічні поштовхоподібні коливання стінок артерій, що пов'язано зі зміною їх кровонаповнення. У здорової людини частота артеріального пульсу відповідає ***частоті серцевих скорочень (ЧСС)***.

Існує багато методів дослідження артеріального пульсу (пульсометрії): пальпація, аускультація, сфігмографія, електрокардіографія, реографія та ін. Найпростішим об’єктивним методом вимірювання пульсу є ***пальцева*** ***пульсометрія,*** що не потребує спеціальної підготовки перед процедурою. Методом пальпації можна визначити пульс на артеріях, що лежать поверхнево: пахвова, плечова, променева; ліктьова, стегнова, підколінна, тильна артерія стопи, задньовеликогомілкова,сонна, лицьова і поверхнева скронева артерії. Найбільш часто пульс визначається на променевій артерії.

Основні властивості артеріального пульсу: частота, ритмічність, наповнення, напруження, висота.

ЧСС залежить від багатьох факторів, включаючи вік, стать, умови навколишнього середовища, функціональний стан, положення тіла. Вона вища у вертикальному положенні порівняно з горизонтальним. ЧСС у жінок в середньому більша ніж у чоловіків на 7 уд./хв., зменшується з віком у представників обох статей, доступна добовим коливанням (біоритмам). Під час сну зменшується на 3-7 і більше ударів, після прийому їжі збільшується. Температура навколишнього середовища також впливає на ЧСС, яка збільшується в лінійній залежності від неї. При підвищенні температури тіла на 1 градус пульс збільшується у дорослих на 8-10 уд./хв.

У спортсменів ЧСС в спокої нижче, ніж у нетренованих людей і становить 50-55 уд./хв. У спортсменів екстра-класу (лижники-гонщики, велогонщики, марафонці-бігуни та ін.) ЧСС становить 30-35 уд./хв. Фізичне навантаження призводить до збільшення ЧСС, необхідної для забезпечення зростання ХОК, причому існує ряд закономірностей, що дозволяють використовувати цей показник як один з найважливіших при проведенні навантажувальних тестів. При легкому фізичному навантаженні ЧСС спочатку значно збільшується, потім поступово знижується до рівня, який зберігається протягом усього періоду стабільної роботи. При більш інтенсивних і тривалих навантаженнях є тенденція до збільшення ЧСС, причому при максимальній роботі вона наростає до гранично можливої. Ця величина залежить від тренованості, віку, статі обстежуваного та інших чинників. У 20-ти річних осіб максимальна ЧСС - близько 200 уд./хв., до 64 років опускається приблизно до 160 уд./хв. у зв'язку із загальним віковим зниженням біологічних функцій людини. ЧСС збільшується пропорційно величині м'язової роботи. Зазвичай при рівні навантаження 1000 кг/хв. ЧСС досягає 160-170 уд./хв., у міру подальшого підвищення навантаження серцеві скорочення прискорюються більш помірно і поступово досягають максимальної величини - 170-200 уд/хв. Подальше підвищення навантаження вже не супроводжується збільшенням ЧСС. Слід зазначити, що робота серця при дуже великій частоті скорочень стає менш ефективною, так як значно скорочується час наповнення шлуночків кров'ю і зменшується ударний об'єм. Тести зі зростанням навантажень до досягнення максимальної частоти серцевих скорочень призводять до виснаження, і на практиці використовуються лише в спортивній медицини. За рекомендацією ВООЗ допустимими вважаються навантаження, при яких ЧСС досягає 170 уд./хв. і на цьому рівні зазвичай зупиняється при визначенні переносимості фізичних навантажень і функціонального стану серцево-судинної і дихальної систем.

***1.3. Розрахункові методи визначення гемодинамічних показників***

У зв'язку з неможливістю широко використовувати існуючі апаратні методи визначення гемодинамічних показників були виведені формули для їх розрахунку на підставі експериментальних даних.

За даними пульсометрії можна визначити ***тривалість серцевого циклу***. Для цього необхідно число пульсових ударів за 1 хвилину розділити на 60 секунд і знайти середню тривалість циклу.

Розрахунковим методом можна визначити ***систолічний (ударний) об'єм крові (СОК)*** за допомогою *формули Старра*.

***Хвилинний об’єм крові (ХОК)***, як визначальний параметр системного кровообігу, визначають як добуток СОК та ЧСС.

***Загальний периферичний опір судин*** ***(ЗПОС)*** є сумарним опором системи артеріол – величина, зворотна сумарній прохідності артеріол. Тому розрахунок ЗПОС може служити цілям вивчення артеріального тонусу, його вимірів у різних фізіологічних і патологічних умовах. Ці відомості необхідні для дослідження механізму регуляції середнього АТ. У здорових людей під впливом фізичного навантаження ЗПОС знижується при незмінному рівні середнього АТ. Для визначення ЗПОС, окрім середнього АТ, повинна бути відома величина секундного об’єму крові (ХОК поділений на 60 с).

Належність до одного з типів гемодинаміки визначається за ***серцевим індексом*** ***(СІ)***, що визначають, як відношення ХОК до площі поверхні тіла.

З численної кількості показників, пропонованих для оцінки рівня здоров'я, найбільш прийнятним для практичного використання є індекс функціональних змін системи кровообігу або ***адаптаційний потенціал (АП)***. АП розраховується без проведення навантажувальних тестів. Визначення АП системи кровообігу *по Р.М. Баєвському* здійснюється за формулою, що включає показники ЧСС і АТ, а також вік, зріст і масу тіла.

**2. Функціональні проби**

***Функціональні проби*** дозволяють оцінювати загальний стан організму, його резервні можливості, особливості адаптації різних систем до функціональних навантажень, які в ряді випадків імітують стресові впливи.

Основні функціональні проби, що застосовуються для визначення реакцій ССС у відповідь на вплив неспецифічних факторів є проби з дозованим фізичним навантаженням.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) розроблені наступні вимоги до тестування з фізичним навантаженням: навантаження повинне підлягати кількісному вимірюванню, точному відтворенню при повторному застосуванні, залучати до роботи не менше 2/3 м'язового масиву і забезпечувати максимальну інтенсифікацію фізіологічних систем; характеризуватися простотою і доступністю; повністю виключати складно-координовані рухи; забезпечувати можливість реєстрації фізіологічних показників під час виконання тесту.

***2.1. Визначення фізичної працездатності***

Провідним показником функціонального стану організму і одним із об'єктивних критеріїв здоров'я людини є рівень ***фізичної працездатності - PWC*** (походить від перших букв англійського терміна «фізична працездатність» - Physical Work Capacity). Висока фізична працездатність служить показником стабільного здоров'я, і навпаки, низькі її значення розглядаються як фактор ризику для здоров'я. Як правило, висока фізична працездатність пов'язана з більш високим рівнем рухової активності та більш низьким рівнем захворюваності, в тому числі серцево-судинної системи.

Кількісне визначення працездатності має велике значення при організації фізичного виховання населення різних вікових і статевих груп, розробці рухових режимів для лікування і реабілітації хворих, визначенні ступеня втрати працездатності і т.д.

В даний час в поняття «фізична працездатність» різні автори вкладають різний зміст. Однак основний зміст кожного з формулювань зводиться до потенційної можливості (готовності) людини виконати максимум фізичної роботи, тобто *фізична працездатність* пропорційна кількості механічної роботи, яку індивід здатний виконувати тривалий час і з досить високою інтенсивністю. *Загальна* *фізична працездатність,* яккомплексне поняття, визначається значним числом факторів: морфо-функціональним станом органів і систем, психічним статусом, мотивацією та ін., але в значній мірі вона залежить від продуктивності системи транспорту кисню (системи кровообігу). Тому в практичній медицині оцінку PWC здійснюють за допомогою функціональних проб, які передбачають визначення «резервних можливостей організму» на основі відповідних реакцій ССС. При оцінці PWC, в якості головних критеріїв враховуються дві найважливіші закономірні реакції організму на стандартні навантаження: економічність в реакції і швидкість відновлення, що визначаються за динамікою ЧСС та АТ.

Існують прямі та непрямі, прості та складні методи визначення PWC за допомогою функціональних проб з фізичним навантаженням. До них відносяться одномоментні проби: 30 присідань за 45 с(проби Руф'є та Руф'є-Діксона); 20 присідань за 30 с(проба Мартіне-Кушелевського); 2-хвилинний біг на місці в темпі 180 кроків за хвилину; 3-хвилинний біг на місці; 15-секундний біг в максимальному темпі і т.д.; двухмоментні проби (поєднання 2 стандартних навантажень) і комбіновані проби (трьохмоментна проба Летунова: 20 присідань, 15-секундний біг і 3-хвилинний біг на місці). Крім того, до цієї групи належать велоергометричні навантаження, степ-тести.

***2.2. Варіанти типів реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження в функціональних пробах***

В основі визначення типу реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження лежить оцінка спрямованості та ступеня вираженості зрушень базових гемодинамічних показників (ЧСС та АТ) під впливом різного виду фізичних навантажень, а також швидкості їх відновлення.

Залежно від спрямованості та ступеня вираженості зрушень величин ЧСС та АТ, а також від швидкості їх відновлення, розрізняють п'ять типів реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження: нормотонічний, дистонічний, гіпертонічний, гіпотонічний і східчастий.

*Нормотонічний тип реакції* серцево-судинної системи на фізичне навантаження характеризується: адекватним до інтенсивності та тривалості виконаної роботи зростанням ЧСС; адекватним підвищенням пульсового тиску (різниця між систолічним і діастолічним АТ) за рахунок підвищення САТ і помірного (в межах 10-35%) зниження ДАТ; швидким (тобто вкладається в задані інтервали відпочинку) відновленням ЧСС і АТ до вихідних величин (після 20 присідань - 3 хв., після 15 с бігу в максимальному темпі - 4 хв., після 3 хв. бігу в темпі 180 кроків за хвилину - 5 хв.).

Такі зміни відображають те, що збільшення хвилинного об'єму крові у відповідь на навантаження здійснюється як за рахунок почастішання пульсу, так і за рахунок збільшення ударного об’єму серця. Нормотонічний тип реакції є найбільш сприятливим і відображає хорошу пристосованість організму до фізичного навантаження.

*Дистонічний тип реакції* виникає, як правило, після навантажень, спрямованих на розвиток витривалості, та характеризується тим, що після дозованого фізичного навантаження діастолічний артеріальний тиск знижується до 0 мм рт.ст. Дане явище носить назву «феномен нескінченного тону». Відзначається підвищення систолічного артеріального тиску в діапазоні нормотонічних значень і значне збільшення ЧСС. Час відновлення подовжений. Дистонічний тип реакції спостерігається у осіб, які перенесли гострі та хронічні захворювання, а також при перевтомі та перетренованості. При поверненні діастолічного АТ до початкових величин на 1-3 хв. відновлення даний тип реакції розцінюється як варіант норми; при збереженні «феномена нескінченного тону» більш тривалий час - як несприятлива ознака.

*Гіпертонічний тип реакції* характеризується неадекватним навантаженню зростанням ЧСС; неадекватним навантаженню підйомом САТ до 190-200 мм рт. ст. (при цьому діастолічний АТ також дещо підвищується); уповільненим відновленням всіх показників. Пульсовий тиск і ударний об’єм збільшуються не настільки виражено, як при нормотонічній реакції. В основі гіпертонічної реакції лежить підвищення периферичного опору артеріол, тобто у відповідь на навантаження виникає спазм артеріол замість їх розширення. Неадекватно зростає робота серцевого м'яза. Таким чином, гіпертонічний тип реакції свідчить про порушення регуляторних механізмів, що обумовлює зниження економічності функціонування серця.

Такий тип реакції відзначається у спортсменів при вираженій перевтомі та хронічному перенапруженні, а також при перенапруженні ЦНС і серцево-судинної системи (нейроциркуляторна дистонія за гіпертонічним типом) та у хворих на гіпертонічну хворобу. Подібна реакція може з'являтися при нервово-психічних стресах.

*Східчастий тип реакції* (реакція східчастого підйому систолічного артеріального тиску) характеризується підвищенням САТ до максимуму не на 1-й хвилині, як при нормотонічній реакції, а на 2-й і навіть 3-й хвилині відновного періоду. Відзначається виражене почастішання пульсу. Пульсовий тиск зростає як би по сходинках, досягаючи максимуму на 2-3-й хвилині. Відновлення ЧСС і АТ протікає уповільнено.

Даний тип реакції є несприятливим. Він відображає інерційність регулятрних систем і реєструється, як правило, після швидкісних навантажень. Східчастий тип реакції відзначається при перевтомі та перетренованості.

*Гіпотонічний (астенічний) тип реакції* характеризується: різким, неадекватним навантаженню зростанням ЧСС; відсутністю значимих змін з боку АТ (САТ підвищується недостатньо або зовсім не підвищується, а ДАТ не змінюється або дещо підвищується); ПТ не тільки не збільшується, але навіть знижується; час відновлення уповільнений.

Гіпотонічний тип реакції є найбільш несприятливим, в основі якого лежить слабкість серцевого м'яза. Гіпотонічна реакція відображає порушення скорочувальної функції серця і спостерігається при наявності патологічних змін в міокарді. Така реакція характерна для нетренованих осіб. У спортсменів такий тип реакції буває при перетренованості, після фізичного перенапруження і в період одужання після захворювання.

***Визначення максимального споживання кисню (МСК)***

За оцінкою ВООЗ, *максимальне споживання кисню (МСК)* визнається найбільш об'єктивним та інформативним показником функціонального стану кардіореспіраторної системи людини. Величина МСК надійно характеризує фізичну (аеробну) працездатність людини. Індивідуальні значення МСК визначаються біологічними особливостями індивіда (статтю, віком), станом здоров'я, рівнем фізичного розвитку і умовами навколишнього середовища (газовим складом, атмосферним тиском і т.п.).

Існує багато різноманітних методів як прямого, так і прогностичного (непрямого) визначення показника максимального споживання кисню (МСК). Загальним принципом тестування є використання навантажень, що викликають максимальну мобілізацію системи кисневого забезпечення організму для виконання м'язової роботи.

*Методики прямого визначення максимального споживання кисню* полягають у тому, що випробуваний повинен виконати на велоергометрі, тредмілі або степергометрі максимальне фізичне навантаження до неможливості продовжувати м'язову роботу. На кожній ступені навантаження проводяться вимірювання хвилинного об’єму дихання і аналіз складу повітря, що видихається, для визначення величини кисню при даній потужності роботи.

Пряме визначення МСК є досить складною, виснажливою та не цілком безпечною процедурою. Він вимагає застосування максимальних по потужності навантажень, складної апаратури та участі в проведенні досліджень спеціально навченого персоналу. Крім того, напруження межової інтенсивності небезпечні для здоров'я. У зв'язку з цим розроблені більш щадні методи оцінки стану системи киснезабезпечення і фізичної працездатності організму.

*Методики непрямого визначення максимального споживання кисню* полягають у виконанні випробуваним субмаксимального аеробного фізичного навантаження – степергометрії або велоергометрії МСК оцінюється по номограмі Астранда, враховуючи при цьому поправочний коефіцієнт чим забезпечується відповідність розрахункового МСК віку обстежуваного.