

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

Петро Плахтій

ФІЗІОЛОГІЯ
КИСНЕЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ СИСТЕМ
в запитаннях і завданнях

м. Кам'янець-Подільський
ПП «Медобори-2006»
2012

УДК 612.766:796+371.73

ББК 28.903.7+74.200.84

П 37

Рецензенти:

М.С. Гончаренко – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедрою валеології ХНУ імені В.Н. Каразіна;

А.І. Шинкарук – доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедрою загальної психології К-ПНУ імені Івана Огієнка;

Е.О. Жигульова – кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання та фізичної реабілітації К-ПНУ імені Івана Огієнка.

Плахтій П. Д.

П 37 Фізіологія киснезабезпечуючих систем в запитаннях і завданнях : Навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2012. – 208 с.

ISBN 978-966-1638-75-3

У посібнику висвітлені основні теоретичні положення сучасної фізіологічної науки та матеріали власних досліджень автора з питань киснезабезпечуючих систем – крові, кровообігу та дихання. Особлива увага акцентується на ситуаційних запитаннях і завданнях оздоровчої спрямованості.

Для студентів галузі знань 0401 «Природничі науки» і 0102 «Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини», викладачів вузів, магістрантів, аспірантів, вчителів біології і основ здоров'я, учнів спецшкіл (гімназій, коледжів, ліцеїв) з поглибленим вивченням біології.

УДК 612.766:796+371.73

ББК 28.903.7+74.200.84

*Друкується згідно ухвали вченої ради
Кам'янець-Подільського національного університету
імені Івана Огієнка
(протокол № 4 від 31.03.2011 р.)*

ISBN 978-966-1638-75-3

© П. Д. Плахтій, 2012

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ I. ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВІ	6
Тема 1. Фізико-хімічні властивості плазми і формених елементів крові	6
1.1. Поняття про внутрішнє середовище організму і його постійність. Функції крові	6
1.2. Функціональна характеристика еритроцитів і гемоглобіну. Зміни кисневої ємності крові при фізичних навантаженнях	15
1.3. Функціональна характеристика лейкоцитів і тромбоцитів. Регуляція функцій системи крові	24
1.4. Особливості змін складу і фізико-хімічних властивостей крові в умовах виконання фізичної роботи	33
Тема 2. Захисна функція крові та її антигенні властивості	36
2.1. Специфічні і неспецифічні механізми захисту організму від збудників інфекційних захворювань	36
2.2. Фізіологічні механізми згортання крові	47
2.3. Групи крові та їх успадкування. Резус-фактор	52
Розділ II. ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ДИХАННЯ	61
Тема 1. Газообмін між легеньями і довкіллям	61
1.1. Поняття про дихання, його значення в підтриманні основних процесів життєдіяльності організму	61
1.2. Зовнішнє дихання та основні критерії його ефективності при виконанні фізичної роботи	70
1.3. Легенева вентиляція і її ефективність. Альвеолярна вентиляція	80
Тема 2. Споживання кисню організмом в стані спокою і в умовах виконання фізичної роботи	84
2.1. Газообмін між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень. Дифузійна спроможність легень	85
2.2. Транспортування дихальних газів кров'ю. Газообмін між кров'ю капілярів і тканинами. Коефіцієнт використання кисню	89
2.3. Показники досконалості механізмів аеробного й анаеробного енергозабезпечення діяльності людини	94
<hr/> <hr/>	
	3

Тема 3. Резерви функціональних можливостей системи дихання в умовах фізичних навантажень, пониженого і підвищеного атмосферних тисків	99
3.1. Регуляція дихання. Довільні режими зовнішнього дихання спортсменів.....	99
3.2. Фізіологічні механізми киснезабезпечення в умовах пониженого і підвищеного атмосферних тисків.....	109
3.3. Фізіологічні механізми киснезабезпечення в умовах фізичних навантажень.....	117
Розділ III. ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ	121
Тема 1. Фізіологічні властивості серцевого м'яза і показники роботи серця	122
1.1.Анатомо-фізіологічні особливості серця. Серцевий цикл.....	122
1.2. Фізіологічні властивості серцевого м'яза. Зовнішні прояви серцевих скорочень.....	129
1.3. Прямі і непрямі показники роботи серця.....	140
Тема 2. Рух крові в кровоносних і лімфатичних судинах. Механізми регуляції системи крово- і лімфообігу	147
2.1. Морфофункціональна характеристика кровоносних судин. Основні принципи гемодинаміки.....	147
2.2. Тиск крові в кровоносних судинах. Ортостатичні реакції.....	155
2.3. Кровообіг і обмін речовин в капілярах. Рух крові у венах і лімфатичних судинах.....	164
2.4. Механізми нейрогуморальної регуляції функціонального стану серця і кровоносних судин.....	173
Тема 3. Функціональні ефекти адаптації системи кровообігу до фізичних навантажень та інших стресових подразників	186
3.1. Показники функціонального стану системи кровообігу людини в стані спокою і в умовах виконання дозованих фізичних навантажень.....	186
3.2. Зміни функціонального стану системи кровообігу, спричинені виконанням максимальних динамічних і статичних навантажень.....	194
3.3. Вікові особливості системи кровообігу. Зміни функціонального стану серцево-судинної системи у школярів і студентів в умовах емоційного стресу.....	201
ЛІТЕРАТУРА	206

ВСТУП

Фізіологія людини – одна з найбільш важливих дисциплін у циклі біологічних наук. Знання її основних положень необхідне для наукового обґрунтування інших дисциплін, тісно пов'язаних з практичною діяльністю вчителя біології і фізичного виховання, зокрема таких як валеологія, безпека життєдіяльності, теорія і методика фізичної культури, основи здоров'я. Усе це зумовило необхідність збагачення новими даними змісту і деякої перебудови курсу фізіології людини для студентів факультетів біології і фізичної культури ВНЗ.

У посібнику висвітлені основні теоретичні положення сучасної фізіологічної науки та матеріали власних досліджень автора з питань киснезабезпечуючих систем – крові, кровообігу та дихання. Особлива увага акцентується на ситуаційних запитаннях і завданнях оздоровчої спрямованості.

Корисність книги значно зростає у зв'язку з переходом на Болонську систему освіти, в якій особлива увага приділяється самостійній роботі студентів. Ряд теоретичних положень фізіології киснезабезпечуючих систем розглядаються з точки зору їх використання у практичній діяльності вчителя біології та фізичної культури – в контексті пріоритетної орієнтації школярів на ведення здорового способу життя.

При формулюванні запитань і завдань та відповідей на них, особлива увага приділена формуванню у студентів професійних навичок:

- кількісної і якісної характеристики фізіологічних реакцій киснезабезпечуючих систем організму;
- визначення обсягу функціональних резервів систем крові, кровообігу і дихання;
- тестування рівня здоров'я, фізичного розвитку та функціональної підготовленості людини за показниками кинозабезпечуючих систем;
- оцінки впливу чинників довкілля і фізичних вправ на функціональний стан кинозабезпечуючих систем і здоров'я людини.

Посібник побудований за структурою модульного викладу – у вигляді запитань, завдань і відповідей на них. Він може бути використаний для самоконтролю після вивчення матеріалу звичайного типу посібників. З цією метою прочитавши запитання (ознайомившись з умовою задачі), постарайтеся спочатку самостійно на нього відповісти, а тоді перевірити вірність відповіді.

Розділ I ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВІ

Тема 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛАЗМИ І ФОРМЕНІХ ЕЛЕМЕНТІВ КРОВІ

1.1. Поняття про внутрішнє середовище організму і його постійність. Функції крові

1. Що входить до складу внутрішнього середовища організму?
Гомеостаз – обов’язкова умова повноцінної життєдіяльності організму.

* * *

Існування живого організму неможливе без зовнішнього середовища. Разом з тим, живий організм має своє внутрішнє середовище, яке істотно відрізняється від зовнішнього. При зміні зовнішніх умов внутрішнє середовище завжди залишається відносно постійним. Збереження цієї постійності – обов’язкова умова повноцінної життєдіяльності організму.

Для організму людини внутрішнім середовищем є кров, лімфа, тканинна (міжклітинна) і спинномозкова рідини. Від цих рідин до клітин організму надходять білки, жири, вуглеводи, кисень, гормони та інші речовини; у внутрішнє середовище клітини тканин і органів виділяють продукти своєї життєдіяльності.

Відносна динамічна постійність складу і фізико-хімічних властивостей внутрішнього середовища, як і постійність основних фізіологічних функцій організму в цілому, називається *гомеостазом* (К. Бернар, У. Кеннон).

Підтримання постійності внутрішнього середовища (осмотичного і онкотичного тисків, концентрації іонів Натрію, Калію, Кальцію, Хлору, глюкози, концентрації водневих іонів тощо), забезпечується регуляторною діяльністю нервової і гуморальної систем, механізмами саморегуляції обміну речовин, діяльністю систем кровообігу, дихання і виділення. Важлива роль в підтриманні гомеостазу відіграє імунна система організму. До її складу входить селезінка, тимус, кіст-

ковий мозок, лімфатичні вузли, а також спеціальні клітини, розташовані по всьому організму.

2. Загальна кількість крові в організмі юнака – 7% від маси тіла. Скільки літрів крові циркулює в кровоносних судинах юнака вагою 70 кг в стані спокою і при виконанні інтенсивного фізичного навантаження?

* * *

В умовах спокою тільки частина крові циркулює в кровоносних судинах, решта знаходиться в депо (селезінка, шкіра, легені, печінка). Депонування крові забезпечує економність діяльності серця в умовах спокою.

Обсяг циркулюючої в судинах крові (ОЦК) є однією з констант організму. Разом з тим ОЦК залежить від віку, статі, функціональних особливостей конкретної людини. Так, у дорослих чоловіків ОЦК становить близько 7% маси тіла, у жінок – 6%, у спортсменів – до 10% маси тіла.

Загальна кількість крові в організмі юнака – 7% від маси тіла, тобто 4,9 л ($70 \text{ кг} \cdot 7\% : 100\%$). В стані спокою в кровоносних судинах юнака циркулює близько 45% крові від загальної її кількості, що становитиме 2,46 л ($4,9 \text{ л} \cdot 45\% : 100\%$). Депонування крові є важливим механізмом, який забезпечує економну роботу серця в умовах спокою. При виконанні напруженої фізичної роботи майже вся депонована кров стає циркулюючою. Цим досягається значна активізація функцій киснезабезпечуючих систем. Таким чином, в умовах фізичної роботи кількість циркулюючої по кровоносним судинам крові, може зростати на 55% ($100\% - 45\%$). Загальна схема розподілення крові в системі кровообігу подано на рис. 1.1.

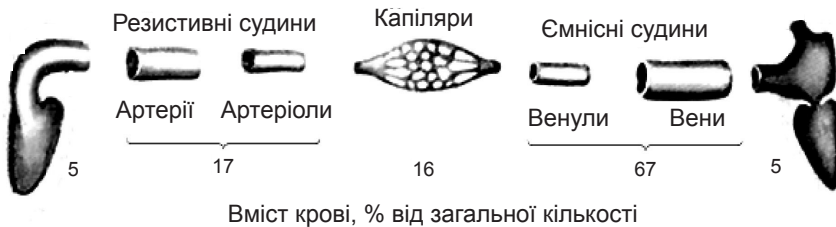


Рис. 1.1. Розподілення крові в системі кровообігу

3. Яке співвідношення плазми і формених елементів в крові 17-річного юнака (гематокрит – 45%), і у дівчини такого ж віку (гематокрит – 40%)? Зміни гематокриту при фізичних навантаженнях.

* * *

Кров – непрозора червона рідина. Вона складається з плазми і формених елементів – еритроцитів, тромбоцитів, лейкоцитів (рис. 1.2).

Гематокрит – відношення обсягу формених елементів крові (в %) до її загального обсягу. Отже, при гематокриті 45%, співвідношення формених елементів і плазми крові у юнака – 45% і 55%, при гематокриті 40 (у дівчини) – 40% і 60% відповідно. Величина гематокрита майже повністю залежить від концентрації в крові еритроцитів, обсяг яких близько 99% усіх формених елементів крові.

Під час виконання фізичної роботи частина плазми крові переходить через стінки капілярів судинного русла в міжклітинну рідину працюючих м'язів. За таких умов об'єм

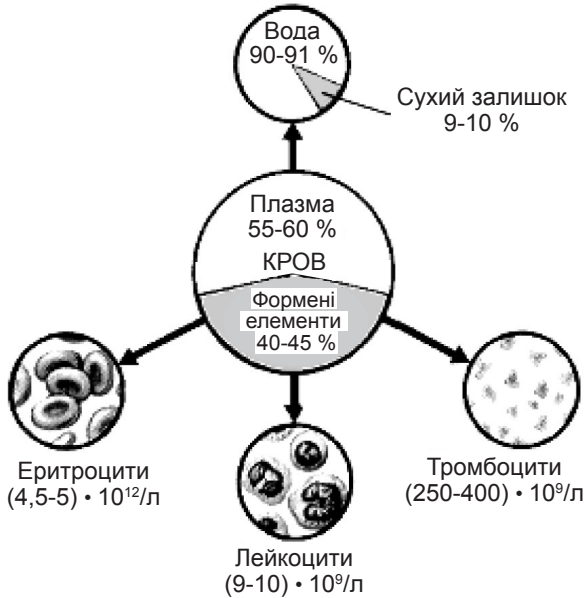


Рис. 1.2. Склад крові людини

циркулюючої крові зменшується – **гіповолемія**. Оскільки формені елементи залишаються у кровоносному руслі, гематокрит підвищується. Це явище називають **робочою гемоконцентрацією**.

4. Які інгредієнти належать до сухого залишку плазми крові людини? Функції білків плазми і небілкових азотовмісних сполук.

* * *

Плазма крові – напівпрозора рідина, жовтуватого кольору з питомою вагою 1025. Плазма крові містить близько 91% води і 9% сухого залишку. Вода плазми, поряд з іншими інгредієнтами, постійно обновлюється (за 1 хв. обмінюється близько 70% всієї води плазми). Обмін води між плазмою і міжклітинною рідиною проходить в мікроциркуляторному відділі судинної системи; міжклітинна вода, в свою чергу, інтенсивно обмінюється з внутрішньоклітинною.

Основним компонентом сухого залишку плазми є білки, в крові дорослої людини їх близько 8%. Більше половини білків плазми приходить на альбуміни (4,5-5,0 г%). Ці резервні білки крові виконують пластичну функцію. Зв'язуючи різні речовини, в тому числі і продукти обміну, альбуміни забезпечують їх транспорт до місць використання і виділення.

Друга група білків плазми – глобуліни (2,5 г%). Їхні функції багатогранні: з гама- і бета-глобулінів, у відповідь на проникнення в організм чужорідних білків (антигенів), синтезуються специфічні речовини імунітету – антитіла; фібриноген, протромбін і антигемофільний глобулін (фактор VIII) – глобуліни плазми, що беруть участь у згортанні крові; гаптоглобіни зв'язують і транспортують гемоглобін; трансферин забезпечує транспорт заліза кров'ю; ліпо- і глікопротеїди (комплексні сполуки білків плазми крові з жирами і вуглеводами) забезпечують транспорт жирів і вуглеводів кров'ю. Білки плазми крові обумовлюють створення онкотичного тиску, який відіграє важливу роль в регулюванні обміну води між кров'ю капілярів і тканинами, підтримують активну реакцію крові, забезпечують регулювання рівня кров'яного тиску.

Основним місцем утворення білків плазми крові є печінка. Вона синтезує альбуміни і фібриноген. Інші білки утворюються не лише в печінці, а й в кістковому мозку, селезінці, лімфатичних вузлах.

У плазмі знаходиться близько 20-40 мг% небілкових азотовмісних сполук білкового обміну (амінокислоти, сечовина, сечова кислота, креатин тощо), 1 г% мінеральних речовин (переважно катіонів Натрію, Калію, Кальцію, аніонів Хлору, бікарбонату та ін.), які забезпечують відносну постійність осмотичного тиску і активну реакцію крові, 100-120 мг% глюкози, близько 0,1-1% жирів і жироподібних

речовин, 200-250 мг% холестерину, 10-30 мг% молочної кислоти, ряд катіонів. Є тут також значна кількість ферментів, що беруть участь в окисно-відновних процесах (оксидази, пероксидази), в процесах згортання крові (протромбін), розчинення згустку крові (фібринолізин), розщеплення вуглеводів і жирів.

5. У чому відмінність плазми крові від сироватки крові?

* * *

Плазма з якої видалений фібриноген, називається *сироваткою*. Цільна кров без фібриногену, називається *дефібринованою*. До їх складу входять формені елементи і сироватка. Отже плазма крові відрізняється від сироватки тим, що в ній є розчинний фібриноген, а в сироватці його немає.

6. Які функції виконує кров?

* * *

Переважає більшість функцій крові пов'язана з її рухом в системі кровоносних судин. Складовими транспортної функції крові є: 1) дихальна – перенесення кисню від альвеол легень до тканин, а вуглекислого газу – від тканин до легень; 2) харчова – транспорт поживних речовин до тканин організму; 3) екскреторна – транспорт продуктів обміну (аміаку, сечовини та ін.), надлишку солей і води до органів виділення (нирок, легень, кишечника); 4) регуляторна – транспорт гормонів і інших біологічно активних речовин, з допомогою яких забезпечується гуморальна регуляція функцій; 5) терморегуляторна – розподіл тепла, що утворюється в процесі метаболізму, і його виділення в довкілля через поверхню шкіри та легень; 6) гомеостатична – завдяки руху крові досягається динамічна постійність внутрішнього середовища і стабільність основних фізіологічних функцій; 7) захисна – пов'язана з фагоцитарною активністю лейкоцитів та синтезом специфічних антитіл лімфоцитами.

У забезпеченні транспортної функції крові важливу роль відіграють її реологічні властивості – текучість (здатність до руху). Текучість в значній мірі залежить від в'язкості крові. Зниження в'язкості крові людей важкої фізичної праці, пов'язаної з загальною витривалістю є необхідною передумовою ефективного киснезабезпечення клітин. Основні гомеостатичні константи крові людини подані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Основні гомеостатичні константи крові людини

Кількість крові	1% маси тіла
Вода	90-91%
Щільність	1,056-1,060 г/см ³
В'язкість	4-5 ум. од. (щодо води)
pH	7,35-7.45
Загальний білок {альбуміни, глобуліни, фібриноген)	65-85 г/л
Катіони: Na ⁺	1.8-2.2 г/л
K ⁺	1.5-2,2 г/л
Ca ²⁺	0,04-0,08 г/л
Осмотичний тиск	7,6-8.1 атм. (768,2-818,7 гПа)
Онкотичний тиск	25-30 мм рт. ст. (3,325-3,99 гПа)
Показник депресії	-0,56 °C

7. Поняття онкотичного тиску. Чому при повному голодуванні, як і при тривалому недоїданні, особливо білковому, у людей виникають набряки?

* * *

Концентрація електролітів в плазмі крові і тканинній рідині в умовах спокою однакова. Це обумовлено легкістю проходження електролітів через капілярний епітелій. Оскільки капілярна стінка майже непроникна для великих білкових молекул, колоїдно-осмотичний тиск плазми крові більший, ніж тканинної рідини на величину, що визначається різницею концентрації білків в плазмі крові і в тканинній рідині. Та частина колоїдно-осмотичного тиску плазми крові, що зумовлена наявним вмістом в ній білків, переважно альбумінів, називається **онкотичним тиском**. Його величина близько 25 мм рт. ст.

Неоднакова концентрація білків в плазмі крові і в тканинній рідині створює ту різницю колоїдно-осмотичного тиску, яка визначає

дифузію молекул води з міжклітинної рідини в капілярне русло. Тому вміст білків у крові є визначальним чинником загального обсягу плазми крові.

Зменшення (відсутність) надходження білків в організм, з яких синтезуються білки плазми крові, призводить до зниження онкотичного тиску крові. Білки крові утримують воду в кровоносному руслі і сприяють надходженню води з тканин в кров. В умовах білкового голодування, внаслідок зменшення онкотичного тиску крові, значна частина рідини переходить в тканини, що і спричиняє утворення набряків.

8. Які штучні розчини називаються ізотонічними, гіпер- і гіпотонічними? Поняття осмотичного тиску крові.

* * *

Важливою гомеостатичною константою крові є постійність її осмотичного тиску. Якщо два розчини різної концентрації розділити напівпроникною мембраною, яка здатна пропускати тільки розчинник (воду), то він буде проникати з менш концентрованого розчину в більш концентрований. Сила, яка обумовлює рух води через напівпроникну мембрану, називається *осмотичним тиском*.

Осмотичний тиск крові, лімфи і міжклітинної рідини є важливим чинником, що забезпечує обмін води між кров'ю і клітинами. Середня величина осмотичного тиску крові людини – 7,3 атм. Близько 95% його величини, від загальної величини осмотичного тиску, припадає на долю неорганічних електролітів і перш за все хлориду Натрію. Величина осмотичного тиску цитоплазми еритроцитів і інших клітин тіла така ж, як і оточуючих їх рідин. В підтриманні постійності осмотичного тиску крові першочергове значення належить видільній функції нирок і потових залоз.

Штучні розчини, що мають однаковий з кров'ю осмотичний тиск, тобто містять в собі рівну їй концентрацію солей, називають *ізотонічними*, *ізоосмотичними*, або *фізіологічними*. Розчин, який має більший осмотичний тиск, ніж кров, називають *гіпертонічним*. Розчин, концентрація солей в якому менша, ніж в крові, називається *гіпотонічним*. Ізотонічним розчином щодо крові людини є 0,9% розчин хлориду Натрію.

9. Що належить розуміти під кислотно-лужним гомеостазом? Які величини активної реакції (рН) характерні для артеріальної крові, венозної крові і міжклітинної рідини?

* * *

Як і всі водні розчини, кров містить в собі водневий (H^+) і гідроксильний (OH^-) іони. Співвідношення концентрацій цих іонів визначає активну реакцію крові (рН). Постійність рН крові має важливе значення для перебігу ферментативних реакцій і є однією з найбільш важливих гомеостатичних констант внутрішнього середовища організму.

Показник активної реакції (рН) артеріальної крові в нормі – 7,40, венозної – 7,35, міжклітинної рідини – 7,20. Відмінності показників активної реакції артеріальної і венозної крові зумовлені постійним перебігом в клітинах організму окисно-відновних реакцій та виділенням у внутрішнє та зовнішнє середовище кислих продуктів обміну, зокрема вуглекислоти, молочної, піровиноградної та інших кислот. У міжклітинній рідині кислих продуктів обміну найбільше, а тому і кислотність тут найвища (7,20), кислотність артеріальної крові, звільненої в легенях від вуглекислоти, дещо нижча – 7,40.

10. Як змінюється кислотність крові при виконанні фізичних навантажень?

* * *

У процесі життєдіяльності організму в кров постійно надходять речовини, які можуть істотно змінювати її активну реакцію. Це молочна і піровиноградна кислоти (продукти анаеробного гліколізу в клітинах), фосфорна і сірчана кислоти (продукти окиснення білків), жирні кислоти (з жирових депо), вуглекислота тощо.

Значне нагромадження кислих продуктів обміну (особливо молочної кислоти) спостерігається в умовах виконання напруженої анаеробної роботи. При інтенсивних навантаженнях концентрація молочної кислоти в крові зростає до 350 мг%, при цьому рН крові нерідко може знижуватися до 6,8. У фізично натренованих осіб, в порівнянні з ненатренованими, при виконанні стандартної роботи циклічного характеру зрушення кислотно-лужної рівноваги крові завжди менш виразні, а при виконанні максимально напруженої і тривалої роботи – більш виразні. При тривалій роботі зниження рН крові (*метаболіч-*

ний ацидоз) у фізично підготовлених осіб розвивається значно пізніше, що є наслідком більшої буферної ємності їхньої крові.

11. Які механізми крові забезпечують підтримання її активної реакції? Чому людям, які втратили значну кількість крові, не варто зловживати споживанням кислої їжі?

* * *

Підтримання активної реакції крові на відносно постійному рівні досягається завдяки дії буферних систем крові, а також діяльності легень (виділення вуглекислоти), нирок і шлунково-кишкового тракту, через які з організму виносяться надлишки кислот і лугів.

Буферні властивості притаманні розчинам, що містять в собі слабку кислоту і її сіль, утворену сильною основою. Додана до такого розчину сильна кислота витісняє слабку кислоту із її сполук з основами. В результаті утворюється слабка кислота і сіль сильної кислоти. При додаванні до буферного розчину лугу утворюється сіль слабкої кислоти і вода. Внаслідок цього і в першому, і в другому випадках зрушення активної реакції крові в кислий або в лужний бік зменшується.

У крові функціонує чотири основні буферні системи: **бікарбонатна** ($\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$), **фосфатна** ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$), **гемоглобінова** і буферна система білків плазми крові. Найбільш важливою із буферних систем є бікарбонатна і гемоглобінова.

Здатність буферних систем нейтралізувати кислі продукти метаболізму, зумовлена **лужним резервом крові** (ЛРК). У фізично підготовлених осіб ЛРК значно більший, ніж у не підготовлених. ЛРК значно зростає у осіб, що виконують навантаження витривалісного характеру.

Споживання переважно кислої їжі сприяє зниженню ємності буферних систем крові, особливо гемоглобінової. Вичерпання лужного резерву за таких умов може спричинити підвищення концентрації водневих іонів з наступним підвищенням кислотності крові.

12. Які особливості складу і фізико-хімічних властивостей крові характерні для дітей?

* * *

Однією з найважливіших особливостей системи кровотворення у дітей раннього віку є функціонування майже всього кісткового

мозку. Починаючи з четвертого року життя відбувається поступове переродження кісткового мозку в жировий. Повністю цей процес завершується у віці 14-15 років. У періоді статевого дозрівання кровотворення відбувається лише в червоному кістковому мозку губчатої речовини тіл хребців, ребер і грудини.

Кількісні і якісні вікові відмінності крові добре виражені лише в перші роки постнатального розвитку; у дітей віком старших року величини більшості гематологічних показників такі ж, як і у дорослих осіб. Найпізніше в підлітковому періоді встановлюється кінцева (характерна для дорослих) величина співвідношення окремих форм лейкоцитів. У крові дітей віком до 5-6 років міститься менше нейтрофілів, ніж у крові дорослих.

У плазмі крові дітей менший вміст білків, ніж у дорослих. Починаючи з другого місяця життя кількість білків плазми крові починає неухильно зростає, досягаючи нормативних величин дорослих у віці 3-4-ох років.

Існують певні відмінні особливості співвідношення окремих білкових фракцій у дітей і підлітків, у порівнянні з дорослими. Так, у новонароджених спостерігається більш високий рівень гама-глобулінів і альбумінів, що, ймовірно, зумовлено здатністю гама-глобулінів проникати через плацентарний бар'єр. Рівня дорослих гама-глобуліни досягають у віці 2-3-ох років.

1.2. Функціональна характеристика еритроцитів і гемоглобіну. Зміни кисневої ємності крові при фізичних навантаженнях

13. Які морфо-функціональні особливості характерні для еритроцитів людини? Нормативні величини вмісту еритроцитів у крові чоловіків та жінок.

* * *

Еритроцити – це високоспеціалізовані без'ядерні клітини, головною функцією яких є транспорт кисню і вуглекислого газу. Окрім того, еритроцити здатні адсорбувати і транспортувати гормони, токсичні продукти обміну білків. Відома роль еритроцитів у ферментативних процесах розщеплення білків, жирів та вуглеводів.

Еритроцити людини мають форму двобічно ввігнутих дисків діаметром 7-8 мкм і товщиною 1-2 мкм (рис. 1.3). Така форма еритроцитів збільшує площу їх поверхні в порівнянні з круглою в 1,63 рази. Сумарна поверхня усіх еритроцитів крові близько 3800 м², що в 1500 разів перевищує площу поверхні тіла.

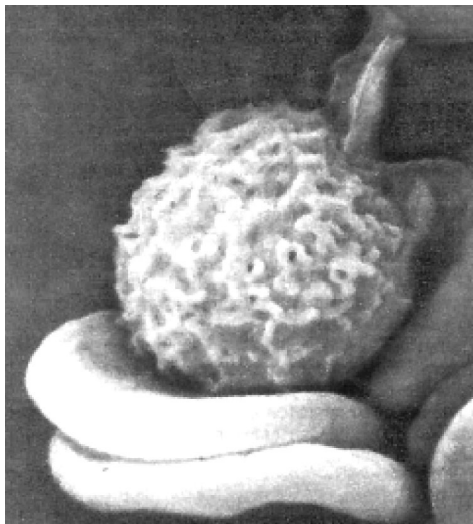


Рис. 1.3. Лейкоцит і два еритроцити в полі зору скануючого мікроскопа

У структурі еритроцитів розрізняють строму (остов) клітини і оболонку, яка складається з чотирьох шарів – два шари білку і два фосфоліпідів. Оболонка еритроцитів володіє вибірковою проникністю щодо колоїдів, іонів і аніонів. Через неї легко проходять аніони Cl^- , HCO_3^- , іони H^+ і OH^+ і не проходять колоїди, іони K^+ і Na^+ . Завдяки високій еластичності еритроцит здатний легко змінювати свою форму, що дозволяє йому легко проходити через капіляри, діаметр яких значно менший його власного діаметру.

У нормі в 1 мм³ крові чоловіків міститься близько 5 млн еритроцитів, у крові жінок – 4,5 млн; 95% сухого залишку еритроцитів приходить на гемоглобін, решта 5% – на інші білки, ліпіди, глюкозу, мінеральні солі тощо.

14. При підрахунку в 80 малих квадратах сітки Горяєва знайдено 500 еритроцитів. Кров розведена в 200 разів. Розрахуйте вміст еритроцитів в даній крові.

* * *

Розрахунок загальної кількості еритроцитів (ЗКЕ) в 1 мм³ крові проводять за формулою:

$$\text{ЗКЕ} = E \cdot 400 \cdot 200 : 80,$$

де: E – число еритроцитів в п'яти великих (80 малих) квадратах камери Горяєва; 200 – ступінь розведення крові; 400 – фактор перерахування вмісту еритроцитів з розрахунку на 1 мм^3 крові. Отже:

$$\text{ЗКЕ} = 500 \cdot 400 \cdot 200 : 80 = 5 \text{ млн/мм}^3.$$

15. Які чинники впливають на швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)? Фізіологічні нормативи ШОЕ для осіб різного віку і статі.

* * *

При стоянні крові в пробірці з антикоагулянтном спостерігається осідання формених елементів крові. При цьому утворюються два шари – верхній прозорий (плазма) і нижній непрозорий, темно-червоний (форменні елементи). Визначення показника ШОЕ проводять у капілярах приладу Панченкова (рис. 1.4). В нормі ШОЕ у жінок – 2-15 мм/год, у чоловіків – 1-10 мм/год, у новонароджених – від 0,5 до 2 мм/год, у грудних дітей – 4-8 мм/год, у дітей до 3 років – 2-7 мм/год.

Швидкість осідання формених елементів крові залежить від дії сил земного тяжіння, сил електростатичного відштовхування, інтенсивності накладання окремих еритроцитів один на одного тощо. Величи-

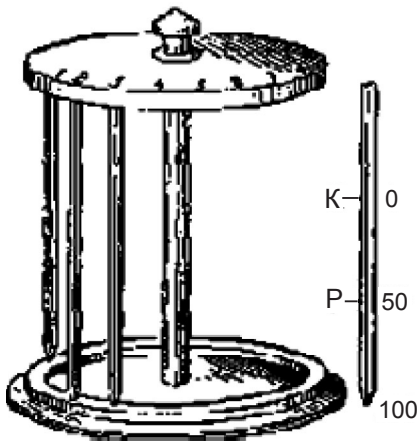


Рис. 1.4. Прилад Панченкова для визначення швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ)

на електричного заряду окремих еритроцитів, а отже і швидкість їх осідання, зумовлена адсорбцією на їх поверхні білків плазми крові. Показник ШОЕ крові зростає при збільшенні в крові кількості альбумінів, фібриногену, гама-глобулінів, еритроцитів. Значно прискорюється осідання еритроцитів при інфекційних захворюваннях, запальних процесах, вагітності (до 50 мм/год), що має важливе діагностичне значення. Зростає показник ШОЕ і при виконанні інтенсивної та тривалої м'язової роботи.

16. Що станеться з еритроцитами людини, якщо їх помістити в 0,1% і 10% розчини хлориду натрію? Різновиди гемолізу.

* * *

Якщо еритроцити помістити в 0,1% розчин хлориду натрію (гіпотонічний розчин), то вода переходить з розчину в еритроцити, вони набухатимуть і руйнуватимуться – **осмотичний гемоліз**. При внесенні еритроцитів в 10% розчин хлориду натрію (гіпертонічний розчин), вода переходить з еритроцитів в розчин і вони зморщуватимуться – **плазмоліз**. У людей високого півня фізичної підготовленості стійкість еритроцитів щодо гіпотонічних розчинів більш висока, ніж у тих, хто не займається фізичною культурою.

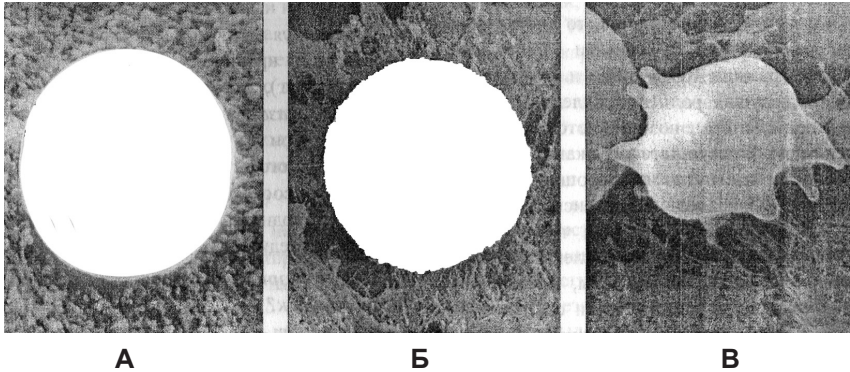


Рис. 1.5. Еритроцит (скануюча мікроскопія):
А – еритроцит в гіпотонічному розчині; Б – інтактний еритроцит;
В – еритроцит в гіпертонічному розчині

Гемоліз еритроцитів спричинений дією ефіру, хлороформу, алкоголю і інших хімічних сполук, називається **хімічним гемолізом**. Гемоліз еритроцитів, зумовлений дією отрут (гемолізинів) змій, скорпіонів, бджіл називається **біологічним гемолізом**. Існують ще такі види гемолізу як **термічний** (дія підвищених і понижених температур), **фізичний** (дія променевої енергії, ультразвуку, електричної енергії), **фізіологічний**, як наслідок старіння еритроцитів.

17. Які особливості метаболізму гемоглобіну крові і міоглобіну м'язів характерні для осіб фізичної праці і спортсменів?

* * *

В організмі постійно відбувається синтез і розпад гемоглобіну. Розпад еритроцитів в печінці супроводжується відщепленням заліза від простетичної групи – гема. Частина заліза після розпаду перетворюється в білірубін і стеркобілін (рис. 1.6).

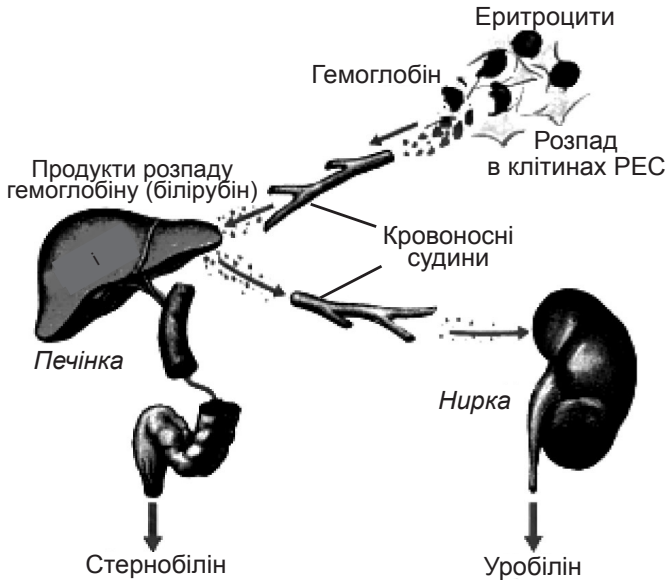


Рис. 1.6. Розпад гемоглобіну (схема)

Друга частина заліза в складі білків ферритина і сидерофіліна йде в кістковий мозок для синтезу нових молекул гемоглобіну і в тканини – для дихальних ферментів. Невелика частина заліза депонується в печінці (рис. 1.7).

Концентрація гемоглобіну в крові людини, при інших рівних умовах, є непрямым показником аеробних можливостей організму. Існує тісний взаємозв'язок між загальним вмістом гемоглобіну в циркулюючій крові і максимальним споживанням кисню (МСК). Він характерний як для працівників фізичної праці, так і для осіб розумових видів діяльності. Проте, у перших забезпечення організму киснем досягається перш за все за рахунок збільшення обсягу крові і загального

вмісту в ній гемоглобіну. Це, в значній мірі, сприяє збільшенню хвилинного обсягу крові без суттєвого зростання її в'язкості.

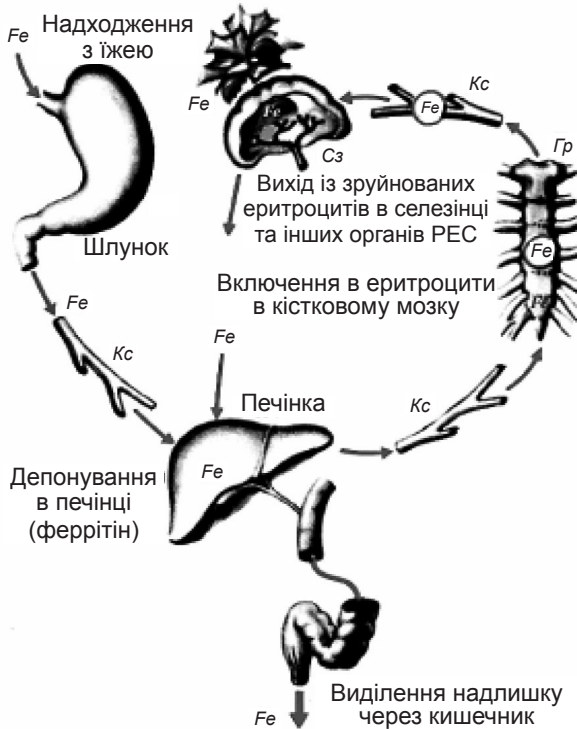


Рис. 1.7. Обмін заліза, що входить до складу гемоглобіну: Кс – кровеносні судини; Пч – печінка; Сз – селезінка; Гр – грудина; Fe – ферритін

У серцевому і скелетних м'язах знаходиться м'язовий гемоглобін – *міоглобін*. Його простетична група – (гем) ідентична такій же групі молекул гемоглобіну, а білок глобін має меншу молекулярну масу, ніж глобін гемоглобіну. Зв'язуючи близько 14% загальної кількості кисню, який може бути присутній в організмі, міоглобін відіграє важливу роль в забезпеченні м'язів киснем, а також при натуженні, коли внаслідок великого внутрішньом'язового тиску перетискаються капіляри і порушується кровообіг в працюючих м'язах. У працівників фізичної праці вміст гемоглобіну в крові і міоглобіну в м'язах більш високий.

18. Визначіть загальну кисневу ємність крові (КЄК) і коефіцієнт використання кисню (КВО₂) у людини масою тіла 70 кг, якщо відомо, що вміст гемоглобіну в його крові 13,4 г%, вміст кисню в артеріальній крові 20 об%, у венозній – 10 об%.

* * *

Оскільки обсяг крові досліджуваної людини становить близько 7% від маси тіла, то загальна кількість крові в її організмі – 4,9 л (7% від 70 кг). Вміст гемоглобіну в 4,9 л крові – 656,6 г (13,4 г% · 4,9 л : 0,1 л), а загальна киснева ємність – 379,80 об% (656,6 г · 1,34 мл). Коефіцієнт використання кисню (КВО₂) з артеріальної крові визначається за формулою:

$$\text{КВО}_2 = \text{O}_2\text{АК} - \text{O}_2\text{ВК} : \text{O}_2\text{АК} \cdot 100,$$

де: O₂АК – вміст кисню в артеріальній крові, г%; O₂ВК – вміст кисню в венозній крові, г%.

$\text{КВО}_2 = 20 \text{ об\%} - 10 \text{ об\%} : 20 \text{ об\%} \cdot 100\% = 50\%$. Отже, з артеріальної крові обстежуваної людини використовується близько 50% кисню.

19. Які чинники впливають на зв'язування кисню гемоглобіном? Крива дисоціації оксигемоглобіну.

* * *

Насиченість гемоглобіну киснем знаходиться у прямій залежності від парціальної напруги кисню в крові (*крива дисоціації оксигемоглобіну*) – із зменшенням парціальної напруги кисню в крові відбувається звільнення гемоглобіну від кисню і збільшення відсоткового вмісту відновленого гемоглобіну. Крива дисоціації гемоглобіну має S-подібну форму (рис. 2.16). Плоска, верхня її частина забезпечує зв'язок кисню з гемоглобіном в легеневої тканині (в капілярах альвеол), крута – в капілярах інших тканин (звільнення гемоглобіну від кисню і перехід його з крові в тканини). Нестачу кисню в крові називають *гіпоксемією*, а в тканинах – *гіпоксією*.

Ефективність зв'язування кисню гемоглобіном залежить від рН середовища і концентрації вуглекислого газу (*ефект Бора*), що виразно проявляється в переході кисню з крові в м'язи при фізичних навантаженнях. Посилене утворення оксигемоглобіну відбувається під впливом вуглекислого газу за рахунок збільшення кислотності і за рахунок утворення карбамінових сполук з гемоглобіном.

Суттєво зростає розпад оксигемоглобіну у зв'язку з підвищенням температури тіла. Збільшення температури тіла на 2°C підвищує дифузію кисню на 2%. У зв'язку з цим, клітини, метаболізм яких більш високий, отримують більше кисню (споживання кисню клітинами холодних кінцівок менше, ніж клітинами працюючих органів, які мають більш високу температуру).

20. Чому при передчасному закритті димоходу (у приміщеннях з пічним опаленням) виникає загроза отруєння мешканців будинку? Який фізіологічний механізм такого отруєння?

* * *

При закритті димоходу різко зменшується надходження до пічки кисню. Внаслідок неповного згоряння палива утворюється чадний газ (СО). Дихання повітрям з вмістом 0,15% цього газу приводить до утворення в крові карбоксигемоглобіну. Ця стійка сполука зв'язує близько 50% гемоглобіну крові. Порушення дихальної функції крові за таких умов може спричинити летальний кінець.

Перша допомога при отруєнні чадним газом полягає у забезпеченні потерпілого чистим повітрям з достатнім вмістом кисню (використання кисневих подушок). При цьому СО поступово відокремлюється від гемоглобіну і залишає організм. При потребі (коли потерпілий не дихає і в нього не працює серце) роблять штучне дихання і закритий масаж серця.

21. У клінічній практиці користуються показником відносного вмісту гемоглобіну в крові – відсоток гемоглобіну даної крові щодо вищої межі норми – 16,8 г%, яка приймається за 100%. Розрахуйте величину відносного вмісту гемоглобіну в крові, якщо абсолютна величина цього показника визначена методом Салі, становить 14 г%.

* * *

Оскільки відсоток гемоглобіну даної крові, щодо вищої норми (16,8 г%), приймається за 100, то 1 г гемоглобіну відповідає 6 одиницям (100 : 16,8). Отже, відносна величина гемоглобіну при абсолютній 14 г%, становитиме 84% (14 г% · 6%).

◇ 22. Людина скаржиться на задишку, головокрутіння, шум у вухах, “бігання мушок перед очима”. Дані аналізу крові були такими: вміст еритроцитів – 3,5 млн/мм³, концентрація гемоглобіну – 10 г%. Вкажіть на ймовірну причину погіршеного самопочуття людини.

* * *

Дані гематологічні показники є ознакою анемії. Зменшення в крові досліджуваного вмісту еритроцитів і гемоглобіну, зумовлюючи зниження кисневої ємності крові, спричиняє розвиток *анемічної гіпоксії* з характерними для неї ознаками: головокрутіння, задуха, шум у вухах тощо. Фізіологічна норма еритроцитів крові дорослих осіб – 4,5-5 млн в 1 мм³ крові, гемоглобіну – 12-14 г%, ШОЕ – 2-9 мм/год.

23. У стані спокою в крові дорослої людини міститься 14 г% гемоглобіну, при виконанні напруженої циклічної роботи 16 г%. Розрахуйте кисневу ємність крові (КЄК) досліджуваного за даних умов і поясніть природу збільшення кисневої ємності крові при виконанні фізичної роботи.

* * *

Один грам гемоглобіну здатний приєднати 1,34 мл кисню. Киснева ємність крові досліджуваного з вмістом 16 г% гемоглобіну становитиме 21,4 об% (16 г% · 1,34 мл), тобто внаслідок виконання фізичного навантаження КЄК зростала на 2,4 об% (21,4 об% – 19 об%). Збільшення КЄК в організмі за даних умов зумовлено переходом більш багатой еритроцитами депонованої крові в кровноносне русло.

24. Чому кров людини червона, деяких морських черв'яків – зелена, скорпіонів, павуків і спрутів – голуба?

* * *

Червоний колір крові людини зумовлений наявністю в еритроцитах гемоглобіну. В його складі одна молекула білка глобіна з'єднана з чотирма молекулами простетичної залізовмісної групи – гема. Відбиваючи промені червоного кольору сонячного спектра, гемоглобін до складу якого входить двохвалентне окисне залізо, забарвлює кров у червоний колір. У деяких морських черв'яків замість гемоглобіну в крові міститься хлорокруонін з закисним залізом. Така кров має зелене забарвлення. Скорпіони, павуки, спрути мають голубий колір кро-

ві. Функцію гемоглобіну в їх крові виконує гемоціанін, що містить в собі мідь.

25. Як впливають на гемоглобін еритроцитів сильні окислювачі? Особливості гемоглобіну ембріона і новонароджених.

* * *

При дії на кров сильних окислювачів (бертолетова сіль, морганцевокислий калій та ін.) утворюється стійка сполука, що містить окисне трьохвалентне залізо – *метгемоглобін*. При утворенні в організмі значної кількості метгемоглобіну забезпечення тканин киснем припиняється і людина вмирає.

Гемоглобін ембріона і новонародженої дитини, називається *фетальним гемоглобіном*. Він швидше і повніше з'єднується з киснем. У крові новонароджених кількість гемоглобіну більша, ніж у дорослих (17-24 г%), до віку одного року його вміст в крові знижується (11-12 г%) з наступним поступовим збільшенням в онтогенезі до норми дорослих (12-14 г%).

1.3. Функціональна характеристика лейкоцитів і тромбоцитів. Регуляція функцій системи крові

26. Які основні функції виконують лейкоцити? Різновиди лейкоцитозу.

* * *

Лейкоцити – безколірні ядерні клітини розміром 8-10 мкм (рис. 1.3). В 1 мм³ крові людини їх міститься від 4 до 10 тисяч. Більше 50% лейкоцитів знаходиться за межами кровоносних судин. Кількість лейкоцитів в крові зростає (*лейкоцитоз*) при прийнятті їжі, особливо з великим вмістом білків (*травний лейкоцитоз*), при сильному емоційному збудженні, виконанні фізичних вправ (*міогенний лейкоцитоз*), вагітності, прийнятті гарячих і холодних ванн, а також при хронічних та інфекційних захворюваннях, лейкозах – злоякісній проліферації лейкоцитів, які втрачають здатність виконувати захисну функцію. Зменшення кількості лейкоцитів в крові (до 3-4 тис. в 1 мм³ крові), називається *лейкопенією*. Загальна схема гетерофагоцитозу лейкоцитів показані на рис. 1.8.

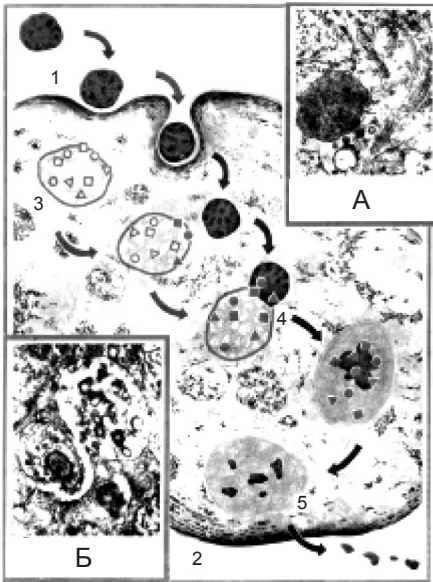


Рис. 1.8. Схема гетерофагоцитозу:
А – первинна лізосома під електронним мікроскопом (збільшена в 32000 раз); Б – вторинна лізосома під електронним мікроскопом (збільшена в 50000 раз);
1 – збудник хвороби; 2 – лейкоцит; 3 – лізосома з набором високоактивних ферментів; 4 – процес лізису збудника хвороби із знищенням його антигенних властивостей; 5 – виведення кінцевих продуктів лізису збудника хвороби з лейкоцита

Окрім захисної функції (фагоцитозу і синтезу антитіл), лейкоцити стимулюють регенеративні процеси в організмі, прискорюючи тим самим

загоєння ран, беруть участь в процесах руйнування відмираючих клітин, токсинів білкового походження, мутантних клітин.

27. Що таке лейкоцитарна формула? Її діагностичне значення.

* * *

Розрізняють зернисті (гранулоцити) і незернисті (агранулоцити) лейкоцити. До гранулоцитів відносяться нейтрофіли, еозинофіли і базофіли, до агранулоцитів – лімфоцити і моноцити. Відсоткове співвідношення окремих форм лейкоцитів, називається *лейкоцитарною формулою*.

Найчисельнішими серед гранулоцитів є *нейтрофіли* – 65-75%. В залежності від фази зрілості розрізняють юні, паличкоядерні і сегментоядерні нейтрофіли. Юні нейтрофіли в крові здорових людей практично не зустрічаються, кількість паличкоядерних нейтрофілів в нормі – 3-6%, сегментоядерних – 51-67%. В кровоносних судинах нейтрофіли довго не затримуються (6-8 год) і швидко мігрують в слизові оболонки, виконуючи тут свою неспецифічну захисну функцію – руйнують бактеріальні клітини, а також продукти розпаду тканин. Основна функція *еозинофілів* (1-4%) – фагоцитоз і руйнування ток-

синів білкового походження. **Базофіли** (0,5% всіх лейкоцитів крові) функціонують в кровеносних судинах близько 12 годин. Гранули базофілів містять в собі гепарин і гістамін.

До агранулоцитів крові належать лімфоцити і моноцити. На відміну від гранулоцитів, **лімфоцити** (25-30%) і **моноцити** (4-8%) не мають в собі гранулоподібних включень. Багато моноцитів у лімфатичних судинах, стінках альвеол, синусах печінки і кісткового мозку. Моноцити часто приходять на зміну нейтрофілам, активність яких в кислому середовищі зони запалення знижується.

У крові дорослої людини лімфоцитів близько 25-30% загальної кількості усіх лейкоцитів. Розрізняють **T- і B-лімфоцити**. T-лімфоцити виробляються в тимусі, B-лімфоцити – переважно в кістковому мозку, а також в лімфоузлах, мигдалинах, селезінці, апендиксі.

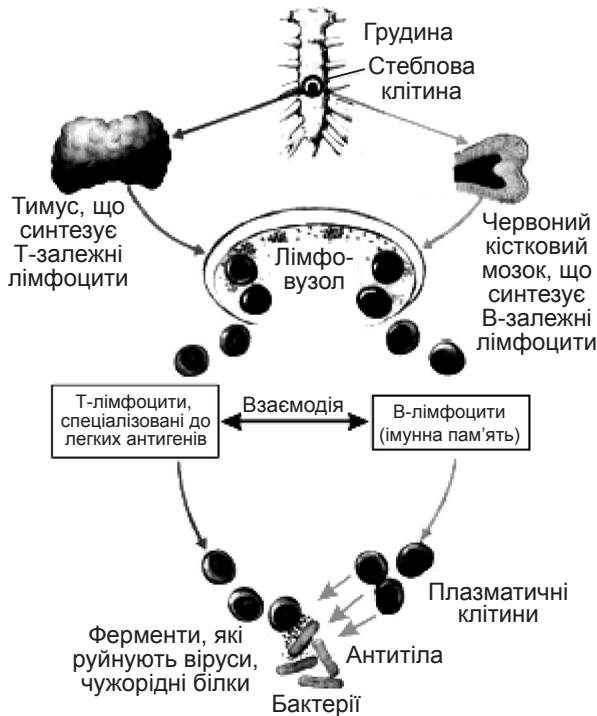


Рис. 1.9. Роль лімфоцитів в реакціях імунітету

T-лімфоцити мають здатність, після першого контакту з антигеном, запам'ятовувати його на тривалий час. Взаємодіючи з B-лімфоцитами, T-лімфоцити сприяють перетворенню їх в плазматичні клітини, які починають активно виробляти специфічні імуноглобуліни – **антитіла** (рис. 1.9).

У крові підтримується відносна постійність кількісного співвідношення усіх вищезгаданих форм лейкоцитів.

Кількість лейкоцитів та їх співвідношення змінюється при прийнятті їжі, сильних емоційних реакцій, виконанні фізичної роботи, деяких захворюваннях (діагностичне значення лейкоцитарної формули).

28. Як змінюється лейкограма крові при запаленні? Фазовий характер перебігу запального процесу.

* * *

На місці проникнення в організм чужорідного агента (збудника хвороби) утворюється вогнище запалення – основне місце роботи лейкоцитів. У перебігу запального процесу виділяють три фази. Спочатку розвивається **ексудативна фаза запалення**. У ній беруть участь лімфоцити і моноцити, які присутні в інфікованій ділянці тіла, а також молекули “нормальних антитіл”, переважно імуноглобуліни Е. Внаслідок дегрануляції моноцитів з виходом гістаміну, сератоніну та інших біологічно активних речовин, підвищується проникність імуноглобулінів плазми крові, посилюється надходження до запального вогнища додаткових “нормальних антитіл”, лейкоцитів, білків системи комплемента. Більш швидкому проникненню лейкоцитів у вогнище збудження сприяє значне розширення судин. При нормальному перебігу запального процесу живі чужорідні клітини не проникають у лімфовузли. Якщо ж таке проникнення відбулось, то запальний процес поширюється і на лімфовузли – **лімфоденіт**.

Нагромадження у вогнищі запалення нейтрофілів, які фагоцитуючи гинуть, спричиняють утворення гною та сприяють руйнування тканин навколо рани.

Під час другої (**продуктивної фази запалення**) в зоні запального процесу збільшується кількість макрофагів і прискорюється утворення (проліферації) зруйнованих тканин. Гній, який не вийшов назовні, капсулюється.

У час **третьої фази запалення** проходить подальша активізація регенеративних процесів. Мікрофаги і лімфоцити знищують дефектні ділянки тканини. Наслідком незавершеності цього процесу є утворення рубця.

За сприятливих умов (при швидкому знищенні збудника хвороби) процес запалення може завершитися на початковій фазі. Якщо процес запалення йде не інтенсивно і не почалось руйнування навколишньої

тканини, гнійник і рубець може не утворитись. Коли процес пригашений, але не завершений, запалення може набути хронічної форми.

29. Які функції виконують нейтрофільні лейкоцити?

* * *

Більшість лейкоцитів крові (40-70%) належать до клітин із сегментарним ядром – це нейтрофіли. Їх діаметр близько 12 мкм. У гранулах цитоплазми нейтрофілів великий вміст високоактивних ферментів, які забезпечують високу фагоцитарну активність. Ядро складається з 3-5 сегментів, з'єднаних тонкими перешийками. В цитоплазмі, окрім органел, багато гранул глікогену. Окрім того нейтрофіл містить невелику кількість азурофільних гранул (спеціалізованих лізосом) і багаточисельні більш дрібні специфічні гранули (рис. 1.10).

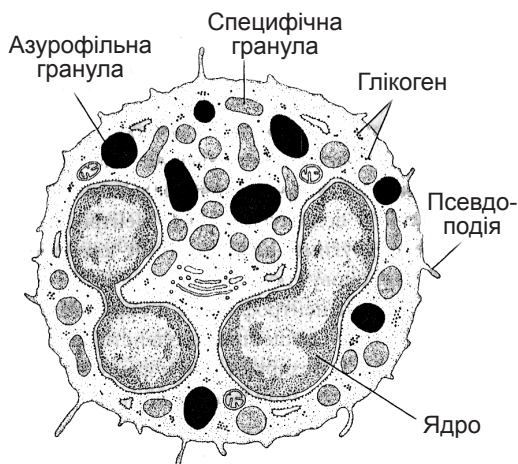


Рис. 1.10. Нейтрофіл

Нейтрофіл, що вийшов із кісткового мозку в кров, знаходиться тут недовго – 6-8 год, тоді впродовж декількох діб знаходиться серед сполучнотканинних елементів майже всіх органів.

30. Що собою являють базофіли й еозинофіли? Їх функції.

* * *

Базофіли (0,5% лейкоцитів крові) – клітини з сегментарним ядром (рис. 1.11), діаметром 10-12 мкм. Містять в собі велику кількість та-

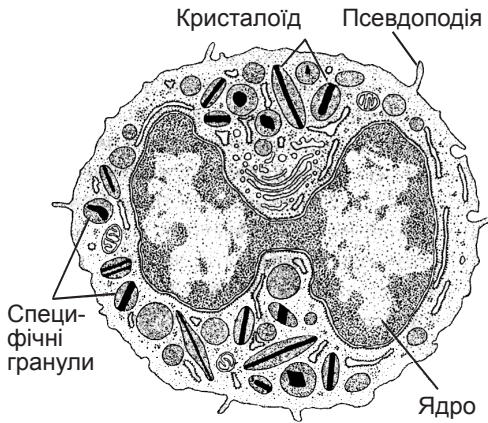


Рис. 1.11. Базофіл

Основна функція базофітів пов'язана з підтриманням течії крові в дрібних судинах та регуляції процесів росту нових капілярів. Вони також беруть безпосередню участь в забезпеченні міграції інших лейкоцитів до місця запалення.

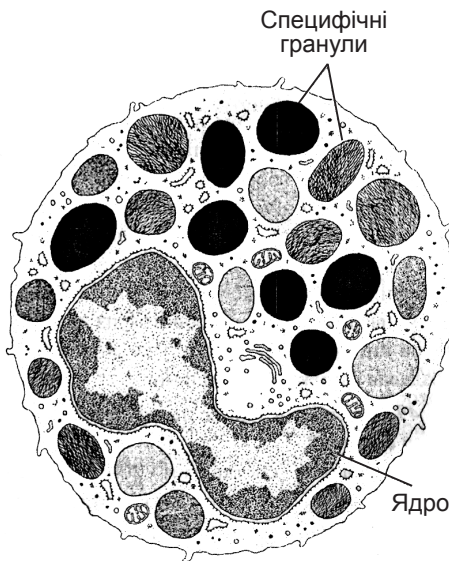


Рис. 1.12. Еозинофіл

ких біологічно активних речовин, як гепарин і гістамін, брадікінін і серотонін, а також лізосомальні ферменти. Гепарин володіє протизгортальною функцією, а гістамін підвищує проникність стінок капілярів і є антагоністом гепарина щодо дії на перебіг процесів згортання крові. Окрім того, гістамін стимулює фагоцитоз, виявляє протизапальну дію на тканини.

Еозинофіли складають 1-5% лейкоцитів крові. Вони мають дволопасне ядро і діаметр близько 15 мкм. Функціонально еозинофіли – це мікрофаги, проте їхня фагоцитарна активність нижча, ніж у нейтрофілів.

У процесі дозрівання в цитоплазмі еозинофілів утворюється два типи ферментовмісних гранул – малі і великі. Ядро еозинофіла утворює два великих сегменти, з'єднані тонким перешийком (рис.1.12).

Специфічні функції еозинофілів пов'язані з наявністю в них хемотоксичних факторів, під впливом яких вони мігрують до місця появи невеликої кількості антигена, де проходить реакція “антиген–антитіло”.

31. Які основні функції виконують тромбоцити крові? Їх кількість, місце утворення і руйнування.

Тромбоцити – без'ядерні клітини діаметром 2-4 мкм. В нормі в 1 мм³ крові їх близько 200-400 тис. Утворюються тромбоцити з мегакаріоцитів кісткового мозку, функціонують упродовж одного-двох тижнів, тоді руйнуються в печінці і селезінці. Володіючи здатністю прилипати до неадекватної (чужорідної) поверхні (*адгезивність*) і один до одного (*агрегація*), тромбоцити започатковують перебіг складних процесів згортання крові, утворення кров'яного згустка і його стягування (*ретракцію*). Відома також захисна (фагоцитарна) функція тромбоцитів. Зменшення в крові тромбоцитів (**тромбопенія**) веде до дрібних крововиливів в тканинах. Інколи з тієї ж причини

кров з'являється в сльозах. Загальна схема цитоскелета тромбоцита, що знаходиться в стані спокою, подана на рис. 1.13.

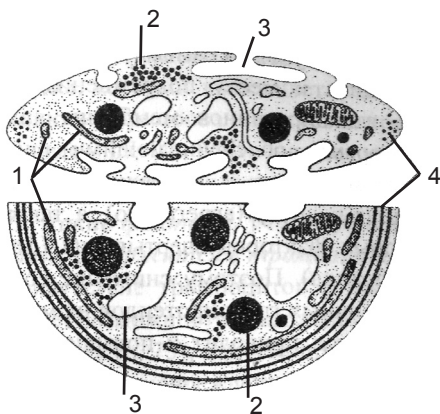


Рис. 1.13. Схема цитоскелета тромбоцита, що знаходиться в стані спокою:

1 – трубочки густої тубулярної системи; 2 – крайові мембранні канальці; 3 – глікоген; 4 – кругові пучки мікротрубочок

32. Що таке гемопоез? Нейрогуморальні механізми регуляції системи крові.

Процес утворення і розвитку клітин крові, називають кровотворенням (*гемопоезом*), утворення еритроцитів – *еритропоезом*, утво-

рення лейкоцитів і тромбоцитів – *лейкопоезом і тромбопоезом*, відповідно.

Місцем кровотворення є кістковий мозок. Тут є спеціальні ділянки, в яких знаходяться мультипотентні стовбурні кровотворні клітини здатні до самовідтворення. Якщо одна клітина виходить на диференціювання, то сусідня клітина негайно ділиться, заповнюючи звільнений попередньою клітиною простір. Таким чином, з однієї клітини попередниці може утворитись близько 500 зрілих клітин. Завдяки такому механізму утворюються готові до роботи клітини всіх типів, за винятком лімфоцитів. Кінцеве дозрівання лімфоцитів відбувається лише після зустрічі з антигеном у лімфоїдних органах. Загальна схема розвитку клітин крові подана на рис. 1.14.

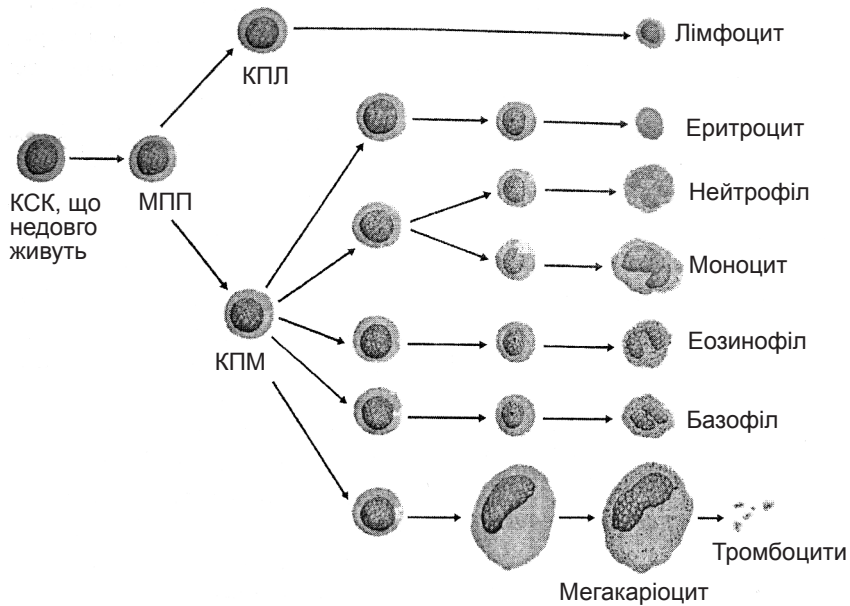


Рис. 1.14. Схема розвитку клітин крові: КСК – кровотворні стовбурові клітини; МПП – мультипотентний попередник; КПЛ – клітина-попередник лімфопоезу; КПМ – клітина-попередник мієлопоезу

При старінні еритроцити руйнуються (фагоцитуються) ретикулярними клітинами, гістіоцитами, мікрофагами і полінуклеарними

лейкоцитами. Еритрофагоцитоз відбувається в кістковому мозку, селезінці, печінці і безпосередньо в кров'янім руслі.

Середня тривалість функціонування еритроцитів у дорослих осіб – 110-120 днів (щодоби руйнується 0,8-0,9% еритроцитів), у новонароджених – 60-80 днів. Упродовж доби у дітей руйнується близько 1,4% усіх еритроцитів. Продукти розпаду старих еритроцитів стимулюють утворення нових.

У регуляції системи крові важливу роль відіграє вегетативна нервова система. Так, при збудженні симпатичної нервової системи посилюється вихід крові з кров'яних депо, активізується гемопоез, імпульси парасимпатичної автономної нервової системи гальмують кровотворення.

Потужним стимулятором еритропоезу є зниження парціальної напруги кисню в крові. При цьому нирки виділяють в кров нирковий фактор еритропоезу – *еритропоетин*. Ефективність утворення еритроцитів значно посилюється при достатньому забезпеченні організму залізом і вітамінами В₂, В₆, В₁₂, аскорбіновою і фолієвою кислотами. Чинниками, що стимулюють лейкопоез є продукти розпаду лейкоцитів, тканин, мікробів, токсинів, чужорідних білків – *лейкопоетин*. Загальна схема функціональної системи гомеостазу формених елементів крові представлена на рис. 1.15.

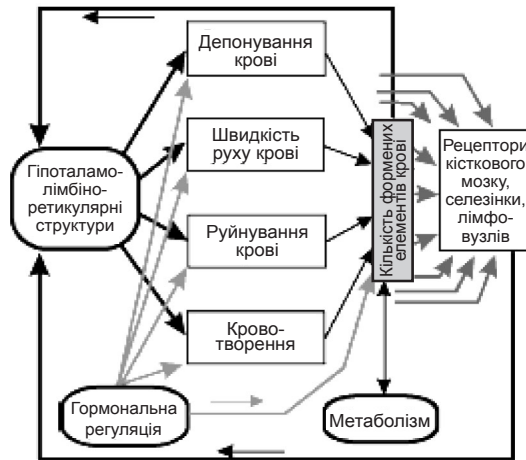


Рис. 1.15. Функціональна система підтримання кількості формених елементів крові (за К. Судаковим)

1.4. Особливості змін складу і фізико-хімічних властивостей крові в умовах виконання фізичної роботи

33. Яка направленість змін кількості еритроцитів у крові людини в умовах виконання фізичних навантажень?

* * *

При фізичних навантаженнях, а також при переміщенні людини у високогірні райони, природжених та набутих пороках серця, опіках, сильно виражених проносах, блювоті тощо, спостерігається збільшення кількості еритроцитів в крові – **еритроцитоз**.

При недостатчі в організмі заліза, вітаміну B_{12} , кровотечах, гемолізі, жировому переродженні печінки кількість еритроцитів в крові зменшується – **еритропенія**.

Суттєво змінюється кількість еритроцитів в крові при фізичних навантаженнях. Ці зміни визначаються перш за все потужністю і тривалістю роботи. При короткотривалих навантаженнях максимальної потужності, рівень концентрації еритроцитів в крові зростає. Це зумовлено переходом в кровообіг більш концентрованої щодо еритроцитів депонованої крові. При виконанні тривалих навантажень динамічного характеру, зношуючись еритроцити руйнуються. При цьому, інтенсивність розпаду еритроцитів переважає інтенсивність їх утворення клітинами ретикуло-ендотеліальної системи. За таких умов рівень еритроцитів в крові знижується.

34. Вкажіть на кількісні і якісні зміни лейкоцитів крові людини, що виконує фізичну роботу?

* * *

У більшості випадків, під час фізичного навантаження, кількість лейкоцитів значно зростає – **міогенний лейкоцитоз**. Його рівень визначається інтенсивністю і тривалістю роботи і протікає в три фази.

Перша фаза міогенного лейкоцитозу (**лімфоцитарна**) спостерігається при виконанні малоінтенсивних короткотривалих фізичних навантажень. Характерною особливістю цієї фази є незначний лейкоцитоз (до 10-12 тис./мм³) за рахунок збільшення кількості лімфоцитів при деякому зменшенні кількості молодих форм нейтрофілів. Друга (**нейтрофільна**) фаза лейкоцитозу виникає за умови виконання важкої тривалої роботи. Збільшення лейкоцитів у цій фазі (до 16-18

тис./мм³) відбувається в основному за рахунок нейтрофілів при незначному зменшенні лімфоцитів (до 10-12%). Третя (*інтоксикаційна*) фаза спостерігається під час виконання довготривалої роботи великої інтенсивності. Кількість лейкоцитів у цій фазі нерідко зростає до 30-50 тис./мм³; збільшується кількість юних і паличкоядерних нейтрофілів, зникають еозинофіли, знижується вміст лімфоцитів. Робочий лейкоцитоз є наслідком активізації механізмів лейкопоезу з активним “вимиванням” лейкоцитів із їх депо – кісткового мозку, селезінки, печінки, легень).

Через лейкоцити, як через “рецепторне поле”, запускається складний механізм структурного відновлення: маркіровка і лізис відпрацьованих структур, утворення аутоантитіл, здатних змінювати проникність клітинних мембран і активізувати ферменти клітин тощо. Такі зміни є важливою передумовою зростання фізичної працездатності людини. Відновлення лейкоцитів після фізичного навантаження залежить від інтенсивності і тривалості виконаної роботи і може тривати до 6 діб.

35. Вконуючи наднормативний обсяг фізичних навантажень спортсмен скаржитися на погіршення самопочуття, підвищену втомлюваність, нестабільність настрою, порушення сну, втрату апетиту, головні болі, неприємні відчуття в ділянці серця. Результати гематологічних досліджень були такими: вміст еритроцитів – 4 млн/мм³, кольоровий показник – 0,75, вміст гемоглобіну 10 г%. На що вказують вище зазначені показники?

* * *

Нормативними для здоров'я людини вважаються такі гематологічні показники: вміст еритроцитів – 4,5-5,0 млн в 1 мм³, кольоровий показник – 0,9-1,1, вміст гемоглобіну 12-14 г%. Гематологічні показники обстежуваного нижчі від нормативних, що в поєднанні з суб'єктивними показниками здоров'я (погіршення самопочуття, порушення сну, втрата апетиту, зниження працездатності) вказують на розвиток стану перенатренованості, спричиненого систематичними перенапруженнями. Спортсмену належить негайно знизити інтенсивність і обсяг фізичних навантажень, більше уваги приділяти засобам, які прискорюють перебіг відновних процесів в організмі після тренувань, і, звичайно, звернутись до лікаря.

36. Для ідентифікування крові в судово-медичній практиці користуються рядом специфічних методів. Що це за методи?

* * *

Для виявлення крові роблять тест з утворення солянокислого гематину (до крові додають соляну кислоту). Кристали соляного гематину мають форму брусків (бісквітів). Для визначення видової приналежності крові ставлять пробу з утворенням кристалів гемоглобіну. Кров різних видів тварин має свою специфічну форму кристалів. Наприклад, кристали гемоглобіну людини мають форму ромбічних призм.

37. Відомі випадки, коли спортсменам перед відповідальними змаганнями вводили еритроцити, насиченні киснем (кров'яний допінг). Які можливі негативні наслідки такого штучного збільшення кисневої ємності крові?

* * *

Збагачення крові спортсмена перед змаганням завчасно консервованими еритроцитами сприяє зростанню кисневої ємності крові, а отже, за усіх інших рівних умов, сприятиме зростанню резервів аеробного енергозабезпечення роботи м'язів. Разом з тим, при цьому зростає обсяг крові, збільшується її в'язкість, а отже і опір руху крові по кровоносним судинам. Це може призвести до перенапруження серця з непередбаченими наслідками порушень його функцій.

38. Яких умов треба дотримуватися людині, що має здавати кров для гематологічних досліджень?

* * *

Кров для гематологічних досліджень необхідно здавати натще (через 12 год після прийняття їжі), за умови відсутності попереднього емоційного перезбудження, фізичного перенапруження (відновлення формених елементів крові триває 4-6 діб), прийняття збуджуючих напоїв (кави, чаю, алкоголю тощо). Після сніданку концентрація лейкоцитів в крові рефлекторно зростає (аліментарний лейкоцитоз).

39. Показники функціонального стану системи крові у фізично підготовленої людини в стані спокою (чисельник) і після виконання максимально напруженої фізичної роботи (знаменник)

були такими: киснева ємність крові (об%) – 19/25, концентрація молочної кислоти в крові (мг%) – 10/300. Розрахуйте обсяг функціональних резервів у даного досліджуваного за вказаними показниками.

* * *

Обсяг функціональних резервів (коефіцієнт резерву або рівень здоров'я) – це відношення величини досліджуваного показника при виконанні максимальної напруженої фізичної роботи до його рівня в стані спокою. Отже коефіцієнт резерву за кисневою ємністю крові становитиме 1,3 (25:19), а за концентрацією молочної кислоти в крові – 30 (300:10) умовних одиниць.

Тема 2. ЗАХИСНА ФУНКЦІЯ КРОВІ ТА ЇЇ АНТИГЕННІ ВЛАСТИВОСТІ

2.1. Специфічні і неспецифічні механізми захисту організму від збудників інфекційних захворювань

1. Що таке патогенність? Які мікроби належать до патогенних?

* * *

Усі мікроорганізми епідеміологи поділяють на три групи – сапрофіти, умовно патогенні і патогенні. *Сапрофіти* – це мікроби, які не спричиняють заразних хвороб. *Умовно патогенні мікроби* – завжди присутні в організмі, але спричиняють хворобу лише за певних умов (переохолодження, порушення санітарно-гігієнічного режиму, зниження імунної реактивності організму тощо). *Патогенні мікроби* здатні викликати інфекційні хвороби. *Патогенність* – це властивість мікробів спричинити захворювання та виділяти особливі отруйні речовини – токсини. Патогенні мікроорганізми поділяють на бактерії, віруси, рикетсії, грибки та ін.

Бактерії мають рослинну природу, вони спричиняють такі захворювання, як холера, дифтерія, чума, сибірка тощо. Рикетсії мають властивості бактерій і вірусів. Ці внутрішньоклітинні паразити здатні викликати важкі захворювання – рикетсіози (висипний тиф та інші).

2. Що таке епідемія, пандемія і ендемія? Що вивчає наука епідеміологія?

* * *

Процес надходження патогенних мікробів в організм і їх розмноження з наступним виникненням хвороби, називається **інфекцією**. Основною особливістю інфекційних захворювань є їхня здатність швидко розповсюджуватись серед людей. Якщо інфекційним захворюванням охоплюються великі групи людей, пов'язані між собою ланкою зараження, говорять про **епідемію**. Розповсюдження інфекційних захворювань на цілі континенти або на всю земну кулю, називається **пандемією**. Систематичне виникнення яких-небудь інфекційних захворювань на данній місцевості, позначається терміном **ендемія**. Поодинокі захворювання, які виникають від випадку до випадку, називають **спорадичними**.

Епідеміологія – медична наука, яка вивчає причини виникнення і шляхи розповсюдження інфекційних захворювань серед населення. Її завданням є розробка заходів, направлених на попередження та лікування окремих захворювань аж до повного їх зникнення на планеті. Такою була тривала цілеспрямована боротьба лікарів усіх країн світу із збудником віспи. Потреба в щепленні проти віспи за таких умов відпала; з 1980 року в нашій країні вона не проводиться.

3. Які захворювання називаються спадковими і неспадковими, гострими і хронічними?

* * *

Причиною хворобливих змін в організмі можуть бути як природні чинники довкілля (фізичні, хімічні і біологічні чинники), так і соціальні – незадовільні умови життя, праці та відпочинку. Усі вони сприяють виникненню захворювань неспадкового характеру, перебіг яких зумовлений індивідуальними особливостями (властивостями) організму. Неспадковими захворюваннями є інфекції, травми, дефекти розвитку неспадкового характеру, зокрема ті, що виникають внаслідок захворювання матері під час вагітності.

Спадкові захворювання пов'язані з пошкодженнями спадкового апарату клітини, вони передаються наступним поколінням. Відомо понад 1,5 тис. спадкових хвороб: вроджена глухонімота, заяча губа, хвороба Дауна (поєднання розумової відсталості з грубими дефек-

тами фізичного розвитку) та інші. Окремо виділяють **захворювання з спадковою схильністю**. Їх розвиток залежить як від спадкового фону, так і від умов довкілля (артеріальна гіпертензія, атеросклероз, цукровий діабет, алкоголізм тощо).

Такі захворювання як кір, гострий бронхіт, гостре респіраторне захворювання, опік шкіри, переломи кісток, називають **гострими**. Вони виникають раптово і тривають відносно не довго. При неповному виліковуванні гостре захворювання може перейти в тривале – **хронічне** (інфекційний гепатит переходить в хронічне захворювання печінки, гострий бронхіт – в хронічний бронхіт тощо). Хронічними захворюваннями, як наслідок дії постійно діючих несприятливих чинників, є вади постави, короткозорість тощо.

4. Які компоненти є складовими епідемічного процесу? Основні джерела інфекції і періоди перебігу інфекційних захворювань.

* * *

Складовими компонентами епідемічного процесу є джерело інфекції, механізм передачі інфекції і сприятливе до даного захворювання населення. Джерелом тієї чи іншої заразної хвороби можуть бути хворі люди або тварини. Заразні хвороби, джерелом інфекції яких є людина, називають **антропонозами**; хвороби, джерелом інфекції яких є тварини – **зоонозами**. Джерелом інфекції можуть бути і люди і тварини, в такому випадку говорять про **антропозоонози**. Деякі заразні хвороби (черевний тиф) можуть передаватися не лише через хворих осіб, а й через осіб, які одужали, але в їхньому організмі ще є хвороботворні мікроби. Джерелом таких інфекційних захворювань як чума, туляремія, кліщовий енцефаліт є гризуни.

Виділяють такі періоди перебігу інфекційної хвороби: інкубаційний, продромальний, період активних проявів, реконвалесценції.

Інкубаційний (прихований) період – від проникнення збудника в організм до появи перших ознак хвороби. Його тривалість – від кількох годин до кількох діб. **Продромальний період** характеризується появою перших ознак хвороби загального характеру – нездужання, температура, головний біль. У **період активних проявів** стають помітними ознаки типові для даної хвороби. В **період реконвалесценції** спостерігається зменшення інтоксикації, знижується виразність та прояв специфічних ознак, організм звільнюється від мікробів, оду-

жує. Проте можливі і рецидиви – перехід в хронічну форму або ж настає летальний кінець.

5. Які способи передачі збудників хвороби найбільш поширені серед людей? Фази розповсюдження інфекції.

* * *

Існують такі основні способи розповсюдження інфекції: контактний, повітряно-крапельний, фекально-оральний, трансмісивний. Шляхом прямого контакту передаються венеричні захворювання, СНІД, короста, деякі грибкові захворювання шкіри, лентоспіроз, ящур, туляремія тощо. Досить часто збудник передається через руки хворої людини, яка, торкаючись тих, чи інших предметів, залишає на них мікроби. Найчастіше таким контактано-побутовим шляхом передаються кишкові інфекції. Повітряно-крапельним шляхом передаються збудники грипу, вітрянки, коклюшу, туберкульозу; фекально-оральним – дизентерія, черевний тиф, паратиф. Трансмісивний спосіб передачі збудників здійснюється за допомогою членистоногих.

Виділяють механічні і біологічні переносники збудників захворювань. Механічними переносниками патогенних мікроорганізмів досить часто є різноманітні комахи (комарі, мухи, таргани, клопи, воші). Інфікуючись від людей чи тварин, комахи як біологічні переносчики хвороби, залишаються носіями інфекції на тривалий період.

Досить часто збудник захворювання проходить в організмі комар певний шлях розвитку. Інфікування сприйнятливою до даної хвороби організму відбувається при укусах (кровососанні) або з виділеннями переносника хвороби через ранки на шкірі. Таким чином комарі спричиняють інфікування малярією, жовтою лихоманкою, лейшманіозами, блохи – чумою і тифом.

У механізмі передачі інфекції виділяють три фази. Перша фаза механізму розповсюдження інфекції – виділення збудника з інфікованого організму, друга – надходження збудника в доквіллі або в організмі тварини, яка є переносниками збудників, третя – проникнення збудника в сприйнятливий організм.

Виведення збудника із інфікованого організму залежить від його локалізації в організмі. Якщо збудник знаходиться в органах дихання, то він виводиться з видихуванням повітря і краплинами слини. При локалізації збудника в крові інфікування здорових осіб відбувається

комахами або при переливанні крові. У випадку, коли збудник знаходиться в травному тракті, він розповсюджується через калові або рвотні виділення.

6. У чім сутність поняття “сприйнятливість до захворювання”? Основні чинники зміцнення неспецифічної фізіологічної резистентності організму.

* * *

Виникнення інфекційних захворювань тісно пов’язано з прийнятливістю організму до нього. *Сприйнятливість до захворювань* – здатність організму реагувати на проникнення у внутрішнє середовище збудників інфекцій виникненням хвороби. Неприйнятливість людини до збудників інфекційних захворювань забезпечується чинниками специфічної несприйнятливості (*імунітет*) і *неспецифічної фізіологічної резистентності* (НФР), – *неспецифічний імунітет*.

До чинників НФР як таких, що перешкоджають проникненню бактерій і вірусів в організм та діють бактерицидно, належать:

- здорова непошкоджена шкіра і слизові оболонки, як механічні бар’єри для мікробів;
- лімфатичні вузли;
- бактерицидні властивості секретів (молочна та жирні кислоти) сальних та потових залоз шкіри;
- миготливий війчастий епітелій дихальних шляхів;
- лізоцим сліз, слини, крові, міжклітинної рідини, клітин;
- гуморальні фактори неспецифічного захисту;
- бактерицидні речовини, травного каналу сечовивідних шляхів;
- кисле середовище шлунку;
- біологічно активні речовини травних соків, жовчі, крові, лімфи тощо;
- непроникний гематоенцефалітний бар’єр;
- видільна функція нирок, кишок, печінки, лімфовузлів;
- фагоцитоз лейкоцитів.

НФР організму можна зміцнити. Для цього необхідно раціонально харчуватися, систематично загартовуватися, дотримуватися раціонального режиму праці і відпочинку, виконувати нормативний обсяг фізичних навантажень тощо. У представників фізичної праці, спортсменів, у порівнянні з людьми, які ведуть гіподинамічний спосіб жит-

тя, фагоцитарна активність лейкоцитів підвищена, більш висока в них і лізоцимна активність.

В умовах фізичних навантажень спостерігається більш виражене збільшення в сироватці крові глобулінових білків, з яких синтезується антитіла. Збільшення синтезу специфічних антитіл, переважно β -глобулінової природи, викликаних фізичним тренуванням лабораторних тварин в умовах експериментальної імунізації білковим антигеном, є свідченням його неспецифічного впливу на імунобіологічну реактивність організму, передумовою профілактики захворювань (П.Д. Плахтій, 1990).

7. Поняття імунітету, імунного процесу. Наслідки порушення імунітету.

* * *

Властивість захисту організму від мікроорганізмів та речовин, які несуть у собі чужорідну (генетичну сторонню) інформацію, називається *імунітетом*. Основою протиінфекційного імунітету є несприйнятливність до мікробів та продуктів їх життєдіяльності. Імунітет завжди специфічний, тобто діє лише щодо того збудника хвороби, на який він вироблений.

Імунітет тісно пов'язаний з спадковими і набутими механізмами, які запобігають проникненню в організм і розмноженню в ньому збудників захворювань та продуктів їхньої життєдіяльності (токсинів). Імунітет можливий завдяки наявності імунної системи (лімфатичних органів) – лімфовузлів, селезінки, кісткового мозку, вилочкової залози. Імунна система не лише захищає організм від збудників захворювань, а й від злویкісних клітин, бере участь у відторгненні пересаджених органів, стежить за нормальним розвитком плода, руйнує (діалізує) відмерлі структури тканин тощо. Загальна схема нейрогуморальної регуляції діяльності імунної системи подана на рис. 1.16.

Імунний процес – утворення в організмі специфічних антитіл у відповідь на проникнення в нього збудників хвороб (антигенів). Особливістю антитіл є їх спроможність специфічно взаємодіяти з відповідними антигенами. Антитіла здатні нейтралізувати токсини (анти-токсини), розчиняти мікроби (бактеріолізини), викликати осадження білкових решток, що утворились внаслідок руйнування мікробів (преципітини), склеювати мікроби (аглютиніни) тощо.

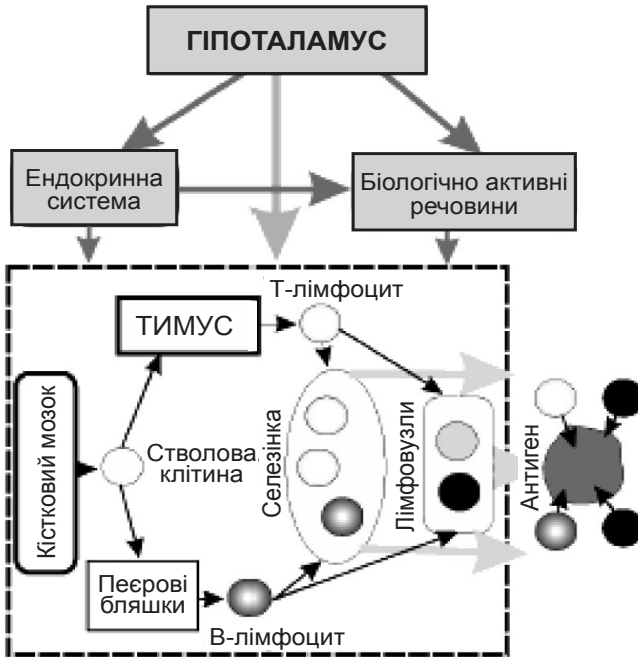


Рис. 1.16. Нейрогуморальна регуляція діяльності імунної системи організму

Порушення імунітету призводить до таких явищ:

- пригнічення захисту від ракових клітин;
- зниження протимікробної резистентності;
- аутоімунних реакцій і розладів;
- розвитку імунодефіцитних станів.

8. Які проблеми можуть виникати у людини при порушеннях функцій імунної системи?

* * *

Можливі три типи порушень функцій системи імунітету:

- первинні та вторинні імунодефіцитні стани (порушення одного із ланцюжків імунної системи);
- аутоагресія щодо нормальних компонентів організму людини (аутоімунні захворювання, підвищення накопичення компонентів антиген-антитіло);

- дисфункції, при яких один ланцюжок імунної системи в стані гіперплазії, а інший – у пригніченому стані (злякисні захворювання).

Серед спадкових форм імунодефіцитних станів (2 : 1000), на дефект В-системи приходиться – 50-75%, на дефект Т-системи – 5-10%.

Хворі з дефіцитом Т-системи схильні до вірусних, грибкових захворювань та бактеріальних інфекцій (туберкульоз, сальмонельоз та інші); у них розвиваються системні реакції у відповідь навіть на живі вірусні вакцини і БЦЖ. Хворі з дефіцитом В-системи імунітету схильні до тяжких гнійно-бактеріальних інфекцій дихальних шляхів і шкіри. Частими наслідками гіпоплазії загрудинної залози є природжені імунодефіцитні стани.

Проблеми хворих, які пов'язані з розвитком вторинного імунодефіциту, виявляється в разі:

- таких вірусних захворювань як кір, грип, бактеріальних процесів (дизентерія, сальмонельоз, холера), грибкових інфекцій та гельмінтів;
- патологічних процесів, які супроводжуються втратою білка (нефротичний синурит, опіки);
- дистрофій, авітамінозів;
- деяких методів лікування (терапія кортикостероїдами та цитостатиками) та важких хірургічних операцій;
- злякисних захворювань.

9. Різновиди імунітету. Що таке материнський імунітет?

* * *

Розрізняють імунітет вроджений і набутий. **Вроджений імунітет** видовий, він передається спадково у зв'язку з біологічними властивостями організму, Наприклад, домашні тварини не хворіють венеричними хворобами людини, а людина не хворіє чумою великої рогатої худоби. Набутий імунітет виробляється у тварин і людини після перенесення ними якої-небудь хвороби (**природньо набутий імунітет**), або після щеплення вакцинами до складу яких входять мертві або ослаблені збудники даного захворювання (**штучно набутий імунітет**).

Ще виділяють **активний і пасивний імунітет**. Активний імунітет утворюється при безпосередньому перенесенні організмом даної

хвороби; пасивний – при введенні в організм готових антитіл (сироватки крові, отриманої з організму, який перехворів на дану хворобу). Активний імунітет довготривалий, пасивний – триває кілька тижнів.

Діти до трьох місячного віку володіють “**материнським**” імунітетом. Цей вид імунітету зумовлений наявністю у новонароджених антитіл, які передаються від матері через плаценту а також з молоком (молозивом). Материнський імунітет проявляється за умови наявності імунітету матері до даного збудника хвороби.

10. Яку роль в реакціях місцевого імунітету відіграє лізицим?

* * *

Лізицим – білок, який спричиняє лізіс (розчинення) мукополісахаридів бактеріальних оболонок. Його дія активізується під впливом імуноглобулінів. Вміст лізоциму в різних клітинах і рідинах організму різна: лейкоцитах – 10 г на 1 кг маси тіла; сльозах – 7 г, слині – 0,2 г; плазмі крові – 0,2 г. Чимало лізоциму в грудному молоці, особливо молозиві, печінці, серці, на слизових оболонках дихальних шляхів.

Існують вікові особливості вмісту лізоциму в окремих органах і рідинах організму. У новонароджених дітей лізоциму найбільше (3-4 ОД/мл), з віком дитини рівень його зменшується до 2-3 ОД/мл; середня величина вмісту лізоциму в організмі осіб віком 20-25 років – 1,7 ОД/мл.

11. Які заходи сприяють профілактиці інфекційних захворювань? Що таке дезинфекція, дезинсекція, дератизація, вакцинація?

* * *

Державні загальносанітарні заходи в Україні передбачають поліпшення умов праці і побуту населення з метою попередження будь-яких захворювань, будівництво різноманітних споруд з врахуванням санітарних і протиепідемічних вимог. На боротьбу з інфекційними хворобами направлені і такі заходи як благоустрій міст і сіл, спорудження водоводів, каналізацій тощо.

Друга група заходів – це **медичні заходи**. Вони проводяться цілеспрямовано з врахуванням основних ланок епідемічного процесу

(джерело інфекції, механізм її передачі і сприйнятлива частина населення). Заражену людину, як джерело інфекції, ізолюють від оточуючих людей і лікують; інфікованих тварин, як правило, знищують.

З метою попередження розповсюдження інфекції за межі епідемічного вогнища використовується **карантин** – комплекс адміністративних і санітарно-гігієнічних заходів, направлених на виявлення хворих і осіб, які підлягають ізоляції або нагляду. Відповідальність за проведення карантинних заходів несуть санітарно-карантинні відділи і пункти в міжнародних морських і річкових портах, аеропортах, залізничних і автовокзалах.

Для усунення шляхів передачі інфекції проводять дезинфекцію, дезинсекцію і дератизацію. **Дезинфекція** – знищення збудників хвороби в приміщеннях, де виявленні хворі. **Дезинсекція** – знищення комах, які можуть передавати інфекцію, **дератизація** – знищення гризунів – переносників хвороб, наприклад чуми.

Для формування імунітету щодо окремих інфекційних захворювань людей вакцинують, для підвищення неспецифічної фізіологічної реактивності рекомендується вести **здоровий спосіб життя**: раціональне харчування, загартування, раціональний режим праці і відпочинку, оптимальний руховий режим тощо.

Третя група заходів щодо профілактики інфекційних захворювань пов'язана з підвищенням рівня **санітарної освіти населення**. З цією метою використовують різноманітні засоби пропаганди (масової інформації): бесіди, лекції, радіопередачі, телебачення тощо.

12. Алергічні захворювання. Якою має бути перша медична допомога при анафілактичному шокові і утрудненому диханні?

* * *

Алергія – специфічна реакція організму на деякі речовини – алергени, що супроводжується пошкодженням структури і порушенням функцій клітин, тканин і органів. При алергічних реакціях різного типу взаємодія “антиген–антитіло” спричиняє утворення цілого комплексу біологічно активних речовин, які й обумовлюють пошкоджуючий ефект.

Сьогодні, як ніколи раніше, алергічні реакції набули значного поширення. Виділяють декілька типів імунної алергічної реакції – від-

повіді на алерген: алергічний шок, гіперчутливість організму до пилку різних рослин, респіраторні алергічні захворювання.

Найбільш небезпечною формою алергічного захворювання є **анафілактичний шок** – реакція швидкого типу, що розвиваються перш за все на введених медикаментів, а також на укуси (ужалення) комах або різне охолодження тіла у осіб з холодовою алергією.

Існує багато нозологічних форм алергічних захворювань, що спричиняються гіперчутливістю організму до пилку різних рослин (пилінози): з ураженням ЛОР-органів, очей, шкіри (кропив'янка, екзема, набряк Квінке), дихальних шляхів (трахеїт, бронхіт, бронхіальна астма), нервової та інших систем і органів. За етіологічною оцінкою виділяють харчову, медикаментозну, побутову та інші форми алергій.

Без допомоги алерголога пацієнтам із проявами алергічних реакцій не справитися. Ефективну діагностику у ранні терміни захворювання можна провести лише в спеціалізованих алергологічних кабінетах.

Перша медична допомога у разі гострої алергічної реакції (анафілактичного шоку) має бути спрямована на припинення впливу і дії алергену, на зупинку перебігу гострої алергічної реакції. Для цього медсестра має негайно ввести хворому під шкіру 0,1 мл 0,1% розчину адреналіну. До виведення з алергічного шоку необхідно зробити три – п'ять таких ін'єкцій кожних 15 хв. До місця ін'єкції або ужалення комахи прикласти холод. Місце ін'єкції або ужалення обколоти 0,1% розчином адреналіну в розведенні 1:10000 (0,1 мл 0,1% розчину адреналіну і 0,9 мл ізотонічного розчину натрію хлориду).

Згідно з показаннями ввести внутрішньом'язово або внутрішньовенно кортикоїди: преднізолон – 2-3 мг на 1 кг маси, гідрокортизон – 5-10 мг на 1 кг маси, провести штучну вентиляцію легень, закритий масаж серця, хворого терміново госпіталізувати.

13. Що повинен знати вчитель фізкультури, тренер, спортсмен про правила профілактики і боротьби з інфекційними хворобами?

* * *

Розповсюдження епідемічних захворювань можливе і серед фізкультурників та спортсменів, які тісно спілкуються між собою під час поєдинку (одноборці, боксери), проживають в одному приміщенні.

Тому вчителі фізвиховання, тренери і спортсмени повинні добре знати причини і особливості розповсюдження інфекцій, вміти проводити профілактичні заходи. Особливо ретельно спортсмени повинні дотримуватись правил особистої гігієни, підтримувати належні санітарно-гігієнічні умови тренування і побуту.

У випадку виникнення інфекційних захворювань, щоб не допустити розповсюдження хвороби на здорових осіб, належить негайно звернутись до медичних працівників і ретельно виконувати усі їх вказівки.

2.2. Фізіологічні механізми згортання крові

14. Які механізми забезпечують припинення кровотечі з малих, середніх і великих кровоносних судин?

* * *

Сукупність фізіологічних процесів, пов'язаних із згортанням крові і направлених на припинення кровотечі, яка виникла внаслідок порушення цілісності кровоносних судин, називається *гемостазом*. Розрізняють два механізми припинення кровотечі: мікроциркуляторний гемостаз і гемокоагуляція.

Мікроциркулярний (судинно-тромбоцитарний) *гемостаз* (МГ) забезпечує припинення кровотечі з малих кровоносних судин. Він досягається завдяки судинним спазмам та агрегації тромбоцитів з утворенням і затвердінням тромбоцитарного згустку. Спазми малих кровоносних судин при больових реакціях обумовлені підвищенням тонуусу симпатичної нервової системи, а також збільшенням в крові серотоніну, адреналіну і норадреналіну, які звільняються з пошкоджених клітин. Усе це сприяє утворенню тромбоцитарного згустку. Під дією білка тромбоцитів – тромбостеніну згусток твердне і закриває рану, кровотеча призупиняється.

Згортання крові у випадку пошкодження середніх та великих кровоносних судин (*гемокоагуляція*), згідно ферментативної теорії О. Шмідта, проходить в три фази. В цьому процесі беруть участь різні речовини, що містяться у плазмі крові (фактори плазми), а також речовини, що сюди надходять при пораненні із зруйнованих клітин і тромбоцитів.

У першій фазі згортання крові, внаслідок руйнування тромбоцитів при їх торканні до рани як неадекватної поверхні, виділяється неактивний тромбопластин, який, взаємодіючи з факторами плазми крові, перетворюється в **активний тромбопластин**.

У другій фазі згортання крові протромбін плазми, взаємодіючи з тромбопластином, перетворюється в **тромбін**. Для нормального перебігу цієї реакції необхідні йони Кальцію і ряд факторів плазми, що виконують роль прискорювачів. Для синтезу протромбіну печінкою необхідна наявність вітаміну К.

Під впливом тромбіну розчинний в плазмі **фібриноген** перетворюється в нерозчинний **фібрин** (третья фаза згортання крові). В густих сплетіннях тонких фібринових ниток фіксуються формені елементи крові – утворюється згусток – **тромб** (рис. 1.17). За короткий час тромб стягується і ущільнюється (**ретракція згустка**). Цей процес забезпечується **ректратозином**, який виділяється з тромбоцитів при їх трісканні. Виконавши свою функцію (припинивши кровотечу), згусток розчиняється з допомогою ферменту плазми – **фібринолізину**.

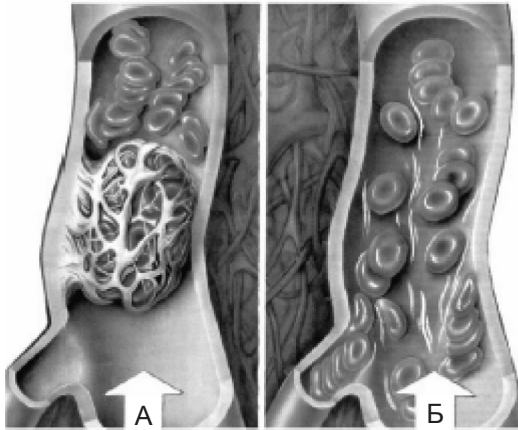


Рис. 1.17. Тромбоутворення: А – кровосна судина з тромбом;
Б – нормальна судина

Каскадно-комплексна схема згортання крові подана на рис. 1.18 (за В. І. Філімоновим, 2009).

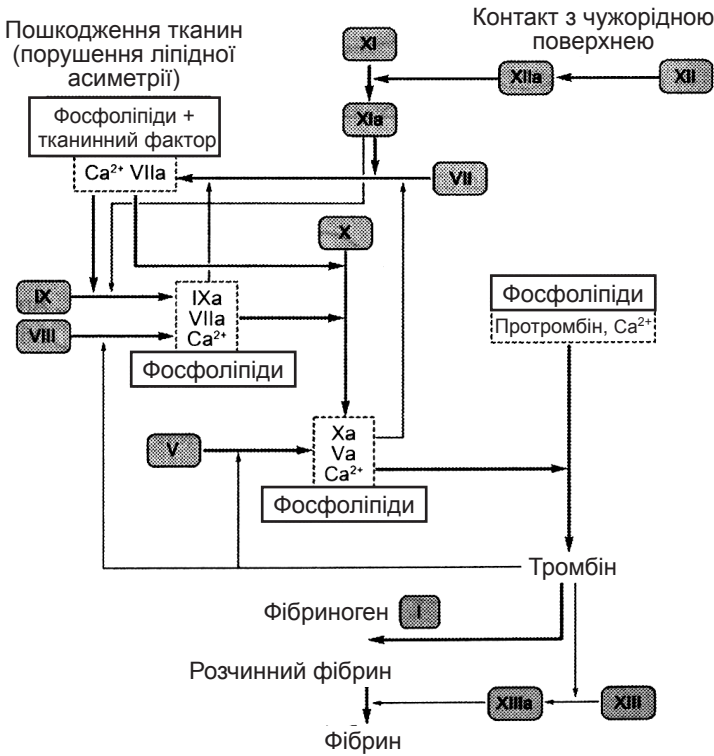


Рис. 1.18. Каскадно-комплексна схема згортання крові

15. У звичайній пробірці кров згортається значно швидше, ніж в пробірці стінки якої обліт розплавленим парафіном або воском. Чому? Як можна попередити (сповільнити) згортання крові?

Обов'язковою умовою для включення механізмів згортання крові є контакт тромбоцитів з неадекватною (відмінною від стінок кровоносних судин) поверхнею. Стінки звичайної пробірки в порівнянні з стінками кровоносних судин значно жорсткіші (неадекватна поверхня), стінки пробірки обліт парафіном такі ж гладенькі, як і стінки кровоносних судин. Щоб кров не згорталась її декальцинують, дефібринують, додають гепарин виділений з легеневої тканини, печінки і базофілів крові або гірудін – секрет слинних залоз п'явок.

16. Чому консервована донорська кров (в ампулах) не згортається? Які чинники прискорюють згортання крові?

* * *

У консервованій крові йони Кальцію, як обов'язкового компоненту для згортання крові, осаджені цитратом натрію. Щоб така кров згорталась (для прискорення ферментативних процесів) до неї додають розчин хлористого кальцію. До чинників, які прискорюють згортання крові, належать: тромбін, багаті тромбопластином витяжки з мозку і м'язів, сечова і жовчні кислоти, желатин та інші речовини. Прискорюється згортання крові і при незначному підвищенні її температури.

17. Який механізм дії системи крові, що попереджує її згортання? Гемофілія.

* * *

Для збереження рідкого стану крові в організмі існує система, яка попереджує згортання крові, – **протизгортальна система**. За звичайних умов вона домінує над системою, яка забезпечує згортання крові. Утворення тромбів у судинах попереджується шляхом розчинення (лізісу) утворених згустків. Складовою частиною протизгортальної системи крові є особливий білок крові – **гепарин**. Він синтезується клітинами які знаходяться в тканинах, що оточують судини. При пошкодженні кровоносних судин створюється тимчасова перевага системи, яка спричиняє згортання крові. Саме завдяки захисній реакції системи збереження рідкого стану крові, утворення згустку не поширюється за межі місця пошкодження.

Попереджує згортання крові і **антитромбін**. Після утворення кров'яного згустку тромбін адсорбується фібрином і нейтралізується антитромбіном. Таким чином, утворення тромбу і його нейтралізація в крові проходять одночасно. Важливим механізмом збереження рідкого стану крові є відштовхування тромбоцитів від стінок кровоносних судин – **репульсія**. Репульсія можлива завдяки мінусовому заряду стінки судин і оболонки тромбоцитів.

Гемофілія – спадкове захворювання, обумовлене порушенням згортання крові. Виділяють три форми гемофілії – А, В, С. При гемофілії А відсутній фактор VIII згортання крові, при гемофілії В – фак-

тор Х1, при гемофільії С – фактор ІХ. Хворіють переважно хлопчики (гемофільія С зустрічається у дівчаток).

◇ 18. Згортання крові після пробного проколювання пальця дорослої людини – 3,5 хв., час згортання крові цього ж досліджуваного у спеціальній трубочці – 6 хв. Дайте оцінку стану системи згортання крові та системи, яка попереджує згортання крові досліджуваного.

* * *

На взаємодію системи згортання крові і системи, яка протидіє згортанню крові людини, вказують такі дані. У нормі час згортання крові після пробного уколювання пальця – 2-5 хв., час згортання проби крові у спеціальній трубочці – близько 6 хв. Отже, ефективність дії вище згаданих систем крові досліджуваного відповідає величинам фізіологічної норми.

Тривалість згортання крові за методом Бюркера визначається реєстрацією швидкості утворення фібринових ниток. Для цього краплю крові з пальця наносять на годинникове скло, або предметне скло з заглибиною, яке кладуть на долоню (для підтримання температури тіла). Через кожні 30 с скляною паличкою з витягнутим кінцем піднімають краплю крові. Поява першої ниточки фібрину на кінці палички свідчатиме про початок згортання крові. Час від моменту взяття крові з пальця до появи ниток фібрину і становитиме шукану тривалість згортання крові. Норма згортання крові визначена з допомогою даного методу – 2-5 хв.

19. Як змінюється швидкість згортання крові у людини, що виконує фізичну роботу?

* * *

У період виконання фізичних навантажень швидкість згортання крові зростає, збільшується в ній і концентрація тромбоцитів (*міогенний тромбоцитоз*). Разом з тим посилюється активність системи, яка попереджує згортання крові, зростає активність фібріналізу в крові. Усе це сприяє підтриманню рідкого стану крові і попереджує підвищення її в'язкості.

2.3. Групи крові та їх успадкування. Резус-фактор

20. Присутність яких речовин крові покладено в основу її поділу на чотири групи?

* * *

Кров усіх людей, незалежно від їх расової належності, віку і статі, ділять на чотири групи. Цей поділ став можливим завдяки К. Ландштейнеру, який у 1901 році описав наявність в крові людей природних антитіл (аглютининів) – α і β антигенів (аглютиногенів) – А, В, О. Сьогодні відомо близько 400 антигенів, розташованих в мембрані еритроцитів. Проте антигенні властивості більшої частини їх виражені слабо, а тому при переливанні крові ними нехтують. Найбільшого значення для практики має система АВО і система резус.

Аглютиногени тину А, В і О знаходяться в еритроцитах, а *аглютиніни* (білки глобулінової фракції) α і β – в плазмі крові. Процес аглютинації (склеювання) і гемолізу еритроцитів відбувається лише в тому випадку, коли зустрічаються однойменні аглютиніни і аглютиногени: α і А, або β і В. Наслідком аглютинації і гемолізу еритроцитів є їх *гемотрансфузійний шок*, який може спричинити смерть. Наявність тієї чи іншої групи крові – індивідуальна біологічна особливість даної людини. Група крові починає формуватися на початку пренатального періоду і не змінюється упродовж всього життя.

У крові новонароджених, як правило, немає аглютининів α і β . Лише упродовж першого року життя у дітей утворюються антитіла до тих антигенів, яких немає в їхніх власних еритроцитах. Найбільша кількість антитіл спостерігається у дітей 5-10-річного віку, в осіб зрілого віку концентрація аглютининів підтримується на постійному рівні, а в старості поступово знижується.

Групи крові людини (фенотип) зумовлені її генотипом – відповідними генами. Гени забезпечують синтез аглютиногенів еритроцитів. В еритроцитах людини можуть бути присутні аглютиногени О, або А, або В або обидва разом – АВ. Якщо в еритроцитах є аглютиноген О, а відсутні аглютиногени А і В, то це I (О) група, наявність аглютиногена А визначає II (А) групу, наявність аглютиногена В – III (В) групу, присутність А і В аглютиногенів обумовлює IV (АВ) групу крові.

21. Успадкування груп крові. Чи може чоловік з четвертою (AB) групою крові бути батьком дитини, у якої перша (O) група крові?

* * *

Кожний аглютиноген синтезується під контролем відповідного гена. Гени А і В – домінантні, ген О рецесивний. Із цих трьох генів у людини може бути тільки два гени (два алеля) – один від батька, другий від матері. В залежності від комбінації цих генів у процесі запліднення успадковується та чи інша група крові. Як відомо, в гаметах – у зрілих статевих клітинах (сперматозоїдах і яйцеклітинах), тобто в гапліідному наборі хромосом, із двох парних генів буває тільки один ген (А або В, або О). При з'єднанні сперматозоїда з яйцеклітиною знов утворюється диплоїдна клітина – зигота. При цьому в заплідненій яйцеклітині, яка дає початок розвитку нового організму, в диплоїдному наборі хромосом можуть бути такі комбінації генів: ОО, АА, АО, ВВ, ВО, АВ.

Якщо О ген сперматозоїда сполучається з О геном яйцеклітини, то успадковується тільки перша група крові (О) з генотипом ОО. Якщо А ген чоловіка сполучається з А або О геном жінки, то успадковується друга (А) група з генотипом АА або АО. Аналогічні комбінації утворюються і тоді коли в успадкуванні бере участь ген В (діти будуть мати генотип ВВ або ВО). У батьків, які мають другу і третю групи крові діти можуть мати будь-яку з чотирьох груп крові: $A + B = AB$ (четверта група), $A + O = AO$ (друга група), $O + B = OB$ (третя група), $O + O = OO$ (перша група).

У батьків, які мають першу групу крові, діти будуть мати тільки першу групу. Якщо батько (чи мати) має першу групу крові, а мати (чи батько) – четверту, то у них діти будуть мати або другу, або третю групу крові. У шлюбі осіб з четвертою групою крові можуть народитися діти з генотипами груп крові АА, ВВ, АВ, тобто можуть мати будь яку групу крові, окрім першої (табл. 1.2).

У судово-медичній практиці прийнято вважати, що чоловік з четвертою (AB) групою крові не може бути батьком дитини з групою О, хоч при використанні лише одного цього критерію ймовірність помилки складає 10%. Чим більше враховується групових факторів, тим з більшою вірогідністю може бути виключено батьківство.

Таблиця 1.2

Можливі варіанти успадкування груп крові дітьми від батьків

Генотип батька	Генотип матері					
	I	II		III		IV
	OO	AA	AO	BB	BO	AB
I ^{OO}	OO-I	AO-II	AO-II OO-I	BO-III	BO-III OO-I	AO-II BO-III
II ^{AA}	AO-II	AA-II	AA-II AO-II	AB-IV	AB-IV AO-II	AA-II AB-IV
AO	AO-II OO-I	AA-II AO-II	AA-II AO-II OO-I	AB-IV BO-III	AB-IV AO-II BO-III OO-I	AA-II AB-IV AO-II BO-III
III ^{BB}	BO-III	AB-IV	AB-IV BO-III	BB-III	BB-III BO-III	AB-IV BB-III
BO	BO-III OO-I	AB-IV AO-II	AB-IV AO-II BO-III OO-I	BB-III BO-III	BB-III BO-III OO-I	AB-IV BO-III AO-II BB-III
IV ^{AB}	AO-II BO-III	AA-II AB-IV	AA-II AB-IV AO-II BO-III	AB-IV BB-III	AB-IV BB-III AO-II BO-III	AA-II BB-III AB-IV

22. Як визначається група крові?

Фарфорову (скляну) пластинку для визначення груп крові кладуть на білий аркуш паперу і наносять на нього, не змішуючи, по краплі стандартних сироваток I, II, III груп крові, які містять в собі відповідно $\alpha\beta$ -, β - і α -аглютиніни. З проколу пальця досліджуваного, стерильною скляною паличкою переносять невелику кількість крові в краплю сироватки I групи, другою чистою паличкою таку ж кількість крові переносять в сироватку II групи і, нарешті, третьою паличкою досліджувану кров переносять в сироватку III групи. Кожен раз кров старанно змішують з краплею сироватки. Періодично похитуючи

пластинку, спостерігають за реакцією аглютинації (склеювання) еритроцитів. Через 5 хвилин читають результат. При відсутності аглютинації крапля залишається рівномірно забарвленою, при її наявності – в краплі з'являються дрібні крупинки червоного кольору, що поступово збільшуються на світліючому фоні.

Для попередження “холодової аглютинації” до краплі сироватки з кров'ю додають краплю фізіологічного розчину кімнатної температури. При визначенні груп крові слід уникати помилок, які можуть виникати у випадку проведення дослідження при високій температурі навколишнього повітря, а також за умови коли взято велику кількість крові і малу – сироватки.

Група крові встановлюється в залежності від наявності чи відсутності аглютинації еритроцитів за схемою:

Аглютиногени еритроцитів	Аглютиніни сироватки			Група крові
	I (αβ)	II (β)	III (α)	
O	–	–	–	I (O)
A	+	–	+	II (A)
B	+	+	–	III (B)
AB	+	+	+	IV (AB)

Примітка: знак “+” – наявність аглютинації, знак “–” – відсутність аглютинації.

23. При визначенні групи крові аглютинація еритроцитів спостерігалась з сироватками I, II, III груп крові. Яка група досліджуваної крові? До якої групи крові слід віднести кров досліджуваної людини, якщо аглютинація відбулася з сироватками I і II груп?

* * *

Якщо аглютинація еритроцитів досліджуваної крові спостерігається з сироватками I, II і III групами крові, то така кров IV (AB) групи, якщо ж аглютинація відбулась з сироватками I і II групи, то така кров III групи.

24. При визначенні групи крові аглютинація не виявлена у жодній із крапель стандартних сироваток. Яка група крові досліджу-

ваної людини? До якої групи крові слід віднести кров, якщо аглютинація відбулася з сироватками I і III груп?

* * *

Якщо аглютинація досліджуваної крові відсутня в усіх стандартних сироватках, то це вказує на I групу крові, якщо ж аглютинація відбулась з сироватками I і III груп крові – досліджувана кров II групи.

25. Яких людей називають донорами? Значення донорства для медичної практики.

* * *

Донор – це людина, яка добровільно дає свою кров для приготування лікарських препаратів (альбумін, фібриноген, глобуліни направленої дії тощо). Близько 50% заготовленої крові необхідно хірургічним і акушерсько-гінекологічним клінікам та відділенням лікарень. Використання донорської крові дозволяє значно продовжити життя важко хворим з апластичними анеміями (з неякісним малокрів'ям). Гемотрансфузії часто використовують при лікуванні виразок шлунка і кишок. Для забезпечення річної потреби лікарень необхідно мати близько 0,8 л донорської крові на одне лікарняне ліжко.

Отримання крові у донорів і її консервування проводять на станціях переливання крові. На основі попереднього медичного обстеження майбутнього донора спеціалісти визначають придатність його крові для переливання (зокрема, відсутність інфекційних захворювань), роблять заключення про дозу крові, яку можна взяти з даної людини. У донорів, які вперше здають кров, дозволяється взяти не більше 200-250 мл крові, у тих хто здає кров вдруге (і більше разів) – до 450 мл. Такі крововтрати відновлюються організмом упродовж місяця і не відбиваються на здоров'ї донора.

Донорам в нашій країні даються певні льюоти – додатковий день відпустки за кожен дозу крові, спеціальне харчування (обід) в день отримання крові і грошова компенсація. Активні донори нагороджуються нагрудним знаком “Почесний донор”, іншими орденами і медалями.

26. Внаслідок отриманої травми працівник втратив багато крові (більше 1 л). Потрібно негайно забезпечити поновлення втраче-

ної крові. Потерпілий має другу резус-негативну групу крові. Люди з якою групою крові можуть бути використані в якості донорів?

* * *

Людину з першою групою крові (в ній відсутні аглютиногени А і В, а є лише аглютиніни α і β) називають універсальним донором. Відсутність аглютиногенів А і В в еритроцитах крові людей цієї групи крові дозволяє успішно переливати невеликі її кількості в організм осіб іншої групової приналежності, в еритроцитах крові яких присутні антигени А (II група крові), В (III група крові), А і В (IV група крові). При переливанні невеликої дози крові першої групи аглютиніни α і β донорської крові розбавляються великою кількістю (4-6 л) крові реципієнта і втрачають здатність до аглютинації ідентичних А і В антигенів. При переливанні значних доз крові першої групи (більше 1 л) в організм осіб іншої групової приналежності, антитіла донора (аглютиніни), склеюючи ідентичні антигени, можуть призвести до стану несумісного з життям. Отже, для негайного поновлення втраченої людиною крові в якості донора можуть бути використані особи з ідентичною щодо реципієнта групою крові, тобто з другою, обов'язково резус-негативною, групою крові.

27. Вкажіть на кількісне співвідношення громадян різних країн світу щодо групової приналежності? Чи існує залежність характеру людини і рівня її здоров'я від групової приналежності?

* * *

У людей різних національностей співвідношення груп крові різне. Більше 40% людей, які проживають в Центральній Європі, мають першу групу крові, близько 40% – другу, 10% – третю і 6% – четверту групу крові. Серед українців, росіян і білорусів першу групу крові мають 33%, другу – 36%, третю – 23%, четверту – 8% людей. Близько 90% жителів Північної Америки мають I групу крові, 20% населення Центральної Азії мають II групу крові.

Від групи крові в певній мірі залежить стан здоров'я і характер людини. Так, люди з першою групою крові рідше хворіють і довше живуть, ніж люди з другою групою крові. Існує певна залежність між груповою приналежністю і темпераментом людини, її психічним станом, розумовою і фізичною працездатністю, відношенням до окремих харчових продуктів. Так, серед вегетаріанців значно більше осіб

з другою групою крові, серед «м'ясоїдів» більшість мають першу групу крові.

28. Що таке резус системи крові? Як вона успадковується?

* * *

Резус система включає в себе більше 20 ізоантигенів і наявна в еритроцитах 85% осіб як чоловічої так і жіночої статі (резус-позитивні люди), у решти осіб (15%) резус система відсутня. Це – резус-негативні люди.

На відміну від системи АВО, антитіла якої в крові людини з'являються вже після перших місяців її життя, резусні аглютиніни з'являються тільки при повторному переливанні резус-несумісної крові.

Резус позитивний ген (Rh+) домінує над резус негативним (Rh-), який є рецесивним. Таким чином, у людини, яка має резус-негативну кров генотип може бути лише Rh-Rh-. У осіб з резус-позитивною групою крові можуть бути такі два поєднання генів – або обоє резус-позитивні (Rh+Rh+), отримані від обох батьків, або ж позитивний і негативний (Rh+Rh-). Проте негативний ген, як рецесивний, завжди пригнічується домінантним позитивним, і не проявляє себе, хоч і існує. За умови, коли батьки мають резус-негативну кров, то у дитини може бути лише Rh- кров, оскільки ні в батька, ні у матері немає жодного Rh+ гена.

У людей з резус-позитивною кров'ю може існувати резус-негативний рецесивний ген, який в присутності резус-позитивного себе не проявляє. Якщо ж кожний з батьків передасть дитині по одному “резус-негативному” гену, то кров у дитини буде резус-негативна. Проте згідно з законами генетики, ймовірність такого варіанта дуже невелика.

◇ 29. Методичні особливості визначення резус-фактора крові за допомогою антирезусної сироватки.

* * *

На фарфорову пластину наносять дві краплі: одна – антирезусної стандартної сироватки, друга крапля – контрольна (без резусних антитіл). Рядом з сироватками поміщають в два рази менші краплі досліджуваної крові. Скляною паличкою перемішують сироватки з

кров'ю. Для попередження неспецифічної аглютинації через 3-4 хв. в обидві досліджувані краплі додають по одній краплі фізіологічного розчину. Результат реакції оцінюють через 5 хв. Відсутність аглютинації в обох досліджуваних краплях свідчить про те, що кров резус-негативна (Rh-). Якщо ж аглютинація відбулася з стандартною антирезусною сироваткою, то така кров вважається резус позитивною (Rh+).

30. Доцільність врахування резусної несумісності при вагітності. Що необхідно знати батькам для попередження резус-конфлікту?

* * *

Резусну несумісність слід враховувати при трансфузії і при вагітності, особливо у випадку якщо резус-позитивний плід розвивається в організмі резус-негативної матері (рис. 1.19).

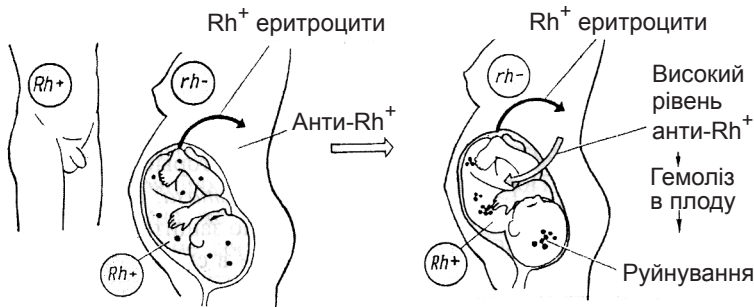


Рис. 1.19. Rh-фактор при вагітності і трансфузії

При порушенні цілісності генітальних бар'єрів, еритроцити плода з резусним антигеном можуть потрапити в організм резус-негативної матері, спричиняючи утворення резусних антитіл. Імунізація проходить повільно, а тому перша дитина може народитися здоровою. При повторній вагітності концентрація (титр) антитіл може досягти високого рівня. Резусні аглютиніни (неповні антитіла), на відміну від α і β -аглютинінів, дуже малі і проходячи через плацентарний бар'єр, спричиняють руйнування еритроцитів плода або ж дитина народжується хворою на гемолітичну жовтуху. Лише повним замінним переливанням крові можна врятувати таку дитину від смерті. Для попередження резус-конфлікту, жінка яка має резус-негативну кров (кров

чоловіка резус-позитивна) повинна зберегти стільки вагітностей під-ряд, скільки заплановано мати дітей. Штучне припинення вагітності збільшуватиме ймовірність виникнення резус-конфлікту при наступній вагітності.

31. Мати з I (O) резус-негативною групою крові народила дитину хвору гемолітичною жовтухою. Група крові дитини III (B), резус-позитивна. Що потрібно робити в даній ситуації для збереження життя дитини?

* * *

Для збереження життя дитині належить негайно зробити повне обмінне переливання крові. Для переливання використовують кров III групи, резус-позитивну або резус-негативну (без резусних антитіл).

32. При хронічних кровотечах в організм людини час від часу вводять невеликі кількості донорської крові. У хворого IV (AB) резус-позитивна група крові. Яку групу донорської крові можна вводити хворому?

* * *

Хворому належить вливати IV (AB) резус-позитивну або резус-негативну групу крові. При її відсутності можливе введення невеликих доз крові першої групи. Перед переливанням крові, як правило, не обмежуються визначенням групи крові системи ABO і резус-фактора. Обов'язковість визначення сумісності крові реципієнта і донора перед переливанням крові зумовлена пересторогою можливих помилок при визначенні груп крові та резус-фактора.

33. Кров матері, що народила хвору на гемолітичну жовтуху дитину, резус-негативна. При родах мати втратила значну кількість крові. Група крові II. Навіть одноразове переливання матері резус-позитивної крові II групи в цій ситуації протипоказане. Чому?

* * *

У крові матері можуть бути присутні резусні антитіла, вироблені на резусний білок еритроцитів резус-позитивного плоду. Введення в організм такої матері резус-позитивної крові спричинить резус-конфлікт з руйнуванням введених еритроцитів.

Розділ II

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ДИХАННЯ

Тема 1. ГАЗООБМІН МІЖ ЛЕГЕНЯМИ І ДОВКІЛЛЯМ

1.1. Поняття про дихання, його значення в підтриманні основних процесів життєдіяльності організму

1. У чому полягає сутність дихання? Етапи переміщення дихальних газів у процесі дихання.

* * *

Нормальна життєдіяльність організму людини пов'язана з безперервним споживанням кисню і виділенням вуглекислого газу. Запаси кисню в організмі дуже обмежені, а тому потреба людини в ньому значно важливіша, ніж потреба в їжі, воді або сні. Без їжі можна прожити більше місяця, без води – близько 10 діб, без сну – декілька діб, а без кисню – всього декілька хвилин.

Дихання – це сукупність фізіологічних процесів, що забезпечують надходження в організм із зовнішнього середовища кисню, використання його клітинами для окиснення органічних речовин та виділення вуглекислого газу. Система дихання забезпечує також компенсацію гіпоксичних і ацидотичних явищ. Надходячи до легень, кисень переходить в кров, доставляється до тканин, дифундує через стінки капілярів в міжклітинну рідину і використовується клітинами. Вуглекислий газ з тканин надходить у кров, транспортується кров'ю до легень, переходить в альвеоли, а звідти в навколишнє середовище (рис. 2.1). Такі переміщення дихальних газів у процесі дихання умовно можна поділити на п'ять етапів:

- обмін газів між зовнішнім середовищем і альвеолами легень (зовнішнє дихання або легенева вентиляція);
- обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень (дифузія газів через альвеолярно – капілярні мембрани);
- транспортування кисню і вуглекислого газу кров'ю;
- обмін газів між кров'ю капілярів і тканинами (дифузія газів через капілярно-тканинні мембрани);

- споживання кисню клітинами і виділення ними вуглекислого газу (тканинне дихання).

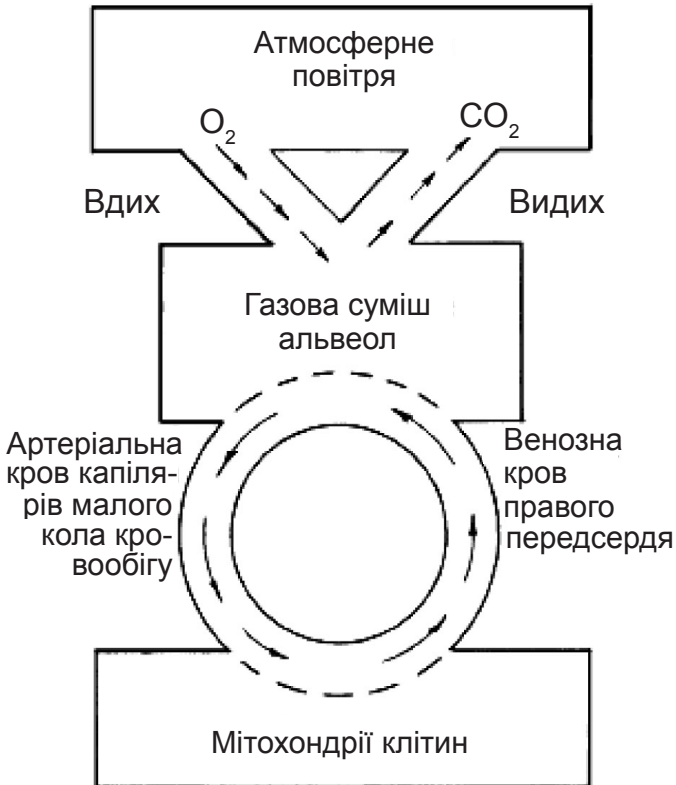


Рис. 2.1. Схема функціональної системи транспорту газів: дихальні шляхи, легені, серцево-судинна система, кров

2. Які морфофункціональні особливості дихальної системи забезпечують ефективний газообмін в легенях? Загальна площа поверхні усіх альвеол.

* * *

Дихання у людини і вищих тварин відбувається практично повністю через легені. Через шкіру і травний тракт поглинається не більше 1,5% кисню.

Повітря з киснем надходить до легень переважно через носові отвори і ходи носової порожнини. Ротова порожнина служить додатковим повітряним ходом, яким людина користується лише в екстремальних ситуаціях. З носової порожнини повітря надходить в носоглотку, звідси через гортань – у трахею і бронхи; правий бронх іде до правої легені, лівий – до лівої. За діаметром розрізняються бронхи першого, другого і третього порядку. Бронхи третього порядку галузяться на бронхіоли, які дають початок альвеолярним ходам і альвеолам. Стінки альвеол дуже тонкі, вони представлені одношаровим епітелієм і пронизані густою сіткою капілярів, що мають один шар ендотеліальних клітин. Таким чином, альвеолярне повітря відділяється від капілярної крові лише двома тонкими (не більше тисячної частки міліметра) шарами клітин, через які легко здійснюється газообмін.

Газообміну також сприяє велика дихальна поверхня легень. В легенях дорослої людини приблизно 700 млн. альвеол (діаметром кожної альвеол – 0,2 мм, площа поверхні – 0,125 мм²), загальною площею поверхні 75,5 м² (700 млн. · 0,125).

Розрізняють праву і ліву легені. Вони заповнюють обидві половини грудної клітки і знаходяться над діафрагмою. Діафрагма – широкий плоский м'яз з дещо піднятою куполоподібною серединою, що відділяє грудну порожнину від черевної. Загальна схема будови дихального апарату людини подана на рис. 2.2.

3. Чому альвеоли не спадаються в час видиху? Функціональне значення міжплевральної щілини.

* * *

Внутрішня поверхня альвеол покрита нерозчинною у воді тонкою плівкою поверхнево активної речовини – *сурфактантом*. Ця багата фосфоліпідами і ліпопротеїдами речовина синтезується клітинами альвеолярного епітелію. Володіючи малим поверхневим натягом, сурфактант попереджує спадання альвеол у фазу видиху.

Кожна легень покрита тонкою оболонкою – плеврою, яка складається з двох листків – вісцерального і парієтального. Вісцеральний листок плеври зрощений з легеневою тканиною, по краях легень він закривається назовні і переходить в парієтальний листок, вистилаючи внутрішню поверхню грудної клітки. Між листками плеври є плевра-

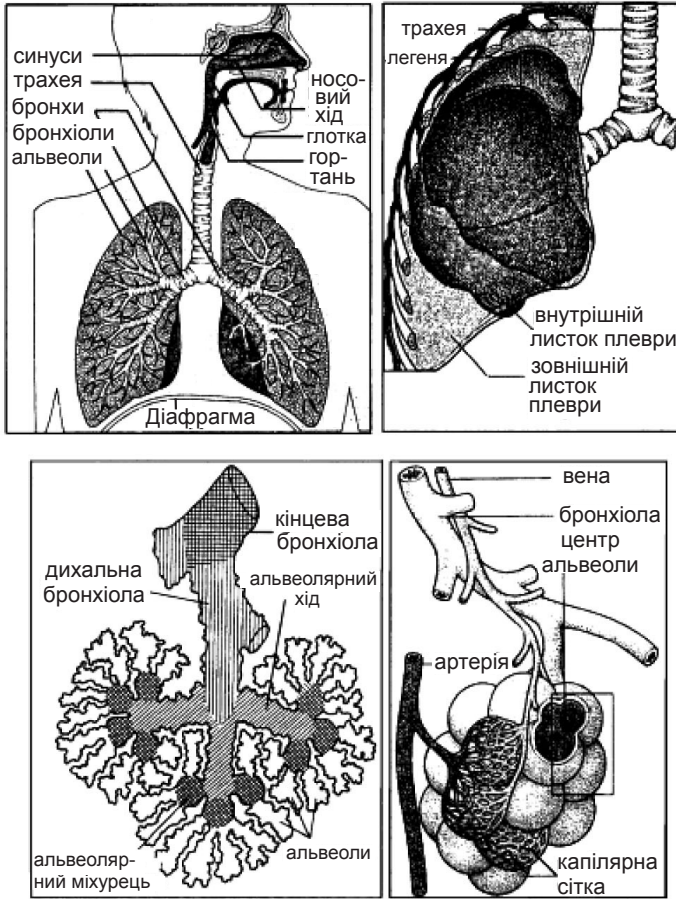


Рис. 2.2. Схема будови дихального апарату людини

льна порожнина (щілина), заповнена серозною рідиною, яка попереджує тертя між листками плеври при дихальних рухах. Назва “плевральна порожнина” досить умовна. Механічно вісцеральний і парієтальний листки плеври з’єднані між собою, як дві змочені водою скляні пластини. Завдяки такому зв’язку легені повністю заповнюють грудну порожнину і будь-які зміни обсягу грудної порожнини повторюються змінами обсягу легень.

4. Які механізми забезпечують очищення, зігрівання і зволоження повітря при його проходженні через дихальні шляхи? Небезпеки здоров'ю дітей з утрудненим носовим диханням.

* * *

Стінки носової порожнини мають нерівний рельєф. Це сприяє збільшенню поверхні її оболонки і площі контакту повітря з поверхневим шаром клітин слизової оболонки, частина якої має волоски. Контактуючи з слизовою оболонкою носової порожнини повітря зігрівається, зволожується і очищається від часинок пилу, мікробів та отруйних газоподібних домішок. Сторонні мікроби значною мірою знешкоджуються (вбиваються) дією носового слизу і лізоциму, а також захоплюються і руйнуються лейкоцитами (фагоцитоз). Частинки, які пройшли цю перепону, осідають на стінках гортані, трахеї, бронхів, бронхіол. Їх внутрішня поверхня складається з миготливого епітелію і спеціальних клітин, які виробляють слиз, що покриває кінці війок цього епітелію. Війки постійно рухаються (подібно до гребців у човні) – швидко в напрямку до глотки і повільно в зворотному напрямі. Такі узгоджені рухи війок забезпечують повільне (1 см за хвилину) переміщення слизового шару з фіксованими на ньому механічними частинками до глотки. При проникненні чужорідних частинок в альвеоли легень, вони захоплюються і перетравлюються альвеолярними макрофагами (рис. 2.3).

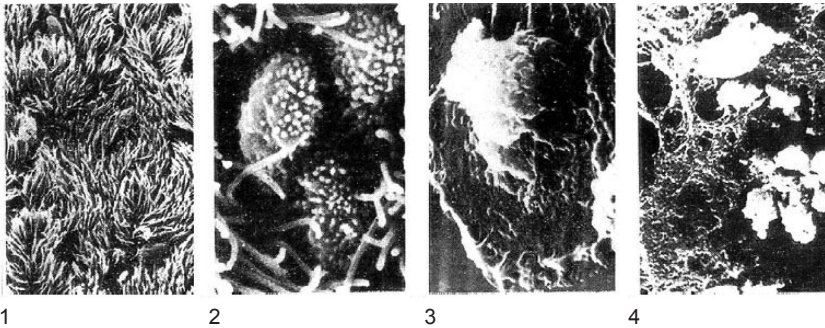


Рис. 2.3. Захисні бар'єри дихальних шляхів: 1 – війкові клітини епітелію; 2 – бакалоподібні клітини епітелію, які виробляють різні компоненти трахіобронхіального секрету; 3 – активний альвеолярний макрофаг; 4 – сурфактант стінки альвеол

Швидке виділення механічних частинок з дихальних шляхів забезпечується рефлекторними актами чхання і кашлю. Рефлекс **чхання** виникає при подразненні хемо- і механорецепторів слизової оболонки носових ходів. **Кашель** є наслідком подразнення рецепторів поверхні глотки, гортані, трахеї та бронхів. Від цих рецепторів ідуть імпульси в довгастий мозок, а звідти до дихальних м'язів і гладеньких м'язів стінки бронхів. Після глибокого вдиху і зближення голосових складок, внаслідок сильного скорочення м'язів видиху, створюється великий тиск у легенях і повітря разом з побічними частинками та слизом виштовхується назовні. Кашель і чхання інколи є передвісниками і супутниками запалення органів дихання.

У аденоїдних дітей носове дихання утруднене і вони дихають переважно ротом. Такі діти відстають у своєму фізичному і розумовому розвитку від ровесників, у них знижена імунна реактивність організму. Через подразнення рецепторів носових ходів носове дихання, ймовірно, сприяє активізації функцій ЦНС, а через неї оптимізує діяльність легень, серця інших органів та систем організму.

5. Який механізм шкідливого впливу нікотину на систему дихання?

* * *

З метою підвищення стійкості органів дихання до простудних захворювань та інфекцій необхідно проводити загартування організму, виконувати спеціальні дихальні вправи, рішуче боротись з вживанням алкоголю і курінням. Адже, крім загальної шкідливої дії на організм, нервову систему, печінку тощо, алкоголь згубно діє на легеневу тканину і слизову оболонку дихальних шляхів, через які він виводиться з організму.

Особливо шкідливо впливає на систему дихання куріння. Куріння гальмує продукцію сурфактанту стінками альвеол. Це призводить до збільшення поверхневого натягу альвеол. За таких умов в людини, що курить, в порівнянні з тими, що не курять, виникає потреба докласти більше зусиль на вдиху для наповнення легень однаковим об'ємом повітря. У людей-курців збільшується секреція слизу в дихальних шляхах, звужуються бронхи. Переважна більшість курців страждає хронічним бронхітом. Найвні в складі тютюнового диму смолисті речовини, бензпирен, радіаційний полоній, сприяють утворенню ра-

кових пухлин. У курців в два-три рази підвищений опір верхніх дихальних шляхів руху повітря. Це призводить до істотного зниження ефективності легеневої вентиляції.

Зараженість бактеріями повітря в різних місцях різна (рис. 2.4). Вдихання забрудненого міського повітря призводить до зниження як фізичної, так і розумової працездатності. Дихання забрудненим повітрям особливо шкідливе для людей фізичної праці. Це зумовлено великими обсягами легеневої вентиляції при значних фізичних напруженнях.



повітря службових і жилих приміщень



повітря великих міст



повітря лісу і парків



повітря біля моря, озер і річок

Рис. 2.4. Інтенсивність зараженості бактеріями повітря різних місць

6. Чому людині так легко дихається на березі моря або в лісі? Який механізм позитивного впливу на організм людини глибокого дихання?

* * *

У нижніх шарах атмосфери під дією електричних розрядів і ультрафіолетових променів в процесі випаровування води утворюється озон (O_3). Озон діє як сильний окиснювач, його високі бактерицидні властивості широко використовуються для знезараження води і з метою руйнації неприємних запахів в туалетах і курильних приміщеннях встановлюють озонатори. Озон руйнується швидко, тому в повітрі великих міст, житлових та виробничих приміщень його майже немає. Наявність озону в повітрі – ознака його чистоти.

В окисно-відновних реакціях організму беруть участь не всі молекули кисню, а лише негативно зарядженні (їх значно більше в соновому лісі і на березі моря). Додаткова іонізація молекул кисню забезпечується спеціалізованими клітинами, знайденими в миготливому епітелії дихальних шляхів.

Довільно змінюючи обсяг і характер зовнішнього дихання, а отже змінюючи рівень надходження в організм кисню, можна направлено змінювати функціональний стан організму, збільшувати його функціональні резерви. Так, глибоке довільне дихання, посилюючи масажну функцію діафрагми, стимулює центральний кровообіг і лімфотік, активізує обмін жирів, попереджуючи їх відкладання в жирових депо, сприяє шлунковому травленню і виведенню жовчі з печінки та жовчного міхура в 12-палу кишку.

7. У чому полягає біологічна роль вуглекислого газу для організму людини? При виконанні яких фізичних вправ затримка дихання є обов'язковою?

* * *

Для підтримання основних процесів життєдіяльності людині необхідний не лише кисень, а й вуглекислий газ. Затримуючи дихання, а отже збільшуючи вміст вуглекислого газу в крові, людина може направлено змінювати рівень функціонування окремих органів і систем організму: тонує нервових центрів регуляції дихання, роботу серця, просвіт церебральних судин, обсяг кровообігу головного мозку тощо.

Біологічна роль вуглекислого газу багатогранна. Беручи участь в розподіленні йонів Натрію, вуглекислий газ регулює збудливість нервових клітин, змінює проникність клітинних мембран, інтенсивність секреції гормонів залозами внутрішньої секреції, активність окиснювальних ферментів. Вуглекислий газ впливає на процеси зв'язування білками йонів Кальцію і Заліза, на процеси синтезу білків в організмі. Підтвердженням цього є факт більш швидкої регенерації пошкоджених тканин у вегетаріанців (при окисненні вуглеводів утворюється більше вуглекислого газу, ніж при окисненні жирів і білків) в порівнянні з людьми, в раціоні яких переважають продукти тваринного походження. Відома роль вуглекислого газу і як активатора функціональної активності залоз слизової оболонки шлунка, які виробляють соляну кислоту.

Затримка дихання практикується в плаванні, зокрема, при швидкісному проходженні дистанції під водою, гімнастиці, акробатиці, при стрільбі. Систематичні затримки дихання є ефективним методом вдосконалення механізмів анаеробного енергозабезпечення м'язової діяльності.

◇ **8. Сутність дихання за методикою А. Стрельнікової, К. Бутейко, йогівською системою дихання. Значення гіперкапнії для активізації функцій киснезабезпечуючих систем спортсменів.**

* * *

Згідно з йогівською системою дихання спочатку робиться вдих через ніс упродовж 8 с, тоді – затримка на вдиху – 8-32 с і, нарешті, видих через рот упродовж 16 с. В механізмі йогівського дихання активну участь бере діафрагма. Стискаючи кровonosні і лімфатичні судини живота при глибокому вдиху, діафрагма сприяє руху крові по венозних судинах до серця. Сповільнене дихання (не частіше чотирьох дихальних циклів за одну хвилину) з затримкою на висоті вдиху, сприяючи нагромадженню в організмі CO_2 , призводить до розширення кровonosних судин серця, покращення його живлення.

На відміну від вправ йогів, А. Стрельнікова рекомендує поєднувати м'язові зусилля не з видихом, а з вдихом (довільну гіпервентиляцію з роботою різних груп м'язів). Така парадоксальна гімнастика спрямована на розвиток дихальних м'язів, та більш повне забезпечення клітин киснем, вона сприяє вдосконаленню механізмів нейро-

гуморальної регуляції дихання. Дихальна гімнастика Стрельнікової успішно використовується при лікуванні захворювань, симптомами яких є дихальна недостатність.

Тренування дихальних м'язів за системою А.Стрельнікової здійснюється зворотною узгодженістю рухів з диханням: при вдиху руки зводяться, стискаючи грудну клітку, при видиху руки розводяться і грудна клітка розширюється. Таким чином, збільшуючи навантаження на дихальні м'язи, направлені рухи рук і грудної клітки, сприяють розвитку їх сили і витривалості. Регуляцію дихання слід починати на вдиху. Він (вдох) повинен бути активним, коротким, різким, ритмічним і бажано емоційним.

Ефективним методом зниження дефіциту CO_2 в організмі є метод довільної гіповентиляції, запропонований К. Бутейко. Вчений вважає, що для зниження хвилинного об'єму дихання необхідно передусім зменшувати не частоту, а глибину дихання, практикувати часті високо енергоекономічні затримки дихання (на 1-2 і більше хвилин). Поверхневе дихання Бутейко рекомендує використовувати для лікування бронхіальної астми, стенокардії, гіпертонічної хвороби тощо.

Накопичення в організмі CO_2 та інших біологічно активних речовин, за допомогою довільної регуляції дихання, викликає в організмі зміни, подібні до таких, що мають місце при виконанні фізичних навантажень. За своїм позитивним наслідком штучно створену рухову гіпоксемию можна порівнювати з тренування в умовах високогір'я.

У процесі виконання фізичного навантаження гіпоксемія і гіпоксія поєднуються з гіперкапнією (збільшення парціальної напруги вуглекислого газу в артеріальній крові вище норми). Активізуючи діяльність кардіореспіраторної системи, гіперкапнія прискорює відновлення енергосубстратів. Гіпоксемія, що виникає у відсутності належної рухової активності, не супроводжується гіперкапнією. Отже дихальні вправи, спрямовані на зменшення дефіциту вуглекислого газу в організмі, завжди бажано поєднувати з руховою активністю.

1.2. Зовнішнє дихання та основні критерії його ефективності при виконанні фізичної роботи

9. Яка направленість змін функціонального стану міжреберних м'язів і діафрагми при вдиху і видиху?

* * *

Зовнішнє дихання (легенева вентиляція) – сукупність процесів, що забезпечують надходження атмосферного повітря в легені, а легеневого – в довкілля. Вентиляція легень можлива завдяки ритмічним скороченням і розслабленням дихальних м'язів, які зумовлюють періодичну зміну об'єму грудної клітки, а отже, і тиску в середині легень. Дихальні м'язи належать до посмугованих м'язів, а тому довільне управління диханням практично не відрізняється від управління рухами.

Акт вдиху (*інспірація*) здійснюється внаслідок збільшення обсягу грудної клітки за рахунок скорочення м'язів вдиху. Головні з них – діафрагма і зовнішні міжреберні м'язи (рис. 2.5).

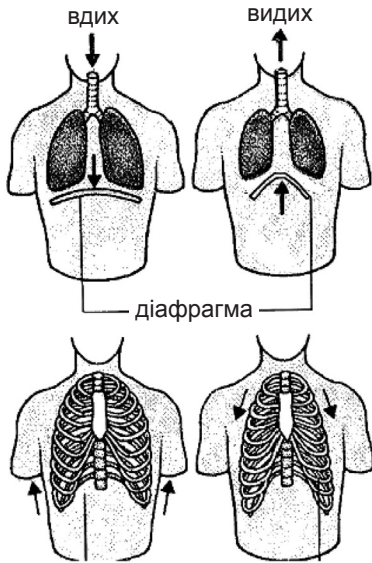


Рис. 2.5. Зміна положення грудної клітки та діафрагми в процесі вдиху і видиху

При скороченні діафрагми її купол випрямляється займаючи майже горизонтальне положення. Опускаючись приблизно на 1,5 см вниз, діафрагма зміщує в цьому напрямку органи черевної порожнини. При глибокому диханні вертикальні переміщення діафрагми можуть сягати 10 см і більше. Наслідком опускання діафрагми є збільшення вертикального розміру грудної порожнини. При скороченні зовнішніх міжреберних м'язів відбувається підняття і повороти ребер навколо своїх головок. При цьому розміри грудної клітки збільшуються в поперечному (фронтальному) і передньо-задньому (сагітальному) напрямках.

Скорочуючись, м'язи переборюють ряд опорів: еластичний опір реберних хрящів, опір самої легеневої тканини, ваги грудної клітки, опір черевних органів і стінок живота, які відтісняються діафрагмою при її скороченні.

Акт видиху (*експірація*) розпочинається розслабленням м'язів вдиху. Внаслідок своєї ваги і еластичності реберних хрящів ребра по-

вертаються у вихідне положення, а купол діафрагми знову стає випуклим. Все це веде до зменшення обсягу грудної порожнини.

При збільшенні легеневої вентиляції (в умовах фізичних навантажень) видих стає активним. Посилення видиху при цьому відбувається за рахунок скорочення спеціальних експіраторних м'язів. Серед них найбільш важливими є внутрішні міжреберні м'язи і м'язи передньої черевної стінки. Скорочення останніх зумовлює підвищення тиску в черевній порожнині і виштовхування діафрагми в напрямку грудної порожнини. Скорочення міжреберних м'язів сприяє опусканню ребер, що також зменшує обсяг грудної клітки, збільшуючи глибину видиху (рис. 2.6).

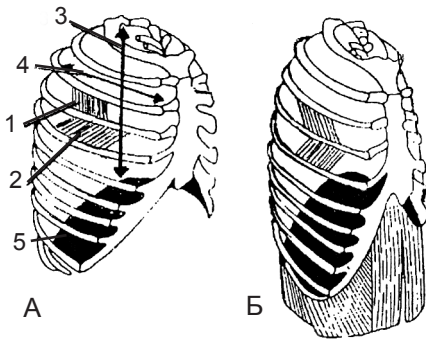


Рис. 2.6. Схема дихальних рухів під час скорочення основних дихальних м'язів:
 А – у положенні вдиху:
 1 – зовнішні міжреберні м'язи;
 2 – внутрішні міжреберні м'язи;
 3 – збільшення вертикальних і 4 – передньозадніх розмірів грудної клітки;
 Б – положення видиху

Демонстрування дихальних рухів діафрагми і грудної клітки на лабораторних заняттях з учнями та студентами проводять за допомогою моделі Допдерса (рис. 2.7).

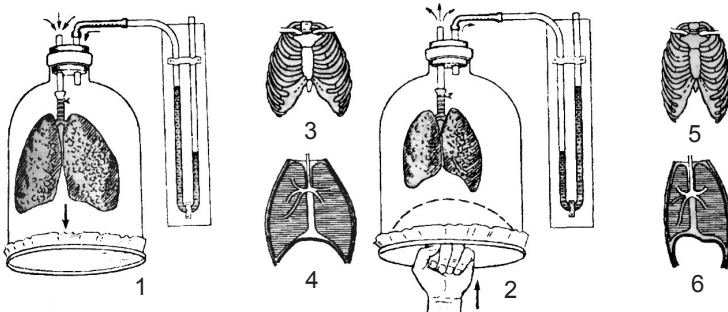


Рис. 2.7. Демонстрування дихальних рухів діафрагми і грудної клітки:
 1 – положення діафрагми і легень на моделі в момент вдиху; 2 – в момент видиху;
 3 – положення ребер під час вдиху; 4 – положення діафрагми під час вдиху;
 5 – положення ребер під час видиху; 6 – положення діафрагми під час видиху

10. Як змінюватиметься ефективність дихання у людини при виконанні тривалих інтенсивних навантажень? Засоби підвищення витривалості дихальних м'язів.

* * *

Виконання тривалих інтенсивних навантажень динамічного характеру часто призводить до втоми дихальних м'язів, особливо м'язів видиху. Ефективність дихання при цьому знижується. Для розвитку витривалості дихальних м'язів рекомендується виконання глибоких вдихів за допомогою кисневої маски під водою, видихи у воду, посилене форсоване дихання в умовах незручної статичної пози, гра на духових інструментах.

Іншими засобами тренування дихальних м'язів є використання еластичного пояса, що накладається на нижню третину грудної клітки, парадоксальне дихання за системою Стрельнікової. Співвідношення інтенсивності і тривалості навантажень на дихальні м'язи при цьому можуть бути близькими до максимально можливих. Зменшуючи відносний рівень анаеробного метаболізму, систематичні тренування дихальних м'язів сприяють зростанню їх витривалості і економності роботи. Важливо пам'ятати, що дихальні м'язи зберігають здатність до розвитку натренованості в похилому віці.

11. Який тип дихання переважатиме у юнака, що підняв вантаж? Переважаючий тип дихання вагітних жінок.

* * *

У різних людей в залежності від віку, статі й умов праці дихання відбувається або переважно за рахунок міжреберних м'язів – **реберний** (грудний) **тип дихання** або переважно за рахунок діафрагми – **діафрагмальний** (черевний) **тип дихання**. У чоловіків переважаючим є черевний тип дихання, у жінок – грудний. Тип дихання не є суворо сталим, він може змінюватись залежно від умов діяльності. Так, у спортсмена, що підняв штангу, внаслідок фіксування міжреберних м'язів грудної клітки, дихання виконується виключно за рахунок руху діафрагми. У вагітних жінок зміщення діафрагми униз утруднене, а тому переважаючим стає реберний тип дихання.

12. Динамометричними дослідженнями у людини визначена сила скелетних м'язів на вдиху, видиху і при затриманні дихання.

Отримані показники сили були різними. Чому? Механізм виникнення вставних вдихів (аритмія дихання).

* * *

В умовах спокою і при виконанні малоінтенсивних фізичних навантажень дихання характеризується ритмічністю. При виконанні незвичної й інтенсивної роботи ритм дихання порушується. При стимуляції дихання в умовах зворотного дихання вуглекислим газом кількість вставних вдихів може значно зростати (до п'яти за одну хвилину). Глибина таких вдихів і загальне їх число у фізично підготовлених осіб вище, ніж у непідготовлених. Це створює певну аритмію дихання. Механізм формування глибоких вставних вдихів пов'язаний з поступовим нагромадженням стимулюючих дихання аферентних імпульсів в інспіраторних нервових центрах. Внаслідок кумулятивно відставленої в часі реакції на вуглекислий газ саморегуляція дихання послаблюється.

Максимальні м'язові зусилля працівниками важкої фізичної праці, спортсменами-важкоатлетами завжди виконуються при затриманні дихання і натуженні. Короткотривала (10-20 с) фіксація грудної клітки в цих умовах створює більш сприятливіші біомеханічні умови для виконання рухового акту, а підвищення внутрішньогрудного тиску сприяє збільшенню сили скелетних м'язів – *пульмомускулярний рефлекс*. Динамометричними дослідженнями встановлено, що при затриманні дихання скелетні м'язи здатні розвивати більшу м'язову силу, ніж під час видиху і вдиху.

Участь м'язів грудної клітки, плечового пояса, черевного преса в дихальних актах знижує ефективність рухових дій. Так, скорочення м'язів верхніх кінцівок, плечового пояса і тулуба обмежують реберне дихання, а скорочення м'язів нижніх кінцівок – діафрагмальне. З підвищенням фізичної підготовленості людини ритми дихання стають більш узгодженими за руховими діями; ефективність виконуваної роботи з таких умов зростає.

13. Від чого залежить ефективність зовнішнього дихання при виконанні фізичної роботи динамічного характеру?

* * *

Основними критеріями ефективності зовнішнього дихання при виконанні циклічної роботи є:

- досягнення такої величини альвеолярної вентиляції, яка дозволяє забезпечити насичення артеріальної крові киснем на рівні 95-100% від максимального;
- економічне функціонування апарата зовнішнього дихання (високий ККД дихальних м'язів);
- оптимальне співвідношення частоти і глибини дихання;
- оптимальні синхронні і кратні співвідношення числа дихальних і рухових циклів.

Правильна оцінка ефективності дихання можлива лише при врахуванні усіх вище відмічених критеріїв.

14. Величини внутрішньолегеневого і внутрішньоплеврально-го тисків в час вдиху і видиху. На яку глибину під воду може зануритись людина дихаючи через трубку? Відомо, що на глибині 1 м тиск води на грудну клітку – 0,1 атм.

* * *

Завдяки неподатливості грудної клітки легені знаходяться в грудній порожнині під одностороннім тиском. Таким чином атмосферний тиск діє на легені лише з середини, через дихальні шляхи. Розтягуючи легені, цей тиск щільно притискує їх до грудної стінки, і будь-які зміни обсягу грудної порожнини повторюється в обсязі легень.

Як відомо з фізики, із збільшенням обсягу газу його тиск знижується. Під час спокійного вдиху, внаслідок збільшення обсягу грудної порожнини, тиск повітря всередині легень стає меншим, ніж в зовнішньому атмосферному повітрі, на 3-5 мм рт. ст. Ця різниця тисків легеневого і атмосферного повітря і зумовлює його переміщення до альвеол. У міру того, як легені заповнюються повітрям, легеневий тиск під час вдиху може стати на 80 мм рт. ст. нижчим від атмосферного. Саме на цю понад нормативну величину тиску і здатні інспіраторні м'язи переборювати зовнішній тиск на грудну клітку. А тому при диханні атмосферним повітрям у воді через трубку глибина погруження не може бути більшою 1-1,5 м, оскільки на цій глибині внаслідок великого тиску води на грудну клітку (на глибині 1 м тиск води на грудну клітку становить 0,1 атм.), вдихнути атмосферне повітря практично неможливо.

У час видиху, внаслідок збільшення тиску грудної клітки на легені і зменшення їх обсягу, легеневий тиск стає більшим від атмосфер-

ного – в стані спокою на 2-3 мм рт. ст., а при максимальній вентиляції на 100 мм рт. ст. У відповідності з градієнтом тиску повітря йтиме з легень назовні.

Внутрішньоплевральний тиск завжди нижчий від внутрішньолегенового. Упродовж дихального циклу внутрішньоплевральний тиск змінюється паралельно внутрішньолегеновому тиску. При спокійному диханні в час вдиху тиск повітря в легенях становить мінус 3 мм рт. ст., а в плевральній щілині – мінус 8 мм рт. ст.; під час видиху

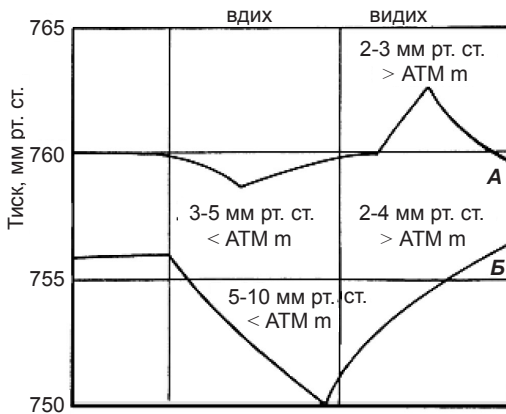


Рис. 2.8. Зміни внутрішньолегенового (А) і внутрішньоплевального (Б) тисків під час вдиху і видиху

і (внутрішньолегеновий і внутрішньоплевральний) тиск збільшується на 6 мм рт. ст. (рис. 2.8).

Наявність негативного тиску в міжплевральній порожнині зумовлена пружними силами легень і пружними силами грудної клітки, які діють в напрямку її розширення. Цей тиск можна визначити введенням в міжплевральну щілину порожнистої голки, з'єднаної з манометром.

15. Сутність поняття «пневмоторакс», його різновиди. Які наслідки однібічного і двобічного поранення легень?

* * *

При порушенні цілісності грудної клітки (при пораненнях) повітря надходить в міжплевральну щілину – **відкритий пневмоторакс**. Врівноваження тиску плевальної щілини з атмосферним призводить до спадання легень. При двобічному пневмотораксі (порушенні цілісності правої і лівої легень) надходження повітря в легені припиняється і людина вмирає. З метою зниження легенового напруження при запалювальних процесах в легенях, туберкульозі та деяких інших захворюваннях в міжплевральну щілину хворого спеціальною голкою вводять невелику кількість повітря (**закритий пневмоторакс**).

16. За допомогою спірометра в досліджуваній людині масою тіла 60 кг визначено дихальний обсяг (600 мл), резервний обсяг вдиху (1500 мл) і резервний обсяг видиху (1000 мл). Розрахуйте величини життєвої ємності легень та життєвого показника для даного обстежуваного. Дайте оцінку отриманим показникам.

* * *

Життєва ємність легень (ЖЕЛ визначається за допомогою спірометрів (рис. 2.9)) – сума обсягів повітря спокійного вдиху, резервних обсягів вдиху і видиху: 600 мл + 1500 мл + 1000 мл = 3100 мл.

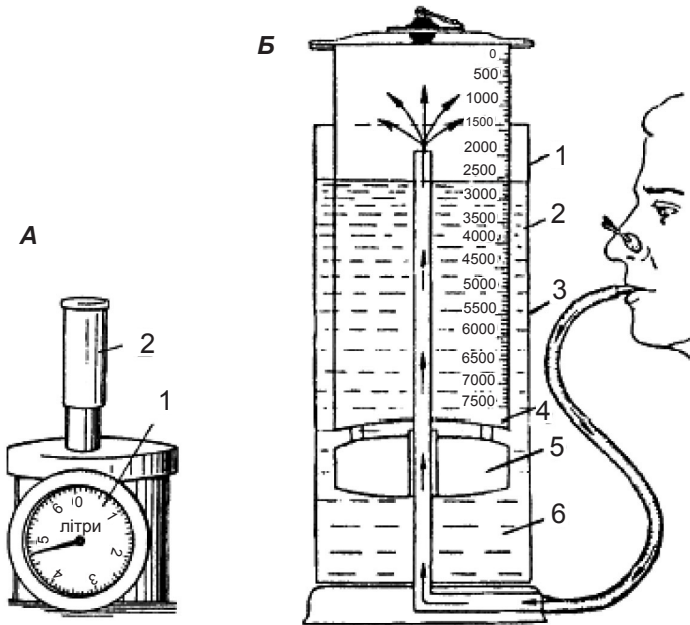


Рис. 2.9. Спірометри: А – сухий спірометр: 1 – шкала приладу; 2 – змінний пластмасовий мундштук; Б – водяний спірометр: 1 – вікно у зовнішній циліндр; 2 – вода; 3 – зовнішній циліндр; 4 – внутрішній циліндр; 5 – балон з повітрям для врівноважування внутрішнього циліндра у воді; 6 – вода

Життєвий показник (ЖП) – відношення ЖЕЛ до маси тіла:
 $3100 \text{ мл} : 60 \text{ кг} = 51 \text{ мл/кг}$.

У нормі ЖЕЛ у дорослих – 3500-5500 мл, ЖП – 65-75 мл на 1 кг маси тіла. Отже, функціональний стан легень досліджуваного за да-

ними показниками незадовільний. Загальна схема легеневих обсягів і ємностей людини подано на рис. 2.10.

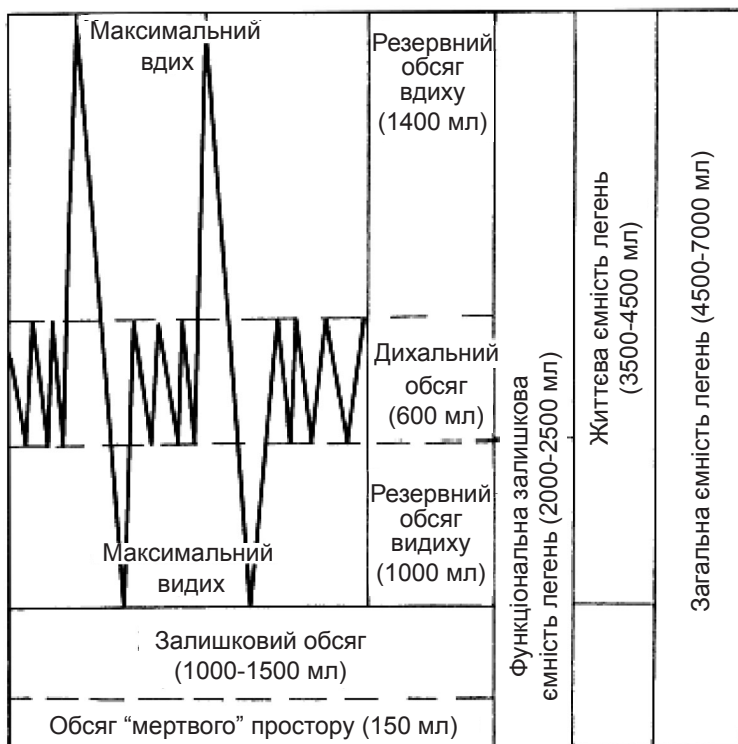


Рис. 2.10. Легеневі обсяги (дихальний обсяг, резервний обсяг вдиху, залишковий обсяг) і ємності (життєва ємність легень, функціональна залишкова ємність, загальна ємність легень)

❖ 17. Спірометричним дослідженням у людини визначена життєва ємність легень (ЖЄЛ) – 4000 мл дихальний обсяг – 500 мл резервний обсяг вдиху – 1500 мл. Розрахуйте величину резервного обсягу вдиху (додаткового обсягу).

* * *

Резервний обсяг вдиху (Ровд) – це різниця між показником ЖЄЛ і резервним обсягом вдиху (Ровид), до якого додається дихальний обсяг: $Ровд = ЖЄЛ - (Ровид + ДО) = 4000 \text{ мл} - (1500 + 500) = 2000 \text{ мл}$.

18. Визначіть загальну ємність легень у двох досліджуваних осіб, якщо відомі такі обсяги легеневого повітря: дихальний обсяг – 600 мл, резервний обсяг видиху – 1000 мл, резервний обсяг вдиху – 1500 мл, залишковий обсяг повітря – 1200 мл (перший досліджуваний). Життєва ємність легень другого досліджуваного становила 3100 мл, залишковий обсяг повітря – 1200 мл.

* * *

Загальна ємність легень (ЗЄЛ) першого обстежуваного – 4300 мл (600 мл + 1000 мл + 1500 мл + 1200 мл),

другого – 4300 мл (3100 + 1200).

Отже, ЗЄЛ обох досліджуваних однакова – 4,3 л.

◇ **19.** У досліджуваного віком 40 років (зріст 170 см, маса тіла 73 кг), ЖЄЛ становить 5000 мл. Визначіть належну життєву ємність легень (НЖЄЛ) досліджуваного, користуючись формулою Шика і Канаєва (НЖЄЛ = $0,523 - 0,028 \cdot \text{вік} - 3,20$). Дайте оцінку функціонального стану дихальної системи обстежуваного.

* * *

$\text{НЖЄЛ} = 0,523 - 0,028 \cdot 40 - 3,20 = 4,52$ л. В нормі величина ЖЄЛ коливаються в межах 15-20% від належної величини. В даному випадку ЖЄЛ (5 л) перевищує нормативну величину (4,52 л) на 17%, що свідчить про достатній (добрий) розвиток дихальної системи обстежуваного.

◇ **20.** Вкажіть на методичні особливості визначення сили дихальних м'язів за допомогою сфігмоманометра або пневмотонометра. Дайте оцінку стану дихальних м'язів (м'язів видиху) людини, якщо показник пневмотонометрії становив 150 мм рт. ст.

* * *

Для вимірювання сили дихальних м'язів можна використати ртутний сфігмоманометр або мембранний пневмотонометр без манжетки і груші. До гумової трубки, що йде до манометра, прикріплюють лійку від кисневої медичної подушки. Для вимірювання сили м'язів видиху роблять глибокий вдих і, взявши в рот мундштук приладу, поступово збільшуючи зусилля до максимуму, виконують видих. Величина цього зусилля відповідає величині створеного напруженням дихальних м'язів внутрішньогрудного тиску, який візуально реєструється за

шкалою сфінгомамметра в мм рт. ст. Для вимірювання сили м'язів вдиху після глибокого видиху, беруть у рот мундштук і, виконуючи вдих, опускають якнайнижче ртуть на шкалі приладу.

Функціональний стан дихальних м'язів вдиху у юнаків вважається добрим якщо вони розвивають зусилля – 50-80 мм рт. ст., нормативи сили видиху для дівчат – 40-70 мм рт. ст. Сила м'язів видиху ненатренованих молодих чоловіків – 80-120 мм рт. ст. (у спортсменів – 100-240 мм рт. ст. і більше), у жінок – 70-100 мм рт. ст. При втомі сила дихальних м'язів зменшується.

Показник пневмотонометрії досліджуваного – 150 мм рт. ст. Отже, функціональний стан його дихальних м'язів вищий від нормативних величин, характерних особам даної вікової категорії (80-120 мм рт. ст.).

◇ 21. Дайте оцінку функціонального стану дихальної системи юнака, якщо показники п'ятиразового спірометричного тестування були такими: 3500, 3500, 3900, 3500, 3500 мл.

* * *

Згідно тесту Розенталя, у здорових людей показники п'ятиразових вимірювань ЖЄЛ суттєво не повинні відрізнятись один від одного або ж спостерігається незначне збільшення кожного наступного показника. У досліджуваного показник ЖЄЛ третього вимірювання був вищим від попереднього на 400 мл. Отже функціональний стан дихальної системи досліджуваного, стан його дихальних м'язів і тонус дихального центра не відповідає нормативним величинам (до 300 мл).

Суттєва різниця показників повторних вимірювань ЖЄЛ в тесті Розенталя може бути спричинена погіршенням функціонального стану кардіореспіраторної системи досліджуваного, наявністю залишкової втоми дихальних м'язів (ознаки перевтоми і перенапруження).

1.3. Легенева вентиляція і її ефективність. Альвеолярна вентиляція

22. Які показники системи дихання обумовлюють легеневу вентиляцію? Нормативні величини частоти і глибини дихання. Фази дихального циклу.

* * *

Основним кількісним показником легеневої вентиляції є показник *хвилинного об'єму дихання* (ХОД) – кількість повітря, що проходить через легені за 1 хв. (добуток частоти дихальних актів і глибини дихання). Частота дихання (ЧД) – кількість дихальних рухів (дихальних циклів) за 1 хв. У нормі ЧД для дорослих людей в стані спокою становить 11-20 циклів за 1 хв. (у чоловіків – 11-14, у жінок – 15-18).

ЧД більша від нормативної, називається *тахіпноє*, менша – *брадіпноє*. Глибина дихання у дорослої людини в стані спокою становить 12-17% ЖЄЛ, а під час напруженої циклічної роботи – 25-50% ЖЄЛ.

Дихальний цикл (ДЦ) складається з трьох фаз: вдих – видих – дихальна пауза. Тривалість фаз ДЦ залежить від ЧД. В середньому тривалість вдиху становить 2,3 с, а видиху – 2,7 с. Для визначення тривалості ДЦ необхідно 60 с поділити на показник ЧД за 1 хв.

Через кожні 40-80 дихальних циклів спостерігається вдих вищої амплітуди – *вставний вдих*. За ним іде триваліша дихальна пауза. Посилюючи вентиляцію недостатньо вентильованих альвеол, вставні вдихи сприяють виділенню сурфактанта з клітинних структур легень. Відсутність вставних вдихів (монотонність дихання) є ознакою порушення діяльності дихального центру.

23. Визначіть легеневу вентиляцію у досліджуваного працівника, який дихає з частотою 10 дихальних циклів за 1 хв.; глибина дихання · 500 мл. Які чинники впливають на величину легеневої вентиляції?

* * *

В умовах спокою ХОД становить 5-8 л/хв. Найменші величини ХОД (4 л/хв.) у людини, що спить, найбільші (150-200 л/хв.) – у людини, що виконують максимально напружену фізичну роботу. Величина показника ХОД залежить від положення тіла досліджуваного – у вертикальному положенні, внаслідок зростання антигравітаційного тонуусу скелетних м'язів, він дещо більший, ніж у горизонтальному; від рівня основного обміну і енергопотреб організму. Рівень ХОД залежить також від віку, статі, зросту і поверхні тіла людини.

Легенева вентиляція (хвилиний обсяг дихання) досліджуваного – 5000 мл за 1 хв. (10 дих. ц. за 1 хв. · 500 мл).

◇ **24. За допомогою спірографа у людини визначили максимальну довільну частоту (80 дих. циклів за 1 хв.) і глибину (3 л)**

дихання. Розрахуйте максимальну вентиляцію легень (МВЛ) досліджуваного, якщо належна життєва ємність легень у нього – 6 л. Користуючись формулою ($\text{НМВЛ} = \text{НЖЄЛ} \cdot 25$) розрахуйте належну МВЛ.

* * *

Спірографію проводять з допомогою спірографа, який складається з спірографа і реєструючого пристрою (рис. 2.11).

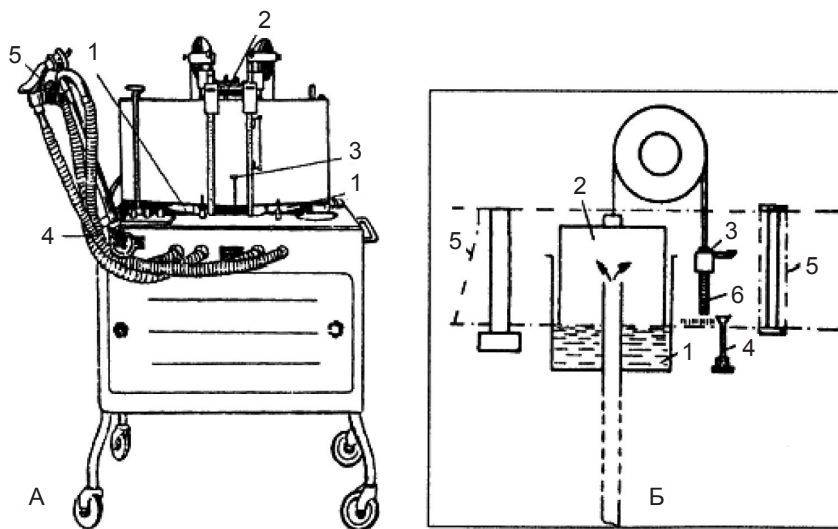


Рис. 2.11. Спірограф: А – зовнішній вигляд приладу: 1 – спірометри; 2 – писчики; 3 – відмітчик часу; 4 – з’єднувальні шланги; 5 – загубник; Б – принципова схема основної частини спірографа: 1 – зовнішній циліндр; 2 – внутрішній циліндр; 3 – чорнильнозаписувальний пристрій; 4 – відмітчик часу; 5 – барабан кімографа; 6 – вага, що зрівноважує внутрішній циліндр

Для визначення МВЛ обстежуваному дають пораду дихати упродовж 5 с максимально часто і максимально глибоко. Під час довільної гіпервентиляції ЧД у фізично підготовлених осіб може збільшуватись до 60-80 дихальних актів за 1 хв., а дихальний об’єм до 3-4 л. Величина МВЛ за таких умов досягає 150 л/хв. і більше (рис. 2.12). В нормі МВЛ становить 70-150 л/хв.

Тестування функціональних можливостей апарата зовнішнього дихання за показником МВЛ використовується у виробничій і

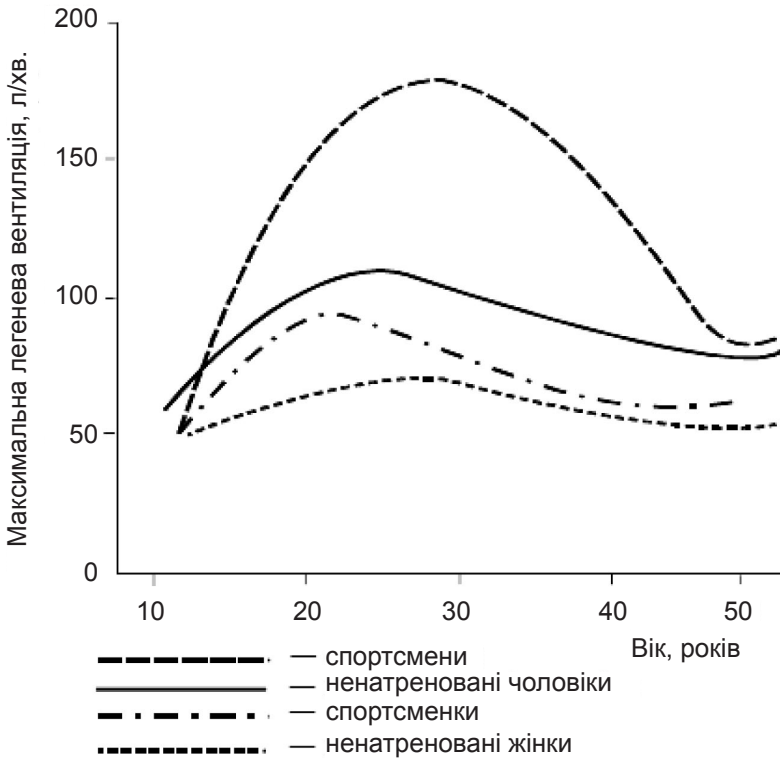


Рис. 2.12. Максимальна легенева вентиляція у спортсменок і спортсменів різного віку, які спеціалізуються з витривалісних видів спорту

спортивній практиці, зокрема при вивченні біомеханіки дихання і визначенні резервних можливостей дихальної системи у працівників і спортсменів. $MV\dot{L} = 80 \text{ дих. циклів за } 1 \text{ хв.} \cdot 3 \text{ л} = 240 \text{ л/хв.}$; $HMV\dot{L} = 6 \text{ л} \cdot 25 = 150 \text{ л/хв.}$

◇ **25. Частота дихання досліджуваного становить 12 за 1 хв., дихальний обсяг – 500 мл. Розрахуйте величину альвеолярної і легеневої вентиляції.**

* * *

Аналіз легеневої вентиляції варто проводити з врахуванням величин, що її зумовлюють, тобто ЧД і ДО. Та частина повітря, яка над-

ходить в альвеоли і бере безпосередню участь в газообміні, називається **ефективним дихальним об'ємом** (ЕДО). Він дорівнює ДО без об'єму повітря “мертвого” простору (повітря дихальних шляхів, яке не бере безпосередньої участі в газообміні) – 140 мл.

Добуток ефективного дихального об'єму на частоту дихання становить величину **альвеолярної вентиляції** (АВ). При частоті дихання 12 за 1 хв. і ДО – 500 мл АВ становитиме 4,3 л/хв. (500 мл – 140 мл · 12), що становить 70% від легеневої вентиляції.

26. Частота дихання (ЧД) досліджуваного в стані спокою становить 10 дих. циклів за 1 хв., глибина дихання (ГД) – 500 мл. Розрахуйте величину ефективного дихального обсягу (ЕДО), рівень альвеолярної і легеневої вентиляції.

* * *

ЕДО = дих. об'єм – об'єм повітря “мертвого” простору =
500 мл. – 140 мл = 360 мл.

Альвеолярна вентиляція = ЧД : ЕДО =
10 дих. цикл. за 1 хв. · 360 мл. = 3600 мл.

Легенева вентиляція = ЧД : ГД = 10 дих. цикл за 1 хв. · 500 мл =
5000 мл/хв.

27. Яке дихання щодо вентиляції альвеол легенів більш ефективна: рідке але глибоке, чи часте але поверхнєве. Підтвердіть висновок розрахунками альвеолярної вентиляції двох осіб з однаковою величиною хвилинного обсягу дихання (ХОД) – 6 л/хв.: у першого досліджуваного дихальний обсяг (ДО) – 600 мл, частота дихання (ЧД) – 10 за 1 хв., у другого – ДО – 300 мл, ЧД – 20 за 1 хв.

* * *

Одна і та ж величина ХОД (6 л) при глибокому і рідкому диханні (ДО – 600 мл, ЧД – 10 за 1 хв.) і при частому, але поверхневому диханні (ЧД – 20 за 1 хв., ДО – 300 мл) зумовлює різні величини альвеолярної вентиляції (АВ). У першому випадку АВ становитиме 4,5 л/хв. (10 : 600 – 150), а в другому – всього 3,0 л (20 : 300 – 150). Таким чином, рідке, але глибоке дихання значно ефективніше щодо вентиляції альвеол, ніж частіше і поверхнєве дихання.

Тема 2. СПОЖИВАННЯ КИСНЮ ОРГАНІЗМОМ У СТАНІ СПОКОЮ І В УМОВАХ ВИКОНАННЯ ФІЗИЧНОЇ РОБОТИ

2.1. Газообмін між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень. Дифузійна спроможність легень

1. З яких компонентів складаються енерговитрати роботи дихання? Скільки кисню споживають дихальні м'язи в стані спокою і при виконанні інтенсивної фізичної роботи.

* * *

Енерговитрати роботи дихання складаються з енерговитрат, які йдуть на переборення опору легеневої тканини і грудної клітки (еластичний опір) і таких, що пов'язані з динамічним нееластичним опором розтягнення легень – опір руху повітря в дихальних шляхах і опір, що виникає в самих легенях, зумовлений тертям тканин дихального апарата, а також у тканинах стінок і

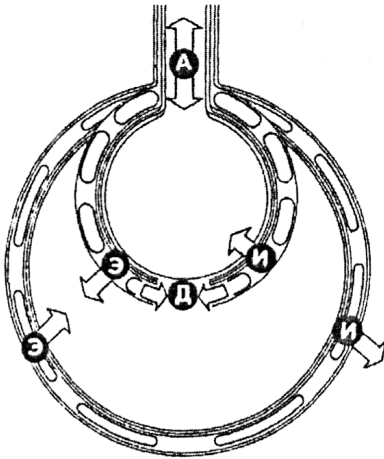


Рис. 2.13. Компоненти опору диханню:

- А – аеродинамічний опір;
- Е – еластичний опір;
- Д – деформаційний опір тканин;
- І – інерційний опір

органів грудної і черевної порожнини при їх деформації. Виділяють два різновиди опору: в'язкий (нееластичний) опір і еластичний (пружний) опір легень і тканин (рис. 2.13).

У стані спокою споживання кисню дихальними м'язами – 4-8 мл за 1 хв., а при інтенсивній роботі (при вентиляції легень більше 150 л/хв.) – до 500 мл/хв. За таких умов майже весь приріст кисню, що надходить в організм за рахунок активізації дихання, споживається працюючими дихальними м'язами. Межа ефективного збільшення вентиляції – 60-70% обсягу максимальної вентиляції.

2. Розрахуйте парціальний тиск кисню і вуглекислого газу в атмосферному повітрі з вмістом кисню – 21% і вуглекислого газу – 0,03%.

* * *

Газообмін між альвеолами і кров'ю капілярів легень відбувається за законами дифузії, згідно з якими газ переходить з ділянки вищого тиску в ділянку нижчого. Кожен із газів, який входить до складу повітря, має свій так званий *парціальний тиск* (ПТ). ПТ газу – це та частина загального тиску, яка припадає на долю даного газу в суміші газів. Оскільки загальний атмосферний тиск на рівні моря становить 760 мм рт. ст., то парціальний тиск кисню, якого в повітрі 21%, становитиме 159,6 мм рт. ст. ($760 \text{ мм рт. ст.} \cdot 21\% : 100\%$), а вуглекислого газу – 0,2 мм рт. ст. ($760 \text{ мм рт. ст.} \cdot 0,03\% : 100\%$) – табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Середні дані парціальних тисків, напруги і вмісту газів у видихуваному повітрі, венозній та артеріальній крові

	Відсотковий вміст, %		Парціальний тиск і напруга газів, мм рт. ст.	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Вдихуване (атмосферне повітря)	20,9	0,03	158	0,2
Видихуване повітря	16,4	4,0	124	30
Альвеолярне повітря	14,5	5,0	110	38
Артеріальна кров	20,0	5,2	100	40
Венозна кров	12,2	5,7	40	48
Міжклітинна рідина			20-40	70-46
Клітина			0	60-70

3. Розрахуйте величину альвеоло-венозного градієнта кисню у людини в стані спокою і при виконанні фізичних навантажень. Парціальна напруга кисню в венозній крові досліджуваного в стані спокою – 40 мм рт. ст., парціальний тиск кисню в альвеолах – 100 і 130 мм рт. ст., відповідно в стані спокою і при роботі.

* * *

Дифузія газів між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень здійснюється через альвеолярно-капілярну мембрану – *аерогематичний бар'єр*, товщиною близько 1 мкм (рис 2.14).

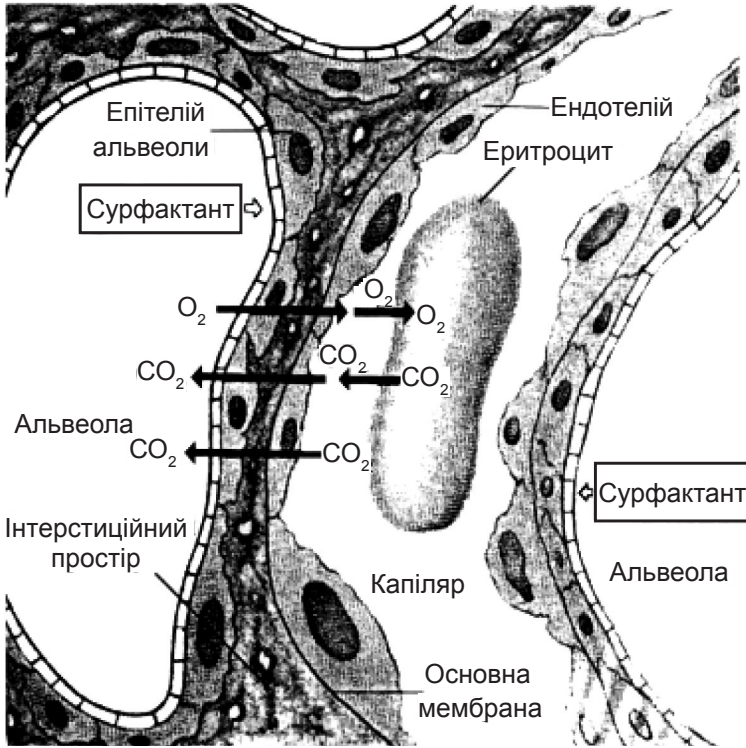


Рис. 2.14. Простір між кров'ю і альвеолярним повітрям (аерогематичний бар'єр)

Перехід газів альвеолярного повітря в кров і, навпаки, з крові в альвеоли легень, відбувається внаслідок різниці парціальних тисків дихальних газів в альвеолах, з одного боку, і в венозній крові – з іншого – *альвеолярно-венозний градієнт* (АВГ, рис. 2.15). АВГ щодо кисню в стані спокою – 60 мм рт. ст. (100 мм рт. ст. – 40 мм рт. ст.), при фізичній роботі – 90 мм рт. ст. (130 мм рт. ст. – 40 мм рт. ст.).

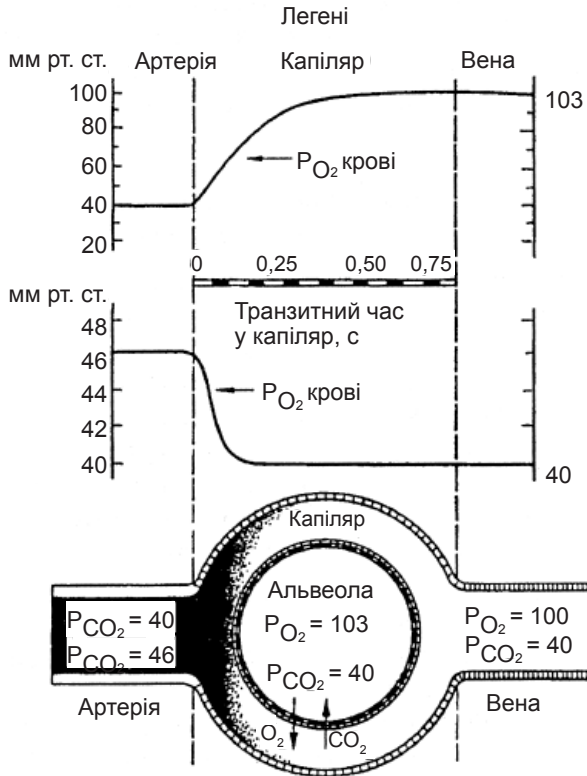


Рис. 2.15. Обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень

4. Визначте дифузійну спроможність легень (ДСЛ) досліджуваного за киснем. Об'єм кисню, що дифундує через легеневу мембрану 240 мл/хв., альвеоло-венозний градієнт за киснем – 60 мм рт. ст. Які чинники впливають на величину ДСЛ?

* * *

Проникність легеневої мембрани для газів визначається ДСЛ – об'єм газу (в мл), який дифундує через легеневу мембрану. ДСЛ щодо кисню визначається за формулою:

$$\text{ДСЛ} = \frac{Q_{O_2}}{\text{АВГ}} = \frac{240 \text{ мл } O_2}{60 \text{ мм рт. ст.}} = 4,0 \text{ л/хв. на } 1 \text{ мм рт. ст.},$$

де: Q_{O_2} – об'єм кисню, який дифундує через легеневу мембрану, мл/хв; АВГ – альвеолярно-венозний градієнт за киснем, мм рт. ст.

На величину ДСЛ виявляють вплив такі чинники:

- різниця парціальних тисків газу з обох боків мембрани;
- площа альвеолярно-капілярної поверхні, доступної для газообміну;
- стан альвеолярних мембран;
- об'ємна швидкість течії крові;
- вміст в крові гемоглобіну.

В умовах спокою час проходження крові через легеневі капіляри становить всього 0,6-1,1 с. Проте, внаслідок великої швидкості дифузії, цього часу достатньо для створення рівноваги тисків газів по обидва боки аерогематичного бар'єру.

ДСЛ найбільша у людей зрілого віку; у підлітків і людей старшого та похилого віку вона майже вдвічі нижча. ДСЛ в положенні стоячи на 15-20% менша, ніж в положенні сидячи.

5. Розрахуйте величину альвеоло-артеріального градієнта для кисню у людини, яка знаходиться в стані спокою і при виконанні фізичної роботи. Відомо, що парціальний тиск кисню в альвеолах досліджуваного в стані спокою становить 100 мм рт. ст., а при фізичних навантаженнях – 130 мм рт. ст.: в артеріальній крові – 90 і 100 мм рт. ст. відповідно.

* * *

Альвеоло-артеріальний градієнт (ААГ) щодо кисню в стані спокою – 10 мм рт. ст. (100 мм рт. ст. – 90 мм рт. ст.), при фізичних навантаженнях – 30 мм рт. ст. (130 мм рт. ст. – 100 мм рт. ст.).

Вентиляція газообміну і рівень кровообігу у різних ділянках легень проходить не однаково інтенсивно. Це, ймовірно, і є однією з причин частіших запалень верхівок легень, де вентиляція і кровообіг значно менший, ніж в ділянках нижніх горизонтальних шарів легень.

2.2. Транспортування дихальних газів кров'ю. Газообмін між кров'ю капілярів і тканинами. Коефіцієнт використання кисню

6. Фізіологічні механізми насичення артеріальної крові киснем. За яких умов насичення крові киснем сягає максимальних величин?

* * *

Дихальні гази можуть бути фізично розчинені в крові (адсорбція) або знаходитися у вигляді відповідних хімічних сполук. Розчинність газів в крові залежить від концентрації даного газу і від температури крові. Чим більший тиск газу і чим нижча температура крові, тим більше газу розчиняється в ній. Із зростанням температури крові розчинність газів знижується. В 100 мл артеріальної крові у фізично розчиненому стані міститься 0,30 об% (відсотки – кількість газу, розчиненого в 100 мл рідини) кисню, 2,5 об% вуглекислого газу і 0,95 об% азоту.

Важливими показниками ефективної діяльності дихальної системи є показник газового складу артеріальної крові, її насиченість киснем. Інтенсивність поглинання кисню організмом є показником за яким оцінюють ефективність системи транспортування газів і інтенсивність тканинного метаболізму.

Максимальне насичення артеріальної крові киснем може бути досягнуто лише за таких умов:

- безперервна вентиляція альвеол, спрямована для підтримання нормального газового складу альвеолярного повітря;
- дифузія газів через альвеолярно-капілярну мембрану зі швидкістю, достатньою для досягнення рівноваги парціальних тисків в альвеолярному повітрі і крові легеневих капілярів;
- безперервний рух крові в кровоносних судинах легень з інтенсивністю, необхідною для ефективного газообміну в окремих зонах легень.

7. Фізіологічні механізми транспортування кисню і вуглекислого газу кров'ю. На що вказує крива дисоціації оксигемоглобіну?

* * *

Кисень транспортується кров'ю в сполучі з гемоглобіном. Ця сполука (оксигемоглобін) нестійка, при зниженні парціальної напруги кисню вона розпадається, віддаючи кисень клітинам організму. На утворення оксигемоглобіну і його розпад виявляє вплив парціальна напруга кисню (ПНО₂) крові. Співвідношення між ПНО₂ і кількістю утвореного оксигемоглобіну оцінюється *кривою дисоціації оксигемоглобіну* (рис. 2.16). Для її отримання на осі абсцис відкладають показник парціальної напруги кисню, а на осі ординат відсоток на-

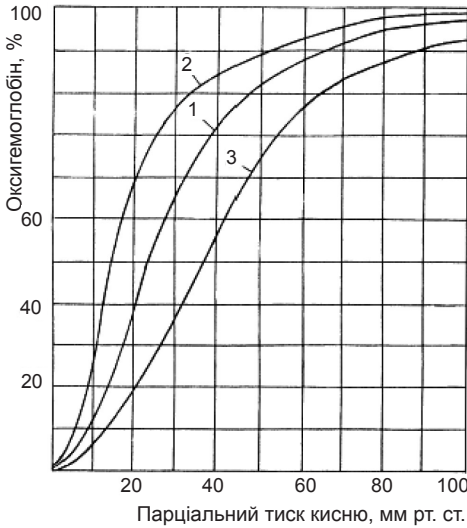


Рис. 2.16. Крива дисоціації оксигемоглобіну в нормі (1), при зменшенні (2) і збільшенні (3) вмісту вуглекислого газу в крові

сичення гемоглобіну киснем. Отримана крива дисоціації оксигемоглобіну має форму гіперболи. Вона показує, що між парціальним тиском кисню і кількістю утвореного оксигемоглобіну немає прямої залежності: там де парціальна напруга кисню висока (в альвеолах), майже весь гемоглобін крові, що знаходиться в капілярах легень, перетворюється в оксигемоглобін і, навпаки, при низькій напрузі кисню (в капілярах тканин), навіть незначне зниження тиску викликає розпад оксигемоглобіну, звільнення кисню і його перехід в тканини.

Утворення оксигемоглобіну залежить від насичення крові кислими продуктами обміну (рН середовища) – при зниженні рН крові утворення оксигемоглобіну зменшується. Тому надходження вуглекислого газу із тканин в кров полегшує звільнення кисню із оксигемоглобіну і перехід його до тканин.

З 50 об% CO_2 венозної крові близько 2,5 об% розчинено в плазмі, 4,5 об% знаходяться в сполуках з гемоглобіном у вигляді карбогемоглобіну: основна ж частина CO_2 знаходиться в плазмі і еритроцитах у вигляді натрієвих і калієвих солей вуглекислоти.

❖ 8. У стані спокою в крові досліджуваного міститься 15 г% гемоглобіну, при фізичній роботі – 16 г%. Розрахуйте кисневу ємність крові досліджуваного за цих умов.

* * *

Відомо, що 1 г гемоглобіну здатний приєднати 1,34 мл кисню. Отже киснева ємність крові, в якій міститься 15 г% гемоглобіну, ста-

новитиме 20 об% (1,34 мл · 15 г%). При виконанні короткотривалої інтенсивної роботи вміст гемоглобіну в крові зростає до 26 г%, а киснева ємність крові до 21,4 об% (1,34 мл · 16 об%). Це відбувається за рахунок переходу в кровообіг більш концентрованої крові з депо, яка містить більше еритроцитів, а отже, і гемоглобіну.

9. Розрахуйте величину тканинно-капілярного градієнта для CO_2 і артеріально-тканинного градієнта (АТГ) для O_2 , якщо парціальна напруга CO_2 в тканинній рідині досліджуваного – 46 мм рт. ст., а в артеріальних капілярах – 40 мм рт. ст., парціальна напруга O_2 в тканинній рідині і артеріальній крові 35 і 100 мм рт. ст. – відповідно.

* * *

Тканинно-капілярний градієнт (ТКГ) за вуглекислим газом – 6 мм рт. ст. (46 мм рт. ст. мінус 40 мм рт. ст.), АТГ за киснем – 75 мм рт. ст. (100 мм рт. ст. мінус 35 мм рт. ст.). Утворення вугільної кислоти з вуглекислого газу відбувається в еритроцитах при участі сильного каталізатора карбоангідрази: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ (рис. 2.17).

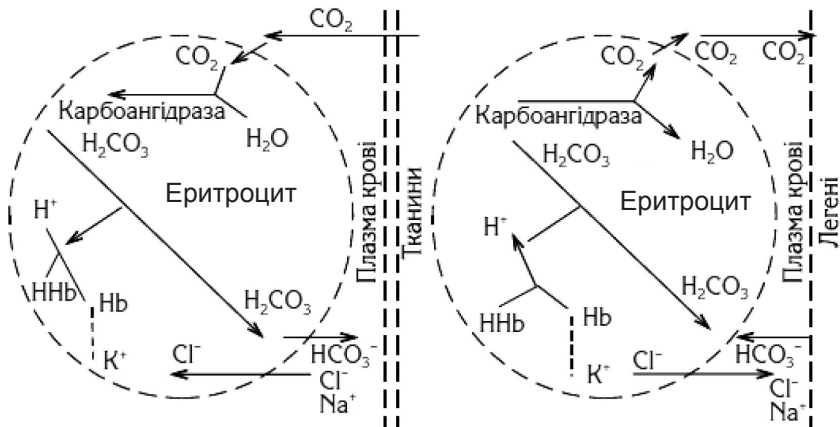


Рис. 2.17. Схема обміну вуглекислого газу між тканинами, кров'ю і альвеолярним повітрям

◇ 10. Визначте величину споживання кисню з артеріальної крові (коефіцієнт використання кисню) людини, якщо відомо, що вміст гемоглобіну в крові досліджуваного – 15 г%, а вміст кисню в венозній крові – 12 г%.

* * *

Киснева ємність артеріальної крові з вмістом 15 г% гемоглобіну – 20 об% (1,34 мл · 15 г%); 1,34 – кількість мл кисню, яка може бути зв'язана 1 г% гемоглобіну. Коефіцієнт використання кисню (КВО₂):

$$\text{КВО}_2 = \frac{20 \text{ об \%} - 12 \text{ об \%}}{20 \text{ об \%}} \cdot 100 = 40\%.$$

11. При виконанні напруженої фізичної роботи використання кисню з артеріальної крові зростає до 60% і більше. Які фізіологічні механізми сприяють цьому?

* * *

У стані спокою при різниці кисню в артеріальній і венозній крові 8 об% (20 об% – 12 об%), КВК становить 40%, а при напруженій м'язовій роботі використання кисню з артеріальної крові зростає до 60% і більше (різниця кисню в артеріальній і венозній крові – 16 об% і більше). Таке інтенсивне споживання кисню тканинами досягається шляхом:

- розкриття нефункціонуючих капілярів працюючих тканин;
- посиленого утворення кислих продуктів обміну (молочної кислоти і вуглекислоти), які сприяють розпаду оксигемоглобіну і дифузії кисню до тканин;
- підвищенні температури в працюючих м'язах;
- підвищення активності окиснювальних ферментів і активізація ферментативних і енергетичних процесів в клітинах.

12. Розрахуйте величину споживання кисню з артеріальної крові людини, яка виконує інтенсивну м'язову роботу. Вміст гемоглобіну в крові досліджуваного – 16 г%, вміст кисню в венозній крові – 7,0 об%.

* * *

Киснева ємність артеріальної крові з вмістом 16 г% гемоглобіну – 21,4 об% (1,34 мл · 16 г%). Коефіцієнт використання кисню (KVO_2):

$$KVO_2 = \frac{21,4 \text{ об \%} - 7 \text{ об \%}}{21,4 \text{ об \%}} \cdot 100 = 67\%.$$

13. Які фізіологічні механізми лежать в основі виникнення гіпоксичної, анемічної, циркуляторної і гістотоксичної типів гіпоксій?

* * *

Неповне забезпечення тканин киснем називається *гіпоксією*. В залежності від того, які фізіологічні механізми лежать в основі її виникнення, розрізняють чотири основних типи тканинної гіпоксії: гіпотоксична, анемічна, циркуляторна, гістотоксична.

Гіпотоксична гіпоксія виникає в умовах дихання повітря зі зниженим вмістом кисню, що приводить до його зниження в альвеолярному повітрі, а також в артеріальній крові (вміст оксигемоглобіну в крові альпініста на висоті 2 км – 96%, 3-4 км – 80%, 5 км – 50%). *Анемічна гіпоксія* пов'язана із зниженням вмісту гемоглобіну в крові, *циркуляторна* – зі зменшенням надходження крові до тканин. *Гістотоксична гіпоксія* є наслідком неспроможності клітин використати весь кисень, що до них надходить.

2.3. Показники досконалості механізмів аеробного і анаеробного енергозабезпечення діяльності людини

14. Які особливості функціонального стану системи дихання характерні для осіб з високим і низьким рівнем фізичної підготовленості?

* * *

Систематичне виконання фізичної роботи сприяє суттєвому зростанню функціональних резервів усіх систем організму, а особливо системи дихання. Для об'єктивної оцінки цих резервів порівнюють величини основних показників системи дихання у фізично підготовлених осіб і не підготовлених в стані спокою і при виконанні фізичної роботи (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Обсяг функціональних резервів системи дихання в осіб різного рівня фізичної підготовленості

Фізіологічні показники	Фізично не підготовлені особи		Фізично добре підготовлені особи	
	Стан спокою	При максимальному навантаженні	Стан спокою	При максимальному навантаженні
1. Частота дихання, дих. циклів за 1 хв.	13-16	50-60	10-12	70-100
2. Дихальний об'єм, мл	500-700	1000-1300	300-500	1500-2000
3. Хвилинний об'єм дихання, л/хв.	6-11	50-80	3-9	130-200
4. Споживання кисню, л/хв.	0,3	2,5-3,5	0,2	6,0-7,0
5. Кисневий борг, л	–	10-15	–	20-25

15. Споживання кисню людиною, яка упродовж 6 хв. виконує степергометричну роботу – 4 л/хв.; споживання кисню упродовж першої і другої хвилини відновного періоду – 2 л/хв.; третьої-четвертої – 1 л/хв.; п'ятої-шостої – 0,5 л/хв. На сьомій хвилині відновного періоду споживання кисню було таким же, як і в стані спокою – 0,3 л/хв. Визначте величину загального кисневого запиту.

* * *

Кількість кисню, яка необхідна для перебігу процесів окиснення, спрямованих на енергозабезпечення даної роботи, називається **загальним кисневим запитом**. Та кількість кисню, що необхідна організму для виконання конкретної роботи упродовж 1 хв., називається **хвилинним кисневим запитом** (ХКЗ). При виконанні максимально напруженої роботи ХКЗ може сягати – 50 л/хв. і більше.

Для визначення загального кисневого запиту, до величини споживання кисню під час роботи додають показник споживання кисню у відновному періоді, від отриманої суми віднімають кількість кисню, який, при інших рівних умовах, мав би йти на підтримання основних процесів життєдіяльності організму за період роботи і відновлення (споживання кисню в стані спокою).

Споживання кисню за 6 хв. роботи – 24 л (4 л/хв. · 6 хв.); споживання кисню у відновному періоді 7 л (за 1-2 хв. – 4; за 3-4 хв. – 2 л, за 5-6 хв. – 1 л); загальне споживання кисню за 6 хв. роботи і 6 хв. відновного періоду на основні процеси життєдіяльності в стані спокою – 3,6 л (12 хв. · 0,3 л/хв.); загальний кисневий запит – 27,4 л (31,0 л – 3,6 л).

16. Які фізіологічні системи, і які показники функціонального стану цих систем, перш за все лімітують досягнення високих величин максимального споживання кисню людини важкої фізичної праці?

* * *

Основні системи, що лімітують досягнення максимального споживання кисню (МСК), представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Факторний аналіз систем, що лімітують МСК

Системи, що лімітують МСК	Основні показники цих систем
1. Зовнішнє дихання	ХОД, АВ/ХОК, дифузійна спроможність альвеол, швидкість утворення оксигемоглобіну
2. Центральна циркуляція і транспортування кисню	Загальний гемоглобін крові, оксигемоглобін, артеріальний тиск крові, обсяг крові, ХОК (ЧСС і СОК), загальний периферійний опір
3. Периферійна циркуляція	Компенсаторний перерозподіл кровообігу, щільність м'язових капілярів, судиннодифузійна спроможність капілярів, коефіцієнт використання кисню
4. Метаболізм	Швидкість транспортування енергосубстратів для окиснення, розміри і кількість м'язових волокон, наявність енергоресурсів, міоглобіну, мітохондрій, окиснювальних ферментів

17. Визначте величину споживання кисню у досліджуваного, який упродовж 30 с виконав 20 присідань. Виконання роботи супроводжувалось зростанням ЧСС до 150 ск./хв. і столічного обсягу кровообігу до 120 мл; артеріально-венозна різниця щодо кисню становила 10 об% (10 мл кисню на 100 мл крові або 100 мл кисню на 1 л ХОК).

* * *

Хвилиний обсяг кровообігу (ХОК) = 150 ск./хв. · 120 мл = 18 л/хв. Споживання кисню (СпО₂) є добуток ХОК і артеріально-венозної різниці за киснем:

$$\text{СпО}_2 = 100 \text{ мл О}_2/\text{л} \cdot 18 \text{ л/хв.} = 1800 \text{ мл О}_2 \text{ за 1 хв.}$$

18. Визначте величину енерговитрат юного спортсмена, який працюючи упродовж 6 хвилин на велоергометрі споживав кожної хвилини 4,2 л кисню. Дихальний коефіцієнт (ДК) при роботі – 0,9, калоричний еквівалент кисню при даному ДК – 4,92 ккал.

* * *

За 1 хв. роботи досліджуваній споживав 4,2 л кисню, а за 6 хв. – 25,2 л (4,2 л/хв. · 6 хв.). Оскільки використання 1 л кисню на окиснення енергосубстратів забезпечує виділення 4,92 ккал енергії, то з 25,2 л кисню вивільниться 124 ккал (25,2 · 4,92) енергії.

19. Для непрямого визначення МСК за допомогою ергометричного степ-тесту користуються емпіричною формулою:

$$\text{МСК} = \text{ПЕН} \cdot 1,78 + 10,5 \cdot \text{МТ.}$$

Вкажіть на значення наведених у формулі показників і визначте величину МСК досліджуваного масою тіла 70 кг, перші ознаки декомпенсації у якого виникли при частоті сходження на двосходинкову доріжку, висотою 0,5 м, – 33 за 1 хв.

* * *

Потужність степ-ергометричного навантаження (ПЕН) визначається за формулою $\text{ПЕН} = 1,3 (\text{МТ} \cdot \text{ВС} \cdot \text{ЧК})$, де: МТ – маса тіла досліджуваного (кг), ЧК – частота степ-ергометричного крокування (кількість сходжень за 1 хв.); ВС – висота сходження в метрах; 1,3 – коефіцієнт обліку від’ємної роботи, яка виконується при сходженні з доріжки вниз.

$$\text{ПЕН} = 1,3 \cdot (70 \cdot 0,5 \cdot 33) + 2360 \text{ кгм/хв};$$

$\text{МСК} = (\text{ПЕН} \cdot 1,78) + 10,5 \cdot \text{МТ}$, де; 1,78 – кількість кисню (в мл), яка витрачається на виконання 1 кгм роботи; 10,5 – додатковий запит кисню (10,5 мл/хв.), який витрачається у зв’язку з виконанням горизонтальних рухів (вперед-назад) при сходженні на степ-ергометр; МТ – маса тіла досліджуваного (кг). Отже:

$$\text{МСК} = (2360 \cdot 1,78) + 10,5 \cdot 70 = 4935 \text{ мл/хв.}$$

20. Міоглобіном, що міститься в 1 кг м'язової маси може бути зв'язано 11 мл O_2 . Розрахуйте загальний резерв "м'язового" кисню (кисневу ємність скелетних м'язів) в організмі людини вагою 70 кг. Рівень м'язової маси досліджуваного – 30% від маси тіла.

* * *

Загальна величина м'язової маси досліджуваного ($70 \text{ кг} \cdot 30\% : 100\%$) – 21 кг. Оскільки міоглобін, що міститься в 1 кг м'язів, може зв'язати 11 мл кисню, то міоглобін 21 кг м'язів може утримувати 231 мл кисню ($21 \text{ кг} \cdot 11 \text{ мл } \text{O}_2$). Отже, загальна киснева ємність скелетних м'язів досліджуваного – 0,231 л кисню.

21. Кисневий борг є важливим показником досконалості механізмів анаеробного енергозабезпечення. На які фізіологічні процеси витрачається кисень КБ? Величину КБ у осіб різного рівня фізичної підготовленості.

* * *

У випадку, коли кисневий запит перевищує МСК, м'язи працюють при недостатчі кисню, тобто в борг. **Кисневий борг** (КБ) – це та кількість кисню, яка споживається людиною після роботи у відновному періоді без врахування споживання кисню в стані спокою. При діяльності, яка проходить в умовах неповного завершення процесів впрацювання, КБ може виникати в перші хвилини роботи. В цілому рівень величини кисневого боргу залежить від потужності аеробної роботи (рис. 2.18).

Кисень кисневого боргу використовується на:

- окиснювальні реакції, направлені на ресинтез АТФ і синтез вуглеводів;
- поповнення кисневого резерву повітря легень, крові (відновлення кисневої ємності крові) і м'язів (відновлення запасів кисню, зв'язаного з міоглобіном);
- покриття "кисневої" вартості самого відновного періоду після роботи, який характеризується поступовою зміною рівня високої (робочої) активності організму, рівнем спокою. Адже у відновному періоді системи киснезабезпечення ще знаходяться в стані підвищеного збудження, а, отже, підвищеного енергоспоживання.

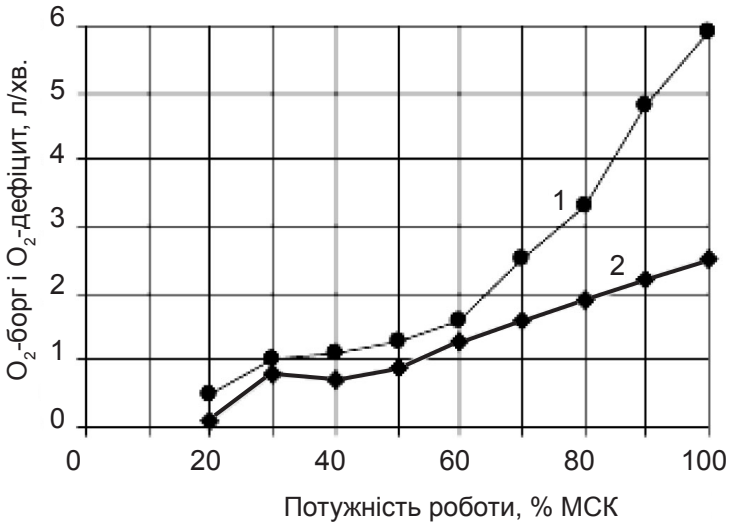


Рис. 2.18. O₂-борг (1) і O₂-дефіцит (2) при виконанні вправ різної відносної аеробної потужності

Існує пряма залежність між величинами КБ і рівнем фізичної підготовленості людини – чим підготовленість вища, тим можливості організму працювати в умовах високих величин КБ вищі. Відновлення кисневого боргу у фізично підготовлених осіб проходить значно швидше, ніж у не підготовлених.

Тема 3. РЕЗЕРВИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ДИХАННЯ В УМОВАХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ПОНИЖЕНОГО І ПІДВИЩЕНОГО АТМОСФЕРНИХ ТИСКІВ

3.1. Регуляція дихання. Довільні режими зовнішнього дихання спортсменів

1. Після бігу юнака запитали: “Як ви дихали?” – Він відповів: “Дихав, як дихалось”. Інший юнак на таке ж питання відповів: “Свідомо дихання не контролював”. Про яке дихання (довільне чи мимовільне) йдеться в цих двох випадках?

У звичайних умовах дихальні рухи здійснюються автоматично, без участі свідомості. Разом з тим людина може свідомо досить суттєво змінювати дихання. Пристосування дихальної системи до постійно змінних умов діяльності можливі завдяки механізмам нервової і гуморальної регуляції дихальної функції (рис. 2.19).

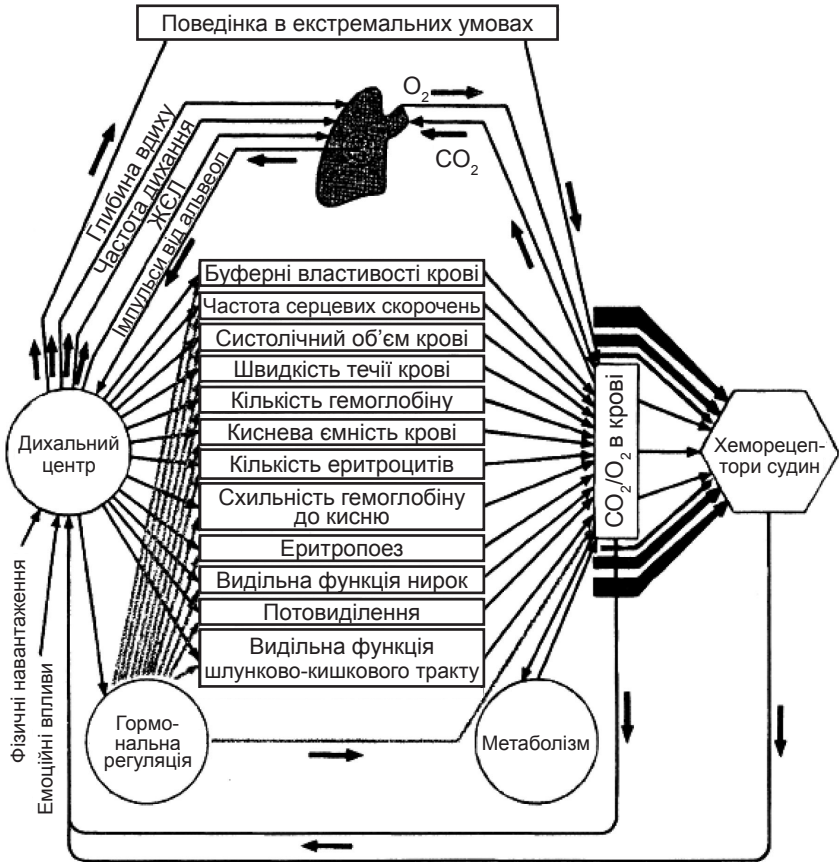


Рис. 2.19. Функціональна система підтримання газового складу внутрішнього середовища організму (за К. Судаковим)

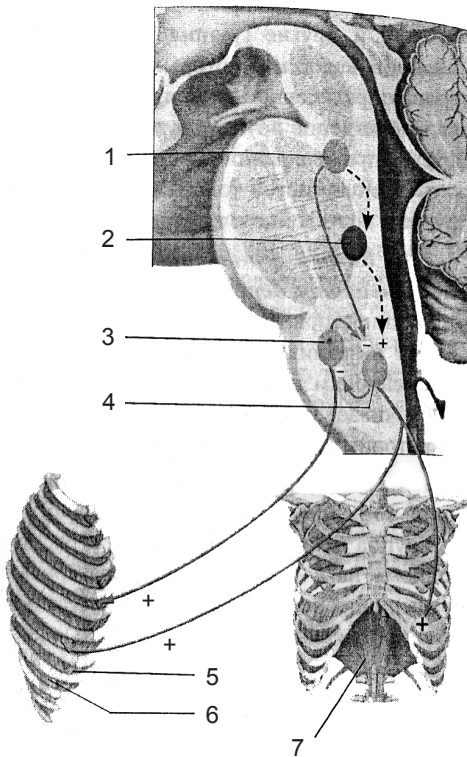
Розрізняють довільне і мимовільне дихання. Поняття "довільне дихання" має відношення до зовнішнього дихання. Воно здійснюється

ся свідомо “за самонаказом” або за словесною інструкцією – “дихати так-то!” **Мимовільне дихання** здійснюється без активної участі свідомості, коли на питання “Як дихали?” людина відповідає: “Дихав так, як дихалось” або “Свідомо дихання не контролював”. Отже, в обох випадках йдеться про мимовільне дихання, яке здійснюється без активної участі свідомості.

2. Які механізми забезпечують нервову регуляцію дихання в стані спокою і в умовах м’язової діяльності?

* * *

У регуляції дихання безпосередню участь бере дихальний центр, який розташований на дні четвертого шлуночка довгастого мозку. Цей центр парний, а тому одностороннє його руйнування призводить до порушення дихальних рухів лише з одного боку грудної клітки.



Дихальний центр являє собою дві групи нервових клітин ретикулярної формації: інспіраторні і експіраторні. Відповідно виділяють і два центри: **центр видиху** (інспірації) і **центр видиху** – експірації (рис. 2.20).

Рис. 2.20. Схема локалізації дихального центру в стовбурі мозку:

- 1 – пневмотаксичний центр;
- 2 – апнейстичний центр;
- 3 – вентральне ядро (видих і вдих); 4 – дорсальне ядро (вдих); 5 – внутрішні міжреберні м'язи; 6 – зовнішні міжреберні м'язи; 7 – діафрагма; (+) – збудження; (-) – гальмування

Інспіраторні клітини дихального центру посилають свої імпульси від довгастого мозку до мотонейронів спинного мозку, від якого відходять нерви до м'язів, які забезпечують вдих.

Мотонейрони м'язів вдиху і видиху знаходяться між собою в **реципронних взаємозв'язках**: при збудженні мотонейронів м'язів вдиху відбувається гальмування мотонейронів м'язів видиху і навпаки. Така взаємодія спінальних мотонейронів деякою мірою може забезпечити саморегуляцію дихання (ритмічне чергування актів вдиху і видиху). Проте основна роль в забезпеченні саморегуляції належить дихальному центру довгастого мозку, який, володіючи автоматизмом, в той же час чутливо реагує на імпульси, що надходять від рецепторів легень, судинних рефлексогенних зон і вище розташованих відділів ЦНС.

У регуляції дихання бере участь спеціалізована група нервових клітин варолієвого мосту (**пневмотаксичний центр**), а також нервові клітини, які сприймають зміни функціонального стану міжреберних м'язів і діафрагми.

Рефлекторно, з участю рецепторів рухового апарату (моторно-вісцеральні рефлекси), посилюється дихання в умовах м'язової діяльності. В період виконання циклічної м'язової роботи довільне зростання частоти дихання супроводжується мимовільним збільшенням частоти рухів. Сприяючи формуванню синхронних співвідношень темпу рухів і частоти дихання в період циклічної роботи, цей зв'язок може перешкоджати формуванню відповідних асинхронних дій. Загальна схема регуляції дихання в умовах виконання м'язової роботи подана на рис. 2.21.

3. Дихання собаки із зруйнованою корою великих півкуль в стані спокою і в стандартних умовах не має суттєвих відхилень від норми, при виконанні навіть незначної роботи (ходьба) дихання різко посилюється. Чому?

* * *

Дані дослідження вказують на те, що пристосувальні можливості дихання до змін умов довкілля і діяльності здійснюються з обов'язковою участю кори великих півкуль.

Умовні дихальні рефлекси (посилення дихання у студента перед будь-яким випробуванням) є важливим механізмом “настроюки”

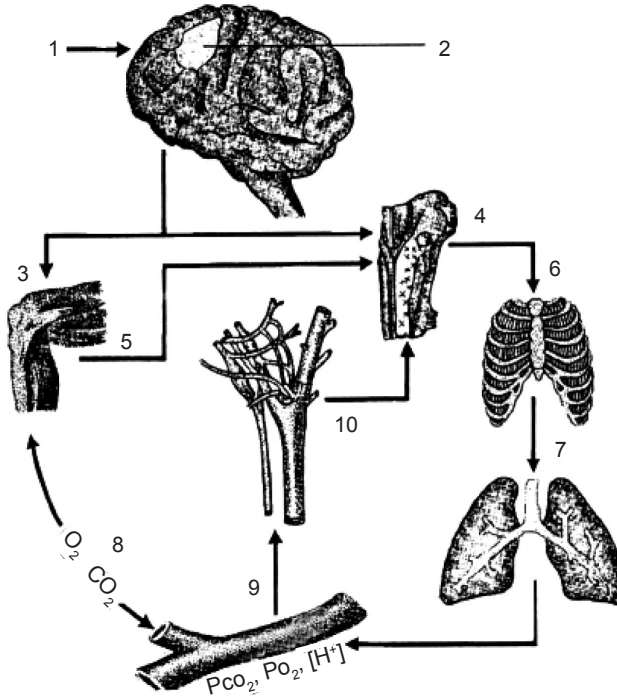


Рис. 2.21. Регуляція дихання при м'язовій роботі:

1 – сигнал про початок роботи; 2 – центр рухової домінанті в корі мозку; 3 – скелетні м'язи; 4 – дихальний центр довгастого мозку; 5 – імпульси від пропріорецепторів працюючих м'язів; 6 – підвищення активності дихальних м'язів; 7 – посилення вентиляції легень; 8 – компенсація підвищеного споживання м'язами кисню; 9 – підтримання газового складу і кислотно-лужного стану артеріальної крові; 10 – імпульси від хеморецепторів

системи дихання на наступну м'язову діяльність. Людина здатна розрізнати ступінь кисневого голодування і рівень концентрації вуглекислого газу у вдихуваному повітрі. Цю здатність можна розвивати систематичними тренуваннями, що має велике значення для регулювання поведінки людей в складних умовах діяльності – при пірнанні, підводному плаванні, сходженні в гору. Направлено змінюючи тонус дихального центру довільною зміною частоти і глибини дихання, можна впливати на стан організму людини в цілому. Можливість до-

вільної регуляції дихання значно обмежується при виконанні інтенсивної фізичної роботи, яка викликає суттєві зрушення гомеостазу.

Довільне управління дихальним актом широко використовується у спортивній практиці для зростання резервів системи дихання спортсменів. Систематичні тренування з направленим довольним регулюванням частоти, глибини, типу і ритму дихання зумовлюють їх автоматизацію і включення в рухову навичку, що вивчається. Завдяки цьому досягається збільшення легеневої вентиляції, підвищується ефективність тренування.

4. У досліді Фрідеріка сонні артерії двох собак з'єднують за допомогою трубок навхрест так, щоб голова першої собаки постачалася кров'ю від другої, і навпаки. Як змінюватиметься дихання в обох собак, якщо першій із них перетиснувши трахею, викликати гіпоксемію?

* * *

Якщо одній із досліджуваних собак перетиснути трахею, то внаслідок підвищення концентрації вуглекислоти в її крові, спостерігатиметься посилення дихання у другій собаки, якій не перетиснуто трахею. Оскільки нервовий зв'язок між собаками відсутній, то в даному випадку подразнююча дія вуглекислого газу (як і нестача кисню) здійснюється гуморально, тобто через кров.

Окрім безпосереднього впливу вуглекислого газу і кисню на дихальний центр (при зміні їх концентрації в крові), на нього також впливають імпульси з рефлексогенних зон синусів сонної артерії і дуги аорти. Розташовані тут хеморецептори сприймають зміни концентрації вуглекислого газу і кисню в крові, передають їх на дихальний центр, змінюючи (прискорюючи чи гальмуючи) дихання. Подібно вуглекислому газу діє на дихальний центр молочна кислота і, взагалі, будь-які відхилення активної реакції крові в бік закиснення (рис. 2.22).

Зниження парціальної напруги кисню і вуглекислого газу в крові неоднозначно змінює частоту і глибину дихання: нестача кисню в крові переважно збільшує частоту дихання, а надлишок вуглекислого газу – глибину.

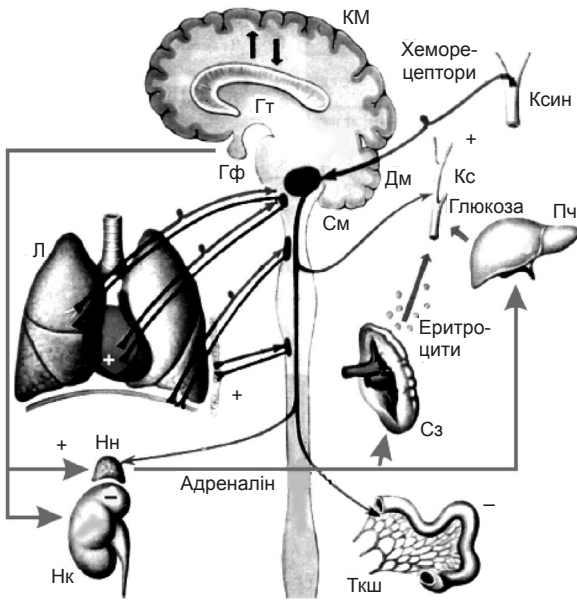


Рис. 2.22. Рефлекторні реакції, що виникають при збудженні каротидних хеморецепторів (за С. Аничковим і М. Бельським):

(+) і (-) – стимулюючі і гальмівні впливи; КМ – кора мозку; Гф – гіпофіз; Гт – гіпоталамус; Кс – кровоносні судини; Ксин – каротидний синус; Дм – довгастий мозок; См – спинний мозок; Л – легені; Нн – наднирники; Нк – нирка; Ткш – тонкий кишечник; Сз – селезінка; Пч – печінка

5. Чи доцільно навчати дітей правильному диханню? Роль емоцій в забезпеченні ефективного дихання.

* * *

Дитину навчають як потрібно ходити, бігати, плавати, їсти, пити, але майже ніхто не вчить її правильному диханню. Важливо пам'ятати і наукові дані про те, що повернення ссавців (тюленів, моржів, китів) з повітряного середовища у водне не йшло по шляху вдосконалення жаберного типу дихання, в них вдосконалювались механізми економізації використання кисню. Тому здатність направленим тренуванням вдосконалювати механізми забезпечення клітин організму киснем повинна розвивати кожна людина. Прикладом цього можуть бути успіхи йогів, окремих спортсменів, тих хто володіє основами тибетської народної медицини.

Чимало захворювань цивілізованої людини є наслідком поширеної звички дихати через рот. Діти, які виростили з такою звичкою, як правило, розумово і фізично слабозвинуті. Дихання через рот часто є причиною виникнення простудних захворювань верхніх дихальних шляхів.

Батьки повинні з дитинства привчати дітей дихати лише через ніс. Коли дитина спить з відкритим ротом, необхідно нахилити її голову вперед, що сприяє переходу до носового дихання (див. тема 1, завдання 4).

Невміння “правильно” дихати в значній мірі зумовлене впливом емоцій на людину. Усе починається з неправильного виховання дітей у дитинстві. Постійна заборона з боку батьків дітям виявляти свої емоції (“перестань кричати”) призводить до стримання дихання. Щоб не кричати, подавляючи образи дитина опускає плечі, напружує м’язи грудей і шиї. Таким чином, пригнічення виразних почуттів та емоцій призводить до напруження м’язів, що обмежує дихання. З віком піддаючись дії все більш сильних стресів, пригнічення дихання посилюється. Приховуючи свої почуття, людина втратила вроджене вміння дихати вільно і глибоко, а замість того навчились стримувати дихання. Стан духовного здоров’я негайно відображається на диханні. Тому при багатьох емоційних розладах правильне дихання є ефективним засобом боротьби з дистрессами. Так, для шизоїдних особистостей переважаючим є дихання верхньою частиною грудної клітки, для осіб невротичного типу характерним є поверхнєве діафрагмальне дихання.

Відновлення правильного дихання (повне дихання за системою йогів) є важливим засобом лікування таких хвороб. І хоч більшість людей не страждають невротичністю чи шизофренією, це не виключає негативного впливу неправильного дихання на їх психічний стан і здоров’я.

6. Спортсмен виконує циклічну роботу з всезростаючою інтенсивністю. При цьому перші 2-3 хв. роботи легенева вентиляція становила 16-20 л/хв., другі 2-3 хв. – 50 л/хв., треті 2-3 хв. – 100 л/хв. Який тип дихання (ротівий, носовий, змішаний) буде ефективнішим при виконанні вказаних (різних за інтенсивністю) навантажень?

* * *

У практиці фізичної культури і спорту досить часто використовуються вправи з довільною зміною глибини дихання. При цьому в час виникнення інтенсивних фізичних вправ вдихати повітря доцільно через ніс, а видихати через зменшену ротову щілину. Тренувати таке

глибоке дихання слід за допомогою вправ невеликої потужності, постійно акцентуючи увагу на виконанні глибокого видиху. Зумовлюючи зниження функціональної залишкової ємності легень, інтенсивний видих сприяє збільшенню вентиляції альвеол.

У стані спокою і при виконанні легких вправ (ХОД до 30 л за 1 хв.) найдоцільнішим вважається носове дихання; при виконанні вправ середньої інтенсивності (ХОД 50 л/хв.) – змішане (носово-ротове: вдих через ніс, видих через рот). При виконанні інтенсивних навантажень (ХОД 75 л/хв. і більше) тривалістю більше 2-3 хв., ефективним вважається змішане дихання, при якому 70-95% вдихуваного і видихуваного повітря проходить через ротову порожнину.

7. Методи підвищення потужності зовнішнього дихання спортсменами.

* * *

Для розвитку дихальних м'язів, а отже підвищення потужності зовнішнього дихання, в спортивній практиці використовують такі методи:

- довільне дихання в стані спокою з максимальною глибиною;
- глибоке, штучно угруднене довільне дихання в умовах фіксації нижньої частини грудної клітки еластичним ремінцем, дихання з назубною шиною, дихання через стиснуті зуби тощо;
- довільне дихання під час м'язової роботи (при ходьбі, бігові, їзді на велосипеді, бігові на лижах тощо) з глибиною дихання 60-80% ЖЄЛ;
- використання гімнастичних вправ з глибоким диханням (нахили тулуба вперед і в боки, імітація рухів рук під час бігу на лижах, синхронізація дихання з темпом рухів);
- дихання через маску з гофрованою трубкою.

Зростання ХОД при диханні через маску відбувається переважно за рахунок збільшення глибини дихання. Попередження гіпокапнії за таких умов досягається завдяки наявності високої концентрації вуглекислоти в першій порції вдихуваного через трубку повітря.

Необхідність формування “правильного” дихання відсутня під час ходьби, бігу, при їзді на велосипеді, бігові на ковзанах. Механізми, що забезпечують мимовільне дихання, в цих видах спорту досить ефективні. Довільні корекції глибини і частоти дихань є доцільними в греблі, плаванні, рідше – в лижному спорті.

8. Які основні режими дихання використовуються з метою підвищення ефективності роботи?

* * *

Використання довільного дихання з врахуванням специфіки рухів сприяє підвищенню продуктивності фізичної роботи. У виробничій практиці, а особливо практиці фізичного виховання і спорту, знайшли примінення такі основні режими дихання:

- довільна зміна співвідношення частоти і глибини дихання;
- синхронізація частоти дихань з частотою рухів;
- довільна тимчасова затримка дихання;
- довільне збільшення об'єму легеневої вентиляції;
- довільна зміна фах рухів і дихальних циклів, направлених на підвищення біомеханічної ефективності виконуваної вправи;
- довільне посилення грудного типу дихання щодо черевного, і навпаки;
- довільна зміна дихання через ніс і через рот.

9. Якою має бути довільна гіпервентиляція легень перед пірнанням людини у воду?

* * *

Форсоване дихання упродовж однієї хвилини може у двічі знизити парціальне напруження вуглекислого газу в артеріальній крові (з 40 до 20 мм рт. ст). Затримка дихання за таких умов призводить до швидкого використання резервів кисню і зниження його напруги в крові. Оскільки нервова система людини менш чутлива до нестачі кисню, ніж до нестачі вуглекислого газу, напруга кисню може знизитись до такого рівня, що людина втратить свідомість раніше, ніж парціальна напруга вуглекислого газу в крові зросте до такого рівня, щоб активізувати діяльність дихального центру. Ймовірність втрати свідомості значно зростає (внаслідок швидкого зниження напруги кисню в крові) при піднятті на поверхню з великих глибин.

Таким чином, перед плаванням під водою належить робити не більше 5-10 глибоких вдихів. Це продовжить час пірнання без ризику втрати свідомості. Проте осіб, що плавають під водою, завжди необхідно страхувати при найменшій підозрі (більш тривале від нормативного знаходження під водою) належить негайно приступити до рятувальних дій.

3.2. Фізіологічні механізми киснезабезпечення в умовах пониженого і підвищеного атмосферних тисків

10. У чому полягає актуальність проблеми впливу пониженого атмосферного тиску (інших факторів гірського клімату) на організм людини?

* * *

Актуальність проблеми впливу атмосферного тиску на організм людини визначається постійним пошуком все нових, більш ефективних методів зміцнення здоров'я, розвитком альпінізму, туризму, проведенням змагань в умовах середньо- і високогір'я, лікуванням анемії, деяких психічних захворювань тощо.

Оскільки атмосфера тисне на людину однаково з усіх сторін і врівноважується з середини рідинами і газами, які мають однакову з повітрям величину тиску (пружності), то здорова людина цей тиск не відчуває. Не відчуває вона і добових (4-5 мм рт. ст.) та річних (+20-30 мм рт. ст.) коливань атмосферного тиску. Хворі люди, зокрема ревматики, ті що мають зарубцьовані рани, відчувають біль в уражених місцях. Чутливі до змін атмосферного тиску люди з підвищеною нервовою збудливістю, гіпертоніки тощо.

Розширення резервних можливостей адаптації організму людини до дії екстремальних чинників довкілля за допомогою гірського клімату пов'язано передусім з дією пониженого парціального тиску кисню атмосферного повітря. З підняттям в гори величина атмосферного тиску зменшується, а відсотковий склад газів зберігається сталим. Всезростаюче зниження парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі з підняттям в гори призводить до зниження парціальної напруги кисню в крові і кисневого голодування. Лише дотримуючись принципів сходинкові гірської адаптації, людина може акліматизуватися до цих умов і не захворіти "*гірською хворобою*".

Якщо в умовах низькогір'я (до 1000 м над рівнем моря) атмосферний тиск істотно не впливає на фізичну працездатність, то в умовах середньогір'я (від 1000 до 3000 м) і високогір'я (3000 м і більше) цей вплив значний, він зумовлює суттєві додаткові навантаження на організм, особливо на його кисневозабезпечуючі системи. Окрім атмосферного тиску на організм людини, в умовах середньо- і високогір'я,

виявляють вплив такі чинники, як посилена сонячна радіація, підвищена іонізація повітря, різка зміна вологості повітря та інші.

11. Як залежить рівень насичення організму киснем від величини парціального тиску даного газу при пониженні барометричного тиску? Наслідки гіпокапнії і гіпоксемії.

* * *

Рівень насичення організму киснем в основному визначається його парціальним тиском в альвеолярному повітрі – *чим вищий парціальний тиск, тим швидше і повніше йде процес насичення* (рис. 2.23). Оскільки із збільшенням висоти над рівнем моря (в горах) парціальний тиск кисню у вдихуваному повітрі зменшується, то і рівень насичення крові киснем зменшується (табл. 2.4). Зниження парціального тиску кисню в альвеолярному повітрі при зниженні барометричного тиску призводить до гіпервентиляції легень та “вимивання” вуглекислого газу з крові – *гіпокапнія*.

Таблиця 2.4

Барометричний тиск, парціальний тиск O_2 в атмосферному і альвеолярному повітрі на різних висотах (Я. М. Коц, 1986)

Висота, м	Барометричний тиск		Парціальний тиск O_2 в атмосферному повітрі, мм рт. ст.	Парціальний тиск O_2 в альвеолярному повітрі в умовах спокою, мм рт. ст.
	мм рт. ст.	атм.		
0	760	1,0	149	105
1000	680	0,9	142	94
2000	600	0,8	125	78
3100	530	0,7	111	62
4300	450	0,6	94	51
5600	380	0,5	75	42
7000	305	0,4	64	31
9000	230	0,3	48	19

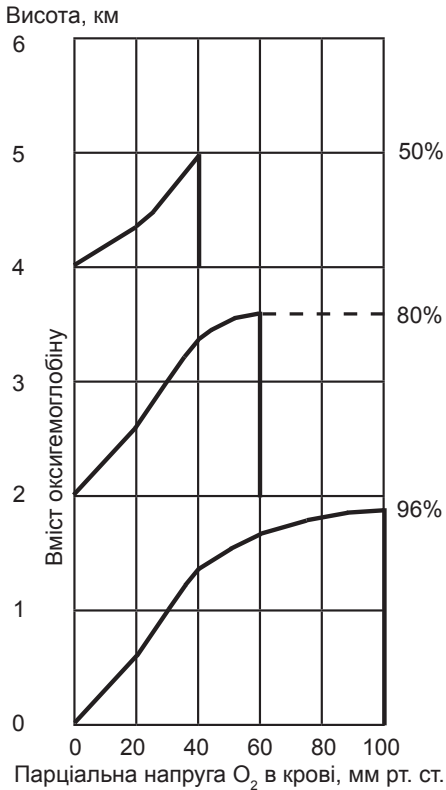


Рис. 2.23. Зміна рівня оксигемоглобіну в крові людини при підніманні в гору

Як наслідок, знижується збудливість дихального центру, виникає **гіпоксемія** – понижене насичення крові киснем. За таких умов зменшується різниця парціальних тисків кисню між кров'ю капілярів і тканинною рідиною, сповільнюється перехід кисню в тканини, знижується швидкість окиснювальних реакцій.

Наслідком висотної гіпоксемії є порушення функціонального стану аналізаторів, особливо зорового, знижується тактильна і підвищується больова чутливість, порушуються механізми диференціювального гальмування в корі великих півкуль.

12. Якими ознаками характеризується виражена форма гострого кисневого голодування, що виникла в умовах високогір'я? Перша

домедична допомога особам з гострою формою гірського захворювання.

* * *

Першими ознаками слабовираженого кисневого голодування є піднесення настрою, сміх з малозначних причин, балакучість, метушливість, підвищена рухова активність. Такі зміни стану людини зумовлені початковою збуджуючою дією недостатності кисню на клітини головного мозку. Для попередження подальшого прогресування гірського захворювання необхідно припинити сходження і забезпечити дихання з оптимальним парціальним тиском кисню.

Ознаками вираженої форми гострого кисневого голодування (друга фаза) є різка зміна підвищеної збудливості ЦНС депресією, порушення вищої нервової діяльності, погіршення самопочуття. Згодом настає в'ялість, сонливість, задишка, блідість шкірних і слизових покривів, відчутність серцебиття, пульсації судин, запаморочення, нудота, втрата свідомості і навіть смерть від порушення функції дихального центру. Досить часто втрата свідомості може виникати без перебігу інших ознак кисневого голодування.

Гостре кисневе голодування спостерігається при зниженні тиску в барокамері, при виконанні напруженої фізичної роботи та при перегріванні організму. Сприяючи покращенню реактивності організму до дії даних екстремальних чинників, гірська адаптація включається в тренувальні програми підготовки спортсменів, льотчиків, космонавтів.

Перша допомога особам з гострою формою гірського захворювання полягає в ліквідації або ослабленні кисневого голодування. Для відновлення діяльності судиннорухового і дихального центрів необхідно забезпечити штучне дихання з обов'язковим введенням в легені стимулятора дихального центру – карбогену (суміш 5% вуглекислого газу і 95% кисню). При потребі потерпілому роблять масаж серця.

13. Що повинен робити льотчик при розгерметизації кабіни літака на висотах більше 10 км? Які особливості легеневого газообміну матимуть місце за таких умов?

* * *

Для забезпечення необхідного парціального тиску кисню в альвеолярному повітрі та насичення ним венозної крові, на великих висотах (більше 10 км) застосовують метод дихання під підвищеним тиском. При цьому використовують спеціальні маски з регулятором, який забезпечує створення необхідного (більшого від атмосферного) тиску вдихуваного повітря. Зняття маски з людини в умовах значного розрідження атмосфери призводить до втрати свідомості. Відбувається це тому, що напруга кисню в артеріальній крові стає меншою ніж у венозній. Незважаючи на посилене дихання, замість того, щоб надходити в організм, кисень навпаки, виходимо з нього. Тому при розгерметизації кабіни літака на великих висотах льотчику необхідно негайно затримати дихання і надіти кисневу маску.

14. Які механізми лежать в основі акліматизації людини до нестачі кисню в умовах пониженого атмосферного тиску? Зміни працездатності людини в умовах високогірної акліматизації.

* * *

Пристосування організму людини до нестачі кисню в умовах пониженого атмосферного тиску, називається **акліматизацією**. Процес акліматизації здійснюється шляхом вдосконалення механізмів доставки кисню до тканин і адаптації самих тканин до гіпоксемії (рис. 2.24). Одним з механізмів такого пристосування є перехід організму на без-

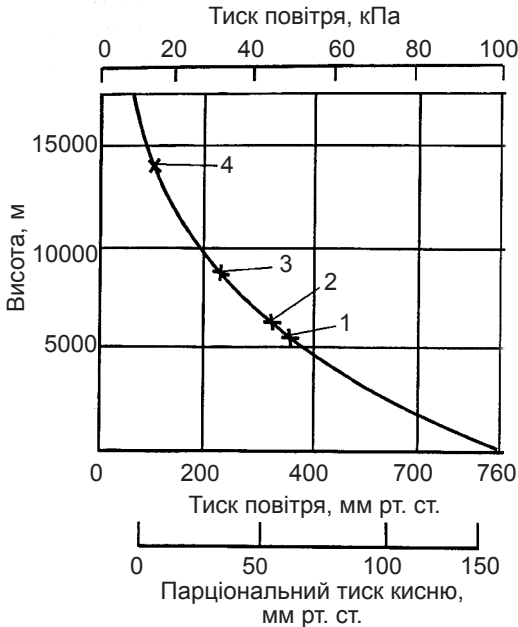


Рис. 2.24. Залежність атмосферного тиску і парціального тиску кисню від висоти:

1 – висота, на якій більшість неакліматизованих людей втрачає свідомість від нестачі кисню; 2 – найбільша висота постійних поселень людини; 3 – найбільша висота, на якій акліматизовані люди можуть виживати декілька годин під час дихання атмосферним повітрям; 4 – найбільша висота, яка доступна для людей під час дихання чистим киснем

кисневий шлях енергозабезпечення. На більш пізніх етапах акліматизації вдосконалюються механізми тканинної адаптації, збільшується використання кисню з артеріальної крові, більший відсоток кисню використовується безпосередньо на м'язову діяльність.

У перші дні гірської акліматизації працездатність знижується. Перехід осіб, які тривалий час працюють в умовах середньогір'я до умов низькогір'я сприяє підвищенню їх працездатності. Успішній акліматизації сприяє поступове (сходинкове) підняття на великі висоти з відповідними за величиною м'язовими навантаженнями, повноцінне і раціональне харчування.

Повна високогірна акліматизація характеризується такими змінами в організмі:

- зниження рівня вентиляції легень щодо її початкових величин (глибоке дихання);
- збільшення продуктивності роботи серця (зростання хвилинного обсягу крові), підвищення рівня середнього артеріального тиску, збільшення швидкості руху крові, гіпертрофія правого шлуночка серця;
- значне збільшення концентрації еритроцитів (до 7-8 млн. в 1 мм³ крові) і гемоглобіну (до 17-18 об%) крові;
- збільшення запасів глікогену в м'язах і в печінці;
- збільшення вмісту міоглобіну в м'язах;
- підвищення активності окисно-відповідних ферментів;
- підвищення стійкості тканин до гіпоксії;
- зростання реактивності імунної системи організму.

Під час перебування в умовах середньогір'я, для підтримання необхідного рівня працездатності, необхідно зменшити споживання жирів, оскільки на їх окиснення витрачається більше кисню ніж на окиснення вуглеводів. Для отримання одиниці енергії при окисненні вуглеводів витрачається на 10-15% менше кисню, ніж при окисненні жирів і на 15-20% менше, ніж при окисненні білків.

◇ **15. Вкажіть на методичні особливості проведення штучного дихання потерпілому який не дихає.**

* * *

При рятуванні утопленика, при задушенні, враженні електричним струмом, тепловим або сонячним ударом, при деяких отруєннях, потерпілому необхідно негайно провести штучне дихання (ШД). Існує три основних способи ШД (рис. 2.25).

Спосіб 1. Цим способом користуються тоді, коли немає можливості провести ШД способом 3 (при пораненні обличчя). Потерпілого кладуть на спину. Той, хто надає допомогу, стає на коліна біля голови потерпілого, бере його руки за передпліччя (біля ліктів), піднімає і закладає їх за голову на 2-3 с (вдих). Тоді руки обстежуваного опускають і стискають ними його грудну клітку упродовж 2-3 с (видих). Такі рухи повторюють до того часу, поки не відновиться самостійне дихання. Щоб язик потерпілого не западав його трохи витягують (це робить помічник) і утримують упродовж всього періоду проведення ШД.



Рис. 2.25. Способи штучного дихання

Спосіб 2. ШД за цим способом проводять при рятуванні утопленика або коли у потерпілого ушкоджені руки. Перед початком ШД необхідно очистити ротову порожнину і ніс утопленика від слини, слизу, землі тощо. Потерпілого кладуть на живіт, а голову повертають на бік, підклавши під щоку зігнуту в лікті руку. Рятувальник стає на коліна так, щоб стегна потерпілого були між його колінами і, охоплюючи спину потерпілого з боків біля нижніх ребер стискає їх (видих), тоді 2-3 с пауза (вдих) і стискання повторюють.

Спосіб 3. «З рота в ніс» або «з рота в рот». Стають на коліна біля голови потерпілого, закидають його голову назад, при цьому підборіддя потерпілого максимально відводиться до грудей, а рот відкривається. Однією рукою тримають голову потерпілого (одноразово закривши пальцями ніс), а другою рукою за підборіддя підтримують напіввідкритий рот. ШД «з рота в рот» роблять через марлю, носову хусточку або гумову трубочку, але частіше це робиться без будь-яких засобів, просто «губи до губ». Після глибокого вдиху рятувальник щільно приставляє свої губи до губ потерпілого і енергійно з деякими зусиллями робить видих (вдих потерпілого). Після цього грудна клітка

потерпілого спадає, відбувається пасивний видих. Вдування повітря проводять ритмічно з звичайною частотою дихання – 12-14 дихальних циклів за 1 хв.

При способі ШД “з рота в ніс” той хто надає допомогу однією рукою утримує голову потерпілого за тім’я, а другою, піднявши за підборіддя нижню щелепу вверх, закриває рот. Після цього рятувальник робить глибокий вдих і, притиснути губи до носових ходів потерпілого, видихає повітря в ніс.

16. Як змінюватиметься функціональний стан організму людини в умовах підвищеного атмосферного тиску? Засоби попередження кесонного захворювання.

* * *

Актуальність питань, пов’язаних з впливом на організм підвищеного атмосферного тиску, зумовлена добуванням під водою корисних копалин, розвитком підводного спорту, туризму, мисливства, фото- і кіномистецтва.

Для занурювання у воду водолази використовують спеціальні апарати (скафандри), які захищають тіло від тиску води і забезпечують дихання за рахунок подачі в шолом газової суміші під високим тиском. Занурювання під воду на глибину до 50 м здійснюються на стиснутому повітрі, більш глибокі – на стиснутих гелієво-кисневих і повітряно-гелієвих сумішах.

При порушенні гігієнічних режимів дихання в умовах високих тисків можливе виникнення декомпресійного захворювання, отруєння високими концентраціями кисню (бронхопневмонія), вуглекислого газу або азоту (азотний наркоз) тощо.

При знаходженні людини в умовах високого атмосферного тиску в крові і тканинах організму розчиняється значна кількість газів повітря, зокрема азоту. При швидкому переході організму людини з зони високого атмосферного тиску в зону малого, розчинність газів в крові, особливо азоту, знижується. Не встигаючи виділятися з організму, азот утворює невеликі міхурці, які можуть викликати закупорку судин – *кесонна хвороба*. Розчинний у жирах азот нагромаджується у великій кількості в багатих жирами нервових клітинах.

Симптомами кесонного захворювання є болі в суглобах, запаморочення, блювота, задишка, втрата свідомості. Для попередження

кесонного захворювання, при занурюванні водолазів на велику глибину, в дихальну суміш замість азоту вводять гелій, який майже не розчиняється в крові. Крім того, при підніманні людей з морських глибин чи шахт, обмежують швидкість підймання. Найбільш ефективним методом лікування кесонного захворювання є повторне опускання хворого під воду або переведенням їх в спеціальні декомпресійні камери до того часу, поки повністю не розчиняться усі міхурці азоту. Щоб зменшити час декомпресії, для дихання використовують чистий кисень або суміш кисню з гелієм, аргоном чи іншим інертним газом.

3.3. Фізіологічні механізми киснезабезпечення в умовах фізичних навантажень

17. Дайте оцінку функціонального стану дихальної системи юнака за тестом Штанге; відомо, що тривалість затримки дихання досліджуваного за даним тестом – 50 с.

* * *

Тести з затримкою дихання використовуються в спортивно-медичній практиці переважно для оцінки функціонального стану дихальної і серцево-судинної системи, а також для аналізу психологічної стійкості (вольової підготовленості) – досліджуваних.

Тривалість затримки дихання досить індивідуальна, вона залежить від вольових якостей людини (вольовий компонент затримки дихання) досконалості механізмів анаеробного енергозабезпечення і, звичайно, економічності споживання кисню клітинами організму.

Оцінка тесту Штанге: менше 39 с – незадовільно; 40-49 с – задовільно, більше 50 с – добре. Отже, функціональний стан дихальної системи досліджуваного оцінюється оцінкою «добре». При втомі, перенапруженні, захворюванні органів кровообігу та дихання, при анемії, тривалість затримки дихання зменшується. Це зумовлено підвищенням збудливості дихального центру, зміною інтенсивності процесів обміну в тканинах.

18. Які особливості функціонування системи дихання характерні для підлітків при виконанні дозованого навантаження?

* * *

Виконання підлітками дозованого навантаження приводить до більшої інтенсифікації дихальної функції, меншого використання кисню з альвеолярного повітря. Проте впрацювання дихальної системи у підлітків проходить більш швидко, ніж у дорослих. Зростання легеневої вентиляції у юних спортсменів (11-15 років), що виконують напружену фізичну роботу, пов'язане перш за все із збільшенням частоти дихання і менш виразним зростанням глибини дихання. Задишка, як і утруднене дихання, викликає у підлітків зростаючу гіпоксемію, а тому навчання правильному диханню повинно займати важливе місце в програмі їхнього фізичного вдосконалення.

19. Розрахуйте коефіцієнт резерву (рівень здоров'я) у досліджуваного юнака за показником хвилинного об'єму дихання (ХОД). Частота дихання у досліджуваного в стані спокою – 14 дихальних циклів за 1 хв., дихальний обсяг (ДО) – 0,6 л; ЧД при виконанні максимального напруженої фізичної роботи – 60 за 1 хв., ДО – 2000 мл.

* * *

Коефіцієнт резерву або рівень здоров'я за М. Амосовим – це величина яка вказує на можливість максимального посилення функцій даної фізіологічної системи щодо рівня її функціонування в стані спокою.

ХОД є добуток ЧД і ДО. ХОД досліджуваного юнака в спокої – 8,4 л/хв. ($14 \cdot 0,6$), при фізичному навантаженні – 120 л/ ($60 \cdot 2,0$). Коефіцієнт резерву – 15,4 ($150 : 8,4$). Отже, ХОД у обстежуваного юнака в екстримальних умовах може бути збільшеним у 15,4 рази, що і вказує на рівень його здоров'я за даним показником системи дихання.

20. Якою має бути перша медична допомога при гострих розладах дихання? Поняття асфіксії, задишки, гострої дихальної недостатності.

* * *

Задишка – збільшення частоти, порушення ритму і глибини дихання. Суб'єктивно задишка проявляється відчуттям недостатчі кисню.

Асфіксія – патологічний стан, обумовлений виразним кисневим голодуванням і підвищеним вмістом оксиду вуглецю, що проявляється важкими розладами діяльності нервової системи, дихання і кровообігу. При утрудненні вдиху виникає інспіраторна задишка, при утруд-

нені видиху – експіратора, при одночасному утрудненні вдиху і видиху – змішана. Задишка після фізичного навантаження є фізіологічною, при захворюваннях легень, серця, головного мозку – патологічною. Вона може бути викликана наявністю в дихальних шляхах перепони для нормального проходження повітря, зниженням еластичності легень, атеросклеротичними змінами стінок кровоносних судин серця, тощо.

Різко виражена задишка, називається *задухою*. Задуха, що має характер приступу, називається *астмою*. Виділяють бронхіальну астму з утрудненням і тривалим видихом, як наслідок спазмів дрібних бронхів, і серцеву астму – з різким утрудненням вдиху, що виникає внаслідок ослаблення діяльності лівої половини серця.

Стан організму при якому порушення киснезабезпечуючих систем такі глибокі, що максимальної мобілізації усіх резервів організму недостатньо для нормального газообігу, називають *гострою дихальною недостатністю*. Основними причинами її розвитку є ураження дихального центру, легенів, дихальних шляхів, дихальної мускулатури (*первинна дихальна недостатність*), серцево-судинні захворювання, анемії, інтосикація тощо (*вторинна дихальна недостатність*).

Клінічно гостра дихальна недостатність проявляється відчуттям нестачі повітря. Шкірні покрови вологі, бліді, губи і нігтьові ложа ціанотичні, задишка (частота дихання 25-40 дихань за 1 хв.), тахікардія (ЧСС – 120-140 ск./хв.), артеріальна гіпертензія. При швидкому розвитку дихальної недостатності можуть спостерігатися корчі, зіниці розширенні, обличчя – синюшне, шкірні покрови землянистого кольору, п'ятнистий ціаноз. Причиною дихальної недостатності може бути бронхоспазм (звуження просвіту дрібних бронхів і бронхіол), захворювання гортані (запальні процеси, пухлини), травми, сторонні тіла, при яких може спостерігатися звуження пресвіту гортані – при гострих респіраторних захворюваннях, при дифтерії.

При гострих формах дихальної недостатності до хворого негайно викликають швидко допомогу і госпіталізують. Лікування хворих з гострою дихальною недостатністю залежить від причин, які її викликають і передбачає симптоматичну терапію, а також заходи, спрямовані на ліквідацію причин які призвели до порушення дихання. При значних болях хворому вводять анальгетики або використовують

наркоз. Хворому забезпечують доступ свіжого повітря, дають тепле лужне пиття, наприклад, молоко з содою, грілки до ніг, гарячі ніжні ванни, медикаментозні засоби (но-шпа, еуфілін, димедрол, гідрокортизон тощо).

21. Надходження в організм додаткових обсягів кисню позитивно відбивається на самопочуття і працездатність осіб похилого віку. Який фізіологічний механізм цього феномену?

* * *

Коли людину похилого віку помістити в приміщення з дещо підвищеним вмістом кисню в повітрі, в неї відмічається значне покращення самопочуття, нормалізується сон, зростає розумова і фізична працездатність. З віком втрачається еластичність артерій головного мозку. Погіршення мозкового кровообігу за таких умов призводить до зменшення надходження кисню до клітин мозку. Подібні зміни можуть відбуватись і у здорової людини, дихання якої поверхневе. Причиною цього є те, що при поверхневому диханні в легені надходить недостатня кількість кисню, а отже, менше кисню попадає у клітини організму. Невміння правильно дихати відчутно проявляється на пам'яті, здатності зосередитись на функціях органів чуття. В умовах дефіциту кисню людина швидко збуджується і легко впадає в депресію, важко переносить почуття провини. Таким чином, наслідки неправильного дихання очевидні, а тому не варто жалити часу і енергії на навчання правильному диханню.

Розділ III

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ

Важливою умовою підтримання постійності внутрішнього середовища організму є забезпечення руху крові по кровоносних судинах великого і малого кіл кровообігу. Завдяки руху крові стає можливою реалізація усіх тих функцій, які притаманні крові: дихальна, захисна, транспортна, терморегуляційна тощо. Окрім серця і кровоносних судин до системи кровообігу входять і лімфатичні судини. Система кровообігу разом з системою крові і дихання утворюють *функціональну систему киснезабезпечення організму*.

Дослідження функціонального стану системи киснезабезпечення організму широко використовується в медичній практиці для діагностики захворювань людини, у виробничій і в спортивній практиці – для тестування професійної і функціональної підготовленості працівників і спортсменів, цілеспрямованого регулювання фізичних навантажень.

Відомо, що за показниками функції однієї фізіологічної системи не можна об'єктивно судити про функціональний стан і рівень працездатності організму в цілому. Проте серцево-судинна система є виключенням з цього правила. З усіх вегетативних систем організму, які забезпечують працюючі м'язи енергією та пластичним матеріалом, система кровообігу найбільш чутливо і повно реагує на фізичні навантаження. Серцево-судинна система в значній мірі визначає можливість аеробного енергозабезпечення діяльності. Разом з тим, серце є також найбільш вразливою ланкою організму, що виконує значний обсяг інтенсивних фізичних навантажень. Усе це обумовлює широке використання основних показників роботи серця у виробничій діяльності, а також в практиці оздоровчого тренування, зокрема для цілеспрямованого регулювання обсягу і інтенсивності фізичних навантажень.

Тема 1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СЕРЦЕВОГО М'ЯЗА І ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СЕРЦЯ

1.1. Анатомо-фізіологічні особливості серця. Серцевий цикл

1. Які морфофункціональні особливості характерні для серця людини?

* * *

Серце – порожнистий конусоподібний м'язовий орган, розташований в грудній клітці між другим і п'ятим міжреберними проміжками. Його стінки мають трьохшарову структуру. Внутрішній шар (*ендокард*) вистилає порожнину серця зсередини, а його вирости утворюють клапани серця; середній шар (*міокард*) представлений особливо м'язовою тканиною, м'язові волокна якої займають проміжне місце між поперечносмугастими (скелетними) і гладенькими м'язами.

До складу м'язової тканини міокарда входить два типи волокон – волокна робочого міокарда передсердь і шлуночків, які виконують функцію помпи, і волокна провідної системи серця, яка забезпечує генерацію збудження і його проведення до клітин робочого міокарда. В міокарді розрізняють два відділи: менш виражену мускулатуру передсердь товщиною 2-3 мм і потужну мускулатуру шлуночків (товщина правого шлуночка – 5-8 мм, лівого – 15-20 мм).

Товщина міокарда, розташування волокон (кардіоцитів) і навіть самі волокна в різних відділах різні. Міокард передсердь тонший, ніж шлуночків, а волокна в ньому розташовані в два шари – циркулярно і поздовжньо. Циркулярні волокна, оточуючи судини, що входять в передсердя, при своєму скороченні перетискають їх, попереджуючи тим самим закидання крові у вени при систолі передсердь.

Зовнішня оболонка серця (*епікард*) покриває його поверхню і найближчі до нього відрізки аорти, легеневої артерії і порожнистих вен. Епікард разом з зовнішнім листком серозної оболонки утворює білясерцеву сумку (*перикард*) заповнену серозною рідиною. Вона зменшує тертя між листками перикарда при серцевих скороченнях і оберігає серце від надмірного розтягнення кров'ю при діастолі.

Поздовжньою перегородкою серце людини розділене на дві нез'єднані між собою половини – праву і ліву. У правій частині серця тече венозна кров, у лівій – артеріальна; у верхній частині серця знаходиться ліве і праве передсердя, в нижній – правий і лівий шлуночки. Загальна схема будови серця людини подана на рис. 3.1.

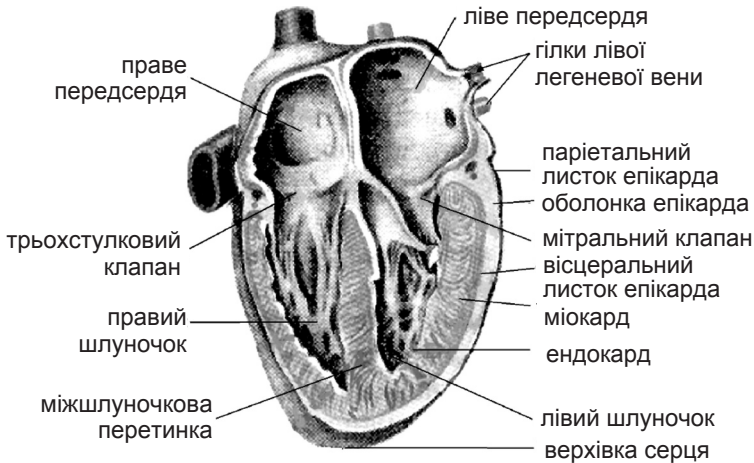


Рис. 3.1. Будова серця (поперечний розріз)

2. Як позначається на роботі серцевого м'яза нагромадження жиру в організмі, і зокрема навколо серця?

* * *

Нагромадження жиру в організмі, зокрема на серці, створює навколо серця об'ємну міцну оболонку, яка призводить до зниження його резервних можливостей: скорочення стають поверхневими, порушується серцевий ритм, зменшується тривалість діастоли серцевого циклу тощо.

3. За певну одиницю часу правий і лівий шлуночки серця людини виштовхують в кровообіг однакову кількість крові. Чому ж тоді товщина міокарда лівого шлуночка значно більша від товщини міокарда правого шлуночка?

* * *

Робота серця по нагнітання крові в велике і мале кола кровообігу перш за все залежить від величини периферійного опору, який зумов-

лений тертям частинок крові між собою і щодо стінок кровоносних судин. Довжина кровоносного русла (площа поверхні стінок кровоносних судин) великого кола кровообігу, а, отже, і величина периферійного опору, значно більша, ніж малого кола кровообігу. Тому міокарду лівого шлуночка приходится виконувати значно більший обсяг роботи, ніж міокарду правого шлуночка, який нагнітає кров в мале коло кровообігу. Виконуючи більшу величину роботи, міокард лівого шлуночка більш гіпертрофований, тобто має значно більший діаметр м'язових волокон, а отже і більшу товщину стінок.

4. Як з'єднуються порожнини серця між собою і з кровоносними судинами, які відходять від серця? Які чинники обумовлюють розміри серця?

* * *

Серце людини має чотири камери – два передсердя і два шлуночки. Кожне передсердя з'єднується з відповідним шлуночком через передсердно-шлуночковий отвір, який закривається стулковим (атріо-вентрикулярним, від лат. atrium – передсердя, ventriculus – шлуночок) клапаном. Клапан між правим передсердям і правим шлуночком має три стулки – *трьохстулковий*, між лівим передсердям і лівим шлуночком дві стулки – *двостулковий*, або *мітральний*. За допомогою сухожильних ниток краї стулок клапанів з'єднанні з сопочковими м'язами стінок шлуночків, що попереджує вивертання їх в бік передсердь і попереджує зворотній рух крові до передсердь в період систоли шлуночків. Біля отвору легеневої артерії і отвору аорти є *півмісяцеві клапани* у вигляді трьох кишень. Вони відкриваються в напрямку руху крові в цих судинах.

Розміри серця обумовлені об'ємом його порожнин і товщиною стінок. Ці величини, в свою чергу, залежать від розмірів тіла, віку, статі і рухової активності людини. У здорових дорослих чоловіків довжина серця близько 14 см, поперечник – 12 см, об'єм порожнин шлуночків – 250-350 мл, вага – близько 300 г. Вважається, що розміри серця конкретної людини відповідають розмірам складеної в кулак кисті її руки. Загальний об'єм серця у чоловіків – 700-900 см³, у жінок – 500-600 см³, у осіб важкої фізичної праці і у спортсменів він на 100-300 см³ більший, ніж у працівників розумової праці і у неспортсменів.

У серці в два рази більше капілярів, ніж в скелетних м'язах. Збагачену киснем кров серце отримує з двох коронарних артерій, що беруть початок в основі аорти. В коронарні артерії в період діастоли серця надходить близько 200-250 мл крові за 1 хв. При виконанні інтенсивної роботи кровопостачання серця збільшується до 1 л/хв. Збіднена киснем венозна кров збирається з серця у вінцеву пазуху, а звідти в праве передсердя; лише незначна кількість малих вен самостійно впадає в праве передсердя або шлуночки.

5. Під час систоли передсердь тиск крові в них стає значно вищим, ніж в порожнистих і легневих венах. Чому ж тоді кров надходить лише в шлуночки і не повертається у вени? Особливості скорочень шлуночків.

* * *

Робота серця характеризується безперервною ритмічною зміною скорочень (*систола*) і розслаблень (*діастола*). Передсердя виконують роль резервуара, який в період систоли шлуночків депонує кров, що надходить з вен; шлуночки виконують помпувально-розподільну функцію, вони перекачують кров з венозної системи в артеріальну (рис. 3.2). Під час скорочення шлуночків (перша фаза серцевого цик-

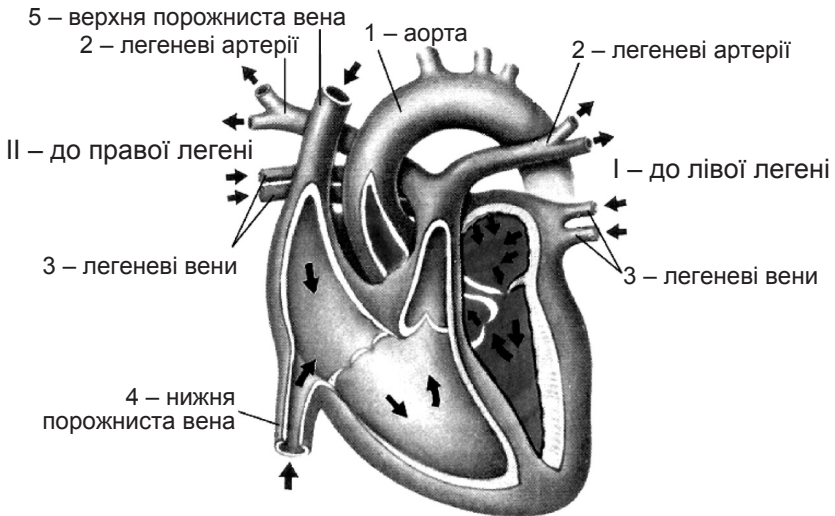


Рис. 3.2. Рух крові через серце

лу) кров під великим тиском виштовхується з лівого шлуночка в аорту, а з правого – в легеневу артерію; під час діастоли шлуночків розслаблені і передсердя, і шлуночки – друга фаза серцевого циклу.

При систолі передсердь, тиск в них зростає до 5-8 мм рт. ст., шлуночки розслаблені і венозна кров з правого передсердя переходить у правий шлуночок, а артеріальна кров з лівого передсердя – у лівий шлуночок. При систолі передсердь кров не повертається у вени тому що першими в передсердях скорочуються циркулярні м'язові волокна, розташовані в гирлі порожнистих і легеневих вен (рис. 3.3).

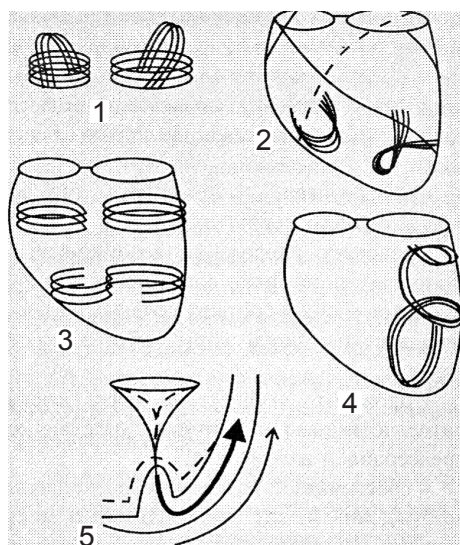


Рис. 3.3. Схема напрямку м'язових волокон у відділах серця:

- 1 – передсердя; 2 – поверхневий шар шлуночків; 3 – середній шар шлуночків; 4 – “спіральна головка” Маккаляна; 5 – передсеречно-шлуночковий клапан

Скорочення шлуночків більш складне. Спочатку скорочуються найбільш збудливі м'язові волокна, дещо пізніше – менш збудливі. Виштовхування крові із шлуночків у кровообіг відбувається лише тоді, коли тиск в правому шлуночкові досягає 5-15 мм рт. ст., а в лівому – 65-75 мм рт. ст. При цьому тиск в шлуночках продовжує збільшуватись: в правому шлуночку – до 30 мм рт. ст., в лівому – до 120 мм рт.ст (рис. 3.4). Скоротившись, шлуночки розслаблюються і, коли тиск в них стає нижчим, ніж в аорті і легеневій артерії, відбувається закриття півмісяцевих клапанів. При зниженні тиску в шлуночках до нуля відкриваються атріо-вентрикулярні

клапани, і кров з передсердь переходить в шлуночки. Цьому сприяє:

– залишкова сила, яка була надана крові попереднім скороченням серця;

– аспірація – присмоктувальна дія грудної клітки, особливо в період вдиху;

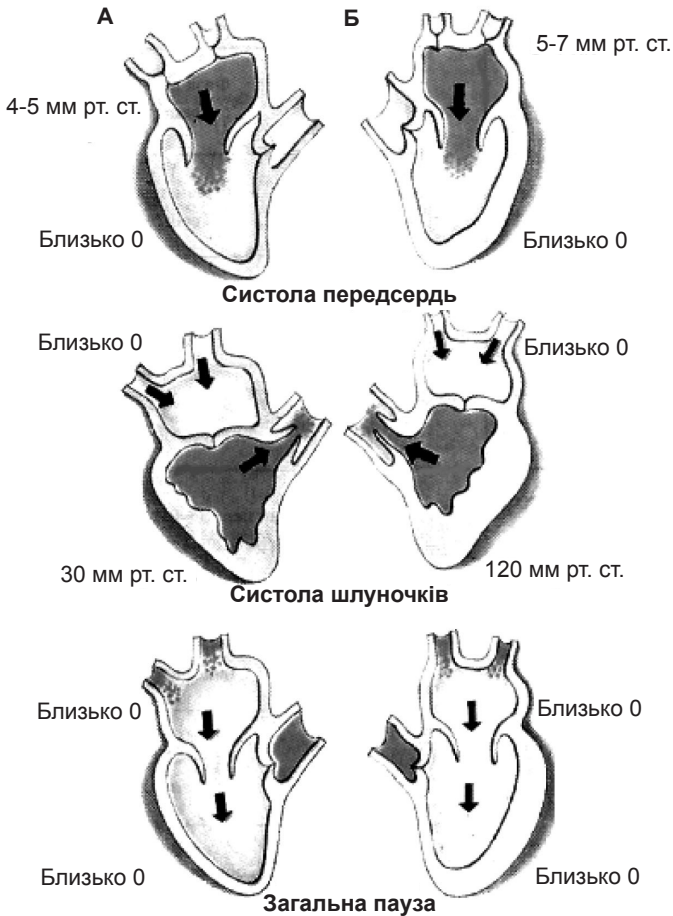


Рис. 3.4. Тиск крові в порожнинах серця в різні фази серцевого циклу:

А – права половина серця; Б – ліва половина
(верхні цифри – тиск в передсерцях, нижні – в шлуночках)

– зміщення атріо-вентрикулярної перепонки в напрямку до верхівки серця в період виштовхування крові з шлуночків в аорту і легеневу артерію.

❖ 6. Розрахуйте загальну тривалість серцевого циклу досліджуваного юнака, ЧСС у якого становить 75 ск./хв. Вкажіть на

тривалість скорочень передсердь, шлуночків і загальної діастоли при даній ЧСС.

* * *

Тривалість серцевого циклу залежить від ЧСС. При ЧСС – 75 ск./хв. серцевий цикл триває 0,8 с (60 с : 75 ск./хв.), систола передсердь – 0,1 с, діастола – 0,7 с, систола шлуночків – 0,3 с, діастола шлуночків – 0,5 с, загальна діастола серця – 0,4 с (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Характеристика окремих фаз серцевого циклу при ЧСС – 75 ск./хв.

Відділи серця	Скорочення передсердь		Скорочення шлуночків		Загальна діастола серця	
	що відбувається	Тривалість, с	що відбувається	Тривалість, с	що відбувається	тривалість, с
Передсердя	скорочення	0,1	розслаблення	0,3	розслаблення	0,4
Шлуночки	розслаблення	0,1	скорочення	0,3	розслаблення	0,4
Стулкові клапани	відкриваються	0,1	закриваються	0,3	відкриваються	0,4
Півмісяцеві клапани	закриваються	0,1	відкриваються	0,3	закриваються	0,4

◇ **7. Визначіть загальну тривалість діастоли (відпочинку) серця у двох досліджуваних осіб за 1 рік життя; ЧСС у першого досліджуваного – 60 ск./хв., у другого – 75 ск./хв.**

* * *

Загальна тривалість серцевого циклу у першого досліджуваного – 1 с (60 с : 60 ск./хв.), у другого – 0,8 с (60 с : 75 ск./хв.). Середня тривалість загальної діастоли становить 50% від загальної тривалості серцевого циклу, тобто 0,5 с ($1 \text{ с} \cdot 50\% : 100\%$) у першого досліджуваного і 0,4 с ($0,8 \cdot 50\% : 100\%$) у другого. Упродовж 1 хв. серце першого досліджуваного відпочиває 30 с ($0,5 \text{ с} \cdot 60 \text{ ск./хв.}$), другого – 30 с ($0,4 \cdot 75 \text{ ск./хв.}$); за 1 год – 30 хв. і 30 хв. Отже, загальна величина тривалості відпочинку, при інших рівних умовах, у досліджуваного,

що має менший показник ЧСС в стані спокою така ж як і у того, хто має більшу величину ЧСС.

8. Після 20 присідань за 30 с тривалість серцевого циклу у досліджуваного зменшилась у два рази (до 0,4 с). На скільки відсотків збільшилась ЧСС у досліджуваного у зв'язку з виконанням фізичного навантаження?

* * *

Тривалість серцевого циклу (ТСЦ) у досліджуваного в стані спокою 0,8 с (0,4 с · 2). $ТСЦ = 60 \text{ с} : ЧСС$, звідси ЧСС в стані спокою становитиме 75 ск./хв. (60 : 0,8), а при фізичному навантаженні – 150 ск./хв. (60 : 0,4). Таким чином, виконання досліджуваним фізичного навантаження (20 присідань за 30 с) призвело до збільшення ЧСС на 200% (150 ск./хв. · 100% : 75 ск./хв.).

1.2. Фізіологічні властивості серцевого м'яза. Зовнішні прояви серцевих скорочень

9. Які особливості збудливості характерні для м'язових волокон серця? Сутність закону Боудича – “все або нічого”.

* * *

Збудливість – це здатність (властивість) м'язових волокон серця збуджуватись при дії на нього подразника. При цьому потенціал спокою міокардіальних волокон (80-90 мВ) переходить в потенціал дії (100-120 мВ), який здатний поширюватись по серцю. Збудження охоплюються всі без винятку волокна передсердь і окремо волокна шлуночків, що обумовлено їх морфофункціональним об'єднанням (функціональний синцитій пересердь і функціональний синцитій шлуночків). Тому сила скорочень пересердь і шлуночків не залежить від сили подразнення: вони відповідають на подразнення або збудженням усіх своїх волокон, або ж (якщо подразник допороговий) не реагують на нього взагалі (закон Боудича – “все або нічого”). Слід зауважити, що даний закон проявляє свою дію лише за певних умов, – “все” змінюється в залежності від зміни рівня обміну речовин, температури, рівня розтягнення м'язових волокон пересердь і шлуночків, їх втоми і інших чинників.

Тривалість потенціалу дії серцевого м'яза змінюється в залежності від ЧСС: вона вкорочується при зростанні ЧСС і стає більш тривалою при сповільненні серцевого ритму. Це явище лежить в основі здатності серцевого м'яза засвоювати (відтворювати) різний ритм збуджень, що генерується в синоатріальному вузлі.

10. У період збудження і скорочення серцевий м'яз не відповідає на нові подразнення. Чому? Чи відповідатиме міокард на додаткове подразнення, якщо воно надходитиме до серця на початку його розслаблення?

* * *

У період збудження міокард не відповідає на нові подразнення тому що знаходиться у фазі *абсолютної рефрактерності*. Її тривалість рівна тривалості систоли серцевого циклу. Якщо ж нове подразнення надходитиме до серця на початку його розслаблення, тобто в кінці фази абсолютної рефрактерності (*фаза відносної рефрактерності*), то спостерігатиметься позачергове скорочення – *екстрасистола*. Після екстрасистоли виникає *компенсаторна пауза* – більш тривалий період відпочинку. Компенсаторна пауза співпадає з фазою абсолютної рефрактерності.

Завдяки тривалій абсолютній рефрактерності серце не може працювати в тетанічному режимі і відповідає на подразнення лише ритмічним скороченням. Таким чином, тривалий рефрактерний період попереджує надто швидкі повторні збудження серця, забезпечуючи тим самим ефективне виконання ним помпувальної функції.

11. Сила скорочень м'язових волокон серця залежить від величини їх початкового розтягання – “закон серця”. В чому сутність цього закону? Які чинники обмежують дію “закону серця”?

* * *

Скоротливість – здатність збудженого серцевого м'яза скорочуватись. При цьому зростає напруженість м'язових волокон і відбувається їх вкорочення.

Скорочення міофібрил серця, як і волокон скелетних м'язів, запускається потенціалом дії, який через систему саркоплазматичного ретикулуму забезпечує проникнення кальцію в клітину з наступною взаємодією білків актину і міозину. Експериментальне видалення

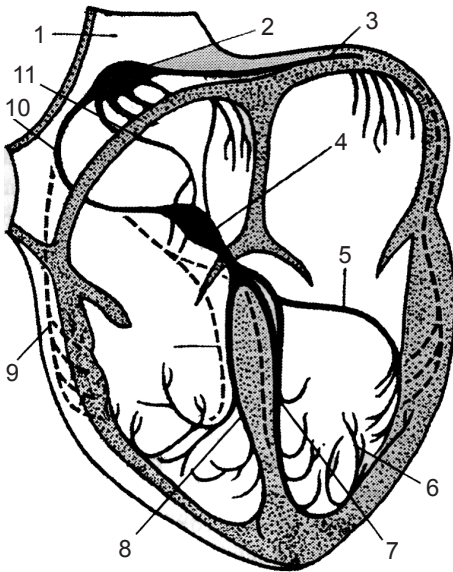
кальцію з м'язового волокна приводить до порушення взаємозв'язку між збудженням і скороченням: потенціал дії залишається майже незмінним, але скорочення не відбувається.

«**Закон серця**» сформульований Старлінгом гласить: сила скорочення серця, а отже і величина систолічного об'єму крові, знаходиться в прямій залежності від початкового розтягнення міокардіальних волокон кров'ю, що надходить до серця. Дію цього закону обмежують такі чинники: товщина стінок міокарда, функціональний стан міокарда, розміри перикарда і наявність жирової оболонки навколо серця.

12. Які структури серця забезпечують провідність? Лігатури (перев'язки) Станіуса.

* * *

Провідність – здатність серцевого м'яза поширювати збудження від однієї його зони до іншої. Провідність, як і автоматія, можливі при наявності цілісної провідної системи серця. Клітини провідної системи серця, на відміну від м'язових волокон серця і скелетних м'язів, не мають поперечної смугастості, більші за розміром, мають менше міофібрил, мітохондрій, рибосом, більше нервових волокон.



До провідної системи серця людини входить синусоатріальний вузол (в області впадання порожнистих вен у праве передсердя), атріоventрикулярний вузол (на перегородці між передсердями і шлуночками), пучок Гіса,

Рис. 3.5. Елементи провідної системи серця:

1 – верхня порожниста вена; 2 – синоатріальний вузол; 3 – тракт Бахмана; 4 – атріоventрикулярний вузол; 5 – передня гілка лівої ніжки пучка Гіса; 6 – волокна Пуркінє; 7 – ліва ніжка пучка Гіса; 8 – права ніжка пучка Гіса; 9 – пучок Кента; 10 – тракт Венкенбаха; 11 – тракт Торела

який ділиться на дві ніжки, що спускаються до верхівки серця, розгалужуючись у вигляді волокон Пуркіньє (рис. 3.5).

У здоровому серці ритмічна генерація імпульсів виникає в синусоатріальному вузлі. Тому його називають *водієм ритму першого порядку*. Автоматично володіють і інші частини провідної системи серця. Проте в напрямку до верхівки серця ця їх здатність знижується – *закон знижувального градієнта автоматії*. Оскільки в атріо-вентрикулярному вузлі швидкість проведення збудження сильно сповільнюється, передсердя встигають закінчити скорочення раніш, ніж розпочнеться систола шлуночків. Таким чином, неоднакова швидкість проходження збудження по провідній системі серця обумовлює послідовність скорочень його передсердь і шлуночків.

При накладенні першої перев'язки (лігатури) Станіуса – на межі пазухи синуса та передсердя – венозний синус жаби зберігає попередній ритм скорочення, шлуночок зупиняється. Після накладення другої лігатури (між передсердям і шлуночком) – венозний синус скорочується в попередньому ритмі, передсердя і шлуночок відновлюють скорочення, проте, в більш рідкому ритмі, ніж синус. При накладанні третьої лігатури (на низиню третину серця) частота скорочень венозного синуса не змінюється, верхівка шлуночка не скорочується (рис. 3.6).

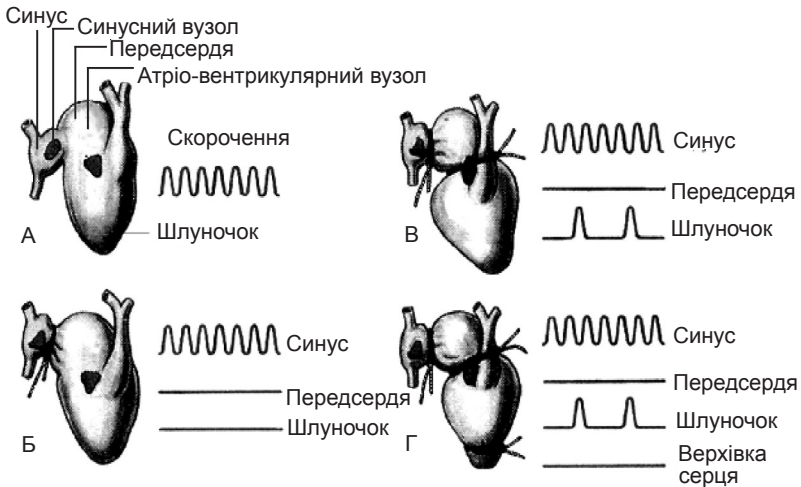


Рис. 3.6. Виявлення рівня автоматії різних відділів серця (за Станіусом):

А – відділи серця жаби; Б – накладення I лігатури;

В – накладення II лігатури; Г – накладення III лігатури

13. Поняття автоматії. Як можна відновити роботу серця, яке в силу тих чи інших причин зупинилось?

* * *

Автоматія – здатність серця до ритмічного скорочення при відсутності дії на нього збуджуючих подразників. Періодична самогенерація мембранного потенціалу дії обумовлена періодичністю зміни проникності мембрани для іонів Натрію і Калію під впливом зміни інтенсивності обміну речовин в серці. Так, ізольоване серце жаби може багато годин скорочуватись, знаходячись в фізіологічному розчині. Для підтримання роботи ізольованого серця людини необхідно пропускати через нього підігрітий до 38°C фізіологічний розчин, збагачений поживними речовинами і киснем або дефібриновану кров.

Роботу серця можна відновити: 1) непрямим і прямим масажем серця; 2) внутрішньовенним або внутрішньосерцевим введенням адреналіна; 3) внутрішньоартеріальним (проти течії крові) нагнітанням крові; 4) електростимуляцією серця; 5) високовольтним розрядом; 6) за допомогою дефібрилятора.

14. Які зовнішні прояви серцевих скорочень можна зареєструвати з допомогою кардіографа і фонокардіографа? Причини виникнення тонів серця.

* * *

У момент скорочення серця в п'ятому міжребер'ї на 1-1,5 см до середини від лівої соскової або середньоключичної лінії легко можна пропальпувати (відчути пальцями рук), або навіть і побачити, верхівковий поштовх. Його виникнення обумовлене ритмічною (згідно з фазами серцевого циклу) зміною форми, об'єму і просторового розташування серця в цілому, і переміщенням його верхівки, зокрема (рис. 3.7).

Крива лінії запису верхівкового поштовху з допомогою кардіографа, називається **кардіограмою**. Вона характеризує співвідношення у часі періодів скорочення і розслаблення лівого шлуночка.

Звукові явища, що виникають при роботі серця, називають **тонами серця**. При вислуховуванні (**аускультатії**) серця за допомогою **фоненоскопа** розрізняють два тони: перший (систолічний) – низький, протяжний і глухий, другий (діастолічний) – більш високий,

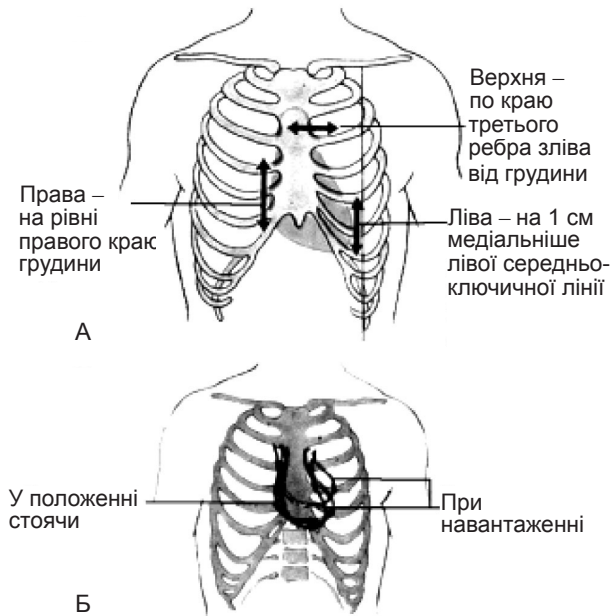


Рис. 3.7. Межі серця (А) та проекція серця на передню поверхню тіла в положенні стоячи і при фізичному навантаженні (Б)

короткий, дзвінкий. Систоличний тон виникає внаслідок коливань атріовентрикулярних клапанів і прикріплених до них сухожильних ниток в період систоли шлуночків, діастолічний – закриттям півмісяцевих клапанів. Проекція місця прослуховування тактів серця подана на рис. 3.8.

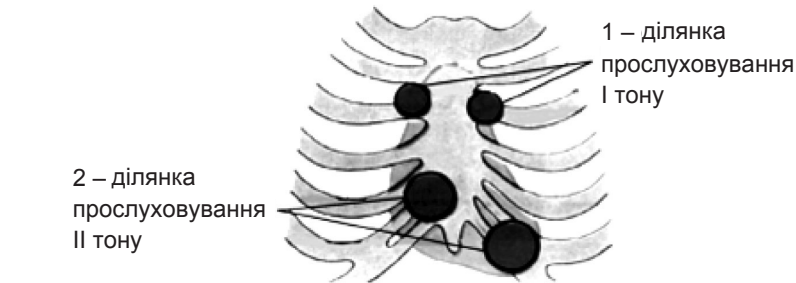


Рис. 3.8. Проекція місць прослуховування тонів серця

Крім вислуховування, звукові явища, що виникають під час роботи серця, реєструють з допомогою **фонокардіографа**. Це дає можливість досліджувати звуки серця в діапазоні частот, недоступних слуховому сприйняттю. Фонокардіографічні дослідження показують

наявність ще двох тонів серця – третього і четвертого. Третій тон обумовлений коливаннями стінок серця в період наповнення кров'ю шлуночків, четвертий – передує першому тону і пов'язаний з скороченням передсердь (рис 3.9).

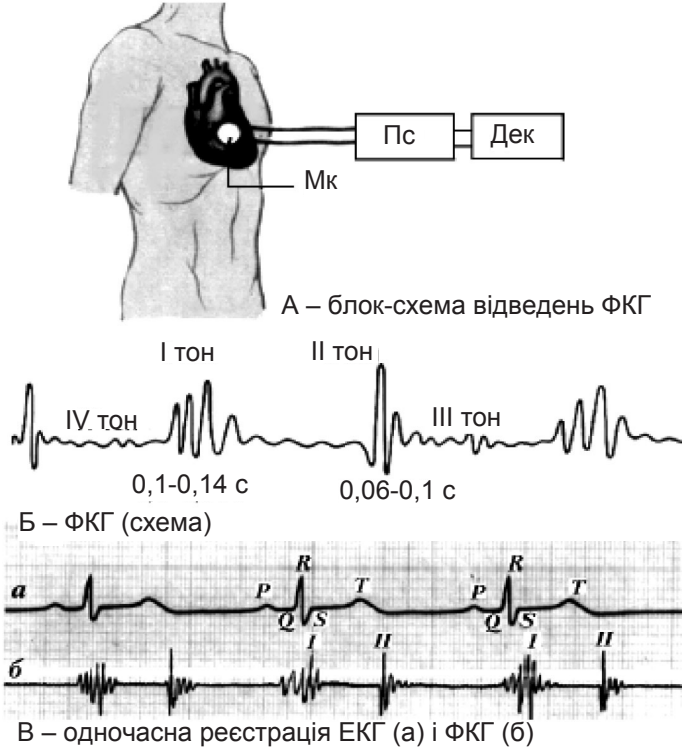


Рис. 3.9. Фонокардіографія (ФКГ): Мк – мікрофон, Дек – двохканальний електрокардіограф, Пс – підсилювач

15. Які фізіологічні механізми лежать в основі виникнення артеріального пульсу?

* * *

Артеріальний пульс – ритмічні коливання артеріальної стінки, спричинені систолічним зростанням тиску в артерії. Пульсацію легко можна пропальпувати на тих артеріях, які лежать на кістці (проме-

нева артерія, поверхнева скронева, тильна артерія стопи і ін.). Лікарі частіше досліджують пульс на променевої артерії, притискаючи її до променевої кістки, що знаходиться під нею.

Пульсова хвиля виникає в аорті в момент виштовхування крові зі шлуночків, коли тиск в аорті різко зростає, а її стінка внаслідок цього розтягується. Швидкість поширення пульсової хвилі знаходиться в прямій залежності від напруги стінки артерії і її товщини і в зворотній залежності від діаметра артерії. В артеріях м'язового типу пульсова хвиля розповаджується швидше, ніж в артеріях еластичного типу. Швидкість поширення пульсової хвилі (5-8 м/с) не залежить від швидкості руху крові (0,3-0,5 м/с). З віком, внаслідок зниження еластичності судин, швидкість поширення пульсової хвилі зростає.

16. Якими показниками характеризується пульс?

* * *

Пульс характеризується:

- частотою – кількість ударів пульсу за 1 хвилину (вона рівна ЧСС);
- швидкістю – тривалість пульсової хвилі;
- величиною – висота амплітуди коливань стінки кровоносної судини;
- напругою – сила, з якою необхідно стиснути артерію до зникнення пульсу;
- ритмом – тривалість інтервалів часу між пульсовими хвилями.

17. У досліджуваного виміряли частоту пульсу за десятисекундними інтервалами упродовж 1 хв. Результати дослідження, були такими: 11, 10, 10, 10, 12, 12. Яку характеристику можна дати такому пульсу?

* * *

Пульс вважається ритмічним, якщо відхилення його величини, визначене за 10-секундними інтервалами упродовж 1 хв. не перевищує одного удару за 10 с. В даному випадку відхилення пульсу більше двох ударів за (10-12 с), отже пульс **аритмічний**. Більш точно рівень аритмії серця можна визначити за **коефіцієнтом аритмії** (КА)

– визначення показника найбільшої величини ЧСС зареєстрованого електрокардіографом до показника мінімальної величини ЧСС. У випадку ритмічної роботи серця КА становитиме менше 1,090, якщо ж показник КА буде більшим вказаної величини, то це свідчатиме про аритмію. Чим більша величина КА, тим більше виражена аритмія. У нашому випадку КА становить 1,091 (72 : 66).

18. Які зовнішні прояви скорочень серця реєструють з допомогою флебографа і плетизмографа?

* * *

Пульс виникає також і в великих венах, що впадають в серце (*венозний пульс*). Його походження обумовлено ритмічною (циклічною) роботою пересердь, – періодичним закриттям і відкриттям передсердних клапанів. Графічна реєстрація коливань яремної вени (*флебограма*) є важливим показником діяльності правого передсердя.

Незначні коливання об'єму органу в звичайних умовах обумовлені збільшенням течії крові в ньому в період систоли і зменшенням – в період діастоли. Графічну реєстрацію коливань об'єму органу (наприклад, руки) проводяться з допомогою спеціального приладу – *плетизмографа*. Аналіз *плетизмограм* показує, що коливання об'єму органів пов'язані не лише з роботою серця, а і з дихальними рухами грудної клітки. Ці коливання значно збільшуються при емоціях, змінах тону судин і температури тіла, виконанні м'язової роботи.

19. Яке функціональне значення окремих зубців і інтервалів електрокардіограми?

* * *

Біопотенціали серця, що виникають в сино-атріальному вузлі, поширюються не лише провідною системою серця, а й поряд розташованими тканинами і досягають поверхні тіла. Звідси ці біоструми серця можна реєструвати з допомогою *електрокардіографа*, приєднавши до різних ділянок тіла людини спеціальні електроди. Реєстрація *електрокардіограми* (ЕКГ) проводиться в трьох стандартних відведеннях від кінцівок (перше відведення – права рука, ліва рука, друге – права рука, ліва нога, третє – ліва рука, ліва нога), трьох підсилених однополюсних відведень з кінцівок на вдиху і семи однополюсних грудних відведень (рис. 3.10). Звичайно, в залежності від точок відведення

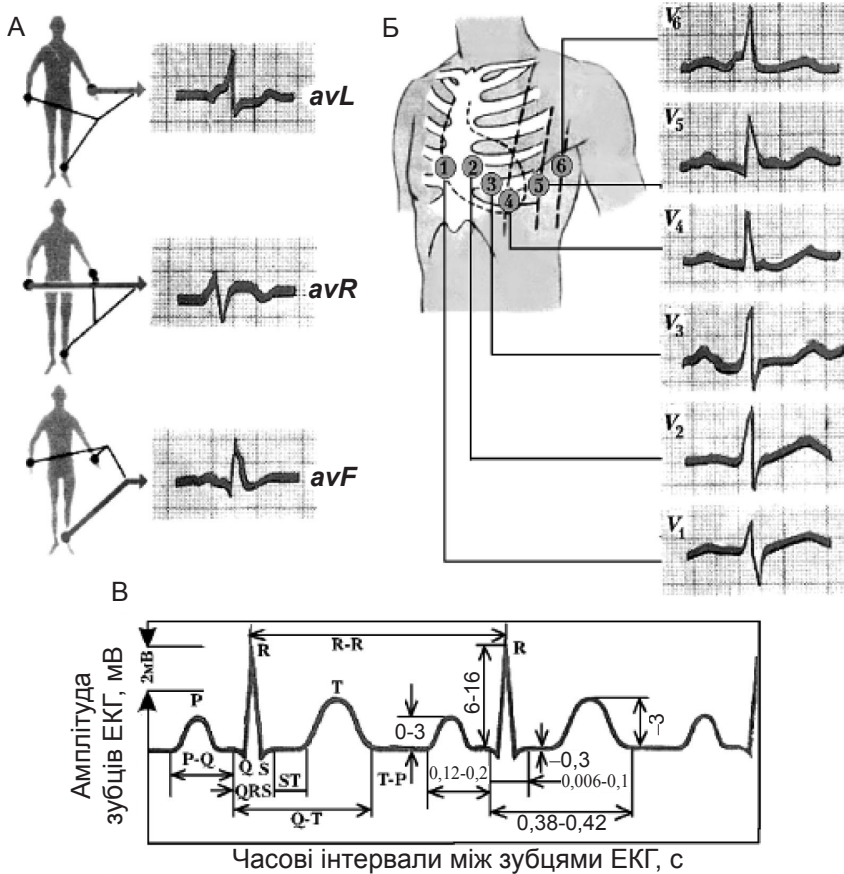


Рис. 3.10. Електрокардіографія (уніполярні відведення):

А – відведення від кінцівок; Б – грудні відведення; В – ЕКГ (схема)

біопотенціалів серця вольтаж зубців ЕКГ буде різним. Це обумовлено несиметричністю положення серця в грудній клітці і своєрідністю форми тіла людини. Для реєстрації ЕКГ на віддалі (у спортсмена в період тренувань, у космонавтів під час космічного польоту тощо) використовують **телеелектрокардіограф**.

Електрокардіографія є ефективним методом аналізу серцевого ритму, діагностики порушень роботи серця і оцінки його функціонального стану. При аналізі ЕКГ визначають висоту зубців (у мілі-

вольтах), тривалість інтервалів між ними (в долях секунди), напрямки і форму зубців. Висота зубців характеризує збудливість міокарда, тривалість зубців і інтервалів між ними – швидкість проведення імпульсів по міокарду передсердь і шлуночків (рис. 3.11).

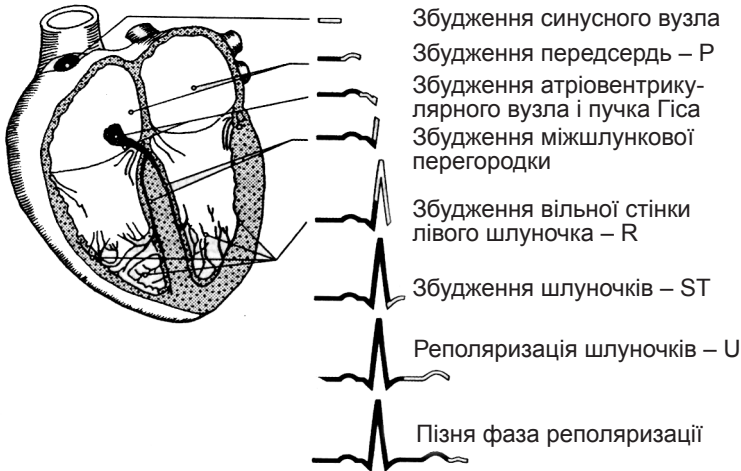


Рис. 3.11. Формування зубців ЕКГ при послідовному збудженні міокарда

У кожному серцевому циклі розрізняють п'ять зубців (P, Q, R, S, T) і чотири інтервали (P-Q, S-T, T-P, Q-T). Зубець P характеризує виникнення і поширення збудження в передсердях, зубець Q – збудження міжшлуночкової перегородки і внутрішніх шарів міокарда шлуночків. Зубець R відповідає періоду збудження обох шлуночків, зубець S – завершенню поширення збудження в шлуночках. Зубець T обумовлює початок відновних процесів в міокарді після збудження (фаза реполяризації в шлуночках). Комплекс зубців QRS відображає швидкість поширення збудження по міокарду шлуночків. Передсердношлуночковий інтервал P-Q вказує на швидкість поширення збудження від сино-атріального вузла до шлуночків (період проходження імпульса через атріо-вентрикулярний вузол); інтервал S-T відображає швидкість поширення збудження по верхівці міокарда шлуночків; інтервал T-P – загальна пауза (відсутність різниці потенціалів у серці); інтервал Q-T – весь період збудження шлуночків.

Виконання фізичних навантажень призводить до вкорочення серцевого циклу і змін ЕКГ. Зубець P при цьому збільшується, а вольтаж

зубців QRS дещо знижується, часто спостерігається зміщення інтервалів P-Q і S-T нижче ізолінії. Ці зміни ЕКГ при виконанні фізичної роботи обумовлені посиленням впливу на серце симпатичних нервів, які активізують енергетичні процеси в міокарді.

1.3. Прямі і непрямі показники роботи серця

20. Які показники характеризують зовнішню (механічну) роботу серця? Як залежить ефективність роботи серця від ЧСС?

* * *

Прямим показником роботи серця є його зовнішня або механічна робота. Зовнішня робота лівого шлуночка визначається добутком середнього тиску крові (P) в шлуночку на систолічний об'єм (Q). Чим більша швидкість руху крові (V), тим більша кінетична енергія її руху ($mV^2/2$). Виходячи з цього, формула механічної роботи серця (W) матиме вигляд:

$$W = P \cdot Q + \frac{m \cdot V^2}{2},$$

де: Q – систолічний об'єм крові (мл); P – середній тиск крові в аорті (мм рт. ст.); m – маса крові (г); V – швидкість руху крові (мм/с).

У стані спокою середній показник роботи серця людини становить 12 кгм/хв., а при виконанні інтенсивної фізичної роботи – 60-70 кгм/хв. Зростання ЧСС призводить до збільшення кількості періодів ізометричної наруги, які не включаються в показник зовнішньої роботи, хоч і пов'язані з додатковим споживанням кисню. Звідси, при даному артеріальному тиску ефективність роботи серця, при інших рівних умовах, буде тим більша, чим менша ЧСС.

21. В яких випадках артеріальний пульс не відповідає рівню ЧСС?

* * *

Пульс можна виявити лише на тих артеріях, які розташовані поверхнево і лежать над твердими тканинами – кістками, до яких їх можна притиснути. Цим вимогам відповідає променева артерія (у нижній частині передпліччя), скронева артерія, тильна артерія стопи і деякі інші. Пульс слід знаходити другим, третім і четвертим пальцями, прикладаючи їх разом на променеву артерію лівої руки і несильно

притискуючи до нижче розташованої променевої кістки. Підрахунок пульсових ударів проводять упродовж 10 с з наступним перерахунком за 1 хв. (отриману частоту пульсу за 10 с множать на 6). Поділивши 60 с (кількість секунд у хвилині) на показник частоти пульсу, визначають тривалість серцевого циклу.

При відсутності порушень структури кровоносних судин, артеріальний пульс відтворює величину показника ЧСС. При деяких захворюваннях серця і кровоносних судин (артеріальна гіпертензія) артеріальний пульс не відповідає ЧСС. У цих випадках, для визначення показника ЧСС, підраховується число серцевих поштовхів. Більш точно ЧСС визначається шляхом реєстрації ЕКГ.

22. Які чинники виявляють вплив на величину ЧСС? Поняття тахі- і брадикардії.

* * *

ЧСС змінюється під впливом дії самих різноманітних чинників: емоцій, фізичних і хімічних подразників довкілля, м'язової і розумової праці. Висока інформативність і значна простота визначення ЧСС обумовили широке використання цього показника в медичній практиці (тестування функціонального складу серця і судин), в практиці оздоровчого і спортивного тренування для тестування рівня адаптації системи кровообігу до умов м'язової діяльності.

Величина ЧСС в стані спокою залежить від віку, статі, розмірів тіла, рівня рухової активності людини. У дорослих людей ЧСС в середньому становить 65-75 ск./хв. (скорочень за хвилину). ЧСС менше 60 ск./хв. називається *брадикардією*, а більше 90 – *тахікардією*. У жінок показник ЧСС більш високий, ніж у чоловіків. Зростає ЧСС при збільшенні температури оточуючого середовища, при тривалій дії на організм сильних звукових подразників, при емоціях (страх, гнів, радість і ін.). ЧСС залежить від положення тіла: у положенні сидячи вона на 10%, а в положенні стоячи – на 20% більша ніж у положенні лежачи. Існують добові коливання ЧСС: найменша частота пульсу о 5-6 годині ранку, найбільша – в післяобідню пору. Найбільш суттєво змінюється ЧСС у зв'язку з виконанням інтенсивної фізичної роботи.

23. Звичайний пульс досліджуваного – 70 ск./хв., в умовах погіршення самопочуття – 86 ск./хв. Як зміниться температура тіла досліджуваного (хворого) за таких умов?

* * *

У стані спокою збільшення температури тіла на 1°C призводить до прискорення ЧСС на 8 ск./хв. Різниця ЧСС у людини, що захворіла (щодо величини даного показника в стані доброго самопочуття) 16 ск./хв. (86 – 70). Отже, температура тіла у досліджуваного зросла на 2°C (16 : 8), тобто становить 38,6°C.

24. Які резервні можливості збільшення систологічного і хвилинного обсягів крові у людини в умовах виконання фізичної роботи?

* * *

Обсяг крові, який знаходиться у шлуночку в кінці діастоли (*діастолічна ємність шлуночка*) включає в себе три складові. Перша з них – *сistolічний обсяг крові* (СОК) – кількість крові, яка виштовхується лівим шлуночком в аорту за одне скорочення. Середня величина СОК в стані спокою – 60-80 мл. Кров, що залишається в шлуночку після його скорочення, складає *залишковий обсяг*. Разом із резервним обсягом ці дві фракції становлять так звану *резидуальну ємність шлуночка*. Резервний обсяг крові забезпечує збільшення систолічного обсягу при виконанні фізичної роботи, залишковий – залишається в шлуночку навіть при максимальних скороченнях серця. Резидуальна ємність шлуночка становить близько 60% від його діастолічної ємності. Кров резидуальної ємності шлуночків бере безпосередню участь в механізмах термінової адаптації організму в умовах фізичних навантажень і обумовлює можливість максимального зростання хвилинного обсягу кровообігу за рахунок систолічного обсягу крові.

Хвилинний обсяг кровообігу (ХОК) – кількість крові, що виштовхується правим або лівим шлуночком в систему кровообігу за 1хв. Він визначається як добуток ЧСС і СОК. У стані спокою величина ХОК складає 3-5 л/хв., при фізичній роботі – 30-40 л/хв.

25. Розрахуйте тип кровообігу юнака в стані спокою за величиною серцевого індексу (СІ). ЧСС досліджуваного – 60 ск./хв., систолічний обсяг крові (СОК) – 70 мл, площа поверхні тіла – 1,7 м².

* * *

Показники систолічного і хвилинного обсягів крові досить індивідуальні і в умовах спокою залежать від багатьох чинників, зокрема антропометричних характеристик тіла людини. Для врахування впливу цього чинника на основні показники гемодинаміки розраховують так званий **серцевий індекс** – відношення ХОК до площі поверхні тіла.

Виділяють три типи кровообігу: гіпо-, еу- і гіперкінетичний (Н.Н.Савицький). При еукінетичному типі кровообігу серцевий індекс становить 2,75 – 3,5 л/хв. на 1 м² площі поверхні тіла, при гіперкінетичному – більше 3,5, а при гіпокінетичному – нижче 2,75. Особи з гіперкінетичним типом кровообігу володіють більш високою активністю симпато-адреналової системи, значною економністю роботи серця і більш високою працездатністю.

$$CI = \frac{ХОК}{ППТ} = \frac{ЧСС \cdot СОК}{ППТ} = \frac{60 \text{ ск./хв.} \cdot 70 \text{ мл}}{1,7 \text{ м}^2} = \frac{4,2 \text{ л/хв.}}{1,7 \text{ м}^2} = 2,47.$$

CI – 2,47 л/хв. на 1 м² площі поверхні тіла, отже у досліджуваного юнака гіпокінетичний тип кровообігу.

◇ 26. Споживання кисню досліджуваним в стані спокою – 300 мл/хв., ЧСС – 70 ск./хв. Проходячи через легеневі капіляри кожні 100 мл венозної крові збагачуються киснем на 5 мл. Розрахуйте величину систолічного об'єму крові.

* * *

Проходячи через легені кожні 100 мл венозної крові збагачуються киснем на 5 мл. Отже, артеріально-венозна різниця (АВР) кисню – 5 мл на 100 мл крові, або 50 мл/л. Хвилинний обсяг кровообігу (ХОК) – відношення величини споживання кисню (СПО₂) до показника АВР: ХОК = СПО₂ : АВР = 300 мл/хв. : 50 мл/л = 6 л/хв. або 6000 мл/хв. Систолічний обсяг крові (СОК) – відношення ХОК до ЧСС. СОК = ХОК : ЧСС = 6000 мл/хв. : 70 ск./хв. = 87 мл.

◇ 27. Визначіть величину хвилинного обсягу крові (ХОК) юнака, якщо відомо, що споживання кисню (СПО₂) в стані спокою – 300 мл/хв., вміст кисню в артеріальній крові – 20 об%, у венозній – 12 об%.

* * *

Артеріально-венозна різниця за киснем (AVO_2) становить 8 об% (20 об% – 12 об%), або 8 мл кисню на 100 мл крові, або 80 мл кисню на 1 л крові. Отже

$$\text{ХОК} = \frac{\text{СПО}_2}{\text{АВО}_2} = \frac{30 \text{ мл/хв.}}{80 \text{ мл/хв.}} = 3,7 \text{ л/хв.}$$

28. При наявності яких ознак щодо серцевої діяльності потерпілому необхідно негайно провести закритий масаж серця? Особливості проведення такого масажу.

* * *

При відсутності ознак серцевої діяльності потерпілому (при рятуванні утопленика, при задушенні, враженні електричним струмом, тепловим або сонячним ударом) роблять закритий масаж серця. Його варто проводити одночасно з штучним диханням. При цьому той, хто надає долікарську допомогу стає зліва від потерпілого, долоні його рук розміщуються на нижній третині грудини. Натискання роблять поштовхами (частково переносячи на руки вагу тіла), зміщуючи грудину на 3-4 см. При масажі серця дітей і підлітків зміщення грудини не повинно перевищувати 2-3 см, при цьому для масажу достатньо зусилля однієї руки. Частота натискань на грудину – 50-60 за 1 хв. (чотири натискання на один вдих при штучному диханні).

29. Якою має бути перша домедична допомога при болю в ділянці серця (при стенокардії й інфаркті міокарда)?

* * *

Біль в ділянці серця (*кардіалгія*) є симптомом великої кількості захворювань інколи і таких, які не мають безпосереднього відношення до серцевої патології. Причиною болю в ділянці серця можуть бути стенокардія, інфаркт міокарда, міокардит, ревматизм, ендокардит, вади серця, гіпертонічна хвороба, невроз та ін. Особливо небезпечним є біль при стенокардії і інфаркті міокарда. Найбільш часта причина стенокардії – атеросклероз коронарної артерії. Приступи стенокардії можуть виникати також внаслідок порушення нервової регуляції тону коронарних артерій.

В основі приступу стенокардії є гіпоксія (ішемія) міокарда, що розвивається в умовах недостатності коронарного кровообігу (кисневе голодування міокарда). Клінічні симптоми: загрудний біль, блід-

ність, прискорення ЧСС (тахікардія). Хворі відчувають стиснення в ділянці серця, пекучість, інколи гострий біль, який віддає у ліву руку між лопатки, у ліву половину шиї і голови. Біль посилюється при виконанні фізичних навантажень (хотьбі, бігові тощо), при хвилюванні, після прийняття їжі і навіть вночі під час сну. Біль спочатку легкий, потім поступово посилюється, супроводжуючись онімінням або слабкістю в лівій руці. Хворий відчуває нестачу повітря, прагне спокою. Тривалість приступів болю – від декількох секунд до 20-30 хв. Біль швидко припиняється після прийняття нітрогліцерину.

Перша домедична допомога при стенокардії: забезпечення повного фізичного і психічного спокою; нормалізація температури тіла; грілки до ніг; гарячі ванночки до ніг і лівої руки. Хворому необхідно негайно дати нітрогліцерин (1 пігулку під язик). Через деякий час, при необхідності, прийом нітрогліцерину повторити. При відсутності нітрогліцерину, хворому дають пігулку валідолу під язик, валокардін (до 30 крапель).

30. Які особливості надання першої домедичної допомоги при інфаркті міокарда, міокардиті, кардіоневрозах?

* * *

Інфаркт міокарда – захворювання, спричинене виникненням вогнища ішемічного неврозу у серцевому м'язі. Основною причиною розвитку захворювання є атеросклероз коронарних артерій, сприятливими чинниками – перевтома, нерве потрясіння, фізичні і розумові перенавантаження тощо.

Первинним симптомом інфаркту міокарда є біль, який виникає раптово за грудиною або зліва від грудини. Біль (стискаючий, роздираючий, іноді пекучий) переважно іррадіює в ліве плече, руку, лопатку. Тривалість больового приступу – від 20-30 хв. до кількох годин або діб. У деяких хворих, особливо у людей похилого віку, больовий синдром слабовиражений, а ведучим клінічним проявом хвороби є приступ ядухи, серцевої астми – астматичний варіант інфаркту міокарда; хворий старається прийняти підвищене положення, його шкіра набуває синюшного відтінку і покривається краплями поту, частота дихання зростає до 30-40 за 1 хв.

Рідше трапляється гастролгічний або абдомінальний, варіант інфаркту міокарда. Він проявляється болем у надчеревній ділянці, блю-

ванням, здуттям живота. Іноді у хворих виявляються лише симптоми загального нездужання, немотивованої слабкості. В подібних випадках правильний діагноз можна поставити лише за допомогою ЕКГ. Перша домедична допомога при інфаркті міокарда – повний фізичний спокій і відсутність емоцій. Хворому забороняється рухатись. З місця, де виник больовий напад, до ліжка в лікарні хворого транспортують на одних і тих же ношах і без переодягання. Великих зусиль потребує боротьба з больовим синдромом. Нітрогліцерин і валідол при цьому мало ефективні. У випадку підозри на інфаркт до хворого треба негайно викликати “швидку допомогу” і доставити в лікувальний заклад.

Міокардит – запальне ураження серцевого м’яза. Найбільш часто міокардити зустрічаються при ревматизмі, рідше – при дифтерії, скарлатині, вірусних інфекціях. Міокардити можуть виникати при сенсibiliзації організму щодо лікарських препаратів (наприклад, антибіотиків) – алергічні міокардити. Хворі скаржаться на ядуху, кволість, серцебиття, перебої, тупий ниючий або приступоподібний біль в ділянці серця. Лікування міокардитів потребує суворого постільного режиму.

Причиною болю в ділянці серця може бути і **кардіоневроз**, зокрема невроз періоду статевого дозрівання. Він характеризується вегетативною нестійкістю підлітків (пубертатне серце), пітливістю, легко виникаючою гіперемією обличчя, шиї, тахікардією, екстрасистолією, болями в ділянці серця. Короткочасні поколювання, ниючі болі в ділянці верхівки серця, відчуття “завмирання”, перебої в роботі серця – усе це суб’єктивний набір ознак неврозу періоду статевого дозрівання. З віком цей невроз серця проходить, хоч окремі його ознаки зберігаються до 20-30 років.

У лікуванні невротичних порушень серцевої діяльності досить ефективними є транквілізатори і заспокійливі засоби (препарати валеріани, собачої кропиви) і, звичайно, дотримання правил розмірного здорового способу життя без значних емоційних і фізичних напружень.

31. Якою має бути перша домедична допомога при гіпертонічній хворобі серцево-судинної системи?

* * *

Гіпертонічна хвороба серцево-судинної системи – захворювання, провідним симптомом якого є підвищення артеріального тиску. Головною причиною виникнення хвороби є перенапруження ЦНС, викликане тривалими або сильними хвилюваннями, розумовим перевантаженням, емоційним потрясінням.

Характерні ознаки гіпертонічної хвороби: загальна кволість, зниження працездатності, головний біль, тахікардія, інколи біль в ділянці серця, головокрутіння, шум у вухах, безсоння, задишка при піднятті на гору та під час бігу. Інформативною об'єктивною ознакою хвороби є підвищення систолічного (вище 140 мм рт. ст.) і діастолічного (більше 90 мм рт. ст.) артеріального тиску. Для гіпертонічної хвороби характерні періодичні короточасні підвищення артеріального тиску – гіпертонічні кризи (ГК). ГК – проявляється раптовим підвищенням артеріального тиску, який супроводжується різким головним болем, запамороченням, серцебиттям, колючими болями в ділянці серця, інколи порушенням зору, нудотою, блюванням, носовими кровотечами. Під час ГК можуть виникати важкі ускладнення, зокрема інсульт, гостра серцева недостатність (серцева астма), стенокардія.

Перша домедична допомога при ГК полягає у забезпеченні повного фізичного і емоційного спокою. Рекомендується прикласти гірчичники на ліктьові м'язи, холод до голови. При серцебитті – валокордин до 30 крапель на прийом. При болях в ділянці серця – валідол, або нітрогліцерин під язик. Можна також зробити горячі або гірчичні ванни для ніг.

Тема 2. РУХ КРОВІ В КРОВОНОСНИХ І ЛІМФАТИЧНИХ СУДИНАХ. МЕХАНІЗМИ РЕГУЛЯЦІЇ СИСТЕМИ КРОВО- І ЛІМФООБІГУ

2.1. Морфологічна характеристика кровоносних судин. Основні принципи гемодинаміки

◇ **1. Морфологічні особливості кровоносних судин великого і малого кіл кровообігу.**

* * *

У центрі системи кровообігу знаходиться серце. Від нього беруть початок і в ньому закінчуються велике і мале кола кровообігу.

Мале коло кровообігу (легеневий кровообіг) починається легеневною артерією, яка відходить від правого шлуночка. По цій артерії кров доставляється в систему легеневих капілярів, збагачується киснем і по чотирьох венах впадає в ліве передсердя.

Велике коло кровообігу (системний кровообіг) бере початок від лівого шлуночка. Звідси кров надходить в аорту, далі в систему артерій і капілярів органів і тканин всього тіла. До правого передсердя, де закінчується велике коло кровообігу, насичена вуглекислим газом кров надходить по двох порожнистих венах (рис. 3.12).

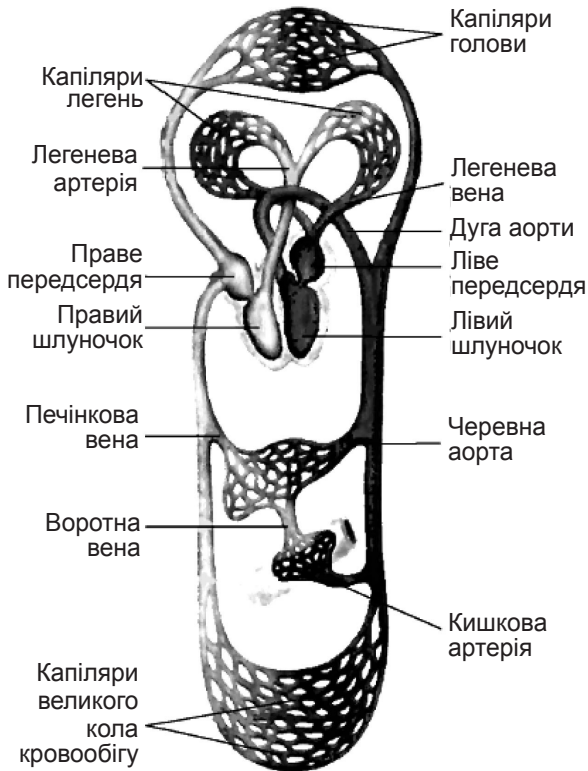


Рис. 3.12. Схема кровообігу

Кровоносні судини поділяються на артерії, артеріоли, капіляри і вени. По артеріях кров рухається від серця до тканин. З течією крові артерії деревоподібно галузяться на все більш дрібні судини – артері-

оли, які, в свою чергу, галузяться на більш дрібні капіляри діаметром 4-10 мікрон, довжиною 0,3-1 мм.

На ділянці переходу артеріол в капіляри знаходяться *передкапілярні сфінктери*. Їх тонус визначає число відкритих капілярів. Від капілярів беруть початок дрібні вени (венули). Поступово зливаючись і збільшуючись, вони закінчуються верхньою і нижньою порожнистими венами. Таким чином, по артеріям кров надходить до тканин, а по венах відходить від них.

Артерії мають три оболонки: зовнішню з сполучної тканини, середню з м'язової тканини і внутрішню з одношарового плоского ендотелію. Артерії діляться на артерії еластичного типу (аорта, легенева артерія), в середній оболонці яких переважають еластичні волокна сполучної тканини, та артерії м'язового типу (всі інші артерії). Будова вен подібна до будови артерій, проте їх середня оболонка значно тонша. Крім того у венах є клапани, які забезпечують однобічний рух крові до серця. Вени ширші від артерій. В системному кровообігу збагачена киснем кров тече по артеріях, а в легеневому – по венах.

2. Які кровоносні судини і чому І. Сеченов називав “кранами кровоносної системи”?

* * *

Кількість крові, що проходить через орган, регулюється артеріолами. Маючи добре розвинену м'язову оболонку, артеріоли даного органу, в залежності від потреб клітин у живленні, можуть звужуватись

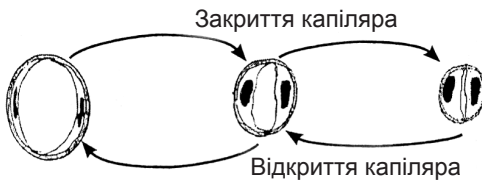


Рис. 3.13. Схема переходу функціонуючого капіляра в закритий

і розширюватись, змінюючи тим самим рівень кровопостачання (рис. 3.13).

У капілярах, завдяки високій проникливості їх стінок, відбувається обмін речовин між кров'ю і тканинами. Цьому в значній мірі сприяє той факт, що стінки

капілярів представлені одним шаром ендотеліальних клітин, скріплених між собою мукополісахаридною речовиною – “цементом”, в якому є багато щілин; їх число і розмір визначають проникність капілярів для окремих речовин.

Загальна характеристика різних типів кровоносних судин людини подана в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Характеристика різних типів кровоносних судин

Судина	Діаметр просвіту	Середня лінійна швидкість кровотоку, см/с	Середній тиск, мм рт. ст.	Товщина стінки	Всі судини кожного типу	
					Наближена загальна площа поперечного перерізу, см ²	Вміст крові, %
Аорта	2,5 см	20	100	2 мм	4,5	2
Артерії	0,4 см	10-15	95	1 мм	20	8
Артеріоли	30 мкм	0,2-0,3	70-35	20 мкм	400	1
Капіляри	5 мкм	0,03	35-15	1 мкм	4500	5
Венули	20 мкм	0,5-1,0	15-10	2 мкм	4000	54
Дрібні і середні вени	0,5 см	1-5	<15	0,5 мм	40	
Порожністі вени	3 см	10-15	<5	1,5 мм	18	

3. Від чого залежить кількість капілярів в окремих тканинах?

* * *

Кількість капілярів у різних тканинах різна, вона зумовлена їхньою максимальною метаболічною активністю. Так, у фізично натренованої людини загальною масою тіла 70 кг і м'язовою масою 35-40 кг, площа поверхні капілярних стінок в усіх м'язах складає 60 м². На кожний см³ швидкого м'яза, в якому переважають так звані «швидкі» м'язові волокна, приходиться в середньому 350 капілярів, в м'язах з повільними волокнами – 1000. Проте в стані спокою функціонує всього близько 30-50% капілярів.

◇ **4. З урахуванням коріолісового прискорення й асиметричності розташування артеріальної і венозної систем людини, дайте фізіологічне обґрунтування доцільності бігу спортсмена по колу в певному напрямку.**

* * *

У минулому столітті французький вчений Коріоліс вперше виявив вплив додаткової сили інерції, що діє при русі тіла у системі відліку, яка обертається: відцентрова сила проявляється відхиленням тіла, що рухається в бік, протилежний напрямку його відносного руху на даний момент. Коріолісовим прискоренням (вчення про відцентрову силу) вчені пояснюють асиметричний розвиток півкуль головного мозку, асиметричне розташування артеріальної та венозної системи тощо.

Серце у людини, як і у тварин, розташоване зліва, дуга аорти має напрямком спереду-справа назад і вліво, грудинний та черевний відділи аорти розташовані зліва від сагітальної площини тіла, великі порожнисті вени (верхня та нижня) і основна гілка воротної вени знаходяться справа від сагітальної площини. Таке розташування кровоносних судин, ймовірно, зумовлене асиметрією розвитку і формування судинної системи, що у свою чергу спричинене обертанням Землі та коріолісовим прискоренням.

До висновку щодо доцільності того чи іншого напрямку руху (тобто від симетричного, рівнонаправленого до асиметричного), люди, ймовірно, прийшли через багатівіковий досвід. З врахуванням коріолісового прискорення, тобто в напрямку протилежному руху годинникової стрілки, проводять легкоатлетичні забіги, змагання на ковзанах, гонки на автомобілях, мотоциклах, конях тощо. Під час забігу проти годинникової стрілки, особливо по малому колу, створюється певний нахил тіла справа на ліво. При цьому кут нахилу відкритий до центру кола. Чим швидше біг, тим більша кривизна нахилу тулуба і менший радіус кола. Біг спортсмена при такому нахилі тіла більш фізіологічний, він полегшує вихід артеріальної крові з серця в аорту та рух крові по венозним судинам серця, сприяє відтоку крові з порожнистих вен. Біг по колу в напрямку годинникової стрілки менш фізіологічний, оскільки утруднює вихід крові з серця в аорту та затримує надходження її із порожнистих вен у серце.

5. Які чинники забезпечують рух крові по кровоносних судинах?

* * *

Рух крові по кровоносних судинах здійснюється за законами руху рідини в системі сполучених трубок (закони гідродинаміки). Відповідно до цих законів основними чинниками, що забезпечують рух

крові по судинах, є різниця тисків крові в артеріальному і венозному відділах кожного кола кровообігу ($P_1 - P_2$) і опір руху крові (R). Величина опору в свою чергу залежить від в'язкості та тертя частинок крові між собою і між стінками судин. Відношення різниці тисків до опору визначає об'єм крові, який протікає по судинах за одиницю часу – **об'ємна швидкість руху крові** (Q):

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

Розрізняють загальну об'ємну швидкість течії крові (кількість крові, яка протікає за 1 хв. через всю кровоносну систему) і місцеву об'ємну швидкість течії крові (кількість крові, що протікає за 1 хв. через будь-який орган). Загальна об'ємна швидкість течії крові відповідає хвилинному об'єму крові (ХОК); її одиниця виміру – л/хв. Більше половини крові направляється до органів з високою метаболічною активністю (головний мозок, скелетні м'язи) або специфічною функцією (печінка, нирки). Перерозподіл течії крові досягається зміною діаметра артеріол.

6. Яка лінійна швидкість руху крові в окремих кровоносних судинах?

* * *

Безперервний рух крові по судинах, перш за все, відбувається завдяки пружним властивостям артеріальних стінок. В період діастоли серця рух крові по судинах забезпечується потенціальною енергією серцевого м'яза, нагромадженою в стінках розтягнутих великих кровоносних судин у період систоли. Під час систоли шлуночка кров розтягує початкові еластичні судини. При цьому кінетична енергія серця, що скорочується, ділиться на дві частини (рис. 3.14). Частина енергії (кінетична) використовується зразу ж на прискорення руху крові, інша частина переходить в енергію розтягнення стінки судини. Ця потенційна енергія деформації аорти переходить в кінетичну енергію руху крові в період діастоли серця. Таким чином підтримується необхідний для постійного кровотоку градієнт тиску між аортою і розташованими нижче артеріями.

Знаючи об'ємну швидкість течії крові, легко розрахувати **лінійну швидкість руху** крові (V , мм/с):

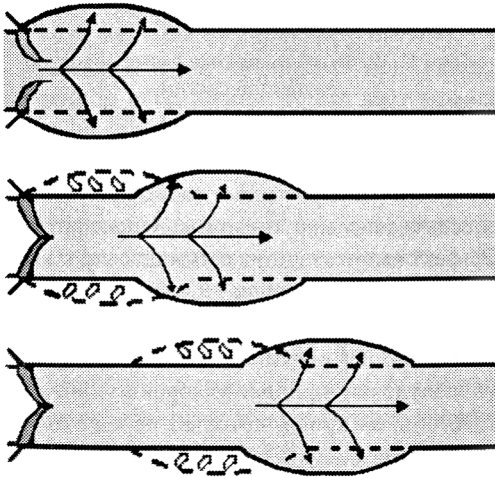


Рис. 3.14. Динаміка зміни “об’єм-тиск” у початковому відділі аорти

$$V = \frac{Q}{\pi \cdot r^2}$$

Лінійна швидкість руху крові в центральній частині судини більша, ніж біля її стінок, що пояснюється додатковим тертям частинок крові об стінки кровоносних судин. Середня величина лінійної швидкості течії крові в аорті становить 200-300 мм/с, в артеріях – 150-200 мм/с, в артеріолах – 10-20 мм/с, в капілярах і венулах – 0,5 мм/с. У середніх і порожнистих венах швид-

кість течії крові зростає до 50-100 мм/с.

Загальна площа поперечного діаметра судинної системи від аорти до капілярів збільшується, а від капілярів до великих вен, навпаки, зменшується. Діаметр порожнистих вен у 1,5 рази більший за діаметр аорти. Лінійна швидкість течії крові більша в судинах, загальний діаметр яких менший, і навпаки. Показник радіусів капілярів у 60-80 разів більший радіуса аорти (рис. 3.15). У цьому розумінні аорта – саме вузьке місце кровоносної системи.

7. Величини кругообігу крові в стані спокою і при м’язовій роботі.

При ЧСС 70-80 ск./хв. частинка крові проходить через велике і мале коло кругообігу за 27 серцевих скорочень – 20-23 с (час кругообігу крові). При м’язовій роботі величина цього показника нерідко знижується до 8 с. Циклічний характер роботи серця обумовлює постійну зміну швидкості течії крові: вона найбільша в аорті і легеневій артерії в період систоли шлуночків і найменша – в період діастоли. В капілярах і венах швидкість руху крові більш стабільна (рис. 3.15).

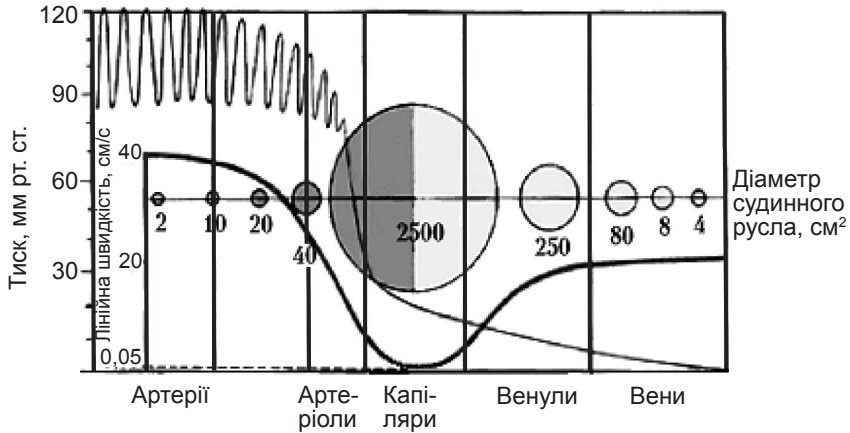


Рис. 3.15. Показники гемодинаміки в різних відділах судинного русла

◇ 8. Чинники ризику серцево-судинних захворювань.

* * *

Однією з головних причин атеросклерозу судин є надмірний вміст жирів і холестерину в їжі. Проте, чітко визначених проявів цієї хвороби не виявляється до тих пір, поки діаметр судин не звужиться до критичної величини (стенокардія, інфаркт міокарда, а тоді раптова смерть). Чоловіки зрілого віку з вмістом холестерину більше 290 мг% в 10 разів більше ризикують захворіти атеросклерозом, ніж чоловіки такого ж віку з рівнем холестерину менше 200 мг%.

У гіпертоніків в три рази більше ризик вмерти від інфаркту, ніж у людини з нормальним тиском крові. Чинниками ризику щодо захворювань кровоносних судин є надмірність жирової маси тіла (опасистість) і куріння. Ймовірність смертельних наслідків від захворювання серця у повних осіб 60-річного віку в 5 разів вища, ніж у чоловіків з нормальною масою тіла. Ймовірність смерті осіб зрілого віку, які зловживають курінням, від захворювань серця в 10 разів більша, ніж тих, що не палять.

До інших чинників ризику, щодо серцево-судинних захворювань, належать такі як діабет, підвищений вміст тригліцеринів в крові, гіподинамія, стреси, спадковість, вік і стать (чоловіки частіше хворіють серцево-судинними недугами, ніж жінки).

9. Які фізіологічні механізми розвитку інсульту? Чи можна прогнозувати можливість виникнення цього захворювання?

* * *

Серед громадян України, які страждають захворюваннями системи кровообігу, близько 35% осіб вмирають від інсультів (гостре порушення мозкового кровообігу). Найбільш частою причиною цього захворювання є атеросклероз артерій, які несуть клітинам мозку поживні речовини і кисень. Атеросклеротичні зміни можуть розвиватись в артеріях самого мозку. Пошкоджена (склерозована) внутрішня поверхня судин є сприятливим середовищем для формування тромбів і утворення атеросклеротичних бляшок. Інколи кусочки бляшок або тромбу, утворені в інших місцях організму, відриваються, і надходячи з током крові в дрібні артерії мозку, спричиняють їх закупорку. Решта інсультів (20%) спричинена крововиливами – витікання крові з пошкоджених артерій під дією високого кров'яного тиску. Інколи наслідком крововиливів є порушення цілісності (тріскання) аневризм – ділянок надмірно розширених артерій. Чим менша ділянка мозку вражена крововиливом, тим менше виражені симптоми інсульту.

Більшість інсультів пов'язані з високим кров'яним тиском. Сприяють виникненню інсульту усі ті чинники, які спричиняють атеросклеротичні зміни в стінках кровоносних судин головного мозку і які сприяють зростанню кров'яного тиску (куріння, вживання алкоголю, гіподинамія, надмірне споживання жиру і солі тощо).

2.2. Тиск крові в кровоносних судинах. Оростатичні реакції

10. Які чинники обумовлюють тиск крові в судинах і величину опору течії крові?

* * *

Тиск крові у судинах (P) залежить від об'єму крові, яка надходить до них (Q) і від опору стінок судин рухові крові (R): $P = Q \cdot R$.

Тиск крові в усій системі кровообігу позитивний. Це обумовлено тим, що в кровоносному руслі знаходиться крові більше, ніж її можуть вмістити нерозтягнуті судини. Величина тиску стінок кровоносних судин на кров зумовлена еластичністю і тонусом м'язових волокон завжди дещо розтягнутих стінок судин.

На величину опору течії крові виявляють вплив такі чинники:

- довжина кровonosних судин – чим судини довші, тим більша їх площа поверхні, а отже, більше тертя між кров'ю і стінками судин;
- діаметр кровonosних судин – зменшення діаметра судин в два рази збільшує опір течії крові в 16 разів;
- в'язкість крові – чим вона більша, тим більше її тертя об стінки судин і відповідно більший опір.

В'язкість крові визначається концентрацією в ній формених елементів, білків і залежить від температури тіла, – чим вона вища тим в'язкість крові нижча.

11. Як змінюється величина тиску крові на стінки кровonosних судин упродовж серцевого циклу?

* * *

Тиск крові на стінки кровonosних судин найбільший в період систоли – максимальний або **систоличний тиск** і найменший в період діастоли – мінімальний або **діастолічний тиск**. Показник різниці між систолічним і діастолічним тиском (амплітуда коливань тиску), називається **пульсовим тиском** (ПТ). Чим даліше від серця, тим ПТ менший. В артеріолах і капілярах коливання тиску в період систоли і діастоли виражені слабо.

Пульсовий тиск залежить від систолічного об'єму крові (чим менша величина систолічного об'єму крові, тим менше підвищується ПТ в артеріях) і еластичності артеріальних судин – чим більша еластичність артерій, тим більше крові вона може вмістити без суттєвого підвищення артеріального тиску.

◇ 12. Нормативні величини артеріального тиску у дорослих осіб.

* * *

У стані спокою у здорових дорослих осіб систолічний тиск в плечовій артерії становить 100-140 мм рт. ст., діастолічний – 60-80 мм рт. ст. Такий тиск називають **нормотонічним**; систолічний тиск 140 мм рт. ст. і більше, називають **гіпертонічним**, нижчий 100 мм рт. ст. – **гіпотонічним**. **Середній тиск** (середня величина систолічного і діастолічного тисків упродовж одного серцевого циклу) в нормі становить 80-90 мм рт. ст. Показник середнього тиску дорівнює сумі діастолічного і 1/3 пульсового тисків.

В міру віддалення від лівого шлуночка тиск крові в судинах знижується: у великих і середніх артеріях – на 10%, в артеріолах і капілярах – на 85%. Середня величина систолічного тиску у крові в аорті – 110-130 мм рт. ст., у великих артеріях (діаметром 0,1-0,2 мм) – 100-120 мм рт. ст., в малих артеріях – 70-90, в капілярах – 10-30, у венах – 10-15 мм рт. ст., у порожнистих венах – близько нуля.

Згідно з рекомендаціями ВООЗ виділяється *погранична артеріальна гіпертензія* (при АТ у дорослих в межах 140/90 – 159/94 мм рт. ст.) і *гіпертонічна хвороба* (при АТ, який перевищує 159/94 мм рт. ст.). При пограничній формі гіпертензії АТ може коливатись від нормальних величин до рівня межі пограничної зони – 159/94 мм рт. ст. При цьому нормалізація АТ відбувається самостійно без втручання лікарів.

◇ 13. Методика вимірювання артеріального тиску крові.

* * *

Для вимірювання артеріального тиску (АТ) користуються ртутним сфігмоманометром. Крім ртутних сфігмоманометрів, сьогодні широко використовують прилади, в яких ртутний манометр замінений мембранним або пружинним манометром. Окрім манометра в комплект приладу для вимірювання АТ входить гумова груша, манжетка, гвинтовий кран для випускання повітря і з'єднувальні гумові трубки. Поширеними є також електронні манометри. З їхньою допомогою визначають не лише АТ, а і ЧСС.

Для вимірювання АТ крові на звільнене від одягу плече лівої руки досліджуваного накладають манжетку (звертають увагу, щоб її нижній край був на 2см вище ліктьової ямки). В період вимірювання АТ піддослідний не повинен бачити шкали манометра. Закривають краник груші і створюють тиск в манжетці вище максимального. Після чого випускають повітря з манжетки і з допомогою фонендоскопа слухають появу тонів серця в плечовій артерії (в ділянці ліктьової ямки). Момент появи першого тону відповідає максимальному (систолічному) тиску, момент їх зникнення – діастолічному тиску.

Виникнення звукових явищ в артерії обумовлена ритмічною зміною швидкості руху крові в різні фази серцевого циклу, а також наявністю колової компресії, створеної манжеткою. Проходження крові через стиснену артерію в період систоли серця обумовлює систолічний тиск, а період зникнення тонів, спричинене зниженням в ман-

жетці тиску до його величини в судинах, відповідає діастолічному тиску.

Прослуховування тонів артерії можливе внаслідок “проскакування” порцій крові через стиснену манжеткою артерію, стінки якої в цей час вібрують. При подальшому зниженні тиску в манжетці підходить такий момент, коли діастолічний тиск в артерії вищий, ніж тиск в манжетці. Вільне проходження крові через артерію не викликає вібрації її стінки, що призводить до зникнення звукових явищ.

14. Які чинники впливають на величину артеріального тиску крові?

* * *

Основними показниками роботи серця є сила і частота серцевих скорочень. Зростання сили скорочень серця переважно спричиняє зростання систолічного тиску, а, отже, і пульсового тиску. При збільшенні ЧСС діастолічний тиск зростає, а пульсовий тиск зменшується.

Показник кров'яного тиску неоднаковий у людей різного віку і статі. Він залежить також від умов, в яких знаходиться досліджуваний на час вимірювання АТ. У людей похилого віку, у зв'язку із зниженням еластичності стінок артеріальних судин, АТ більш високий, ніж у молодих осіб (у новонароджених систолічний тиск 40 мм рт. ст., у дітей місячного віку – 80, а у 10-15 річному віці – 105-110 мм рт. ст.). У жінок АТ дещо нижчий, ніж у чоловіків. Суттєво зростає АТ при виконанні фізичних навантажень і емоційному збудженні (страх, біль, радість, гнів тощо), які завжди супроводжуються підвищенням тону су симпатичної нервової системи та мобілізацією енергоресурсів. Під дією іонізуючого опромінення, капіляри розширюються і кров'яний тиск знижується. Існують певні коливання кров'яного тиску упродовж доби: найменші його величини характерні для періоду з 2 до 4 год ночі, найбільші – з 16 до 18 год.

Величина АТ змінюється із зміною положення тіла. В умовах гравітації кров створює гідростатичний тиск величиною, що визначається висотою стовпа рідини. При вертикальному положенні тіла гідростатичний тиск крові в венах і артеріях стопи значно більший, ніж при горизонтальному положенні. При тривалому стоянні, посилюючи фільтрацію плазми крові з капілярів кінцівок в міжклітинні простори, гідростатичний тиск сприяє виникненню набряків.

15. Які показники артеріального тиску характерні для спортсменів в стані спокою і в умовах виконання дозованих фізичних навантажень?

* * *

Частота гіпотонії у спортсменів більш висока (27%), ніж у неспортсменів (14%). Серед спортсменів осіб з гіпотонією значно менше, ніж серед спортсменок.

Існує певна залежність між рівнем АТ крові і фізичною працездатністю спортсменів, визначеною за показником ФП170. Високим показникам тесту ФП170 відповідали більш високі величини пульсового тиску. Отже, величина пульсового тиску може служити непрямим показником фізичної підготовленості спортсменів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Артеріальний тиск і фізична працездатність спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації

№ п/п	Групи досліджуваних	АТ, мм рт. ст.			ФП ₁₇₀ кгм/хв.
		Рmax	Рmax	Пт	
1.	Пмнастина, важка атлетика				
1.1.	Масові розряди (n = 24)	114 ± 1,8	68 ± 1,8	46	1055 ± 14,2
1.2.	Спортсмени високої кваліфікації (n = 11)	115 ± 2,6	64 ± 1,4 P < 0.05	57	1020 ± 40,5 P > 0,05
2.	Спортивні ігри				
2.1.	Масові розряди (n = 20)	114 ± 1,8	67 ± 1,7	47	1026 ± 26,8
2.2.	Спортсмени високої кваліфікації (n = 14)	115 ± 3,1	64 ± 3,1 P > 0.05	51	1316 ± 32,6 P < 0,01
3.	Одноборство				
3.1.	Масові розряди (n = 15)	114 ± 3,0	66 ± 2.0	48	1313 ± 16,4
3.2.	Спортсмени високої кваліфікації (n = 30)	116 ± 2,7	64 ± 1.4	52	1416 ± 11,5
4.	Гребля, велоспорт, лижний спорт, легка атлетика				
4.1.	Масові розряди (n = 16)	114 ± 3,4	64 ± 3,3	50	1426 ± 30,4
4.2.	Спортсмени високої кваліфікації (n = 25)	117 ± 1,8 P < 0,05	63 ± 2,7	54	1540 ± 17,4 P < 0,01

Зміни артеріального тиску, викликані виконанням дозованих навантажень, у спортсменів менш виразні, ніж у нена тренованих осіб. З ростом спортивної майстерності підвищення артеріального тиску, викликане виконанням стандартного навантаження, стає не суттєвим, що свідчить про більш раціональний перерозподіл кровообігу, – про економічність функціонування серцево-судинної системи.

Таким чином, за направленістю змін АТ в стані спокою і після виконання дозованих навантажень можна судити про рівень резервів серцево-судинної системи та фізичну підготовленість спортсменів.

16. У юнака в стані спокою артеріальний тиск – 120/80 мм рт. ст. Після холодого тесту величина артеріального тиску зростає до 140/70 мм рт. ст. Тривалість повернення артеріального тиску до норми – 5 хв. Якій рівень судинної реактивності організму у даного досліджуваного?

* * *

Для здорових осіб зниження випадкового артеріального тиску до рівня залишкового під дією холодого тесту відбувається упродовж 6-9 хв., зниження величин систолічного і діастолічного тисків – не більше 10 мм рт. ст. Отже, судинна реактивність (холодова стійкість) обстежуваного юнака відповідає верхній межі норми (різниця тисків 10 мм рт. ст., тривалість відновного періоду – 5 хв.)

15. Які чинники сприяють виникненню і прогресуванню артеріальної гіпертензії? Валеологічні заходи попередження гіпертонічного захворювання.

* * *

Чимало підлітків та дорослих осіб страждають таким серцево-судинним захворюванням як *артеріальна гіпертензія* (АГ). АГ – стан серцево-судинної системи, коли систолічний кров'яний тиск постійно утримується на рівні вище 140 мм рт. ст., а діастолічний – на рівні вище 90 мм рт. ст. У гіпертоніків в три рази більше ризик інфаркту міокарда, в п'ять разів більше ризик розвитку серцевої недостатності і у вісім разів більш висока ймовірність інсульту, ніж у осіб з нормальним кров'яним тиском.

Розвитку АГ сприяють такі чинники як надмірна маса тіла, атеросклеротичні зміни стінок артерій (вимушене зростання тиску, вна-

слідок звуження діаметру судин), вживання алкоголю, надмірне споживання солі, прийняття естрогенних препаратів. Гормон естроген знаходиться в протизачаткових пігулках, а також використовується жінками для полегшення перебігу клімактеричного періоду. Разом з тим, затримуючи в організмі хлорид натрію, естрогенні препарати сприяють нагромадженню надмірної кількості рідини, а це, в свою чергу, сприяє зростанню кров'яного тиску. Загальна схема розвитку гіпертонічної хвороби показана на рис. 3.16.

Малоефективними щодо гіпертонії є фармацевтичні препарати, вони лише на певний час знижують високий кров'яний тиск, часто спричиняють побічні ефекти (швидке послаблення втоми, депресії, зниження сексуального потягу тощо). Високоєфективними засобами нормалізації кров'яного тиску є зменшення споживання солі і жирів, дотримання дієти з більш високим вмістом клітковини, оптимізація маси тіла, повна відмова від алкогольних напоїв і куріння, оптимальна рухова активність.

18. Як впливає чинник земного тяжіння на кровообіг?

* * *

Залежність руху крові по кровоносних судинах залежить від дії сил земного тяжіння, особливо виражено проявляється при знаходженні людини в вертикальному положенні. В цій позі кров проявляє тенденцію збиратися в нижній частині тіла. При недостатності компенсаторних антигравітаційних механізмів серцево-судинної системи, а особливо при раптовому зупиненні динамічної роботи (зупинка людини після інтенсивного бігу) можуть виникати порушення мозкового кровообігу з втратою свідомості – *гравітаційний шок*.

Дія гравітації на кровообіг значно зростає при переміні положення тіла: з горизонтального у вертикальне – ортостатичні реакції, і з вертикального у горизонтальне – клино-ортостатичні реакції. При ортостатичних реакціях, внаслідок депонування значної кількості крові в нижній частині тіла, погіршується надходження венозної крові до серця, на 20-30% зменшується систолічний об'єм крові, компенсаторно зростає ЧСС.

Прояв ортостатичних реакцій в значній мірі визначається тонутом кровоносних судин – зниження тонузу великих вен при вставанні, зменшуючи надходження венозної крові до серця, прозводить до

погіршення кровопостачання мозку. Непритомний стан, викликаний низьким тонусом великих вен, може виникати не лише при вставанні, а й при тривалому стоянні (*ортостатичний колапс*).

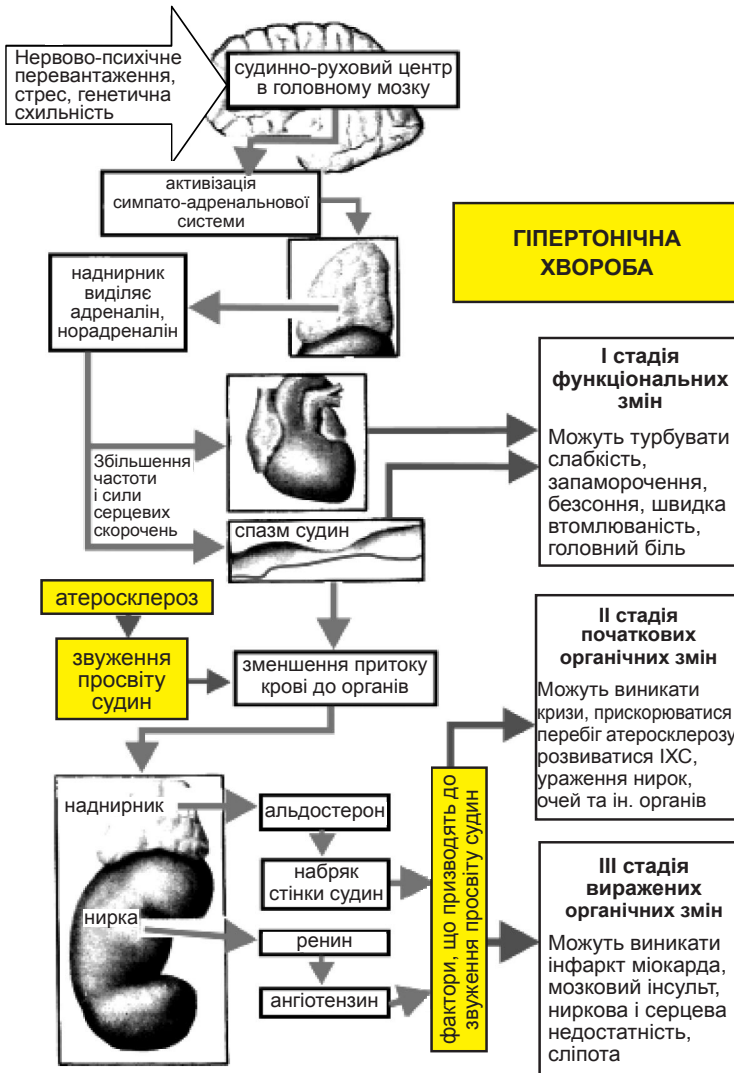


Рис. 3.16. Схема механізму розвитку гіпертонічної хвороби

19. Як можна оцінити функціональний стан системи кровообігу і механізми її регуляції за даними ортостатичних і кліно-ортостатичних тестів?

* * *

Тестування функціонального стану системи кровообігу з допомогою ортостатичних тестів здійснюється дослідженням змін ЧСС і АТ на зміну положення тіла в просторі. Дані ортостатичних тестів використовуються для оцінки функціональної підготовки осіб, робота яких пов'язані з частою зміною положення тіла в просторі. Чим вищий рівень фізичної підготовленості людини, тим кращий результат ортостатичного тесту. Ортостатичні тести мають важливе значення для диференційної діагностики систолічних шумів серця.

Найбільш характерною реакцією на *ортостатичну пробу Шеллонга* (ЧСС лежачи – ЧСС стоячи) є збільшення ЧСС. У фізично підготовлених осіб це збільшення на 5-15 ск./хв. менше, ніж у непідготовлених.

У здорових осіб при вставанні ЧСС збільшується на 5-15 ск./хв., систолічний тиск не змінюється або знижується на 2-5 мм рт. ст., діастолічний тиск зростає на 10-15 мм рт. ст. Більш значні зміни ЧСС і артеріального тиску розцінюються як ознака ортостатичної нестійкості. З ростом фізичної підготовленості людини показники ортостатичної проби поліпшуються.

Зміна ЧСС після вставання в значній мірі визначається тонусом симпатичної нервової системи. Якщо збільшення ЧСС після вставання не більше 27% від його величини в стані спокою, то збудливість симпатичної нервової системи вважається нормальною. Збільшення ЧСС після вставання більш ніж 27% свідчить про підвищену збудливість симпатичної нервової системи досліджуваного. Такий стан часто спостерігається у працівників упродовж перших годин після виконання напруженої фізичної роботи.

При переході організму людини з вертикального положення в горизонтальне відбувається підвищення тонуусу парасимпатичної нервової системи і уповільнення ЧСС (не більше 6 за 1 хв.) – *кліно-ортостатичний тест*.

Зміни серцевої діяльності при зміні положення тіла зумовлені проявом механізму Франка-Старлінга – збільшення венозного притоку до серця і його наповнення кров'ю в горизонтальному положен-

ня супроводжується зростанням ЧСС. Зменшення наповнення серця кров'ю в вертикальному положенні є основною причиною послаблення скоротливої функції серця, а отже зниження ЧСС.

2.3. Кровообіг і обмін речовин в капілярах. Рух крові у венах і лімфатичних судинах

◇ 20. Роль механізмів дифузії, фільтрації і абсорбції в забезпеченні трансапілярного обміну.

* * *

Капіляри – центральна ділянка в системі кровообігу. В капілярах проходять процеси надходження поживних речовин і кисню до клітин організму і виведення від них продуктів обміну (**мікроциркуляція**, або трансапілярний обмін). Цьому сприяє незначна лінійна швидкість течії крові (0,3-0,5 мм/с) і малий тиск крові (10-30 мм рт. ст.) в капілярах. При довжині капіляра 0,3-0,7 мм кожна частинка крові проходить через нього за 1-2 с. Цього часу вистачає для повного завершення трансапілярного обміну, а отже підтримання життєдіяльності клітин організму. Мікроциркуляції речовин підпорядкована уся організація серцево-судинної системи (рис. 3.17).

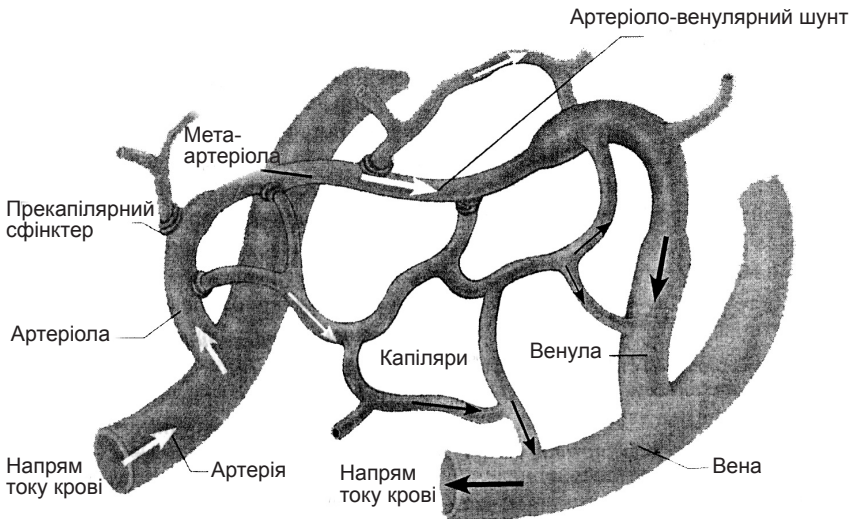


Рис. 3.17. Схема будови мікроциркуляторного русла

Транскапілярний обмін речовин через капілярну стінку (рис. 3.18) забезпечується з допомогою механізмів дифузії, фільтрації і абсорбції (реабсорбції). **Дифузія** обумовлює направлений рух молекул з більш концентрованого розчину в менш концентрований. Вона триває до часу повного відновлення рівноваги концентрації даних молекул в обох розчинах. Швидкість дифузії через міжклітинні щілини і мембрани ендотеліальних клітин визначається кількістю відкритих капілярів і градієнтом (різницею) концентрації дифундуючої речовини. Двосторонній дифузії належить найбільша роль в обміні Na^+ , Cl^- , глюкози, O_2 , CO_2 між кров'ю і міжклітинною рідиною.

Фільтрація – процес переходу капілярної рідини в міжклітинну, **абсорбція** – зворотній рух рідини з міжклітинних просторів у капіляр. Таким чином, фільтрація і абсорбція – це два протилежно на-

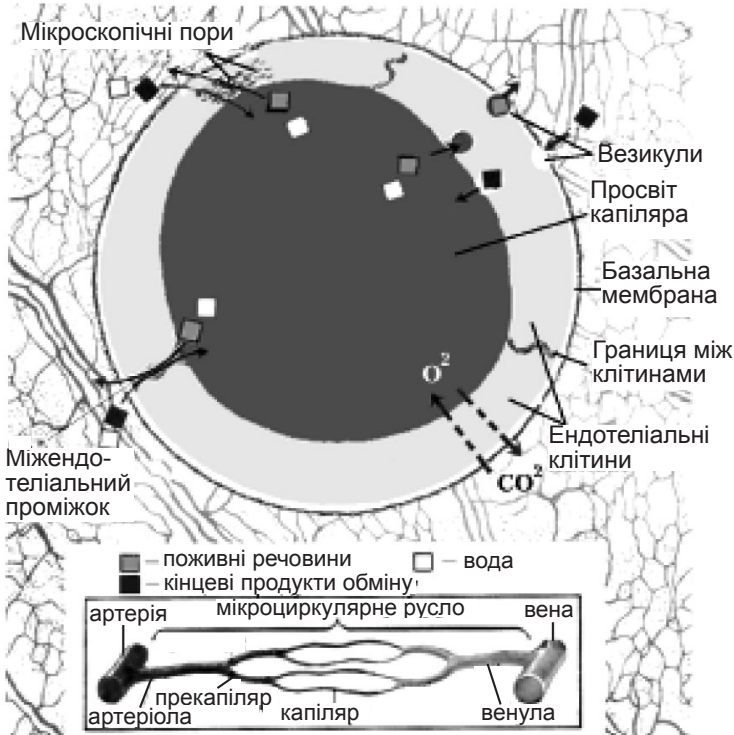


Рис. 3.18. Обмін речовин у межах мікроциркуляторного русла

правлених процеси руху рідини через капілярну стінку. Завдяки цим процесам підтримується постійність об'ємів плазми, міжклітинної і внутріклітинної рідин. Величина і напрямок фільтрації рідини між капілярами і клітинами забезпечується різницею між гідростатичним тиском крові (ГСТк) і гідростатичним тиском тканинної рідини (ГСТт); перебіг процесів абсорбції перш за все визначається різницею між колоїдно-осмотичним (онкотичним) тиском плазми крові (КОТк) і КОТ тканинної рідини (КОТт).

На перебіг процесів фільтрації впливає онкотичний тиск тканинної рідини (4,5-6,0 мм рт. ст.), який сумується з величиною гідростатичного тиску крові.

21. Як впливає гідростатичний тиск на зміну трансмурального тиску по ходу судинного русла?

* * *

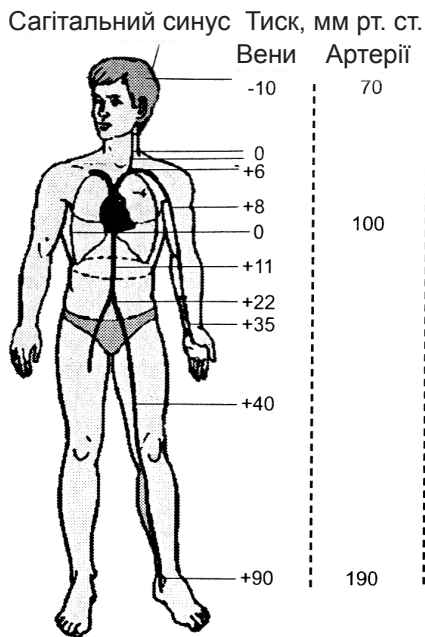


Рис. 3.19. Вплив гідростатичного тиску на зміну трансмурального тиску по ходу судинного русла

По ходу судинного русла в людини, яка знаходиться в стані спокою, виникає ефект зміни тиску на стінках судини (трансмуральний тиск). Це обумовлено впливом стовпа крові в судинах, які розташовуються вздовж тулуба (рис. 3.19).

В артеріях над серцем під впливом сил гравітації стовпа крові тиск поступово знижується. Нижче рівня серця артеріальний тиск навпаки, зростає (до 190 мм рт. ст. на рівні стопи).

Певні особливості характерні для венозного тиску. У людини, що стоїть, тиск крові перед правим передсердям близький до 0 мм рт. ст. В середині черепа в синусах твердої мозкової оболонки тиск від'ємний. Це зумовлено тим, що структури стінки

синусів перешкоджають їх спаданню, яке могло б відбуватися під впливом сил гравітації.

Нижче рівня серця під дією ваги крові венозний тиск пропорційно зростає і в ділянці стоп досягає 90 мм рт. ст. Враховуючи еластичність стінок вен, при такому рівні тиску створюються передумови до депонування крові. За таких умов, при тривалому вертикальному положенні і недостатності функцій судинних клапанів, це може спричинити варикозні розширення вен.

22. Відомо, що в умовах спокою середній гідростатичний тиск крові людини в капілярах – 18 мм рт. ст., гідростатичний тиск тканинної рідини нижчий від атмосферного – мінус 6 мм рт. ст. Яка сила обумовлює фільтрацію рідини з капілярів в міжтканинній просторі?

* * *

Фільтрація (перехід) капілярної рідини в міжклітину відбувається внаслідок різниці гідростатичного тиску по обидва боки капіляра (24 мм рт. ст.): гідростатичний тиск крові (18 мм рт. ст.) мінус гідростатичний тиск тканинної рідини (– 6 мм рт. ст.). На 100 г тканини через капілярну стінку за 1 хв. фільтрується, на кожний 1 мм рт. ст. різниці тисків, близько 0,04 мл рідини (*коефіцієнт капілярної фільтрації* – ККФ). Величина ККФ залежить від площі дифузійної поверхні (числа активних капілярів). Оскільки в стані спокою більше 50% капілярів не функціонують (“закриті”), то добова величина фільтрації становить не 40 л, як на це вказують розрахунки, а лише 20 л.

23. Колоїдно-осмотичний (онкотичний) тиск плазми крові людини з вмістом 7% білка – 30 мм рт. ст., тканинної рідини з вмістом 2% білка – 6 мм рт. ст. Яка сила забезпечує абсорбцію рідини з тканинних просторів у кров`яне русло?

* * *

Абсорбція (перехід) рідини з міжклітинних просторів у кров капілярів здійснюється завдяки різниці колоїдно-осмотичного тиску крові (КОТк – 30 мм рт. ст) і колоїдно-осмотичного тиску тканинної рідини (КОТт – 6 мм рт. ст.). Ця різниця між КОТк і КОТт становить 24 мм рт. ст. (30 мм рт. ст.– 6 мм рт. ст.).

24. Яке співвідношення процесів фільтрації і абсорбції рідини між кров'ю судин і тканинною рідиною в організмі людини, що виконує інтенсивну фізичну роботу?

* * *

У стані спокою величина фільтрації на артеріальному кінці капіляра рівна величині на її венозному кінці. Близько 3 л рідини, що фільтрується упродовж доби через стінки капілярів, переходить із тканинних просторів в лімфатичні судини. Стільки ж лімфи за цей же період часу повертається в кровообіг. Постійна рівновага між фільтрацією і абсорбцією рідини (*“старлінгова рівновага”*) – важлива передумова підтримання постійності об'єму циркулюючої крові. На початку фізичної роботи процеси фільтрації починають переважати процеси абсорбції. Цьому сприяє:

- зростання капілярного гідростатичного тиску, внаслідок підвищення системного артеріального тиску;
- зниження тонусу прекапілярних резистивних судин у працюючих м'язах;
- створення позитивного осмотичного тиску тканинної рідини.

Як наслідок, збільшується об'єм міжклітинної рідини і зменшується об'єм циркулюючої крові. Згодом встановлюється нова динамічна рівновага процесів фільтрації і абсорбції. Тривале виконання роботи в спекотних умовах може призвести до компенсаторного зменшення об'єму циркулюючої крові (дегідратація), зростання ЧСС і зниження систолічного об'єму крові.

25. Які особливості депонування крові характерні для венозних судин? Тиск крові у венах.

* * *

В умовах спокою близько половини всього об'єму циркулюючої крові знаходиться у венозних (ємнісних) судинах – в системних венах і венах легеневого кола кровообігу. Кров депонується у великих венах черевної порожнини, у венозних синусах печінки, венозних судинах селезінки, шкіри і легень. При потребі (інтенсивна м'язова чи розумова діяльність, емоції) депонована кров виходить у кров'яне русло. Це досягається скороченням скелетних поперечно-смугастих м'язів, а також гладеньких м'язів стінок венозних судин.

Тиск крові у венах, розташованих за межами грудної порожнини – 5-10 мм рт. ст., у венах, що знаходяться поблизу грудної порожнини – близький до атмосферного, з коливаннями, які залежать від фаз дихання: при вдиху стає нижчим атмосферного, при видиху зростає до 2-5 мм рт. ст. Лінійна швидкість руху крові у венах менша, ніж в артеріях.

26. Тиск крові у венах, що знаходяться поблизу грудної клітки, при вдиху стає нижчим атмосферного. Які фактори обумовлюють рух крові по венах за даних умов?

* * *

Рухові крові у венах за даних умов сприяють такі чинники: 1) позитивний тиск крові (10-15 мм рт. ст.) в дрібних венозних судинах; 2) присмоктувальна дія серця при діастолі передсердь; 3) присмоктувальна дія грудної клітки, особливо при вдиху; 4) наявність клапанів у великих і середніх венах, які забезпечують рух крові лише в напрямку до серця; 5) дія скелетних м'язів як внутрішньом'язових периферійних сердець (М.І. Арінчин).

Скорочуючись і розслаблюючись, м'язи спричиняють почергове стискання і розправлення вен, посилюючи тим самим рух крові в напрямку до серця (руху крові в протилежному від серця напрямку перешкоджають венозні клапани). Позитивний вплив скелетних м'язів на рух крові по венам найбільш виразний за умови роботи м'язів в оптимальному режимі, особливо при ходьбі та бігові.

27. Вкажіть на можливі наслідки порушень функціонального стану венозних клапанів. Якими хворобами венозних судин і чому все частіше почали хворіти молоді люди?

* * *

Дефекти у венозних клапанах можуть викликати затримку крові у венах (постійні набряки ніг), а згодом привести і до утворення венозних вузлів (*варикозне розширення вен*). Порушення функції венозних клапанів виникає при частих і тривалих запаленнях вен (*тромбофлебітах*).

Варикозними розширеннями вен і тромбофлебітами все частіше почали хворіти молоді люди. Основні причини цього – відсутність навантажень на ноги (сидячий спосіб життя) або навпаки, надмірні навантаження на ноги (тривала робота стоячи).

28. Який фізіологічний механізм виникнення венозного пульсу?

* * *

Затихаючи в капілярах, артеріальний пульс зникає в дрібних і середніх венах. Пульсові коливання відновлюються лише у великих венах, розташованих поблизу серця. Венозний пульс виникає внаслідок затримки руху крові до серця в період систоли передсердь і шлуночків. При скороченні серця тиск крові на стінки венозних судин зростає, що і спричиняє коливання їх стінок. Крива графічного запису венозного пульсу за допомогою спеціального приладу – *флебографа*, називається *флебограмою*.

29. Які функції в організмі людини виконують ліфатичні судини? Особливості будови ліфатичної системи.

* * *

Лімфатичні судини виконують дренажну функцію: через них відбувається відтік тканинної (інтерстиціальної) рідини в кров'яне русло. Цим попереджується розвиток набряків. Таким чином, лімфатична система попереджує нагромадження рідини в інтерстиціальних просторах при підвищенні капілярної фільтрації. Окрім цього з допомогою лімфатичної системи забезпечується виведення з інтерстиціальних просторів білків (близько 100 г за добу) і інших речовин, які не реабсорбуються в кров кровоносних капілярів. Для великих білкових молекул шлях у венозний капіляр закритий не випадково. Адже ці білки можуть виявитись, шкідливими для організму мікробами або токсинами. В лімфовузлах з допомогою лімфоцитів, що тут утворюються, реалізується їх специфічна (розпізнавання “свого” і знешкодження “чужого”) і неспецифічна (фагоцитоз) захисні функції.

Для синтезу клітинних мембран лімфоцитів використовується значна кількість жирів, які тут знаходяться. Звідси небезпідставні міркування вчених щодо ролі лімфовузлів у регуляції жирового обміну і попередженні атеросклерозу судин. Взагалі лімфовузли розглядаються як біологічні фільтри, що виконують бар'єрну (захисну) функцію.

Лімфатична система розпочинається сіткою замкнених капілярів в усіх тканинах, за винятком поверхневих шарів шкіри, ЦНС і сполучної (кісткової) тканини. Стінки лімфатичних капілярів складаються з одношарового ендотелію, здатного вибірково пропускати через себе розчини електролітів, вуглеводи, жири і білки. Лімфатичні капіляри збираються у більш великі лімфатичні судини, які по грудному

і шийному великих протоках впадають в підключичні вени. Через ці вени міжклітинна рідина, що утворилась із крові, разом з продуктами клітинного обміну повертається в кровноносне русло (рис. 3.20).

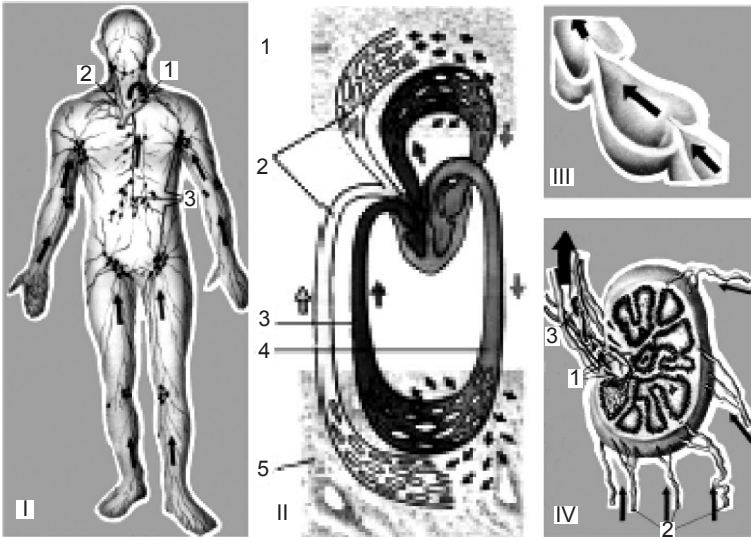


Рис. 3.20. Лімфообіг:

I – загальна схема лімфообігу (1 – грудний і 2 – шийний лімфопотоки, 3 – лімфовузли); II – схема лімфатичних судин (1 – легені; 2 – лімфатична система; 3 – венозна система; 4 – артеріальна система; 5 – тканини); III – клапани лімфатичних судин; IV – лімфовузол (1 – кровноносні судини і нерви; 2 – приносні лімфатичні судини; 3 – виносна лімфатична судина)

По ходу лімфатичних судин знаходиться близько 500 лімфатичних вузлів, розміром від 1-3 мм до 1-3 см. При запальних процесах розміри лімфовузлів збільшуються.

30. Що входить до складу лімфи?

* * *

Лімфа утворюється із тканинної рідини. Це напівпрозора з жовтуватим відтінком рідина, близька за складом до плазми крові і інтерстиціальної рідини. Проте в лімфі менше білків, ніж у плазмі.

Лімфа може згортатись. Це обумовлено наявністю в ній фібриногену і протромбіну. В 1 мм³ лімфи від 2 до 20 тисяч в формених еле-

ментів (лімфоцити, моноцити, еозинофіли – 50-60%), глюкози – 0,1%, мінеральних солей – 0,8-0,9%, рН лімфи 8,0 – 9,0 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Основні складові компоненти лімфи

Щільність, г/см ³	1,017-1,026
В'язкість, ум. од.	1,7-2,0
рН	8,0-9,0
Вода, %	94,0-95,0
Загальний білок (альбуміни, глобуліни, фібриноген), %	3,0-50,0
Жир, %	0,4-0,9
Катіони. г/л: Na ⁺	1,0-2,0
K ⁺	0,8-2,0
Ca ⁺	0,01-0,1

Склад лімфи не постійний, він весь час змінюється в залежності від напруженості обміну речовин. Лімфа, що відходить від кишечника після прийняття жирної їжі, містить в собі близько 3-4% емульгованих жирів; лімфа, що відходить від залоз внутрішньої секреції, багата гормонами; в лімфі, що відходить від печінки багато білків.

31. Які фізіологічні механізми забезпечують лімфоутворення і рух лімфи? Регуляція просвіту лімфовузлів.

* * *

У нормі за добу утворюється близько двох літрів лімфи. Це відповідає тим 10% рідини, яка не реабсорбується в кров після фільтрації в капілярах. Лімфоутворення здійснюється завдяки різниці гідростатичних і осмотичних тисків крові і тканинної рідини. Більш високий осмотичний тиск крові зумовлений більшим вмістом в ній білків, які не проходять через стінку капілярів. Саме онкотичний тиск білків сприяє утриманню води в капілярах. Оскільки тканинна рідина і лімфа м'язів та шкіри містить в собі незначну кількість білків, то і лімфоутворення тут, внаслідок невеликої різниці колоїдно-осмотичного тиску крові, також незначне. В печінці різниця колоїдно-осмотичних тисків крові і лімфи більш суттєва, а тому і лімфоутворення більш інтенсивне.

Лімфоутворенню сприяють такі чинники: посилене надходження до тканин і органів артеріальної крові, венозний застій, збільшення загальної маси крові, продукти розпаду білків, курячий білок, екстракт з м'яса, настій з лісової суниці, розчини солей, цукру і сечовини. Сприяючи переходу води з тканин в кров усі ці речовини підвищують кров'яний тиск.

Руху лімфи по лімфатичних судинах сприяють ритмічні скорочення гладеньких м'язів стінок лімфатичних судин (10-20 ск./хв.), негативний тиск у грудній порожнині, наявність клапанів у лімфатичних судинах, збільшення обсягу грудної клітки при вдиху, а також скорочення скелетних м'язів, які забезпечують стискання лімфатичних судин.

Просвіт лімфовузлів регулюється симпатичною нервовою системою, збудження якої викликає скорочення великих лімфовузлів. Рефлекторно змінюється рух лімфи при больових подразненнях, при зростанні тиску в каротидному синусі і при подразненні хеморецепторів внутрішніх органів. Посилюють лімфообіг фізична праця і масаж.

2.4. Нейрогуморальні механізми регуляції функціонального стану серця і кровоносних судин

32. Які фізіологічні механізми забезпечують ауторегуляцію роботи серця?

* * *

Робота серця в кожний конкретний момент діяльності організму знаходиться в прямій залежності від умов зовнішнього і внутрішнього середовища, які постійно змінюються. Адекватні щодо умов існування зміни в роботі серця досягаються завдяки наявності складних регуляторних механізмів, а також хронотропними і інотропними властивостями міокарда. ***Хронотропні властивості міокарда*** визначають частоту скорочень серця, ***інотропні*** – його силу, а отже, величину систолічного об'єму крові. Розрізняють позитивний інотропний ефекти, пов'язані із зростанням сили і ЧСС, і негативні – ті, що обумовлюють зменшення активності серця. Інотропні властивості міокарда серця регулюються нервовою і гуморальною системами, а також внутрішньо-серцевими механізмами саморегуляції (***ауторегуляція***),

Механізми ауторегуляції забезпечують зміни сили скорочень міокардіальних волокон, Розрізняють гетеро- і гомеометричну ауторегуляцію серцевої діяльності. **Гетерометрична ауторегуляція** сили серцевих скорочень здійснюється шляхом зміни об'ємів порожнин серця, а, отже зміною довжини міокардіальних волокон: чим більше розтягнуті м'язові волокна серця тим з більшою силою вони скорочуються.

Автоматична зміна сили скорочень міокарда при незмінному об'ємі серця забезпечується **гомеометричною ауторегуляцією**, шляхом зміни зростання ЧСС і аортального тиску – “феномен” східців Боудича і ефект Анрепа. **Феномен Боудича** полягає в поступовому збільшенні сили скорочення ізольованого міокарда із збільшенням частоти його електричного подразнення, а **ефект Анрепа** – в зростанні сили скорочень при штучному зростанні тиску крові в аорті. Таким чином, обидва механізми гомеометричної саморегуляції сприяють зростанню скоротливої функції міокарда під час виконання фізичної роботи.

33. Які механізми забезпечують посилення роботи серця при зростаючому надходженні до нього венозної крові?16

* * *

При зростаючому надходженні до серця венозної крові сила його скорочень автоматично зростає. Посилення роботи серця за даних умов забезпечується гетерометричною ауторегуляцією сили серцевих скорочень (**механізм Франка-Старлінга**): чим більше розтягнуті м'язові волокна серця, що надходить з вен, тим більша сила серцевого скорочення (“**закон серця**”). Фізіологічна суть цього закону пояснюється зростаючим, при розтягненні міокардіальних волокон, перекриттям актинових і міозинових протофібрил, що, ймовірно, найоптимальше при найбільшому кінцево-діастолічному об'ємі шлуночків (довжина спокою).

34. Особливості нервової регуляції роботи серця. Нервові центри симпатичної і парасимпатичної іннервації серця.

* * *

Нервова регуляція роботи серця здійснюється імпульсами, які надходять до нього по парасимпатичних (блукаючий нерв) і симпа-

тичних нервах (рис. 3.21). Еферентні шляхи рефлекторних дуг, до складу яких входять ці нерви, мають двонейронну структуру. Перший нейрон блукаючого нерва бере початок в довгастому мозку і закінчується в інтрамуральних гангаліях серця, відростки другого нейрона йдуть до м'язових волокон передсердь, сино-атріального і атріо-вентиккулярного вузлів. Шлуночки серця іннервуються блукаючим нервом.

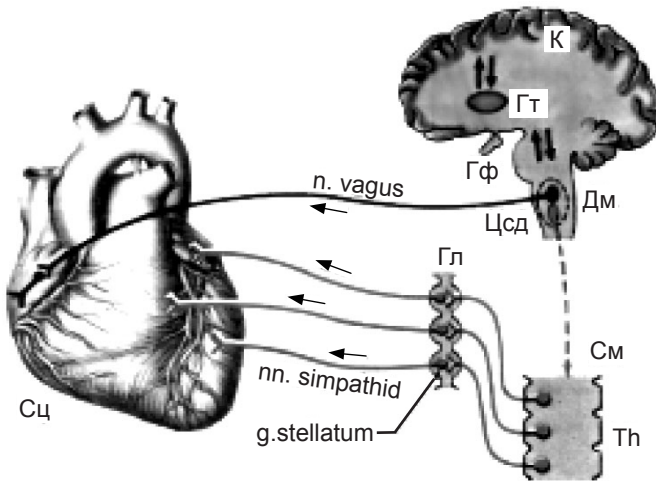


Рис. 3.21. Симпатична і парасимпатична іннервація серця:
Сц – серце; Гф – гіпофіз; Дм – довгастий мозок; См – спинний мозок;
Гт – гіпоталамус; К – кора великих півкуль

Центри симпатичної іннервації серця знаходяться в бокових рогах п'яти верхніх сегментів грудного відділу спинного мозку. Перші нейрони симпатичної нервової системи закінчуються в шийних і верхніх грудних симпатичних вузлах, від них йдуть другі нейрони, що закінчуються густою сіткою відростків в області сино-атріального вузла і в міокарді шлуночків.

Стимуляція симпатичних нервових волокон підвищує силу і частоту серцевих скорочень, посилює збудливість серця і покращує провідність. Під впливом імпульсів, що надходять до серця по симпатичних нервах, скоротливість міокарда шлуночків може зростати незалежно від ступеня їх наповнення кров'ю. Подразнення парасим-

патичного серцевого нерва викликає ефект, протилежний подразненню симпатичного нерва: знижується частота і сила скорочень серця, погіршується його збудливість і провідність (негативний хроно- і інотропний ефекти).

Нервові центри серцевої діяльності знаходяться в стані постійного збудження – тонусу. Перерізання усіх нервів, що йдуть до серця, посилює його роботу. Отже, тонус центрів блукаючого нерва більш високий, ніж симпатичного. Проте між обома нервовими центрами серця існують відношення не антагонізму, а взаємодії. Підвищенням активності центрів симпатичних нервів і зниженням тонусу центрів парасимпатичних нервів, забезпечується посиленням роботи серця; зниженням тонусу центрів симпатичних нервів і зростанням активності гальмівних парасимпатичних нервів забезпечується послаблення активності серця.

35. Які фізіологічні механізми лежать в основі рефлекторної регуляції роботи серця?

* * *

У регуляції роботи серця важлива роль належить безумовним рефлексам. Нервові центри цих рефлексів знаходяться в нейронах довгастого і спинного мозку, гіпоталамуса, мозочка і кори великих півкуль. Звідси нервові імпульси надходять до нижчих центрів вегетативної нервової системи.

Рефлекторні реакції серця в значній мірі залежать від імпульсів, які виникають при подразненні баро- і хеморецепторів судинних рефлексогенних зон (ділянка дуги аорти, розгалуження сонних артерій, гирла порожнистих вен) відповідними подразниками. Так, підвищення кров'яного тиску в аорті або сонних артеріях, активізуючи центри парасимпатичної іннервації серця, гальмують його роботу. При збільшенні в крові концентрації молочної кислоти та вуглекислого газу, зменшенні кисню, збуджуються хеморецептори рефлексогенних зон, зростає тонус симпатичного центра серцевої діяльності, робота серця посилюється і склад крові нормалізується.

36. Чому при нанесенні сильного удару в зону сонячного сплетіння людина втрачає свідомість?

* * *

Рефлекторні зміни в роботі серця виникають і при подразненні рецепторів, розташованих в м'язах, судинах легень, внутрішніх органах, шкірі. Так, імпульси від внутрішніх органів (при нанесенні удару в ділянку сонячного сплетіння) гальмують роботу серця – рефлекс Гольца. Рефлекторна дія цього рефлексу замикається через ядра блукаючого нерва, а тому може спричинити тимчасову втрату свідомості (рис. 3.22).

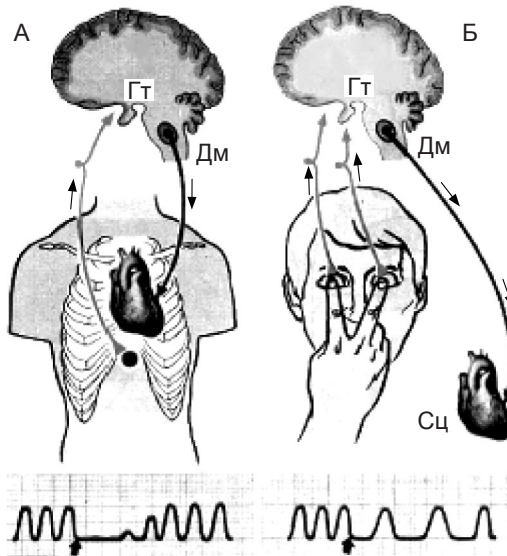


Рис. 3.22. Рефлекси з інтерорецепторів на серце та їх графічне відображення: А – рефлекс Гольца; Б – рефлекс Даніні-Ашнера (подразнення – тиск на очні яблука, реакція – рефлекторне сповільнення серцевих скорочень); Гт – гіпоталамус; Дм – довгастих мозок; Сц – серце

37. Який механізм рефлекторного посилення роботи серця імпульсами від пропріорецепторів м'язів (моторно-вісцеральні рефлекси)? Біологічне значення цих рефлексів.

* * *

Мобілізація активності серця знаходиться в прямій залежності від подразнення пропріорецепторів скелетних м'язів. Напружена фізична робота в більшій мірі активізує пропріорецептивну аферентацію, яка через ЦНС обумовлює і більш істотне посилення роботи серця,

зокрема більш високе зростання ЧСС, необхідне для виконання даної роботи. Саме цим можна пояснити той факт, що вправи з підніманням вантажів сприяють зростанню ЧСС, як і інтенсивний біг з високим кисневим запитом.

Моторно-вісцеральні рефлекси лежать в основі механізмів, які забезпечують зростання резервів систем енергозабезпечення діяльності. Адже без м'язових скорочень не можна створити належних умов для тренування серцевого м'яза і, звичайно, кардіо-респіраторної системи в цілому.

38. При натисканні пальцями на очні яблука спостерігаються відповідні зміни роботи серця. В чому сутність цих змін?

* * *

При натисканні на очні яблука спостерігається зменшення ЧСС на 8-10 ск./хв. – *рефлекс Даніні-Ашнера* (рис. 3.22). При низькій тонусі блукаючого нерва ЧСС не змінюється, при підвищеному – істотно зростає. Припинення натискання на очні яблука спричиняє компенсаторне прискорення ЧСС.

39. У студента перед іспитом спостерігається посилення серцевої діяльності і підвищення кров'яного тиску. Яка фізіологічна природа цих змін?

* * *

Посилення серцевої діяльності у студенти перед іспитом направлене на підготовку організму до наступної розумової діяльності. За своєю природою такі зміни є умовнорефлекторними. Вони здійснюються з обов'язковою участю кори великих півкуль. Умовними подразниками цих вегетативних рефлексів є все те, що так чи інакше пов'язано з майбутньою діяльністю, безумовнорефлекторним підкріпленням – думка про іспит, бачення екзаменатора, студентів, які гарячково дошукують необхідну інформацію тощо, імпульси від різних сенсорних систем, які завжди виникають при складанні іспиту.

40. Як впливають на роботу серця гормони залоз внутрішньої секреції, йони Кальцію і Калію? Які зміни функціонального стану серця спостерігатимуться у хворого гіперфункцією щитоподібної залози?

* * *

Робота серця змінюється під впливом багаточисленних хімічних речовин, що циркулюють з кров'ю по судинах. Активність серця значно зростає під впливом гормонів адреналіну, норадреналіну, тироксину, йонів Кальцію, ацетилхолін і йони Калію гальмують активність серця.

Наслідком гіперфункції щитоподібної залози є значне посилення синтезу тироксину. Підвищуючи тонус центрів симпатичної іннервації серця, тироксин, таким чином, посилює серцеву діяльність.

41. Що таке “судинний тонус” і “базальний тонус”? Які фізіологічні механізми забезпечують автоматичне підтримання базального тонуусу кровоносних судин?

* * *

Стінки кровоносних судин (за винятком капілярів) мають шар гладеньких м'язів. Скорочуючись або розслаблюючись, ці м'язи змінюють просвіт судин, збільшуючи або зменшуючи тим самим величину проходження через них крові. Наявність у стінках кровоносних судин гладеньких м'язів обумовлює так званий *судинний тонус*. Підвищення судинного тонуусу завжди приводить до звуження судин (*вазоконстрикція*) і зменшення течії крові через них. Наслідком пониження тонуусу судин є їх розширення (*вазодилатація*) з посиленням кровопостачанням. Судинний тонус, що забезпечує підтримання даного діаметра судин без участі нервових та гуморальних механізмів, називається *базальним тонуусом*.

Регуляція функціонального стану кровоносних судин забезпечується з допомогою ауторегуляції, нервових і гуморальних механізмів. *Ауторегуляція* забезпечує автоматичне підтримання базального тонуусу судин, нервові і гуморальні механізми лежать в основі регуляції судинної системи в умовах постійних змін внутрішнього середовища і довкілля.

Розрізняють механічну і хімічну ауторегуляцію базального судинного тонуусу. *Механічна* (міогенна) *ауторегуляція* обумовлює зростання напруження гладеньких м'язів при їх розтягненні, *хімічна* – розслаблення (вазодилатація) гладеньких м'язів судин при зниженні в організмі концентрації кисню, збільшенні молочної і вугільної

кислот тощо. Особливо чутливі до зміни концентрації метаболітів прекапілярні судини і сфінктери.

42. Які фізіологічні механізми забезпечують нервову регуляцію тону судин?

* * *

Нервова регуляція тону судин забезпечується судиноруховим центром довгастого мозку (В.Р. Овсянников). Цей центр складається з двох відділів – *судинозвужуючого* (пресорного) і *судинорозширюючого* (депресорного), рис. 3.23.

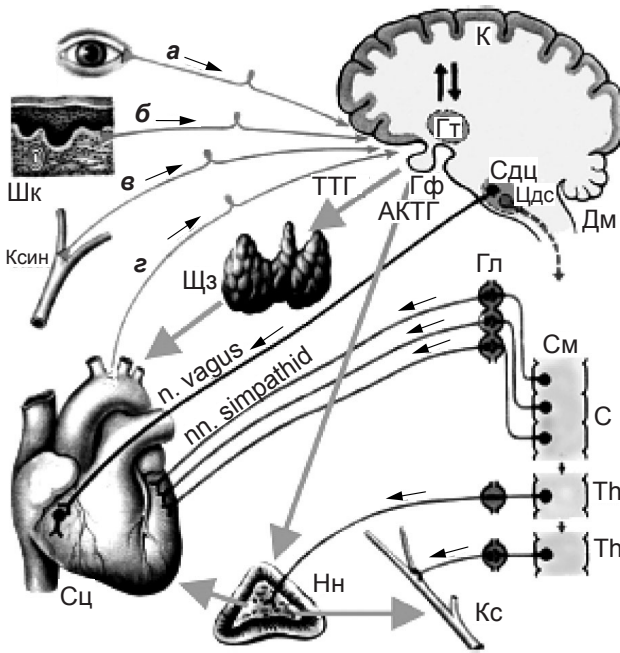


Рис. 3.23. Регуляція кровообігу:

а, б – імпульси, що йдуть в ЦНС від екстерорецепторів; в, г – імпульси, що йдуть в ЦНС від інтерорецепторів сонної артерії і аорти.

Шк – шкіра; ГФ – гіпофіз; Дм – довгастий мозок; Ксин – каротидний синус; Гл – симпатичний ганглії; См – спинний мозок (С – шийний відділ, Th – грудний відділ); Щз – щитоподібна залоза; Сц – серце; Нн – наднирники; ТТГ – тиреотропний гормон; АКТГ – адренкортикотропний гормон

При подразненні пресорного центра спостерігається звуження судин і зростання кров'яного тиску, при подразненні депресорного центра – розширення судин і зниження тиску. Передача імпульсів від пресорного центра до м'язових волокон кровоносних судин здійснюється через симпатичну нервову систему (*вазоконстрікторні нерви*). Депресорний центр довгостого мозку сприяє зниженню артеріального тиску шляхом зменшення активності симпатичних судинозвужуючих волокон, викликаючи тим самим розширення судин і зменшення периферичного опору, а також шляхом послаблення симпатичної саморегуляції серця. Тонус судинорухового центра довгостого мозку залежить від імпульсів, що надходять від баро- і хеморецепторів судинних рефлексогенних зон і від впливу гуморальних подразників, які безпосередньо діють на нервовий центр.

Подібно до симпатичних нервів діють на серце нікотин та інші хімічні речовини, тобто прискорюють ЧСС. Кровоносні судини при цьому звужуються, кров'яний тиск зростає. До кінцівок надходить менше крові, а, отже, і тепла. Це призводить до тимчасового зниження температури пальців рук і ніг на 2-3°C.

У регуляції гемодинаміки активну участь бере кора великих півкуль головного мозку (рис. 3.23). Кортикальні судинні реакції (умовнорефлекторне посилення серцевої діяльності і підвищення кров'яного тиску) виникають у спортсменів перед стартом, у студента перед іспитом тощо.

43. Які фізіологічні механізми забезпечують нормалізацію кров'яного тиску при його підвищенні в гирлі порожнистих вен і в легеневій артерії?

* * *

При підвищенні кров'яного тиску в гирлі порожнистих вен, внаслідок подразнення барорецепторів стінок цих судин (*рефлекс Бейнбриджа*), рефлекторно підвищується тонус нервів, посилюється серцева діяльність, нормалізується тиск у порожнистих венах. Підвищення кров'яного тиску в легеневій артерії спричиняє подразнення власних пресорецепторів. Як наслідок, підвищується тонус блукаючого нерва, пригнічується серцева діяльність, розширяються артеріоли, внаслідок депонування зменшується кількість циркулюючої крові. Загальна схема регуляції кров'яного тиску подана на рис. 3.24.

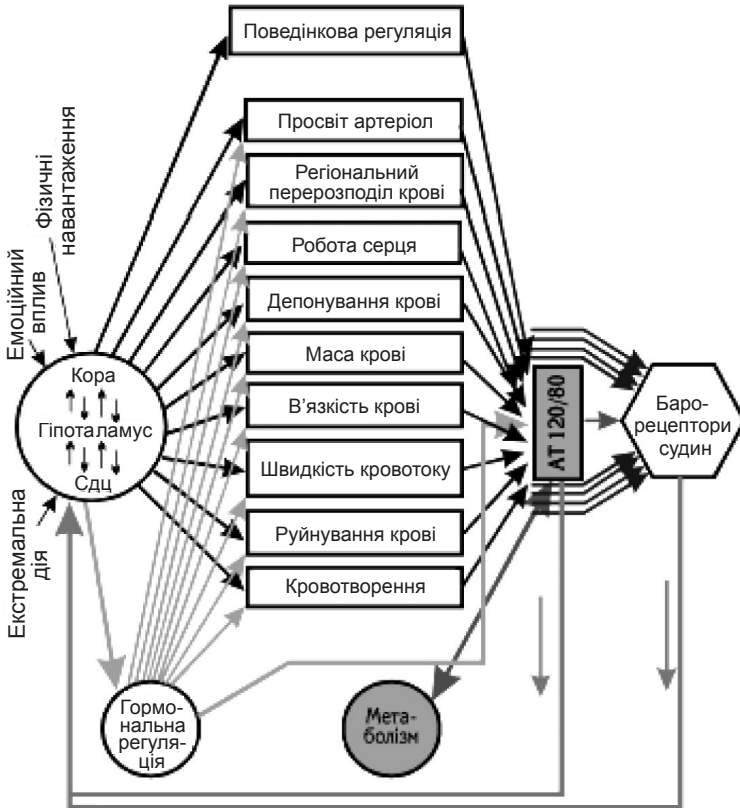


Рис. 3.24. Функціональна система підтримання артеріального тиску (за К. Судаковим)

44. Собаці зробили пересадку серця від іншої собаки. Після одужання виявилось, що початкова швидкість бігу собаки (в експерименті за зайцем в тредбані) була значно нижчою, ніж в доопераційному періоді. Через 1-2 хв. бігу швидкість руху собаки зростала до величини, характерної даній собаці раніше (до операції). Поясніть суть даного явища.

* * *

Причиною зниження ефективності бігу (відставання в бігові) прооперованої собаки є порушення (відсутність) рефлекторної регуляції

роботи серця. Нормалізація рухової діяльності (відновлення швидкості бігу) собаки через 1-2 хв. бігу пояснюється підключенням в час бігу місцевих інтракардіальних рефлексів, а також активізації механізмів гормональної регуляції функцій.

45. Які фізіологічні механізми забезпечують гуморальну регуляцію тону судин?

* * *

Вплив різноманітних біологічно-активних речовин, у тому числі гормонів, на стінки судин здійснюється рефлекторно (з рецепторів) і через судинозвужуючий центр довгастого мозку. Крім того, біологічно активні речовини здатні безпосередньо впливати на стінки кровоносних судин.

До судинозвужуючих речовин належать вазопресин задньої частки гіпофіза, катехоламіни мозкової частки наднирників – норадреналін і адреналін. Звужуючи артеріоли шкіри, органів черевної порожнини і легень, адреналін розширює судини серця і мозку (в малих концентраціях адреналін розширює судини м'язів, а у великих звужує).

Важлива роль в регуляції судинного тону належить ниркам. Їх фермент ренін сприяє утворенню в крові гіпотензину, який звужує судини і підвищує кров'яний тиск.

Судиннорозширювальну дію мають серотонін тромбоцитів, ацетилхолін, гістамін стінок шлунка, кишечника, шкіри і працюючих м'язів, молочна і вугільна кислоти, брадикінін слинних і підшлункової залоз.

46. Які особливості надання першої домедичної допомоги при кровотечах?

* * *

Кровотеча – це вихід крові з кровоносних судин в результаті порушення цілісності судинної стінки. Розрізняють травматичні і нетравматичні кровотечі. **Травматичні кровотечі** виникають внаслідок механічного пошкодження стінки судини або внаслідок її руйнування паталогічним процесом, підвищеним кров'яним тиском. **Нетравматичні кровотечі** – спричинені порушенням процесів згортання крові (гемофілія тощо).

Характерним клінічним симптомом гемофілій є кровотеча, яку важко зупинити. Крововиливи у шкіру, підшкірну клітковину і м'язи носять характер виражених синяків. Найбільш характерні крововиливи у суглоби що супроводжуються їх болючістю, підвищенням температури тіла.

Лікувальні заходи при гемофілії направлені в основному на зміну дефіциту антигемофільних факторів, що досягається введенням антигемофільної плазми і крові.

Загальними симптомами для всіх видів кровотеч є гостра анемія: блідність шкірних покривів і слизових оболонок, наявність холодного липкого поту, ціаноз кінчиків пальців, носа і вушних раковин, мерехтіння “мушок” перед очима, тахікардія, короткочасні втрати свідомості, зниження артеріального тиску, зменшення рівня гемоглобіну.

Носова кровотеча. Основними причинами її є травми слизової оболонки носових ходів, гіпертонічна хвороба, захворювання системи крові і кровоносних судин.

При значних носових кровотечах кров потрапляє у носоглотку, заковтується хворим і виділяється з блювотними масами або при кашлі. За таких умов може скластися помилкове враження про наявність легеневої або шлункової кровотечі.

Для зупинки носової кровотечі хворому надають напівсидячого положення і притискують відповідне крило носа до його перегородки на 3-5 хв. На ніс накладають компрес із холодною водою. При відсутності ефекту проводять передню тампонаду носа. У носові ходи пінцетом на максимальну глибину вводять вузькі смужки стерильного бинта, змочені 3%-ним розчином перекису водню. Тампони можна залишити в порожнині носа на тривалий час.

47. Якою має бути перша домедична допомога при шлункових, легневих і маткових кровотечах?

* * *

У 85% випадків кровотечі бувають із стравоходу і шлунку, в 14% – із товсті кишки, в 1% – із тонкої кишки. Найбільш частою причиною гастродуоденальних кровотеч є виразкова хвороба. Кровотеча проявляється загальною слабкістю, запамороченням, блідністю шкіри. Хворий може блювати масою, яка містить кров (“кавовою гущею”). Хворі з гастродуоденальними кровотечами повинні дотримуватися

суворого постільного режиму і не їсти. На надчеревну ділянку тіла кладуть холод, внутрішньом'язово вводять 5 мл 1%-кового розчину вікасолу, внутрішньовенно – 10 мл 10%-кового розчину кальцію хлориду. Хворого необхідно негайно госпіталізувати.

Легенева кровотеча спостерігається при туберкульозі легень, раку бронхів, гангрені легень тощо. Основним симптомом легеневої кровотечі є поява прожилків крові у відхаркуванні – мокроті. Легенева кровотеча супроводжується кашлем, яскраво-червоними, пінистими виділеннями крові. При масивній кровотечі попадання крові у верхні дихальні шляхи може спричинити асфіксію. Кількість виділеної крові з мокротою при більшості захворювань буває незначною. Кровохаркання не загрожує хворому смертю від крововтрати, проте попадання крові в нижні відділи легень нерідко призводить до аспіраційної пневмонії. При значній легеневій кровотечі хворі покриваються холодним потом, пульс стає частим, артеріальний тиск знижується, колір шкіри блідий.

При кровохарканні хворого необхідно перш за все заспокоїти (хвилювання, так само як і фізичне напруження, може посилити кровотечу), надати йому напівсидячого положення (це полегшить відхаркування), заборонити розмовляти і приймати будь – яку їжу, на грудну клітку прикласти холод, негайно госпіталізувати.

При порушенні продукції статевих гормонів яєчниками виникають **дифузні маткові кровотечі**. У дівчаток вони спричинені порушенням функціональних взаємовідношень між таламусом, гіпофізом і яєчниками. У жінок дітородного віку дисфункціональні маткові кровотечі найчастіше обумовлені загальними захворюваннями статевих органів, наявністю клімактеричного періоду, який характеризується дисфункцією систем регулюючих менструальний цикл.

Захворювання характеризується чергуванням менструації і кровотеч різної сили і тривалості. При тривалих кровотечах розвивається анемія. Лікування маткових кровотеч полягає у зупинці кровотечі і проведенні заходів направлених на профілактику повторних кровотеч. З цією метою широко використовують гормональні препарати, проводять симптоматичне лікування (окситоцин, вітаміни, переливання крові тощо).

Тема 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕФЕКТИ АДАПТАЦІЇ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ІНШИХ СТРЕСОВИХ ПОДРАЗНИКІВ

3.1. Показники функціонального стану системи кровообігу фізично підготовлених осіб в стані спокою, то в умовах виконання дозованих фізичних навантажень

1. Які морфофункціональні особливості системи кровообігу характерні для фізично підготовлених осіб в стані спокою?

* * *

Великий обсяг функціональних резервів системи кровообігу в стані спокою проявляється високою економічністю її функціонування – перший функціональний ефект адаптації організму до фізичних тренувань. Це зумовлено відповідними морфофункціональними особливостями пристосування серцево-судинної системи до систематичних навантажень.

Серце фізично працюючої людини має збільшені до 1000 см³ порожнини (*тоногенна дилатація*) і сильно розвинену капілярну сітку, помірно гіпертрофоване. Розвиток гіпертрофії міокарда, в умовах підвищеного функціонування серцевого м'яза, відбувається внаслідок активізації генетичного апарата клітин, який активізує процеси синтезу білків.

У стані спокою для натренованого (спортивного) серця характерна *гіподинамія міокарда* – зменшення сили скорочень, що зумовлено посиленням впливом на серце блукаючого нерва. Як наслідок, зменшуються величини систолічного об'єму крові (до 60 мл) та хвилинного об'єму кровообігу (до 3 л/хв.). Усе це ознаки економічності роботи серця в спокої, – більш ефективного використання ним кисню. В цілому, серце фізично підготовленої людини в стані спокою працює на 15-20% економічніше, ніж серце фізично не підготовлених осіб.

2. Фізіологічні механізми брадикардії. Чи завжди брадикардія є свідченням високої натренованості спортсменів?

* * *

Для фізично підготовлених осіб, а особливо спортсменів витривалісних видів спорту (лижників, марафонців тощо), в стані спокою

характерна **брадикардія** – зниження ЧСС до 45-50 ск./хв. (рис. 3.25). Брадикардія, як правило, розвивається в перші два-три роки занять спортом, надалі встановлюється на відносно сталому рівні, майже не змінюючись упродовж річного тренувального циклу.

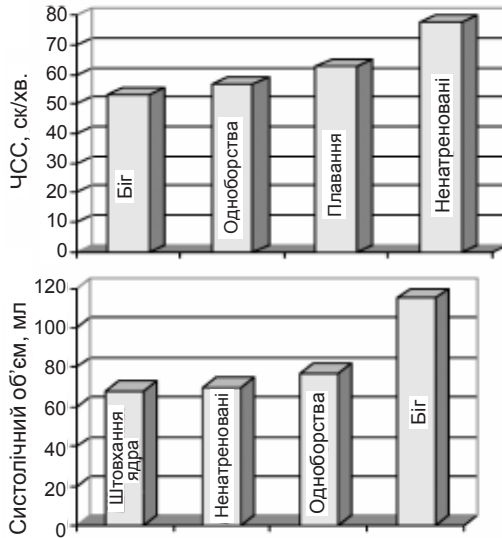


Рис. 3.25. ЧСС і систолічний об'єм крові в спокої у ненатренованих осіб і у спортсменів різної спеціалізації (за Я. М. Коцом)

Брадикардія добре помітна при обстеженні спортсменів в умовах основного обміну. При дослідженні спортсменів упродовж дня згадана закономірність часто не проявляється, що є наслідком попередніх інтенсивних тренувальних навантажень (наявність залишкової втоми).

Виникнення спортивної брадикардії в значній мірі зумовлене зниженням тонуусу скелетної мускулатури, а отже, пропріорецептивної аферентації в стані спокою. Зменшення ЧСС при зменшенні надходження імпульсів в ЦНС від пропріорецепторів, реалізується через механізми моторно-кардіальних рефлексів. Проте брадикардія не завжди є свідченням високого рівня натренованості. Інколи вона відсутня навіть у спортсменів високого рівня кваліфікації. Економічність роботи серця в цьому випадку забезпечується меншою величиною систолічного об'єму крові, або ж іншими механізмами.

3. Підрахуйте, який об'єм роботи (за показниками кількості серцевих скорочень) виконує серце фізично натренованої (ЧСС в спокої 50 ск./хв.) і ненатренованої (ЧСС 75 ск./хв.) людини упродовж години, дня, року.

* * *

Серце фізично натренованої людини (ЧСС у спокої 50 ск./хв.) упродовж години скорочується 3000 разів (50 ск. · 60 хв.), упродовж доби – 72000 разів (3000 ск. · 24 год), упродовж року – 26180000 разів (72000 ск. · 365 днів). Серце людини, яка не займається фізичною культурою і спортом (ЧСС в спокої 75 ск./хв.) скорочується 4500, 108000, і 39420000 разів відповідно упродовж години, доби і року. Отже серце натренованої людини в стані спокою працює більш економно, ніж не натренованої (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Величини об'єму роботи, виконаної спортивним і звичайним серцем людини впродовж життя (за показником ЧСС, ск./хв.)

	Спортивне серце	Звичайне серце	Різниця
1 хвилина	50	75	25
1 година	3000	4500	1500
1 день	72000	108000	26000
1 місяць	2160000	3240000	1080000
1 рік	25920000	38880000	12960000
Упродовж 72 років життя	1866240000	2799360000	933120000

4. Які особливості біоелектричної активності серця і артеріального тиску характерні фізично натренованій людині в стані спокою?

* * *

У осіб фізичної праці в стані спокою спостерігається ряд особливостей біоелектричної активності серця (наявність синусової брадикардії і аритмії, зміщення сегмента S-T електрокардіограми вище ізолнії, високий вольтаж зубців P і T, низький – зубця R), зменшена продуктивність роботи міокарда (до скелетних м'язів надходить близько 20% крові серцевого викиду), більш жорсткі стінки кровоносних судин (особливо артеріальні судини ніг у бігунів на довгі дис-

танції), дещо знижені величини артеріального тиску, особливо мінімального.

Гіпотонія у осіб фізичної праці зустрічається в два рази частіше, ніж у працівників інших форм праці. Серед юнаків число осіб з гіпотонією значно менше, ніж серед дівчат. Крім фізіологічної рухової гіпотонії, зустрічається і патологічна гіпотонія (гіпотонічна хвороба, інтоксикація із органів хронічної інфекції), рідше вона є наслідком хронічної перевтоми.

Важливим показником функціонального стану системи кровообігу є пульсовий тиск. Його збільшення свідчить про зростання систолічного об'єму крові. Зі зростанням фізичної підготовленості рівень пульсового тиску зростає, величина діастолічного тиску знижується, а систолічного не змінюється або дещо збільшується.

❖ **5. У першого досліджуваного ЧСС становить 60 ск./хв., систолічний об'єм крові (СОК) – 60 мл, у другого ЧСС – 80 ск./хв., СОК – 75 мл. Розрахуйте величину роботи (кількість перекачуваної крові), виконаної серцем кожного із досліджуваних упродовж доби.**

* * *

Серце першого досліджуваного за 1 хв. виштовхує в кровообіг 3,6 л крові ($60 \text{ ск./хв.} \cdot 60 \text{ мл}$), другого – 6,0 л ($80 \text{ ск./хв.} \cdot 75 \text{ мл}$); за 1 год – 216 л ($3,6 \text{ л/хв.} \cdot 60 \text{ хв.}$) і 360 л ($6 \text{ л/хв.} \cdot 60 \text{ хв.}$), за добу – 5184 л ($216 \text{ л} \cdot 24 \text{ год}$) і 8640 л ($360 \text{ л} \cdot 24 \text{ год}$) відповідно.

Серце другого досліджуваного в стані спокою виконує значно більшу роботу, ніж першого (упродовж доби серце другого досліджуваного перекачує на 3,456 л крові більше ніж першого). Отже, більш низькі показники ЧСС і СОК у першого досліджуваного, в порівнянні з другим досліджуваним, вказують на те, що у нього більш високий рівень функціональних резервів системи кровообігу, – на економність діяльності цієї системи в стані спокою.

❖ **6. ЧСС у стані спокою у досліджуваного юнака – 65 ск./хв., артеріальний тиск – 120/80 мм рт. ст. Визначіть коефіцієнт витри-валості і дайте оцінку економності функціонування системи кровообігу досліджуваного.**

* * *

Коефіцієнт витривалості (КВ) є інтегральним показником функціонального стану серцево-судинної системи. Він об'єднує в собі величини ЧСС, систолічного і діастолічного тисків. КВ визначається за формулою А.Квааса:

$$KB = \frac{ЧСС \cdot 10}{\text{пульсовий тиск}} = \frac{65 \cdot 10}{120 - 80} = \frac{650}{40} = 16,2.$$

У нормі КВ становить 16. Отже, величина КВ для даного досліджуваного знаходяться в межах норми. При зменшенні об'єму функціональних резервів системи кровообігу КВ підвищується, при їх збільшенні – знижується. Із зростанням фізичної підготовленості людини економічність функціонування системи кровообігу в стані спокою підвищується. Її непрямим показником є брадикардія і зниження КВ.

◇ 7. Інформаційним тестом функціонального стану системи кровообігу є так званий “вранішній” тест (індекс Руффе):

$$IP = (ЧП_1 + ЧП_2 + ЧП_3 - 200) : 10.$$

Розшифруйте показники наведені в даній формулі і дайте оцінку функціонального стану серцево-судинної системи досліджуваного, якщо ЧСС у нього лежачи – 65 ск./хв., сидячи – 70 ск./хв., стоячи – 75 ск./хв.

* * *

ЧП₁ – частота пульсу лежачи, ск./хв; ЧП₂ – частота пульсу сидячи (ск./хв.); ЧП₃ – частота пульсу стоячи (ск./хв.).

$$IP = (65 + 70 + 75 - 200) : 10 = 1.$$

Оцінку функціонального стану серцево-судинної системи за IP проводять за шкалою: 0-5 – відмінно, 6-10 – добре, 11-15 – задовільно, більше 15 – незадовільно. Отже, функціональний стан системи кровообігу досліджуваного оцінюється оцінкою “відмінно”.

8. Які особливості функціонування серцево-судинної системи характерні для фізично підготовлених осіб в умовах виконання дозованих навантажень?

* * *

Серцево-судинна система фізично натренованих осіб, в порівнянні з непідготовленими, при виконанні дозованих навантажень функ-

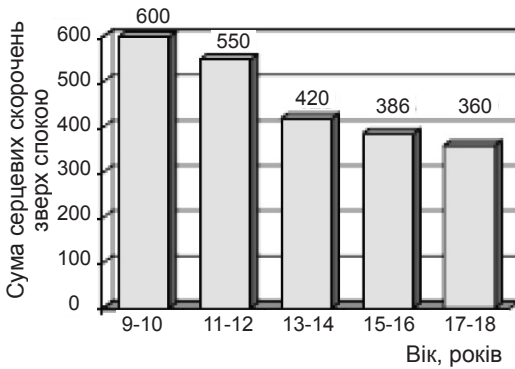


Рис. 3.26. Сума серцевих скорочень зверх спокою (ордината) при виконанні дозованого навантаження у школярів різного віку (В. М. Волков)

ціонує більш економічно – *другий функціональний ефект тренування* (рис. 3.26). У натренованих осіб швидше проходять процеси впрацювання системи кровообігу на початку діяльності, у них менш високий і більш стабільний рівень функціонування серця в процесі виконання дозованого навантаження, відновлення завжди проходить більш швидко.

Частота пульсу, систолічний і хвилинний обсяг крові при стандартному навантаженні у натренованих осіб нижчі, ніж у непідготовлених. Збільшення хвилинного обсягу кровообігу у фізично підготовлених осіб відбувається переважно за рахунок збільшення систолічного обсягу крові, у непідготовлених – за рахунок ЧСС, що менш ефективно.

❖ 9. Нормативні величини змін ЧСС на тест з 20-ма присіданнями за 30 с.

* * *

Нормальною реакцією на тест з двадцятьма присіданнями за 30 с вважається зростання частоти пульсу не більше 75% від його величини пульсу в стані спокою. Більш виразне зростання ЧСС після дозованого навантаження (більше 75%) свідчить про неадекватну реакцію серця на навантаження. Причиною цього може бути недостатня натренованість або неповне відновлення вихідного стану людини після виконання попереднього фізичного навантаження. Незначні величини зростання частоти пульсу після дозованих навантажень свідчать про великий обсяг функціональних резервів серця, про більш високу досконалість механізмів регуляції серцевої діяльності.

❖ 10. У стані спокою ЧСС у досліджуваного юнака – 70 ск./хв., після дозованого навантаження (20 присідань за 30 с) – 140 ск./хв.

Визначте величину приросту ЧСС після дозованого навантаження і дайте оцінку стану серцево-судинної системи досліджуваного.

* * *

Складаємо пропорцію:

70 ск./хв. – 100%

(140–70) ск./хв. – x

$$x = \frac{140 - 70 \cdot 100}{70} = 100\%$$

Отже, приріст ЧСС в умовах виконання дозованого навантаження – 100%.

Оцінку тесту приросту ЧСС після дозованого навантаження проводять за шкалою: 25% і менше – відмінно, 26-50% – добре, 51-75% – задовільно, більше ніж на 76% і більше – незадовільно. Таким чином, функціональний стан системи кровообігу юнака, оцінений за тестом з 20 присіданнями за 30 с, “незадовільний”.

◇ **11. Вкажіть на нормативні величини змін артеріального тиску при виконанні дозованого навантаження (20 присідань за 30 с). Нормативи швидкості відновлення артеріального тиску і пульсу після дозованого навантаження.**

* * *

Найбільш адекватною реакцією артеріального тиску на дозоване навантаження (20 присідань за 30 с) є збільшення систолічного тиску на 15-30% і зменшення діастолічного тиску на 10-35% (або незмінність його в порівнянні з величиною спокою).

Порівняння величини прискорення пульсу і збільшення пульсового тиску при дозованих навантаженнях дозволяє визначити відповідність змін пульсу змінам АТ. Рациональною вважається така реакція: відсоток прискорення пульсу відповідає відсотку збільшення пульсового тиску, рідше відсоток прискорення ЧСС дещо менший величини збільшення пульсового тиску. Нормотонічна реакція – відсоток прискорення ЧСС відповідає відсотку збільшення АТ. Зростання пульсового тиску свідчить про збільшення систолічного об'єму крові. Більш високий систолічний тиск вказує на зростання систоли лівого шлуночка, а збільшення діастолічного тиску є свідченням зменшення периферійного кровообігу.

При доброму функціональному стані серцево-судинної системи відновлення АТ після функціональної проби з 20-ма присіданнями за 30 с завершується до кінця третьої хвилини відновного періоду, відновлення ЧСС – упродовж 2-4 хвилин. На перших 2-3 хвилинах відновного періоду пульс стає рідшим в порівнянні з доробочим на 1-3 скорочення за 10 с - "від'ємна фаза" пульсу. Таке сповільнення ЧСС триває близько 30 с, після чого пульс знову прискорюється, поступово приходячи до норми. Від'ємна фаза пульсу є наслідком підвищення тонузу блукаючого нерва.

12. У досліджуваного віком 17 років ЧСС в спокої – 50 ск./хв., артеріальний тиск – 120/80 мм рт. ст.; після виконання дозованої циклічної роботи ЧСС – 170 ск./хв., артеріальний тиск – 160/60 мм рт. ст. Визначіть величину приросту (в %) систолічного та хвилинового обсягів кровообігу у зв'язку з виконанням фізичного навантаження. Якої інтенсивності була дана робота для досліджуваного?

* * *

Знаючи вік досліджуваного, величини систолічного і діастолічного тисків, користуючись формулою Старра, розраховують систолічний об'єм крові (СОК):

$$\text{СОК} = 100 + 0,5 \cdot \text{ПТ} - 0,6 \cdot \text{ДТ} - 0,6 \cdot \text{В},$$

де: ПТ – пульсовий тиск, мм рт. ст., ДТ – діастолічний тиск, мм рт. ст.; В – вік, років.

У стані спокою $\text{СОК} = 100 + 0,5 \cdot 40 - 0,6 \cdot 80 - 0,6 \cdot 17 = 62$ мл. Хвилиний об'єм кровообігу (ХОК) – добуток СОК і ЧСС:

$$\text{ХОК} = \text{СОК} \cdot \text{ЧСС} = 62 \cdot 50 = 3,10 \text{ л/хв.}$$

Після виконання роботи:

$$\text{СОК} = 100 + 0,5 \cdot 100 - 0,6 \cdot 60 - 0,6 \cdot 17 = 104 \text{ мл.}$$

$$\text{ХОК} = 104 \cdot 170 = 17,7 \text{ л/хв.}$$

Приріст ХОК у зв'язку з виконанням фізичного навантаження – 48,6% ($17,7 \cdot 100 : 3,10$), що свідчить про середню інтенсивність виконаної роботи.

◇ **13. Пульс спокою у досліджуваного – 70 ск./хв. Після дозованого навантаження (20 присідань за 30 с) – 98 ск./хв., тривалість відновлення пульсу – 3 хв. Дайте оцінку реакції серцево-судинної системи досліджуваного на дозоване навантаження.**

* * *

Прискорення пульсу на 50-75% від вихідної (початкової) величини; відновлення пульсу – 4-5 хв. – задовільна реакція системи кровообігу на дозоване навантаження; прискорення ЧСС – менше 50%, час відновлення пульсу менше 4 хв. – добра реакція. При незадовільній реакції пульс прискорюється більш ніж на 75%, а період відновлення триває більше 5 хв.

У досліджуваного величина приросту пульсу після дозованого навантаження становить 40% ($28 \cdot 100 : 70$), тривалість відновлення пульсу – 3 хв. Це свідчить про добру реакцію серцево-судинної системи на дозоване навантаження.

3.2. Зміни функціонального стану системи кровообігу спричинені виконанням максимальних динамічних і статичних навантажень

14. Як змінюється функціональна активність серця при виконанні максимальних фізичних навантажень?

* * *

Високий рівень функціональних резервів системи кровообігу при виконанні роботи максимальної потужності проявляється у швидкій і більш повній мобілізації серцем своїх резервів, у його здатності продовжувати роботу в змінених умовах внутрішнього середовища.

Активізація системи кровообігу при м'язовій роботі обумовлена підвищенням кисневим запитом працюючих м'язів і інших активних органів та тканин. Систематичне виконання фізичної роботи сприяє зростанню функціональних резервів системи кровообігу, забезпечуючи економічність витрат енергії на роботу серця в стані спокою та при виконанні дозованих навантажень.

При виконанні інтенсивних навантажень спостерігається максимальна мобілізація резервів серцево-судинної системи. В залежності від інтенсивності фізичних навантажень функціональні показники роботи серця змінюються неоднозначно. При відносно невеликих за потужністю навантаженнях ЧСС збільшується однонаправлено із збільшенням показника СОК. Проте СОК стає максимальним вже при порівняно невеликих субмаксимальних навантаженнях, коли ЧСС становить всього 110-120 ск./хв. Подальше зростання хвилинного об'єму серця, в умовах виконання більш потужної роботи, відбувається за рахунок ЧСС.

При виконанні максимального фізичного навантаження значно скорочується період відпочинку серця. В окремих випадках відношення діастоли до систоли може знизитись до одиниці (однакова тривалість скорочення і розслаблення серця); змінюється також сама систола – зменшується тривалість фаз напруження і вигнання. Внаслідок цього, тиск крові в шлуночках в період фази напруження зростає з такою швидкістю, що практично одноразово з закриттям стулкових клапанів відбувається відкриття півмісяцевих клапанів (Є.П. Ільїн). Важливим механізмом, що попереджує зменшення наповнення кров'ю порожнин серця, а отже, і зменшення систолічного об'єму серця в цих умовах, є збільшення сили серцевих скорочень. Лише значне зменшення діастоли (до 0,6 с і менше) може призвести до помітного зниження продуктивності роботи серця. Граничні величини змін основних показників кровообігу в умовах максимальних фізичних навантажень, приведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Функціональні ефекти адаптації системи кровообігу до фізичних навантажень

Фізіологічні показники	Нетреновані особи		Високотреновані особи	
	Стан спокою	При максимальному навантаженні	Стан спокою	При максимальному навантаженні
1. Частота серцевих скорочень, ск./хв.	65-80	160-180	45-60	200-220
2. Систолічний об'єм крові, мл	70-80	100-150	50-60	180-200
3. Хвилинний об'єм кровообігу, л/хв.	3.5-5.5	25-30	2.5-3.5	35-40

15. Виконання людиною фізичної роботи зумовлює зростання систолічного і зниження діастолічного тисків. Який механізм цих змін?

* * *

Виконання напруженої фізичної роботи призводить до збільшення систолічного тиску крові. В залежності від характеру роботи це

збільшення може досягти 200 мм рт. ст. і більше. У відновному періоді, після тривалої напруженої роботи, систолічний тиск знижується, інколи нижче початкового (доробочого) рівня, діастолічний тиск – або підвищується, або знижується. Різко виражені зміни цього показника є свідченням недостатньої адаптації циркуляційного апарата щодо виконуваної роботи.

Зростання систолічного тиску зумовлено рефлексним прискоренням ЧСС, а також надходженням в кров катехоламінів, які активізують роботу серця. Зниження діастолічного тиску крові після фізичного навантаження є наслідком розширення артерій, оскільки, при накопиченні молочної кислоти в міжклітинній рідині та в крові адреналін не виявляє своєї судиннозвужуючої дії.

◇ 16. Систолічний об'єм крові досліджуваного – 60 мл, резервний об'єм серця – 70 мл, ЧСС в стані спокою – 60 ск./хв., після фізичної роботи – 200 ск./хв. Визначте величину хвилинного об'єму крові у досліджуваного в стані спокою і при виконанні фізичного навантаження.

* * *

Хвилинний об'єм крові ХОК в стані спокою $3,6 \text{ л/хв. } (60 \text{ ск./хв.} \cdot 60 \text{ мл})$. При виконанні фізичного навантаження систолічний об'єм крові зростає за рахунок резервного об'єму крові до 130 мл ($60 \text{ мл} + 70 \text{ мл}$), а ХОК до 26000 мл ($200 \text{ ск./хв.} \cdot 130 \text{ мл}$). Максимальна величина ХОК у фізично підготовлених осіб – 35-40 л/хв.

17. Як зміниться функціональний стан системи кровообігу людини в умовах виконання напруженої роботи із значним потовиділенням?

* * *

Великі втрати води з потом при виконанні напруженої фізичної роботи є однією з причин зменшення води в крові (*гіповолемія*). За таких умов, внаслідок збільшення в'язкості крові, збільшується опір руху крові в системі кровообігу і зростає навантаження на серце. Як наслідок, компенсаторно зростає сила серцевих скорочень і підвищується артеріальний тиск, особливо діастолічний. Це зумовлено утрудненим відтоком крові від серця в період діастоли. При цьому хвилинний обсяг кровообігу виявляється зменшеним.

❖ 18. Особливості перерозподілу крові в організмі людини, яка виконує напружену м'язову роботу.

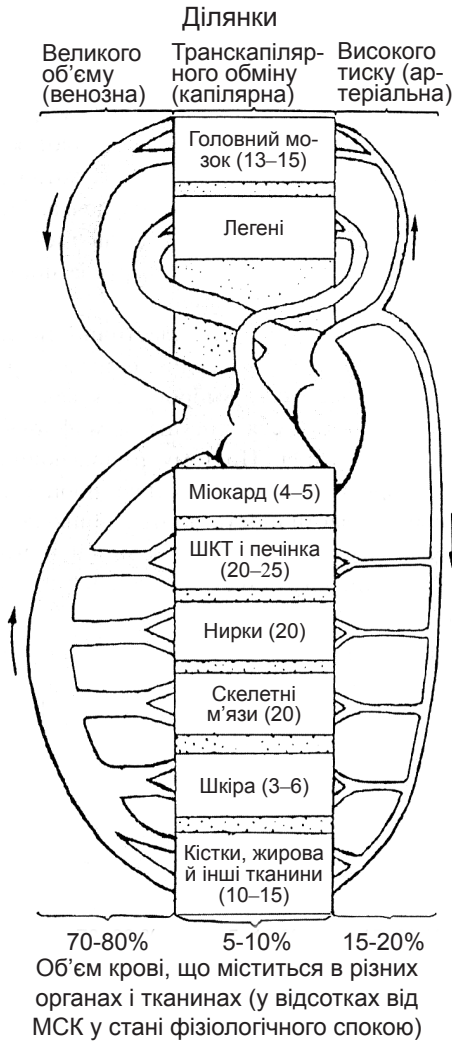


Рис. 3.27. Функціональна схема серцево-судинної системи

У забезпеченні кисневого запиту при максимальних фізичних навантаженнях важлива роль належить перерозподілу крові: кровообіг органів черевної порожнини зменшується до 1% (24% в стані спокою), а кровообіг інтенсивно працюючих м'язів зростає з 32% в стані спокою до 90% (рис. 3.27, табл. 3.7). Причиною робочої гіперемії є нагромадження в працюючих м'язах молочної кислоти, гістаміну, вуглекислоти та інших речовин, які діють на тканинні рецептори і гладенькі м'язи артеріол. Збудження, що виникає при цьому, передається у судинно-пресорний центр, а звідти до кровоносних судин непрацюючих частин тіла, викликаючи їх звуження (*явище компенсаторної вазоконстрикції*). У фізично підготовлених осіб, в порівнянні з непідготовленими, судинні реакції перерозподілу крові, при максимальних навантаженнях, більш ефективні. Вони сприяють забезпеченню працюючих м'язів киснем і поживними речовинами, зумовлюють виведення з організму продуктів обміну.

Таблиця 3.7

Особливості перерозподілу кровообігу в стані спокою і при максимальних фізичних навантаженнях (за К. Андерсеном)

Кровообіг	Спокій		Максимальне фізичне навантаження	
	мл/хв.	%	мл/хв.	%
Органи черевної порожнини	1400	24	300	1
Нирки	1100	19	250	1
Мозок	750	13	750	3
Коронарні судини	250	4	1000	4
Скелетні м'язи	1200	21	22 000	88
Шкіра	500	9	600	2
Інші органи	600	10	100	1
Разом	5800	100	25 000	100

◇ 19. Розрахуйте коефіцієнт резерву (рівень здоров'я) у людини віком 17 років за показником хвилинного об'єму кровообігу. ЧСС обстежуваного в стані спокою – 60 ск./хв., артеріальний тиск (АТ) – 120/80 мм рт. ст.; ЧСС при тестуванні максимально допустимого рівня фізичної активності (МДРФА) – 200 ск./хв., АТ – 180/40 мм рт. ст.

* * *

Знаючи вік обстежуваного і АТ, розраховують систолічний обсяг крові (СОК) за формулою Старра: $СОК = 100 + 0,5 \cdot ПТ - 0,6 \cdot ДТ - 0,6 \cdot В$, де: ПТ – пульсовий тиск, мм рт. ст.; ДТ – діастолічний тиск, мм рт. ст.; В – вік, років.

У стані спокою $СОК = 100 + 0,5 \cdot 40 - 0,6 \cdot 80 - 0,6 \cdot 17 = 62$ мл.

Хвилинний об'єм кровообігу (ХОК): $ХОК = СОК \cdot ЧСС = 60 \cdot 62 = 3,72$ л/хв.

При тестуванні МДРФА $СОК = 100 + 0,5 \cdot 140 - 0,6 \cdot 40 - 0,6 \cdot 17 = 136$ мл; $ХОК = 200 \cdot 136 = 27,2$ л/хв.

Коефіцієнт резерву (КР), або рівень здоров'я, це величина, яка вказує на рівень зростання функціональної активності даної фізіологічної системи в умовах виконання максимально напруженої роботи.

У даному випадку КР за ХОК = $27,2 : 3,7 = 7,03$. Отже, рівень здоров'я обстежуваного за показником ХОК становить 7,0 умовних одиниць. Тобто в екстремальних умовах величина цього показника може бути збільшена у сім разів.

20. Загальновідомо, що безпосередньо після прийняття їжі не бажано (небезпечно для здоров'я) займатись фізичною роботою. Чому? Обґрунтуйте відповідь враховуючи особливості перерозподілу крові при виконанні фізичних навантажень.

* * *

При виконанні фізичної роботи відбувається значне зменшення кровообігу органів черевної порожнини та непрацюючих скелетних м'язів і збільшення кровообігу інтенсивно працюючих м'язів (табл. 3.7). За таких умов перетравлення їжі, що її прийняла людина перед фізичною роботою, порушується, поживні речовини їжі піддаються дії гнильних і інших мікроорганізмів (хімус загниває, бродить, руйнує слизову оболонку шлунка та кишечника). Інтенсивну фізичну роботу (тренування) після прийняття їжі доцільно проводити не раніше ніж через 1,5-2 год.

21. Різко зупинившись після інтенсивного бігу, спортсмен відчув запаморочення в голові. Що може бути причиною цього?

* * *

Припинення роботи скелетних м'язів спричиняє бездіяльність периферійних м'язових pomp, які в умовах скорочень м'язів допомагають серцю проштовхувати кров по судинах. Зосередженню значної частини крові в розширених капілярах нижніх кінцівок сприяє чинник земного тяжіння, оскільки серце не може перемістити необхідну кількість крові вгору по судинах, кровозабезпечення, а отже, і живлення мозку погіршується, рівень кров'яного тиску різко падає і людина втрачає свідомість (*гравітаційний шок*).

Для попередження виникнення гравітаційного шоку після напруженої роботи динамічного характеру необхідно продовжити біг, поступово зменшуючи його інтенсивність (заминка). Це сприятиме переходу частини циркулюючої крові в кров'яні депо, нормалізуватиме мозковий кровообіг і функцію серцево-судинної системи в цілому.

У випадку виявлення перших ознак гравітаційного шоку спортсмену належить прийняти горизонтальне положення, підняти ноги вгору, зробити масаж, направлений на забезпечення руху крові до серця.

22. Як змінюватиметься функціональний стан серцево-судинної системи людини при виконанні статичного навантаження? Сутність феномену статичних напружень.

* * *

Статична робота при тонічному напруженні м'язів може виконуватись упродовж тривалого часу без помітних змін діяльності серцево-судинної системи, без помітної втоми (підтримання пози сидіння чи стояння). Що ж до статичних зусиль, які супроводжуються тетанічними скороченнями м'язів, то вони не можуть продовжуватись довго, оскільки такі скорочення викликають швидку втому. Це зумовлено значними змінами кровообігу не тільки в м'язах, які скорочуються, а й в усьому організмі.

Особливістю зміни регіонального кровообігу в м'язі, який працює в умовах статичного (ізометричного) скорочення, є значне збільшення внутрішньом'язового тиску, що призводить до порушення капілярного кровообігу. При цьому активізуються механізми анаеробного енергозабезпечення, зростає ЧСС, у м'язах накопичується значна кількість молочної кислоти, інших продуктів обміну, що призводить до швидкого настання втоми. Зростання ЧСС за даних умов зумовлене активізацією м'язових пропріорецепторів, які підвищують тонуус нервового центру кровообігу в умовах анаеробного метаболізму. Разом з тим СОК при статичному зусиллі зменшується. Хвилинний об'єм кровообігу на початку статичного напруження великої групи м'язів збільшується за рахунок стимуляції ЧСС при одночасному зниженні показника СОК. Подальше зменшення СОК під кінець періоду статичного напруження приводить до ще більш значного зменшення ХОК.

Після припинення статичного напруження (у відновному періоді) спостерігається запізніле (більш виразне, ніж під час роботи) посилення кровообігу, вентиляції легень і споживання кисню (**феномен статичних напружень**). Даний феномен вказує на те, що дихання і кровообіг при статичних зусиллях менш ефективні, ніж при роботі динамічного характеру.

Оскільки феномен статичних напружень частіше виникає при напруженнях, що виконуються в положенні стоячи, коли для забезпечення руху крові серцю необхідно долати дію сил гравітації, то для розвитку статичної витривалості спортсменам варто виконувати відповідні комплекси вправ саме в такому положенні.

23. Хвилинний об'єм кровообігу (ХОК) у першого досліджуваного, який виконав напружену динамічну роботу – 30000 мл/хв., у другого – 20000 мл/хв. Обоє досліджуваних є працівники фізичної праці. Які показники роботи серця належать працівнику, робота якого пов'язана з статичними напруженнями, а які працівнику з динамічною формою праці?

* * *

Виконання тривалих циклічних (динамічних) навантажень працівником сприяє вдосконаленню механізмів аеробного енергозабезпечення (розвиток загальної витривалості), а отже систем, які забезпечують досягнення високих величин споживання кисню – дихальної і серцево-судинної. Фізична робота із значним обсягом статичних зусиль сприяє розвитку механізмів анаеробного енергозабезпечення і не зв'язана з високою досконалістю функцій киснезабезпечуючих систем. Отже, для першого досліджуваного характерним буде більша величина ХОК (30 л/хв.), і він є представником динамічної форми праці, а для першого – менша величина ХОК (20 л/хв.), і його робота пов'язана з статичними напруженнями.

3.3. Вікові особливості функціонування системи кровообігу. Зміни функціонального стану серцево-судинної системи у школярів і студентів в умовах емоційного стресу

24. Які особливості функціонування системи кровообігу характерні для дітей і підлітків?

* * *

У дітей, в порівнянні з дорослими, більша маса серця і загальний діаметр кровоносних судин, що значно полегшує кровообіг. Частота серцевих скорочень у новонароджених 120-140 ск./хв., у молодших школярів – 85-90 (у дорослих 65-75 ск./хв.). У дівчаток пульс на 5-10 ск./хв. частіший, ніж у хлопчиків. Артеріальний тиск (АТ) крові

у дітей віком 7–8 років – 100/65 мм рт. ст, у 12-річних – 105/70, у 15-річних – 110/75 мм рт. ст. У хлопчиків 5-9 років АТ вищий, ніж у дівчаток. Надалі, до початку періоду статевого дозрівання АТ стає більш високим у дівчаток, а з настанням періоду статевого дозрівання знову стає вищим у хлопчиків. У підлітків рівень АТ майже не відрізняється від величин, характерних для дорослих.

На рівень АТ виявляють вплив такі чинники як вік, зріст, стать, наявність місячних (у жінок), ЧСС, характер харчування, жирова маса, рухова активність тощо. У 90% людей з надмірною жировою масою тіла АТ підвищений, серед сухошавих артеріальна гіпертензія зареєстрована лише у 10% випадків, у вегетаріанців АТ нижчий ніж у м'ясоїдів. Кількість осіб з підвищеним АТ збільшується з віком.

Середній приріст АТ з 7 до 20 років становить 23,3 мм рт. ст. (1,79 мм рт. ст. упродовж року) для систолічного тиску і 20,3 мм рт. ст. (1.56 мм рт. ст. упродовж року) для діастолічного. Дещо більш високий приріст АТ спостерігається у віці від 11 до 14 років, що, ймовірно, зумовлено активізацією гормональної функції статевих залоз. В міру статевого дозрівання АТ у хлопчиків (з 14 років) стає вищим, ніж у дівчаток. Підвищений АТ відмічався в середньому у 2,8% дітей, понижений – у 1% дітей. В період статевого дозрівання відсоток дітей з гіпер- і гіпотензивним станом зростає відповідно на 5 і 3% (гіпертензія – тимчасове підвищення АТ, гіпотензія – тимчасове пониження АТ).

25. З віком у дітей спостерігається сповільнення ЧСС в стані спокою. Знижується ЧСС і у осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом. Які фізіологічні механізми лежать в основі цих явищ?

* * *

У дітей раннього віку значно переважає тонуc симпатичних нервів над тонуcом парасимпатичних нервів. Симпатичний нерв, що іннервує серце, збільшує ЧСС, парасимпатичний (блукаючий) нерв, навпаки, зменшує ЧСС. Тонуc нервових центрів блукаючого нерва у дітей з віком поступово підвищується, що і спричиняє відмічене сповільнення серцевої діяльності. Із зростанням фізичної підготовленості людини, яка систематично займається фізичною культурою і спортом, тонуc блукаючого нерва зростає (спортивна брадикардія), а отже рефлекторно сповільнюється і ЧСС.

◇ 26. Для визначення систолічного обсягу крові (СОК) у дітей користуються формулою:

$$\text{СОК} = 40 + 0,5 \cdot \text{ПТ} - 0,6 \cdot \text{ДТ} - 3,2 \cdot \text{В}$$

Розшифруйте показники наведені в даній формулі і визначіть СОК у учня віком 10 років, величина артеріального тиску у якого – 100/60 мм рт. ст.

* * *

ПТ – пульсовий тиск (100–60) – 40 мм рт. ст.;

ДТ – діастолічний тиск – 60 мм рт. ст.;

В – вік – 10 років.

$$\text{СОК} = 40 + 0,5 \cdot 40 - 0,6 \cdot 60 - 0,32 \cdot 10 = 20,8 \text{ мл.}$$

Отже, СОК у досліджуваного учня становить 20,8 мл.

27. Які чинники сприяють розвитку артеріальної гіпертензії у школярів?

* * *

Однією з причин підвищення АТ у дітей є психічні перенапруження, викликані навчальними навантаженнями, різними позакласними заняттями, малоруховий спосіб життя, значні витрати часу на перегляд телепередач, читання книг тощо. Підтвердженням психічної теорії артеріальної гіпертензії школярів є той факт, що у учнів фізико-математичних, математичних і інших спецшкіл підвищений тиск виявляється в п'ять разів частіше, ніж в учнів звичайних шкіл.

Здоров'я дітей залежить і від атмосфери, що оточує їх в школі та дома. Чинниками, що спричиняють розвиток артеріальної гіпертензії є гіпокінезія, порушення раціонального режиму дня, надмірна вага дітей, споживання солоної їжі, солодошів, хронічні захворювання нирок, печінки, жовчного міхура, тонзиліти тощо.

◇ 28. Користуючись формулами А.Т. Синякова ($\text{АТ}_{\text{сист}} = 1,7 \cdot \text{вік} + 83$; $\text{АТ}_{\text{діаст}} = 1,6 \cdot \text{вік} + 42$), розрахуйте нормативну (належну) величину артеріального тиску учня третього класу.

* * *

$$\text{АТ}_{\text{сист.}} = 1,7 \cdot 10 + 83 = 100 \text{ мм рт. ст.};$$

$$\text{АТ}_{\text{діаст.}} = 1,6 \cdot 10 + 42 = 58 \text{ мм рт. ст.}$$

Якщо фактична величина систолічного АТ вище нормативної (розрахованої за наведеними формулами) на 15 мм рт. ст. і більше, а діастолічний тиск – на 10 мм рт. ст. і більше, то це свідчить про гіпертензію. Якщо фактична величина систолічного АТ буде нижче належної на 20 мм рт. ст. і більше, а діастолічного – на 15 мм рт. ст. і більше, то такий стан вказує на гіпотензію.

29. Внаслідок травми учень втратив до 500 мл крові. Які компенсаторні зміни гемодинаміки активізуватимуться за даних умов?

* * *

Втрата крові активізуватиме такі компенсаторні механізми гемодинаміки:

- вихід крові із депо;
- прискорення ЧСС;
- зростання сили серцевих скорочень;
- прискорення течії крові;
- звуження артеріол;
- перехід міжклітинної рідини в кров;
- посилення процесів кровотворення.

30. Як впливають психоемоційні (екзаменаційні) стреси на функціональний стан системи кровообігу учнів та їхню працездатність?

* * *

Надзвичайна напруженість навчальної та позанавчальної роботи, соціальна незрілість студентів, низька фізична підготовленість, невміння організувати свою працю – усе це чинники, що створюють умови для перевтоми студентів, нервових, серцево-судинних захворювань, зниження захисних функцій організму, загострень захворювань які раніше не проявлялись. Емоційні перевантаження особливо шкідливі за умов зменшення рухової активності учнів (студентів), зловживанні алкоголем, курінні.

Внаслідок неправильної гігієнічної організації навчального процесу у вузі погіршується стан здоров'я студентів. У кінці першого та другого семестрів навчання у 30% обстежуваних студентів виявлено підвищення тиску крові, у 60% зареєстровані невротичні ознаки, у 40% – погіршення зору, у 20% – загострення хронічних хвороб.

Відсутність адекватних реакцій системи кровообігу на емоційні подразники спричиняє такі серцево-судинні захворювання як гіпертонічна хвороба, коронарна недостатність тощо. Однією з причин формування коронарної недостатності у студентів є екзаменаційний стрес і пов'язане з ним нервово-емоційне напруження, збільшення вмісту холестерину в крові. Встановлено, що вміст холестерину, жирів і жироподібних речовин в крові студентів в період першої половини екзаменаційної сесії різко підвищується, а під кінець сесії істотно знижується. Сильне хвилювання, страх, образливе слово нерідко зумовлюють приступи стенокардії, особливо у осіб, які мають зміни в серцевих артеріях, викликані атеросклерозом.

Активізація функцій системи кровообігу у студентів в умовах екзаменаційного стресу не рідко досягає величин, характерних для спортсменів в передстартовому періоді. Проте у спортсменів такі напруження і викликані ним зміни внутрішнього середовища за умови виконання тренувальних чи змагальних навантажень швидко нормалізуються. У студентів, які не мають такої фізичної розрядки, дане напруження може призвести, особливо під кінець сесії, до порушень діяльності серця, зниження працездатності, небажання вчитися.

❖ 31. Оцініть функціональну стійкість системи кровообігу студента, за допомогою психоемоційного тесту. Відомо що після 30-секундної роботи на розв'язання математичних задач ЧСС у досліджуваного збільшилось на 20%, а артеріальний тиск на 15%.

* * *

У досліджуваного в стані спокою вимірюють частоту пульсу і артеріальний тиск. Тоді дається завдання – вголос впродовж 30 с віднімати від цілих непарних чисел (наприклад, 333) непарні цілі числа (наприклад, 5). Після цього вдруге визначають частоту пульсу і величину артеріального тиску.

Результати вважаються добрими, якщо вимірювані показники пульсу і артеріального тиску збільшуються не більше, ніж на 30% від вихідних значень. Отже, функціональна стійкість серцево-судинної системи досліджуваного, за даними психоемоційного тесту (збільшення ЧСС на 20%, а АТ – на 15%), оцінюється оцінкою “добре”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М., Мурахов И.В. Серде и физические упражнения. – К.: Здоров'я, 1985. – 80 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 243 с.
3. Аринчин Н.И. Внутримышечные периферические “сердца” и гипокинезия. – Минск, 1983. – 146 с.
4. Булич С.Г., Мурахов И.И. Валеология. Теоретичні основи валеології. Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 224 с.
5. Душанин Р.А., Шигалевский В.В. Функция сердца у юных спортсменов. – К.: Здоров'я, 1988.
6. Кассиль Г.Н. Внутренняя среда организма. – М.: Наука, 1983.
7. Коробков А.В., Чеснокова С.А. Атлас по нормальной физиологии / Под редакцией Н.А. Агаджаняна. – М.: Высшая школа, 1987. – 351 с.
8. Коц Я.М. Кровь (гемоглобин и мышечная активность). – М.: ГЦОЛИФК, 1980. – 86 с.
9. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварини: Навч. посібник. – К.: Здоров'я, 1986. – 214 с.
10. Кучеров І.С., Шабатура М.Н., Давиденко І.М. Фізіологія людини. – К.: Вища школа, 1981. – 408 с.
11. Медико-біологічні основи валеології. Навчальний посібник. / За ред. П.Д. Плахтія. – Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2000. – 408 с.
12. Нормальная физиология / Под ред. А.Б. Коробкова. – М.: Высш. школа, 1980. – 560 с.
13. Общий курс физиологии человека и животных. В 2 кн. / Под ред. А.Д. Ноздричева. – М.: Высш. шк., 1991. – Кн. 1-2.
14. Основы физиологии функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
15. Плахтій П.Д. Тестування, оцінка та корекція функціонального стану школярів. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, інформ.-видав. відділ, 1997. – 112 с.

16. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності: Навч. посіб. – Вид. 2-ге, допов. і переробл. / П.Д. Плахтій. – К.: Професіонал, 2006. – 464 с.
17. Плахтій П. Фізіологія людини. Нейрогуморальна регуляція функцій : навч. посіб. – Вид. 2-ге, допов. і переробл. / П. Плахтій, О. Кучерук. – К. : Професіонал, 2007. – 336 с.
18. Плахтій П.Д. Обмін речовин та енергії: Навч. посіб. / П.Д. Плахтій, Т.В. Коваль, М.С. Гончаренко. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2009. – 336 с.
19. Плахтій П.Д. Фізіологія і біохімія м'язів та м'язової діяльності. / П.Д. Плахтій, Т.В. Коваль. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2010. – 212 с.
20. Практикум по нормальной физиологии / Под ред. Н.А. Агаджаняна и А.В. Коробкова. – М.: Высшая школа, 1983. – 328 с.
21. Фарбер Д.А., Корниенко И.М., Сонькин В.Д. Физиология школьника. – М.: Просвещение, 1990. – 64 с.
22. Фарфель В.С., Коц Я.М. Физиология человека. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 342 с.
23. Физиология человека. Т. III. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса, – М.: Мир, 1985. – 287 с.
24. Филимонов В. І. Фізіологія людини в запитаннях і відповідях: Навчальний посібник / Переклад з української мови. – Вінниця: Нова Книга, 2009. – 488 с.

Навчальне видання

Плахтій Петро Данилович

**кандидат біологічних наук, професор,
завідувач кафедри анатомії, фізіології і валеології
Кам'янець-Подільського національного університету
імені Івана Огієнка**

**ФІЗІОЛОГІЯ
КИСНЕЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ СИСТЕМ
в запитаннях і завданнях**

Оригінал-макет – Грозний А. Б.
Дизайн обкладинки – Зарицька У. М.

Підписано до друку 03.11.2011. Формат 60x84/16.
Гарнітура Times. Папір офсетний. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 13,12. Обл.-вид. арк. 18,12.
Наклад 500 прим. Зам. № 131.

Підготовлено до друку та надруковано
у видавництві ПП «Медобори-2006»
23243, Хмельницька обл., Кам'янець-Подільський р-н,
с. Довжок, пров. Радянський, 6а. Тел.: (03849) 9-09-45.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3025 від 09.11.2007 р.
www.drukarnya.com, e-mail: medobory@i.ua