

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

Лекція № 10

ФІЗІОЛОГІЯ КРОВОНОСНИХ СУДИН

з навчальної дисципліни

«ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ»

Рівень вищої освіти – бакалавр

Спеціальність – 017 „Фізична культура і спорт”

Склала: проф. Коритко З.І.

Затверджена на засіданні
кафедри анатомії та фізіології

"30" серпня 2021 р.

протокол № 1

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.

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 системі 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 легневими 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 O₂ 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 кологенові 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 гідравліки і гідродинаміки. Вчення про рух крові (гемодинаміка) ґрунтується 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:

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

де: P_1 - артеріальний тиск;

P_2 - венозний тиск;

R - опір судин.

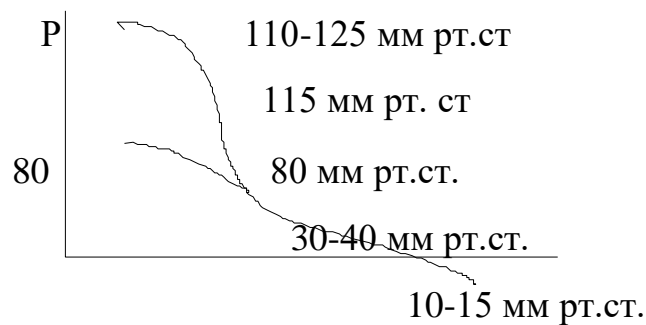
Отже, кількість крові (Q), що проходить за одиницю часу всю кровоносну систему тим більша, чим більша різниця тисків в артеріальному і венозному кінцях і чим менший опір току крові (R). Це основний гідродинамічний закон, який визначає як величину загального кровотоку в організмі, так і величину кровообігу 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 мініальний - 60-80 мм рт.ст. Є ще пульсовий тиск.

ПТ = Систол. - Діастол. = (40-60 мм рт. ст.),

а також середній, який вираховується розрахунковим методом:

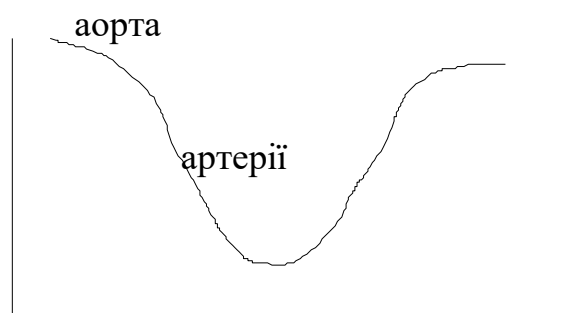
$$СТ = ДТ + 1/8 ПТ$$

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.



капіляри

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⁻⁵, а при фізичному навантаженні 2000-3000 дін.с.см³.

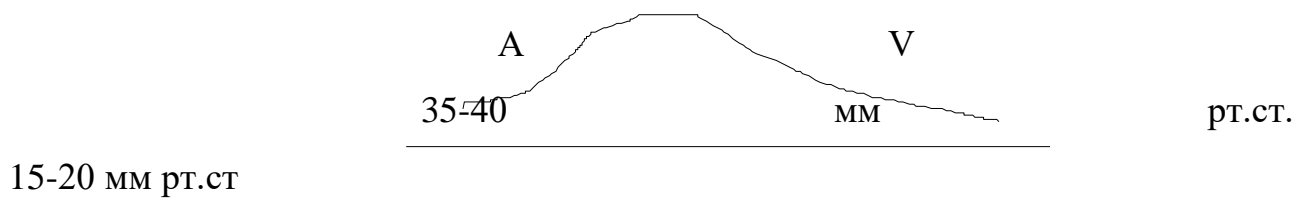
3. ОСОБЛИВОСТІ КРОВООБІГУ В ВЕНАХ І КАПІЛЯРАХ. МІКРОЦИРКУЛЯЦІЯ

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

- 1) соматичні капіляри - вузький канал, що пропускає H₂O, 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 речовин. 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 знано 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 тиск

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 нище 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 перемішується 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.

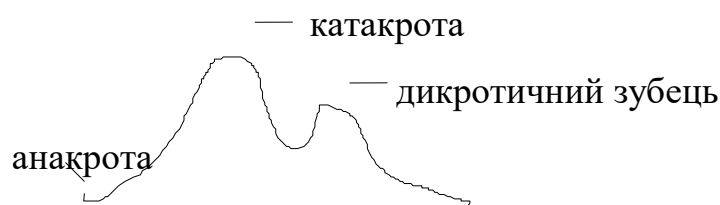
Дослідження пульсу має велике значення в медицині, спортивній практиці.

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 початку 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 - вазодилітатори, 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 тону центр блукаючого нерва, одночасно знижує тону 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 CO_2 і O_2 в крові, окису вуглецю, ціаніду, нікотину і іншим речовинам. Подразнення хеморецепторів передається судинноруховому центру, підвищуючи його тону. В результаті цього судини швидко звужуються, кров'яний тиск підвищується і збуджується центр дихання.

Отже, подразнення хеморецепторів 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. Ця 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 посиленних фізичних навантаженнях вони поступають в кров в великій кількості, викликаючи депресорний ефект.

Нервова і гуморальна регуляція кровообігу тісно пов'язані.

Рекомендована література

Основна:

1. Вовканич Л. С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л. С. Вовканич, Д. І. Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.
2. Вовканич Л. С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр" : у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Львів : ЛДУФК, 2011 – Ч. 1. – 344 с.
3. Коритко З. І. Загальна фізіологія / Коритко З. І., Голубій Є. М. – Львів, 2002. – 172 с.
4. Физиология человека / под ред. Н. В. Зимкина. – Москва : Физкультура и спорт, 1975. – 213 с.
5. Физиология мышечной деятельности / под ред. Я. М. Коца. – Москва : ФиС, 1982. – 243 с.
6. Фізіологія людини : навч. посіб. / [Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І., Коритко З. І., Музика Ф. В.]. – Вид. 2-ге, допов. – Львів : ЛДУФК, 2013. – 207 с.
7. Кучеров І. С. Фізіологія людини і тварин. – Київ: "Вища школа", 1991.

Допоміжна:

8. Физиология человека / Под ред. Р.Шмидта и Г.Тевса. М., 2Мир", 1986, с.102-160.

9. Гуревич М.И., Бернштейн С.А. Основы гемодинамики. Киев: Наукова думка, 1979, 230 с.
10. Кондради Г.П. О механизмах регуляции сосудистого тонуса. - Л., Наука, 1973, 325 с.
11. Коритко З. І. Вплив різних режимів бігових навантажень на адаптаційний потенціал та функціональні резерви кровообігу студентів 18–20 років / З. І. Коритко, І. Я. Леськів, М. А. Колядко // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Вип. 1, т. 2(99). – С. 309 – 312.
12. Адаптаційний потенціал та функціональні резерви кровообігу студентів з різним видом рухової активності / Коритко З. І., Мисаковець О. Г., Леськів І. Я., Мисаковець О. О. // Експериментальна та клінічна фізіологія і біхімія. – 2013. – № 3. – С. 77 – 84.