

**Львівський державний університет фізичної культури  
ім. Івана Боберського  
Кафедра анатомії та фізіології  
"Фізіологія людини "**

**Лекція №10**

**Тема лекції: ФІЗІОЛОГІЯ КРОВОНОСНИХ СУДИН.**

План лекції:

1. Вступ.
2. Основні принципи гемодинаміки.
3. Основні показники гемодинаміки:
  - а) артеріальний тиск;
  - б) швидкість кровотоку.
4. Особливості кровотоку в венах і капілярах. Мікроциркуляція.
5. Методи дослідження судинної системи.
6. Нейро-гуморальна регуляція тонуусу судин.
7. Висновок.

Лекція розрахована на 2 академічні години

Навчальні та виховні цілі: розглянути основні закони гемодинаміки, поняття про особливості кровотоку в різних ділянках судинного русла, основні показники гемодинаміки та їх залежність від зовнішніх чинників, нейро-гуморальну регуляцію судинного тонуусу.

Матеріальне забезпечення: таблиці, слайди, мультимедійні презентації.

склала: проф. Коритко З.І.  
Затверджена на засіданні  
кафедри анатомії та фізіології  
"15" серпня 2024 р.  
протокол №   1

Рух крові по кровоносних судинах - необхідна умова життя клітин, тканин і організму. Навіть короткочасна зупинка кровообігу, особливо в головному мозку, може викликати загибель організму. Кров циркулює по замкненій системі судин в напрямку артерія вена. При русі по судинній систем кров проходить складний шлях - велике і мале коло кровообігу. Велике коло кровообігу починається від лівого шлуночка серця аортою, яка дає розгалуження, що переходить в артеріоли, капіляри і вени всього тіла, і закінчується двома великими венами, що впадають в праве передсердя. Мале коло кровообігу починається від правого шлуночка легеневою артерією, яка переходить в капіляри легень і закінчується легеневидами венами, що впадають в ліве передсердя.

Легенева артерія - єдина артерія в організмі, по якій тече венозна кров з правого шлуночка в легені, а легенева вена (їх 4) - єдина, по якій тече збагачена  $O_2$  артеріальна кров з легень в ліве передсердя.

Артерії поділяють на 2 види:

- \* артерії еластичного типу (аорта, легенева артерія, стегнова артерія, плечова артерія), у яких в середній оболонці переважають еластичні волокна;
- \* артерії м'язового типу - це всі решта артерій, що забезпечують органи і тканини артеріальною кров'ю і є регуляторами тиску крові;
- \* є судини, що мають кологеневі волокна. Вони володіють великою пружністю, запобігають розриву стінок. Це судини великого і середнього калібру.

Вени за будовою подібні до артерій, але їх середня станка значно тонша і вони мають клапани, що запобігають зворотньому току венозної крові. Стінки капілярів складаються з одного шару епітелію і зірчатих клітин Руже, які виконують скоротливу функцію.

Рух крові по кровоносних судинах здійснюється у відповідності з законами гідраліки і гідродинаміки. Вчення про рух крові (гемодинаміка) основане на фізичних явищах руху рідини в замкнених судинах. Гемодинаміка визначається

двома силами: тиском, під яким рухається рідина, і опором, який відчуває рідина внаслідок своєї в'язкості, тертя до стінок трубки і вихрових рухів. Рушійною силою крові служить різниця тисків, яка виникає на початку і в кінці трубки. Це можна виразити формулою:

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R},$$

R

де:  $P_1$  - артеріальний тиск;

$P_2$  - венозний тиск;

R - опір судин.

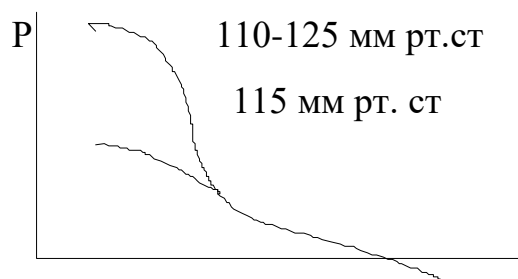
Отже, кількість крові (Q), що проходить за одиницю часу всю кровоносну систему тим більша, чим більша різниця тисків в артеріальному і венозному кінцях і чим менший опір току крові (R). Це основний гідродинамічний закон, який визначає як величину загального кровотоку в організмі, так і величину кровообігу окремих органів.

Фактори, що впливають на гемодинаміку:

- 1) артеріальний тиск;
- 2) швидкість кровотоку в судинному руслі;
- 3) серцевий викид;
- 4) периферичний опір судин;
- 5) кількість крові, що поступає в серце - венозний прилив крові.

### Артеріальний тиск

При кожному скороченні серця в артерії викидається під великим тиском деяка кількість крові. Її вільному пересуванню чинить опір периферія судин, в результаті чого створюється тиск, що називається кров'яним тиском. Кров'яний тиск необінаковий в різних відділах судинної системи. Найбільший тиск в аорті і великих артеріях і знижується в малих артеріях, артеріолах, капілярах, венах та стає нище атмосферного тиску в порожнистих венах.



Фактори, що впливають на величину артеріального тиску залежить від:

- кількості крові, що поступає за одиницю часу з серця в аорту;
- від інтенсивності відтоку крові з центральних судин на периферію;
- від ємкості судинного русла;
- від опору артеріальних стінок;
- в'язості крові.

Тиск в артеріях неодинаковий протягом серцевого циклу. Він більший під час систоли і менший при діастолі. Найбільший тиск в артеріях називається систолічним або максимальним і становить 115-120 мм рт., найменший - діастолічний або мінімальний - 60-80 мм рт.ст. Є ще пульсовий тиск.

$$\text{ПТ} = \text{Систол.} - \text{Діастол.} = (40-60 \text{ мм рт. ст.}),$$

а також середній, який вираховується розрахунковим методом:

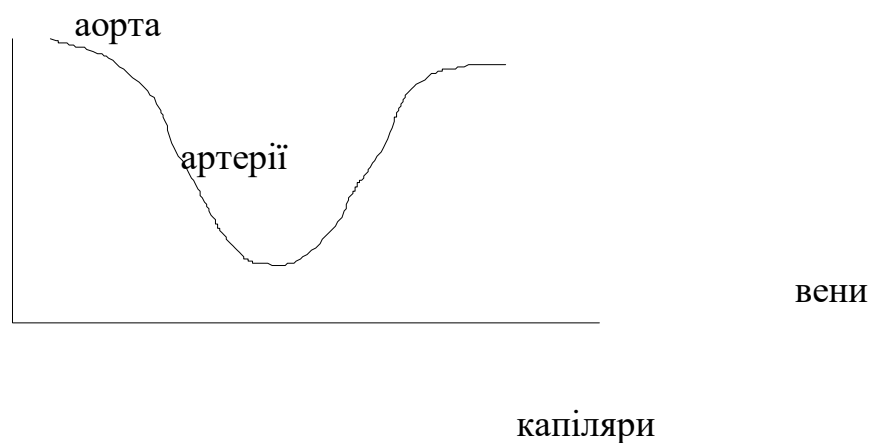
$$\text{СТ} = \text{ДТ} + 1/8 \text{ ПТ}$$

і ця величина завжди є ближча до діастолічного тиску. Різниця тисків і є рушійною силою, що забезпечує рух крові. Величина артеріального тиску залежить від віку, статі, індивідуальних особливостей людини, фізіологічного стану і від потужності фізичного навантаження. Так у дітей він нижчий, ніж у дорослих (7-8 р. - 99/67 мм рт.ст.), у людей похилого віку більший (140-150 мм рт. ст.) - гіпертонія, залежить від розмірів тіла; у жаби - 30, у собак - 140, у котів - 150, слонів - 230-250 мм рт.ст. Артеріальний тиск при фізичному навантаженні може збільшитись до 200-220 мм рт.ст., ступінь збільшення залежить від потужності роботи і індивідуальних особливостей людини. При тривалій напруженій роботі діастолічний тиск може бути дещо нижчим, що обумовлено значним розширенням судинного русла в м'язах.

## Швидкість кровотоку.

Розрізняють об'ємну і лінійну швидкість кровотоку. Об'ємна швидкість - це кількість крові, що протікає через всю кровоносну систему за одиницю часу (мл/хв, мл/сек).

Лінійна швидкість кровотоку - це швидкість руху крові вздовж судин (см/сек). Лінійна швидкість неоднакова в різних відділах судинної системи. Висока в аорті і артеріях, різко знижується в капілярах, а в венах лінійна швидкість кровотоку знову зростає, що пояснюється їх меншим загальним кровотоком в порівнянні з капілярами.



Час кровотоку - час, протягом якого проходить кров через велике і мале коло кровообігу. Це відбувається протягом 21-23 сек. При фізичній роботі цей час зменшується і залежить від потужності роботи. При легкій фізичній роботі повний кругообіг становить 15 сек, а при важкій 8-9 сек.

Периферичний опір судин визначається по формулі:

$$R = (P_a - P_v) \times Q \text{ (дін.с.см}^3\text{)}$$

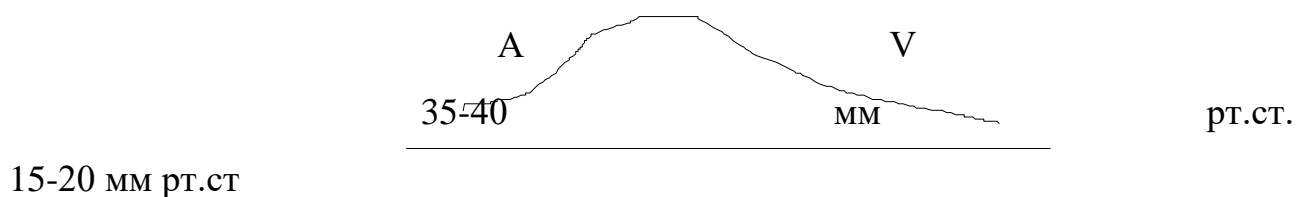
R в стані спокою становить 1200-1600 дін.с.см<sup>-5</sup>, а при фізичному навантаженні 2000-3000 дін.с.см<sup>3</sup>.

### 3. ОСОБЛИВОСТІ КРОВООБІГУ В ВЕНАХ І КАПІЛЯРАХ. МІКРОЦИРКУЛЯЦІЯ.

Мікроциркуляція - рух крові по капілярах, кровоносних і лімфатичних судинах, діаметр яких менший 100 мк. В капілярах, а це судни довжиною 0,5-1,1 мм, діаметр 5-7 мкн, відбувається обмін речовин між кров'ю і тканинами. Лімфатичні капіляри - це сліпі вирости, де збирається та частина тканинної рідини, щ не реабсорбувалась капілярами. Є три типи капілярів:

- 1) соматичні капіляри - вузький канал, що пропускає H<sub>2</sub>O, солі глюко(міокард, скелетні м'язи);
- 2) вісцеральні капіляри - ширші капіляри. Тут відбувається процес всмоктування в нирках, кишечнику;
- 3) синусоїдні капіляри - (печінка, кістковий мозок, селезінка).

Швидкість кровотоку в капілярах невелика - всього 0,3-1,0 мм/сек. Кількість капілярів в різних тканинах неоднакова. Їх більше в тих тканинах, де інтенсивний обмін реовин. Кров'яний тиск в них коливається від 8 до 40 мм рт.ст. Причому тиск є різний в одному і тому ж капілярі. В артеріальному кінці він дещо вищий, ніж в венозному.



В стані спокою кров тече по всіх капілярах. Приблизно 1/3 їх повністю (тимчасово) виключена з кровообігу. А під час інтенсивної роботи м'язів кількість функціональних капілярів зростає, посилюється місцевий кровотік, т.зв. робоча гіперемія.

В деяких ділянках шкіри, нирок, легень є безпосередні з'єднання артеріол і вен. Такі з'єднання називають артеріо-венозні анастомози. Вони відіграють важливу роль в регуляції капілярного кровообігу. В звичайних умовах артеріо-венозні анастомози закриті і кров тече через капілярну сітку. при підвищенні чи пониженні зовнішньої температури артеріо-венозні анастомози відкриваються, в результаті чого кров безпосередньо поступає з артеріол в вену. Таким чином організм захищений від перегріву та переохолодження.

### **Кровообіг в венах.**

Стінки вен тонші і більш розтягнені, ніж стінки артерій, тому в венах може депонуватись значна кількість крові.

Лінійна швидкість кровотоку зростає від периферії до серця. в периферичних венах середнього калібру вона дорівнює 6-14 см/сек, в порожнистих венах - до 30 см/сек, що зано менше лінійної швидкості кровотоку в аорті. Об'ємна швидкість однакова у всіх відділах венозної системи.

Рух крові і нижній порожнистій вені і в венах нижніх інцівок спрямований проти дії сили тяжіння. Цьому руху сприяють:

- \* венозні клапани, що забезпечують однонаправлений рух крові - від периферії до серця;
- \* зміна тиску в плевральній порожнині (він підвищується при видосі, що сприяє нагромадженню крові в великих венах і знижується при вдосі, збільшуючи поступання крові з вен до серця);
- \* скорочення скелетних м'язів при роботі, які стискаючи вени, забезпечують вижимання з них крові в напрямку до серця.

Вплив дихальних рухів на венозний кровообіг називається "дихальним насосом", вплив деяких скелетних м'язів - "м'язовим насосом". При динамічній циклічній роботі руху крові в венах сприяють і дихальний і м'язовий насоси. При статичних зусиллях і особливо при силовій роботі внутрігрудний тиск і тиск в порожнистих венах підвищується. Притік крові до серця знижується, в

результаті чого зменшується серцевий викид, знижується артеріальний тиск, погіршується кровопостачання головного мозку, що може призвести до втрати свідомості.

#### **4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

##### **Артеріальний тис.**

1. Прямий або кровавай (шляхом івісекції).

При цьому в артерію вводиться голка, з'єднана з манометром. Цей метод вимагає хірургічного втручання і тому мало використовується для масових досліджень.

2. Безкровний або непрямий.

а/ аускультативний або Короткова. Запропонований Н.С.Коротковим в 1905р. При цьому методі використовується тонометр і манжета, а про величину кров'яного тиску судять по виникненню і зникненню звуків, які прослуховуються на артерії нижче місця накладання манжети. При нагнітанні повітря в манжету відбувається здавлення кінцівки, плечової артерії і зникнення звуків. Після цього тиск в манжеті поступово знижується. Коли воно знижується настільки, що тиск крові при систолі стає вищим ніж тиск в манжеті, то на артерії починаються прослуховуватись звуки, обумовлені током крові під манжетою при систолі. Покази манометра, що відповідають появу цих звуків характеризують систолічний тиск. При дальнішому зниженні тиску в манжеті звуки спочатку посилюються, а потім зчезають. В цей момент тиск в манжеті стає рівним тиску в артерії при розслабленні серця.

б/ пальпаторний.

##### **Досліджування пульсових коливань судин.**

При кожній систолі серце виштовхує в аорту невелику кількість крові (60-80 мл), яка зустрічає опір крові, що знаходиться в судинах. ділянка розширення артерії переміщується по судинах у виді хвилі. Цю хвилю коливань стінок артерій, що зумовлені підвищенням тиску під час систоли, називають артеріальним пульсом. Пульсова хвиля розповсюджується з швидкістю 7-9 м/с і



не зв'язана з швидкістю руху крові в артерії. З віком пружність стінок артерій зменшується, тому швидкість поширення пульсової хвилі особливо в аорті, збільшується.

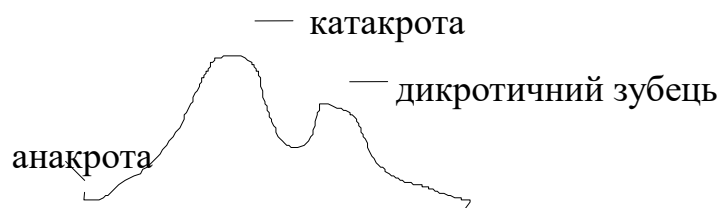
Дослідження пульсу має велике значення в медицині, спортивній практиці.

#### 1. Пальпаторний.

При пальпаторному дослідженні пульсу визначають частоту, ритм, висоту, що свідчить про висоту коливань стінки артерій, швидкість (показник кривизни зростання пульсової хвилі) та напруження ("твердий" або "м'який" пульс).

#### 2. Графічний - сфігмографія.

При графічному записі на сфігмограмі з аорти і великих артерій визначають дві головні частини - підняття і спад. Підняття хвилі - анакрота зумовлена розширенням стінок аорти під час систоли, а спад катакрота відповідає закінченню систоли і зменшенню тиску в судинах. На порчатку зниження артеріального пульсу з'являється другий невеликий підйом, який називається дикротичним зубцем.



Венний пульс реєструється з допомогою флебографії. В момент систоли тиск всередині вен підвищується і відбувається коливання їх стінок. На флебограмі відмічено зубці. Один зубець виникає в результаті систоли передсердь, другий - обумовлений поштовхом сонної артерії, пологий зубець зв'язаний з розширенням стінки вен. венний пульс має діагностичне значення при деяких захворюваннях серця, зокрема недостатності трьохстулкового клапана.

### 5. НЕЙРОГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ ТОНУСУ СУДИН.

Тонус кровоносних судин постійно регулюється вегетативною нервовою системою. Артерії і артеріоли мають судинно-звужуючі нервові волокна - вазоконстриктори, які відносяться до симпатичної нервової системи, і судиннорозширюючі - вазодилататори, що належать до парасимпатичної нервової системи. Судиннозвужуюча дія обумовлена тим, що по симпатичному нерву до кровоносних судин поступають нервові імпульси, які піднімають їх стінки в стані деякого напруження - тонусу. Якщо симпатичний нерв перерізати, то потік імпульсів припиниться і судини розширяться.

Тонус судинної системи в цілому забезпечується з участю судиннорухових центрів, які розміщені на дні IV мозкового шлуночка. Центр має два відділи: пресорний і депресорний. Подразнення першого відділу викликає звуження артерій і підйом кров'яного тиску, подразнення другого - розширення артерій і відповідно падає тиск.

Функція судиннорухового центру здійснюється рефлекторним і гуморальним шляхом. Судинноруховий центр отримує імпульси в периферії від рецепторів, розміщених в різних органах і тканинах, особливо в стінці дуги аорти, в серці, сонних артеріях. Важливе значення мають пресобарорецептори, розміщені в дузі аорти і в облаті сонної артерії - каротидний синус. Місце, де розміщені пресорецептори називаються судинними рефлексогенними зонами. З участю спеціальних нервів вени зв'язані з судинноруховим центром. Так рецептори аорти передають сигнали депресорному нерву, що проходить в складі блукаючого нерва, рецептори сонних артерій - синокаротидному нерву Герінга, що вступає в мозок в складі язикоглотикового нерва.

Подразнення депресорного нерва викликає підвищення тонусу центра блукаючого нерва, одночасно знижує тонус судиннозвужуючого центру, і кров'яний тиск падає, розширюються судини внутрішніх органів.

Поряд з барорецепторами є ще хеморецептори, чутливі до змін хімічного складу крові. Вони розміщені в області аорти, сонних артерій, в судинах серця, селезінки, наднирники, нирок. Ці рецептори дуже чутливі до змін  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  в крові, окису вуглецю, ціаніду, нікотину і іншим речовинам. Подразнення

хеорецпторів передається судинноруховому центру, підвищуючи його тонуc. В результаті цього судини швидко звужуються, кров'яний тиск підвищується і збуджується цент дихання.

Отже, подразнення хеморецпторі викликає судинні рефлеки пресорного характеру. Судинноруховий центр знаходиться і під впливом кори великих півкуль і інших відділів головного мозку (сигмовидна звивина, премоторна зона). Цей вплив проявляється при емоційному збудженні, що супроводжується підвищенням артеріального тиску. Деяким судиннозвужуючим і судиннорозширюючим впливом володіють деякі біологічноактивні речовини (гормони, медіатори). Гормони наднирників адреналін і норадреналін, гормон задньої долі гіпофіза - антидіуретичний гормон викликають звуження артерій і артеріол органів черевної порожнини і легень. Проте судини мозку і серця реагують на ці речовини розширенням, що сприяє покращенню живлення серцевого м'язу і тканин мозку. В слизовій оболонці кишечника, мозку при розпаді кров'яних пластинок утворюється серотонін, який володіє судиннозвужуючим ефектом.

В нирках виробляється особлива речовина - ренін. Цн фермент, який самостійно не звужує судини, але поступаючи в кров впливає на утворення ангіотензину II, який звужує судини і підвищує артеріальний тиск. Отже, поражение нирок є причиною виникнення гіпертонії.

Здатністю розширити судини володіють гістамін, ацетилхолін, простагландини, аденозинтрифосфорна кислота, брадікінін і ін. В стані фізіологічного спокою гормони, що розширюють судини, циркулюють в крові в невеликій кількості, але при необхідності можуть і знизити кров'яний тиск. Наприклад, при посилених фізичних навантаженнях вони поступають в кров в великій кількості, викликаючи депресорний ефект.

Нервова і гуморальна регуляція кровообігу тісно пов'язані.

## Література.

1. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посіб. для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр" : у 2 ч. / Вовканич Л.С., Бергтраум Д.І. – Л. : ЛДУФК.- 2011 – Ч. 1. – 344 с.
2. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. К. Вища школа.- 1991.- С.3-33.
3. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.
4. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.
5. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.
6. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. – К.: Здоров'я, 1994. – 608 с.
7. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.
8. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Л. : ЛДУФК, 2013. – 208 с.  
Режим доступу: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/9261>
9. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків та ін. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с.
10. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Белан [та ін.] ; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.
11. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.
12. Фізіологія [Текст] : підруч. для студентів вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / [В. Г. Шевчук та ін.] ; за ред. чл.-кор. НАПН України, проф.

В. Г. Шевчука. - Вид. 2-ге, випр. і допов. - Вінниця : Нова Книга, 2015. –  
447 с