

Тема 12. Фізіологія серцево-судинної системи

Рух крові по замкнутих порожнинах серця і кровоносних судинах називається **кровообігом**. Система органів кровообігу підтримує сталість внутрішнього середовища організму. Вона включає два кола: **мале коло кровообігу** забезпечує газообмін у легенях результаті чого кров насичується киснем, і **велике коло кровообігу**, яке забезпечує газообмін у решті тканин та органів, які отримують кисень і виділяють у кров вуглекислий газ.

Серце – це головний насос серцево-судинної системи (ССС). Воно містить чотири камери: ліве й праве **передсердя**, та лівий і правий **шлуночки**. Між передсердям і шлуночком є **створчасті клапани**. **Серцевий цикл** складається з **систולי** (тривалістю 0,3 с) і **діастולי** (0,5 с). Скорочення серцевого м'яза на початку систולי виштовхує кров у великі судини – артерії – і створює в них **систолічний тиск**, який проштовхує кров у більш вузькі судини. Коли шлуночки серця починають розслаблятися (початок фази діастולי), тиск у великих артеріях знижується до певного рівня, який називається **діастолічним тиском**. Різниця між систолічним і діастолічним тиском називається **пульсовим тиском**, а коливання артеріальних стінок на початку систולי називається **пульсом**. Кількість серцевих скорочень за 1 хв називається **частотою серцевих скорочень (ЧСС)**. Середня ЧСС у новородженої дитини 120 ск/хв., а у дорослої людини 72-75 ск/хв. Об'єм крові, що виштовхується із кожного шлуночка під час систולי називається **ударним об'ємом** (у дорослої людини 60 мл). Об'єм крові, який проходить через усі артерії за 1 хв. називається **хвилинним об'ємом крові (ХОК)**, у дорослої людини він складає 5,5 л.

$$\text{ХОК} = \text{ударний об'єм} \times \text{ЧСС}.$$

Рух крові у судинах натикається на *опір*, який залежить від діаметра судин, їхньої довжини та в'язкості крові. Чим вищий опір, тим вищим має бути кров'яний тиск, аби його подолати.

Центральне регулювання роботи серця і судин здійснюється від парасимпатичного (гальмує ЧСС) і симпатичного (збільшує силу серцевих скорочень, ЧСС, звужує діаметр судин) центрів ССС у довгастому мозку. **Гіпоталамус** є вищим органом керування цими двома центрами – він пристосовує серцево-судинну діяльність до конкретного моменту, до поведінкової активності. *У дітей до 6-7 років переважає тонічний вплив симпатичного відділу*, про що свідчить вища ЧСС (120 ск/хв у 1 рік, – 90 ск/хв у 6 років). У дорослих переважає тонічний вплив парасимпатичного відділу (72 ск/хв).

Рефлекторне регулювання ЧСС, сили серцевих скорочень і діаметра судин здійснюється завдяки інформації від **барорецепторів** (вимірюють артеріальний тиск у судинах) і **хеморецепторів** (вимірюють вміст O_2 і CO_2 у крові), які надсилають імпульси у центри довгастого мозку.

Умовнорефлекторне регулювання за участю кори головного мозку адаптує діяльність ССС до конкретних умов середовища (наприклад, передстартова обстановка може призвести до значного збільшення ЧСС).

Гуморальна регуляція здійснюється за участю **адреналіну** (гормону наднирників) та **гормонів щитовидної залози**, які прискорюють ЧСС, збільшують силу серцевих скорочень і звужують діаметр судин.

Вікові особливості ССС

В онтогенетичному розвитку серцево-судинної системи відбувається (1) *морфофункціональне вдосконалення організації самої ССС* та (2) *способів її регулювання*. В розвитку ССС розрізняють **три критичних періоди** – *ембріональний, ранній післянатальний і пубертатний*. Метою кожного критичного періоду є ввімкнення додаткових пристосувальних механізмів в роботу ССС.

Вдосконалення регулювання діяльності ССС забезпечує більш економічне і адаптивне реагування на дію різних чинників за рахунок залучення більш високих рівнів регулювання. Наприклад, протягом ембріонального періоду контроль активності серця здійснюється за допомогою його внутрішніх механізмів регулювання, у плода активність серця суттєво залежить від зовнішніх факторів, після народження основна роль в регуляції належить довгастому мозку, а в період другого дитинства (9-10 років) зростає значення гіпоталамо-гіпофізарної системи.

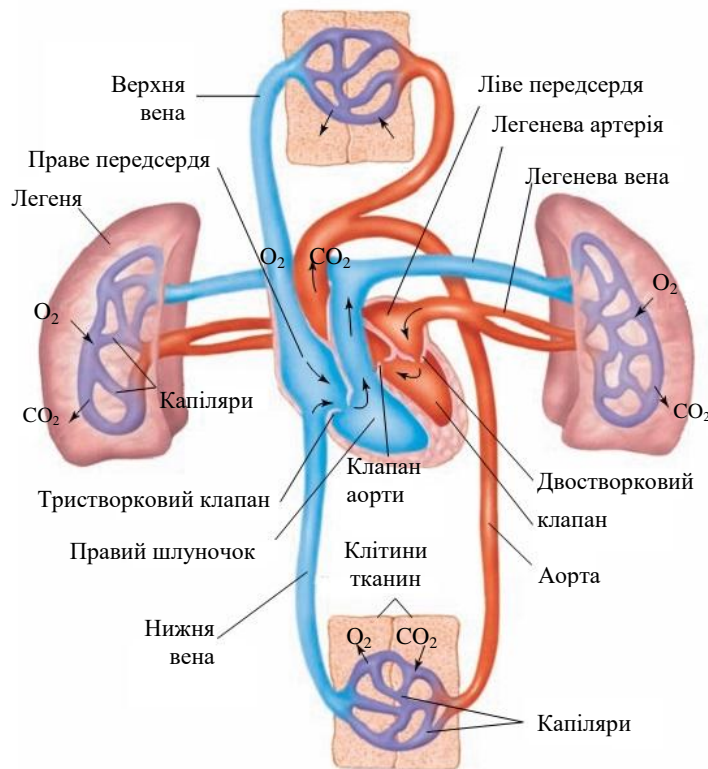


Рисунок 1. Діаграма системи циркуляції крові

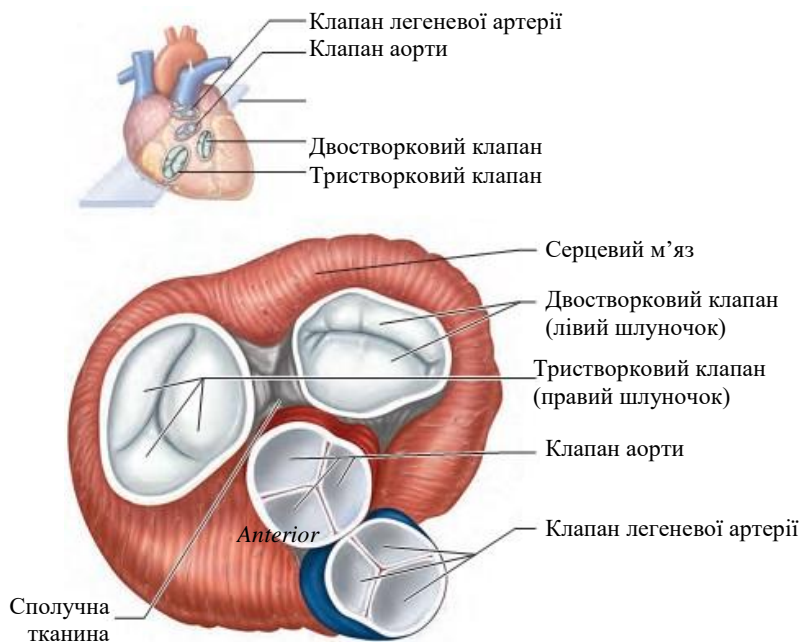


Рисунок 2. Клапани серця

Характеристика ССС дітей дошкільного і молодшого шкільного віку

Дошкільнята мають *низький артеріальний тиск (АТ) через низький периферичний опір судин*, причиною якого є *низький тонус судинної стінки*. Низький опір кровотоку і слабо виражена реакція стінки судин на подразники не сприяють підтриманню гомеостазу. Навіть за незначного охолодження тепловіддача дитячого організму різко зростає, оскільки судини шкіри залишаються розширеними. Вдосконалення судинорухових реакцій на зовнішні подразники починається з 6-ти річного віку. Прискорити цей процес можна за допомогою процедур загартовування.

В процесі росту та розвитку організму АТ підвищується, також підвищується абсолютна величини ХОК. Проте ХОК відносно маси тіла зменшується за рахунок *зниження енергетичних процесів, фізіологічного зниження ЧСС і звуження артеріол*.

Через *незбалансованість регуляції симпатичної та парасимпатичної нервової системи* та низьку реактивність судин до подразників тиск у дітей молодшого шкільного віку становить 85-90 уд/хв. З віком встановлюються *адекватні реакції рецепторів судин на подразники та відповідь нутрощевої нервової системи*, завдяки чому діаметр артеріол швидше змінюється у відповідь на зміни артеріального тиску. Таким чином відбувається поступовий перехід від режиму новонародженості з високим кровотоком і низьким тиском до режиму дорослої людини з низьким кровотоком і високим тиском.

З 7-8-річного віку спостерігається **передстартова реакція ССС**: ще до початку м'язової роботи прискорюється серцебиття і підвищується АТ. Це свідчить про утворення **умовнорефлекторних реакцій ССС**. Проте організм дитини навіть в умовах систематичних фізичних тренувань не має тієї економізації функцій ССС, що характерна для дорослого організму.

За різноманітних навантажень, коли потреба в кисні й поживних речовинах збільшується, ХОК збільшується: у дітей молодшого шкільного віку за рахунок пришвидження пульсу, а в підлітків і дорослих – за рахунок збільшення ударного об'єму, який за навантаження може збільшуватися в 2 рази. У тренуваних людей серце має *більший розмір* (часто збільшений лівий шлуночок). Ударний об'єм серця у спортсменів навіть у стані спокою у 2,5-3 рази перевищує показники нетренованої людини. При цьому ЧСС у спортсменів завжди нижча – близько 60 уд/хв. Таким чином досягається економізація функції ССС.

Серцево-судинна система підлітків

У підлітків маса серця і розміри його камер збільшуються швидше, ніж діаметр кровоносних судин. Через швидкий ріст тіла, разом з яким подовжуються судини, спостерігається звуження судин особливо тих, що відводять кров від серця (аорти і легеневого ствола).

Ріст клапанів серця не встигає за ростом серцевого м'яза, створюється їхня **тимчасова недостатність** – *неправильне закриття, вигин у передсердя* під час систоли шлуночків, що веде до зниження ударного об'єму і зменшення кровопостачання тканин. Недостатність клапанів і незрілість **сосочкових м'язів серця**, на яких утримуються створки клапанів спричиняє десинхронізацію їх функцій, що призводить до зменшення потоку крові у судини і до тканин.

Підвищення рівня **адреналокортикотропного гормону** у крові під час статевого дозрівання призводить до спазму малих артеріол (додаткове підвищення опору), що знижує приток крові у капіляри і веде до погіршення обміну речовин між кров'ю і міжклітинною рідиною.

Протягом пубертатного періоду посилюються *статеві відмінності ССС*, які починають проявлятися вже в 4-х річному віці – розмір серцевого м'яза є більшим, а АТ вищим у хлопців, ніж у дівчат. Проте величина АТ у дівчат набуває дорослого значення раніше, ніж у хлопців – через 3,5 роки після початку першої менструації.

Протягом підліткового періоду у школярів спостерігається *вища ЧСС*, однак, в кінці цього вікового періоду збільшується *сила серцевих скорочень* і *починає домінувати парасимпатичний тонус*, в результаті чого знижується ЧСС.

Стартова реакція ССС підлітків є більшою, ніж у дорослих, тому в них знижується ефективність адаптації не тільки до м'язових, а й температурних навантажень.

Вікові особливості регіонального кровообігу

Ефективність постачання кисню і поживних речовин до тієї чи іншої тканини залежить від того, як організовані капіляри у тканині та як керується кровоток до неї. У дітей *кількість капілярів в органах і тканинах є надлишковою*, тому кількість крові (в переліку на одиницю маси тіла), що в них надходить, є значно більшою, ніж у дорослих, що вказує на знижену економічність цього процесу. Це обумовлено *більшими потребами дітей в кисні, поживних речовинах, а також підвищеною чутливістю їхніх тканин до вмісту продуктів клітинного метаболізму в тканинах*. Саме тому організм витрачає надмірні зусилля на роботу системи кровообігу, водночас підтримуючи її високу надійність.