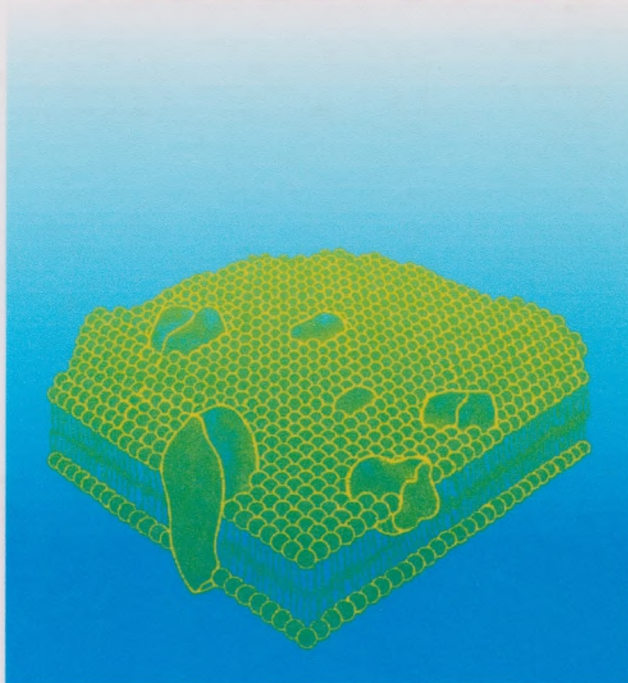


28.903
K667

Зоряна Коритко, Євген Голубій

ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ



Читальна зала
ЛДІФК *ЛД*

Зоряна Коритко, Євген Голубій

ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів університетів
та інститутів фізичної культури**

ЛЬВІВ - 2002

УДК 612
ББК 75.0

Автори:

Коритко Зоряна Ігорівна – к.б.н., доцент кафедри анатомії та фізіології;

Голубій Євген Михайлович – к.б.н., доцент кафедри анатомії та фізіології

Комп'ютерна верстка та оформлення:

Марти Коритко

Рецензенти:

Панасюк Є.М.

-д.м.н., професор, академік АН ВШ України, заслужений діяч науки і техніки України;

Стойка Р.С. – д.б.н., професор, зав.відділом регуляції проліферації клітин Інституту біології клітини НАН України;

Куц О.С. – д.п.н., професор, зав.кафедрою теорії та методики фізичного виховання ЛДДФК;

Сибіль М.Г. – к.б.н., доцент кафедри біологічних основ фізичної культури ЛДДФК

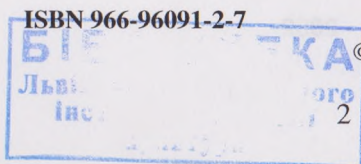
Ухвалено методичною радою ЛДДФК від 15 травня 2000 року, прот.№ 4 і рекомендовано до друку та впровадження в навчальний процес як навчальний посібник для студентів інститутів фізичної культури

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів університетів та інститутів фізичної культури

У навчальному посібнику згідно з програмою висвітлені ключові питання основних розділів курсу “Загальна фізіологія”. Головна увага приділяється опису фізіологічних функцій і механізмів їх регуляції у людини при м'язовій діяльності.

Для студентів університетів та інститутів фізичної культури.

ISBN 966-96091-2-7



© 2002 З.Коритко, Є.Голубій

В оформленні і редагуванні даного посібника велику допомогу надала нам **Марта Коритко**, тому випуск цього навчального посібника присв'ячується її світлій пам'яті.



Марта Коритко – студентка VI курсу Львівського медичного університету ім. Данила Галицького за спеціальністю лікувальна справа, відмінниця навчання, стипендіат ім. Марії Ліоне; активно займалась науковою роботою, член ради СНТ університету, голова фізіологічного гуртка, заступник голови студентського гуртка з загальної хірургії, учасниця і призер багатьох студентських і науково-практичних конференцій лікарів, з'їздів, симпозіумів з анатомії, фізіології та хірургії, нагороджена Львівським обласним фондом “НАДІЯ НАЦІЇ”, призер

300279
Всеукраїнських студентських олімпіад з терапії та хірургії, дипломант III Міжнародного студентського симпозіуму з хірургії (Ustroń, 2001); автор 17-и наукових публікацій, багатьох перекладів в журналі “Світ науки”, медичних рекомендацій ESMO (2002), член Львівської обласної громадської організації “Євроклуб”, нагороджена за участь в проєкті “Медичні дебати”, працювала в опіковому відділенні 8-ої клінічної лікарні.

Марта – активна пластунка з 12-и річним стажем, першунка міжстаничних таборів (лещатарських, “Ніде дітись”, Всеукраїнського Джемборі) та вишколів (Впорядників УПЮ’96, Золота булава’96, Черемош’99), іменована на Пластовій Орліададі’96 –Гетьманівною, учасниця сходження на Ельбрус в складі українсько-польської групи скаутів під керівництвом В.Д. Моногарова (2000), виховниця юнацького гуртка №2 ім. Олени Степанівни, неодноразово виконувала обов’язки таборового лікаря, в старшопластунство вийшла іменована вірлицею.

Мартуся – чудова дитина, що мала золоті руки, добре серце і веселу вдачу, надзвичайно талановита, писала вірші, пісні, грала на бандурі та гітарі, любила життя, філософ за натурою:

“Життя у людини лише одне! І воно таке коротке! Ніколи не знаєш скільки тобі ще залишлось... Тому кожную хвилину треба використовувати з користю.

Брати від життя усе: книги, знання, музику, спорт, пласт і все-все...” (із щоденника, 1995)

ПЕРЕДМОВА

Програмний матеріал з загальної фізіології достатньо об'ємний і складний, що вимагає для його засвоєння систематичної та серйозної роботи.

Мета запропонованого методичного посібника допомогти студентам свідомо, вірно і з максимальною користю організувати вивчення курсу загальної фізіології.

В посібнику висвітлені основні положення програмного матеріалу з загальної фізіології і визначена бажана послідовність його вивчення. В кінці кожного розділу приведена рекомендована література (основна і додаткова), а також контрольні питання, що відображають програмний матеріал та мали б на меті сприяти самоконтролю. До кожного розділу в додатку представлений довідковий цифровий матеріал основних фізіологічних та біохімічних показників.

Вивчаючи програмний матеріал з загальної фізіології, зокрема функції органів і систем та їх регуляцію, слід ясно і чітко собі уявити значення цих систем для забезпечення м'язової діяльності. Також слід звернути увагу на зміни в роботі систем та органів, які відбуваються при фізичних навантаженнях, на механізми виникнення цих змін, їх впливу на організм та шляхи подолання.

Слід чітко уявити, що методичний посібник не може замінити підручник. В ньому викладено в дуже стислій формі лише основні та загальні положення в певній рекомендованій послідовності, якої бажано дотримуватись при самостійному вивченні програмного матеріалу.

Сподіваємось, що матеріали методичного посібника будуть корисними при вивченні курсу загальної фізіології студентам заочного навчання та слухачам ФПК, також студентам очного навчання інститутів та університетів фізичної культури.

Автори

За матеріальну підтримку у видавництві посібника щиро вдячна своїм рідним і друзям: Ярославу Леськіву, Марії та Юрі Бернацьким.

Зоряна Коритко

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч.посібник.- К.: Вища школа, 1991. - 327 с.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - 496 с.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - 447 с.

Додаткова:

1. Нормальная физиология. Под ред. А.В. Коробова. Москва: Высшая школа, 1980. - 560 с.
2. Физиология человека. Под ред. Е.Б. Бабского. Москва: Медицина, 1972. - 656 с.
3. Физиология человека. Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. В четырёх томах. - Москва: Мир, 1986.
4. Основы физиологии человека. Под ред. Б.И. Ткаченко. В двух томах.- Санкт-Петербург: Международный фонд истории науки, 1994.
5. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. Москва: ФиС, 1991. - 224 с.
6. Калинин М.И., Рогозкин В.А. Биохимия мышечной деятельности. Киев: Здоров'я, 1985. - 144 с.
7. Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл. Физиология спорта и двигательной активности. Киев: Олимпийская литература, 1997. - 503 с.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ:

- АВРО₂** - артеріо-венозна різниця за киснем
АКТГ - адренокортикотропний гормон
АТ - артеріальний тиск
атм. - атмосферний
АТФ - аденозинтрифосфорна кислота
АХ - ацетилхолін
ВНД - вища нервова діяльність
Гл - ганглії
ГПСП - гальмівний постсинаптичний потенціал
ГАМК - гама-аміномасляна кислота
Гт - гіпоталамус
Гф - гіпофіз
дб - децибел
дл - декалітр
ДК - дихальний коефіцієнт
Дм - довгастиий мозок
ДО - дихальний об'єм
ЕЕГ - електроенцефалограма
ЕКГ - електрокардіограма
ЕМГ - електроміограма
ЄВд - ємкість вдиху
ЖЄЛ - життєва ємкість легенів
ЗЄЛ - залишкова ємкість легенів
ЗО - залишковий об'єм
ЗПСП - збуджуючий постсинаптичний потенціал
Ig A - імуноглобулін А
Ig G - імуноглобулін G
Ig E - імуноглобулін E
Ig M - імуноглобулін M
К - кора
КЕК - калоричний еквівалент кисню
Кс - кровоносна судина
КФ - креатинфосфат
ЛТГ - лютеїнізуючий гормон
М - м'яз
мВ - мілівольт
мекв - міліеквівалент
мг% - міліграм проценти
мкМ - мікромоль
мм - мілімоль

мОsM - міліосмомоль
мс - мілісекунда
МДВ - максимальна довільна вентиляція
МДС - максимальна довільна сила
МПК - максимальне поглинання кисню
МСГ - меланоцитостимулюючий гормон
Hb - гемоглобін
HbO₂ - оксигемоглобін
нм - нанометр
ОЦК - об'єм циркулюючої крові
ПД - потенціал дії
ПКП - потенціал кінцевої пластинки
ПРЛ - пролактин
РО - рухова одиниця
РОВд - резервний об'єм вдиху
РОВид - резервний об'єм видиху
pCO₂ - парціальний тиск вуглекислого газу
pO₂ - парціальний тиск кисню
РФ - ретикулярна формація
СВ - серцевий викид
СМ - спинний мозок
СО - систолічний об'єм
СТГ - соматотропний гормон
Тк - тканина
ТТГ - тиреотропний гормон
УО - ударний об'єм
ФЗЄ - функціонально-залишкова ємкість легенів
ФВ - фізичне виховання
ФПК - факультет підвищення кваліфікації
ФСГ - фолікулоstimулюючий гормон
Хе - холінестераза
ХОД - хвилинний об'єм дихання
ХОК - хвилинний об'єм крові
ЦНС - центральна нервова система
ЧД - частота дихання
ЧСС - частота серцевих скорочень

ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ

ВСТУП

Ввідна частина курсу має суттєве значення для подальшого вивчення загальної фізіології та фізіологічних основ фізичного виховання та спорту. В цій частині курсу розглянуто суть предмету фізіології та значення для вивчення інших дисциплін, створюється загальна цілісна уява про курс. Це допомагає зорієнтуватись у великому об'ємі матеріалу окремих розділів, формує вірний підхід при вивченні предмету.

У вступі подаються загальні фізіологічні поняття, без яких неможливо викладати курс, роз'яснюються терміни, що використовуються в більшості розділів. Отже, будучи однією з важливих ланок біологічної науки, фізіологія (від грецького *physis* - природа і *logos* - вчення) - це наука про життєдіяльність цілісного організму і окремих його частин: клітин, тканин, органів, функціональних систем. Фізіологія прагне розкрити механізми реалізації функцій живого організму, їх зв'язок між собою, регуляцію і пристосування до зовнішнього середовища, походження і становлення в процесі еволюції та індивідуального розвитку особи. Предметом вивчення фізіології є живий організм, функціонування якого як цілого представляє собою не результат простої механічної взаємодії частин, що його складають. Фізіологія - це наука, яка здійснює системний підхід, тобто досліджує організм, всі його елементи (частини) як системи. Системний підхід і знання фізіологічних закономірностей життєдіяльності організму дуже важливі для медицини, раціоналізації форм і режиму виховання дітей, наукової організації праці, відпочинку, фізичної культури, спорту тощо. Особливе значення для майбутніх спеціалістів в галузі фізичного виховання та спорту має питання про регуляцію функцій того чи іншого органу або системи органів при м'язовій діяльності. Правильний підхід до створення ефективних систем фізичного тренування вимагає глибокого знання особливостей та закономірностей роботи різних фізіологічних систем організму - м'язової, нервової, кардіореспіраторної, ендокринної та інших. Розібратись у цьому матеріалі можна лише тоді, коли зрозумілі і добре засвоєні загальні властивості живих організмів та фізіологічні механізми регуляції функцій. Живі організми володіють рядом основних властивостей: обмін речовин з навколишнім середовищем, здатність до самовідновлення (репродукція), подразливість, дискретність, авторегуляція (або саморегуляція) всіх хімічних і функціональних процесів, ритмічність фізіологічних процесів.

Обов'язковою умовою існування організму є підтримання основних показників його внутрішнього середовища (рН, склад крові та лімфи, міжклітинної рідини тощо) та функціональної активності органів на відносно сталому рівні.

Функціональна активність органів залежить від умов середовища, а координацію діяльності органів забезпечує нервова і гуморальна системи. Нервова регуляція забезпечує швидку реакцію відповідного органу на подразнення. Гуморальна регуляція здійснюється шляхом синтезу біологічно активних речовин, наприклад гормонів, які поступають в кров, змінюють швидкість і направленість обмінних процесів.

ФІЗІОЛОГІЯ ЗБУДЛИВИХ ТКАНИН

Клітини, тканини та організм можуть знаходитись або в стані спокою, або в діяльному стані. Діяльний стан клітин називається **збудженням**, недіяльний – **фізіологічним спокоєм**. При дії певної зовнішньої сили (подразника) клітину можна вивести із стану фізіологічного спокою.

Розглядаючи збудження як фізіологічний процес, необхідно розрізнити такі **поняття: подразливість, подразник, подразнення і збудження**.

Подразливість - це універсальна властивість живих клітин, тканин відповідати на дію факторів середовища зміною структурних і функціональних властивостей. В процесі еволюції виділились тканини, в яких подразливість досягла найвищого вираження і така їх властивість отримала назву **збудливість**. До збудливих тканин відносяться нервова, м'язова і залозиста тканини. Відмінною властивістю збудливих тканин є здатність реагувати на подразнення складним комплексом реакцій, які називаються **збудженням**. Збудження виникає у відповідь на подразнення, що поступає із зовнішнього і внутрішнього середовища. Процес дії подразника на живе називається **подразненням**.

Подразники поділяються за:

- 1) природою,
- 2) біологічним значенням,
- 3) силою.

За природою розрізняють подразники:

- механічні,
- хімічні,
- електричні,
- термічні,

- радіаційні,
- природні (напр. нервові імпульси) та інші.

За біологічним значенням подразники поділяються на:

- адекватні,
- неадекватні.

Адекватними називаються подразники, до сприйняття яких пристосована і чутлива та чи інша структура. Адекватні подразники викликають збудження при мінімальній силі подразнення. Наприклад, для паличок і колбочок сітківки ока адекватними є промені видимої частини сонячного спектру, для смакових сосочків язика - різноманітні хімічні речовини, для м'язів - нервовий імпульс.

Неадекватними називаються такі подразники, до сприйняття яких дана клітина чи орган спеціально не пристосовані. Такі подразники можуть викликати збудження у багатьох збудливих тканин і клітин при відносно великій силі і тривалості. Наприклад, при механічному подразненні сітківки ока в результаті натискання на очні яблука може виникати відчуття спалаху світла.

За силою подразники поділяють на:

- підпорогові,
- порогові,
- надпорогові,
- оптимальні,
- песимальні.

Найменша сила подразника, яка викликає збудження, називається **пороговою силою**. Сила, яка вища від порогової, називається **надпороговою**, а сила, яка нижча від порогової - **підпороговою**.

Найменша сила подразника, при якій спостерігається найбільша біологічна реакція, називається **оптимальною** (найкращою). При надзвичайно великій силі подразника реакція (скорочення м'язу) може зменшуватись і така сила називається **песимальна**.

Збудження всіх клітин, незалежно від специфічності функцій викликає появу електричного потенціалу на поверхні мембрани. Сам процес подразнення полягає у порушенні рівноваги електричного потенціалу на мембрані. Таким чином, всі прояви життєдіяльності клітин так чи інакше пов'язані з електричними властивостями клітинних мембран.

Біологічні мембрани утворюють зовнішню оболонку всіх тваринних клітин, а також беруть участь у формуванні внутріклітинних органел. Вони виконують дуже важливі функції, забезпечуючи цілісність клітин і тканин та їх активність. В основі

сучасних уявлень про структуру мембран лежить рідинно-мозаїчна концепція висунута С.Сінгером і Дж.Нікольсеном в 1972 р. (рис. 1).

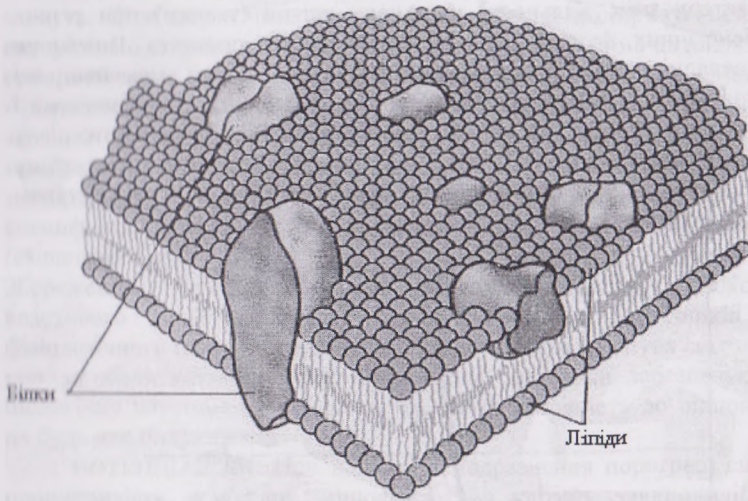


Рис. 1. Будова мембрани

Мембрани складаються в основному з ліпідів і білків, які утворюють білково-ліпідні комплекси - ліпопротеїни. Ліпіди в мембрані утворюють бімолекулярний шар. Молекули жирів (в основному це фосфоліпіди) - асиметричні: їх голови несуть електричний заряд і є гідрофільні (розчинні у воді), а хвости нейтральні і гідрофобні (нерозчинні у воді). Ліпіди в мембрані розміщені так, що полярні (гідрофільні) кінці молекул спрямовані до водного середовища, а гідрофобні (неполярні) їх кінці сховані в товщі мембрани. Глобулярні білки інтегровані в ліпідний біошар; причому одні з них пронизують її наскрізь, а інші втоплені лише частково. Інтегральні білки, що виявляються в плазматичній мембрані, відіграють дуже важливу роль: вони беруть участь в утворенні іонних каналів, відіграють роль мембранних pomp і переносників різних речовин, крім того, вони є рецепторними і розпізнавальними молекулами.

Вивчення біоелектричних явищ як фундаментального життєвого процесу пов'язане з ім'ям італійського вченого Л. Гальвані (1737-1798).

Слід уважно вивчити питання пов'язані з виникненням електричних потенціалів, що супроводжують процеси збудження і

гальмування в живих тканинах, проведенням збуджень по нервовому волокну і передачею їх м'язовому волокну через нервово-м'язовий синапс. Все це має важливе значення для розуміння характеру змін діяльності збудливих клітин (тканин) при різних фізіологічних, функціональних і патологічних процесах. Вивчаючи ці складні процеси, необхідно вяснити основні моменти, які зумовлюють наявність мембранного потенціалу спокою і виникнення потенціалу дії. До таких моментів слід віднести: різну концентрацію іонів (K^+ , Na^+) всередині і поза клітиною, різну проникливість для них клітинної мембрани і зміни її під впливом подразнення.

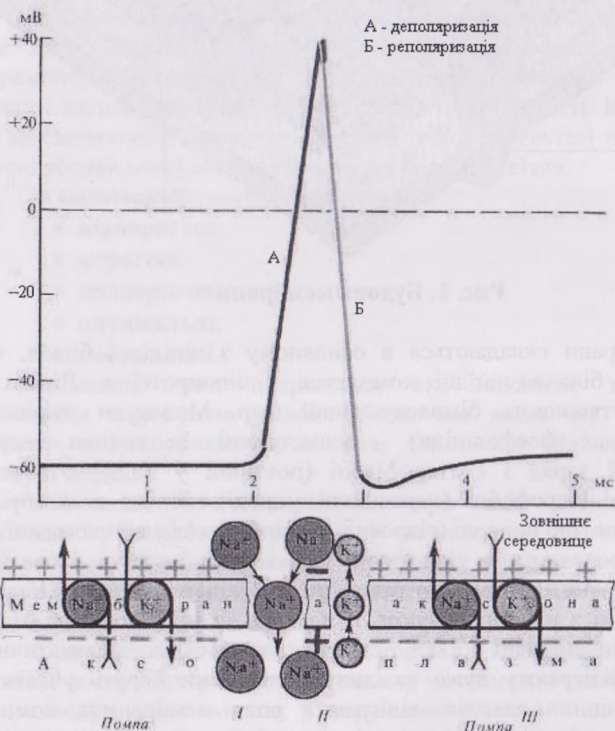


Рис. 2. Потенціал дії.

ПОТЕНЦІАЛ СПОКОЮ. В стані спокою мембрана є напівпроникна. Вона прониклива для катіонів K^+ , яких всередині клітини є в 30-40 разів більше, ніж назовні, і майже не прониклива для катіонів Na^+ , яких, навпаки, у 8-10 разів більше в міжклітинному просторі, ніж в цитоплазмі. Катіони K^+ проникають з цитоплазми в

міжклітинний простір, а аніони, які являють собою залишки неорганічних кислот (Cl^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^-), а також великі органічні аніони (білки, амінокислоти тощо), пройти через мембрану не можуть. В зв'язку з чим поверхність мембрани **поляризується**: з внутрішньої сторони вона заряджена **негативно** (тобто в цитоплазмі сумарний заряд аніонів переважає сумарний заряд катіонів), а ззовні - **позитивно** (сумарний заряд катіонів переважає над сумарним зарядом аніонів). Між зовнішньою і внутрішньою поверхнями мембрани виникає різниця потенціалів, яка носить назву мембранного потенціалу спокою. Мембранний потенціал спокою специфічний для клітин різних тканин одного і того ж організму (скелетний м'яз: -80-90 мВ; клітини епітелію: -20-30 мВ). Збереження відносно стійкого значення потенціалу спокою, властивого даній клітині - один із важливих показників її фізіологічного стану. Зниження потенціалу спокою до нуля свідчить про загибель клітини. Саме поляризація мембрани забезпечує її біологічну властивість - збудливість, тобто готовність до відповіді на будь-яке подразнення.

ПОТЕНЦІАЛ ДІЇ. При нанесенні подразнення порогової сили проникливість мембрани змінюється, і в клітину лавиноподібно починають проникати іони Na^+ , яких в міжклітинній рідині більше, ніж всередині клітини, і які в стані спокою через мембрану не проникають (рис. 2).

В міру нагромадження катіонів Na^+ всередині клітини проходить деполяризація мембрани (зменшення різниці потенціалів між зовнішньою та внутрішньою її поверхнями), що сприяє ще більшій проникливості для іонів Na^+ . В зв'язку з чим проходить не тільки зникнення потенціалу спокою (повна деполяризація), але й перезарядка мембрани. Вона стає на короткий час заряджена ззовні негативно по відношенню до її внутрішньої поверхні. Виникає **інверсія фаз**. Таке швидке коливання мембранного потенціалу, яке виникає під впливом тієї чи іншої дії, називається потенціалом дії. Його амплітуда сягає біля 120 мВ (різниця потенціалів між внутрішньою і зовнішньою сторонами мембрани змінюється від -90 -70 мВ - в стані спокою до +30 - +50 мВ - при збудженні). При виникненні потенціалу дії рух іонів Na^+ всередину клітини різко припиняється, але продовжується значний вихід іонів K^+ . Це веде до припинення зростання струму дії та раптового його повернення в зворотній бік. Закінчується пік потенціалу дії, і починається його слідова фаза, тобто відновлення поляризації мембрани - реполяризація. Відновлення мембранного потенціалу спокою здійснює Na, K - помпа, яка затрачаючи енергію АТФ, викачує іони

Na^+ з клітини і повертає іони K^+ в клітину. Це завершує повне відновлення потенціалу спокою (-90 мВ).

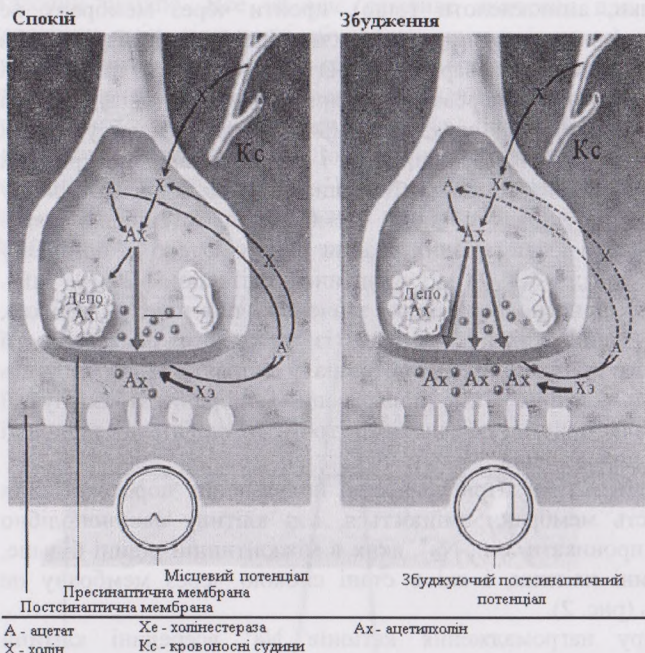


Рис. 3. Механізм синаптичної передачі

Слід звернути увагу на принципи реєстрації біоелектричних потенціалів. На них базуються методи дослідження біострумів серця (електрокардіографія), м'язів (електромиографія) і мозку (електроенцефалографія), які використовують в спортивній практиці для оцінки їх функціонального стану.

З електричними змінами у збудженій зоні тканини пов'язано і проведення нервового імпульсу по нервових і м'язових волокнах.

Передача збудження з кінцевої гілочки аксона нейрона на іннервоване ним м'язове волокно або інший нейрон здійснюється через **синапси** (з гр. - контакт) з участю **медіатора** (з гр. - посередник) - ацетилхолін, норадреналін тощо (рис. 3). Вивчення цього питання вимагає чіткої уяви про будову синапса, його пре- і постсинаптичних мембран і синаптичної щільності між ними. Досягнувши кінцевого розгалуження аксона, нервовий імпульс викликає деполаризацію і збільшує проникливість пресинаптичної мембрани нервового закінчення. Медіатор, який там знаходиться

виділяється в синаптичну щілину і шляхом звичайної дифузії досягає постсинаптичної мембрани. На поверхні постсинаптичної мембрани присутні рецептори, специфічні до цього медіатора. Утворення комплексів рецептор-медіатор викликає збільшення йонної проникливості постсинаптичної мембрани. При цьому відбувається її деполаризація, виникає **постсинаптичний потенціал**, і коли він досягає порогової величини, виникає потенціал дії, який розповсюджується по м'язовому волокні або передається на іншу нервову клітину. В процесі збудження нейрона або м'язового волокна відбувається зв'язана з ним зміна збудливості тканини. Процес розвитку збудження супроводжується багатофазовою зміною збудливості. В період розвитку потенціалу дії збудливість тканини (падає до нуля) зникає, потім поступово відновлюється і на деякий час стає навіть вищою від вихідної. Такі **зміни збудливості** отримали відповідно назви:

- фаза абсолютної рефрактерності (повна незбудливість),
- фаза відносної рефрактерності,
- фаза супернормальної (екзальтації або підвищеної збудливості),
- фаза субнормальної (незначного зниження збудливості),

які пов'язані із циклом електричних змін в тканині. Тривалість фаз збудливості для волокон рухового нерва: абсолютна рефрактерність - 0,5 мс; відносна рефрактерність - 4,8 мс; супернормальна фаза - 15-30 мс; субнормальна - 50 мс.

Тривалість фаз зміни збудливості пов'язана з важливою характеристикою функціональних властивостей тканини - її лабільністю (функціональною рухливістю). Вчення про лабільність як швидкість проходження процесів, якими супроводжується активність (діяльність) тканини, запропоновано М.Е.Введенським. Він же запропонував вимірювати лабільність тканини максимальним числом імпульсів, які вона здатна відтворити за 1 с, у відповідності з ритмом подразнень. Чим більше число імпульсів, тим вища лабільність тканини. Про лабільність збудливих тканин можна судити за тривалістю фази абсолютної рефрактерності. Чим вона коротша, тим більше число потенціалів дії може генерувати тканина за одиницю часу. Посереднім показником лабільності може служити хронаксія, тобто мінімальний час, який необхідний для того, щоб струм в дві **реобазис** (порогова сила подразника) викликав збудження. Хронаксія відображає швидкість розвитку збудження в тканині. Чим швидше виникає в ній хвиля збудження, тим менша хронаксія. В процесі спортивного тренування, особливо при переважному використанні швидкісних вправ, хронаксія м'язів

звичайно зменшується, що вказує на підвищення їх функціональної рухливості.

Лабільність різних тканин різна. Рухове нервово волокно володіє більш високою лабільністю, ніж м'язове. Відносно низька лабільність синапсів. Особливу увагу слід приділяти зміні лабільності в процесі діяльності.

Література :

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник.- К.: Вища школа, 1991. - С.9-34.
2. Фізіологія человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.10-35.
3. Фізіологія мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./Под ред. Я.М.Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.13-26.

Контрольні питання:

1. Що вивчає фізіологія та її суть?
2. Яке теоретичне і практичне значення фізіології для професійного рівня викладачів фізичного виховання та тренерів?
3. Які методи використовують для вивчення фізіологічних функцій?
4. Які основні властивості живих клітин?
5. Що таке подразливість і збудливість?
6. Які тканини відносяться до збудливих?
7. Подразники та їх класифікація.
8. Біоелектричні явища та їх природа.
9. Що таке потенціал спокою, місцевий потенціал і потенціал дії?
10. Що таке синапс, медіатор?
11. Які ви знаєте зміни фаз збудливості в процесі проходження поодинокого збудження?

Частина I. НЕРВОВА СИСТЕМА І РУХОВИЙ АПАРАТ

ФІЗІОЛОГІЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Весь матеріал цього розділу умовно можна розділити на дві частини. В першій - загальній фізіології центральної нервової системи (ЦНС) - розглядаються функції ЦНС, механізми їх здійснення, властивості нервових центрів, гальмування в ЦНС та інші загальні питання. В другій - окремій фізіології ЦНС - розглядаються функції різних відділів ЦНС, починаючи зі спинного мозку і закінчуючи корою великих півкуль.

Нервова система, виконуючи функції сприйняття подразнення з зовнішнього і внутрішнього середовища, організовує відповідні пристосувальні реакції. Сприйняття подразнень відбувається через сенсорні системи. Відповідна реакція здійснюється рефлекторною зміною діяльності окремих органів та зміною поведінки всього організму. Таким чином, виділяють три основні функції нервової системи:

- сприйняття подразнень
- регуляцію та координацію фізіологічних функцій
- організацію поведінки.

Умовно нервову систему поділяють на три частини: центральну, периферичну та автономну (вегетативну). До центральної відносять головний та спинний мозок, до периферичної - всі черепномозкові і спинномозкові нерви, а також нейрони, які утворюють вузли у черевній, грудній порожнинах і в робочих органах; до автономної (вегетативної) - та частина нервової системи, яка регулює діяльність внутрішніх органів і вегетативних функцій організму.

Центральна нервова система (ЦНС) має нейронний тип будови, тобто її морфологічною та функціональною одиницею є спеціалізована нервова клітина - **нейрон**. Нейрони здійснюють зв'язок між собою через спеціальні утворення - синапси. У кожній нервовій клітині виділяють: тіло, дендрити (короткі відростки), аксоновий горбик, аксон (довгий відросток).

Тіло (сома) нервової клітини покрите мембраною, має ядро з ядерцями, цитоплазму з усіма органелами, які забезпечують високоактивну специфічну функціональну діяльність, пластичне та енергетичне забезпечення цієї діяльності.

Дендрити - відносно короткі відростки, які сприймають інформацію. Поверхня їх вкрита великою кількістю шипиків (до 40000), які є місцем синаптичних контактів.

Аксонівий горбок - найбільш збудлива частина клітини, де починається аксон. Саме тут виникає потенціал дії нервової клітини, який розповсюджується по аксону.

Аксон - довгий відросток, за допомогою якого передається інформація від нервової клітини до інших відділів мозку або до робочих органів.

За функцією нейрони розрізняють:

- аферентні або чутливі
- еферентні або рухові
- проміжні або вставні

У нервовій системі є ще клітини нейроглії, які супроводжують нервові клітини. Відростки їх переплітаються між собою і утворюють густу сітку, яка заповнює простір між нервовими клітинами і капілярами. Клітини нейроглії складають до 40% об'єму мозку. Серед нейрогліальних клітин розрізняють астроцити, олігодендроцити та клітини мікроглії. Клітини нейроглії виконують опорну, захисну, трофічну функції та відіграють роль у виділенні продуктів обміну речовин з нервових клітин у кров.

Необхідно мати чітке уявлення про рефлекторну природу діяльності ЦНС і структуру рефлекторної дуги (рис. 4). Рефлекторні дуги складаються з різної кількості нейронів. Розрізняють двохнейронні та багатонейронні дуги, які за кількістю синапсів можна назвати моно- та полісинаптичними (дуги, які мають один або багато синапсів). Число ланок різних рефлекторних дуг постійне.

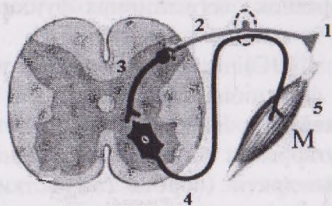


Рис. 4. Будова рефлекторної дуги:

1. Рецептор
2. Аферентний шлях (чутливий)
3. ЦНС
4. Еферентний шлях (руховий)
5. Робочий орган

До складу рефлекторної дуги входять: 1) **рецептор**, який сприймає подразнення; 2) **аферентне нервово волокно**, яке передає збудження з рецептора в ЦНС (**аферентний нейрон** знаходиться в спинномозкових гангліях поза ЦНС); 3) **вставні нейрони ЦНС**, нейрони й синапси, які передають збудження до еферентного

нейрону; 4) **еферентний нейрон і еферентне волокно**, яке несе збудження від ЦНС до периферичного органу; 5) **ефектор** - виконавчий орган, що відповідає на подразнення. Слід пам'ятати, що така схема розгляду рефлекторної дуги є схематичною і умовною.

Питання про особливості проведення збудження через нервові центри ускладнює уявлення про рефлекторну діяльність ЦНС. В дійсності властивості нервових центрів пов'язані з властивостями синапса.

Слід уважно розглянути питання про структуру і діяльність збуджуючих і гальмівних нейронів та синапсів. Синапси ЦНС з'єднують кінцеві розгалуження аксона одних нейронів з тілами (сомою) - інших (аксосоматичні синапси) з їх дендритами (аксодендритні синапси) та кінцевими розгалуженнями аксонів (аксоаксональні синапси) інших нейронів.

Аксон кожного нейрона може утворювати величезне число (до 10000) синапсів на багаточисельних нервових клітинах.

З іншого боку, на тілі та дендритах кожного нейрона наявна велика кількість синапсів, що утворені аксонами нервових клітин. Таким чином, можливості взаємозв'язку нейронів в ЦНС надзвичайно широкі. При цьому, синапси, які розміщені на тому чи іншому нейроні, діють на нього по різному. Одні його збуджують, а інші - гальмують. Характер впливу, який здійснюється з пресинаптичної мембрани одного нейрона на постсинаптичну мембрану іншого, залежить від властивостей діючого нейрона і медіатора, який виділяється закінченням його аксона.

Існують збуджуючі та гальмівні нейрони. На кінці аксона збуджуючих нейронів виділяється медіатор (в деяких синапсах спинного і головного мозку - **ацетилхолін**), який виділяється при збудженні нейрона в синаптичну щілину і діє на постсинаптичну мембрану, розміщену на другому нейроні, підвищує її проникність для іонів Na^+ . В зв'язку з цим процесом проходить деполяризація постсинаптичної мембрани і в ній виникає збуджуючий постсинаптичний потенціал (ЗПСП).

ЗПСП являє собою **місцевий потенціал**. Деполяризація мембрани при цьому ще не досягає порогової величини, необхідної для виникнення потенціалу дії. При повторному збудженні синапса через короткі інтервали часу або при одночасному збудженні декількох синапсів, що розміщені на нейроні, ЗПСП сумуються, деполяризація досягає порогового рівня і в результаті виникає потенціал дії, який розповсюджується вздовж аксона і на тіло клітини, яка сприймає збудження від збуджуючого нейрона.

При збудженні гальмівного нейрона закінчення його аксона секретують (виділяють) в синаптичну щілину інший медіатор (**гама-**

аміномасляна кислота), який викликає не деполяризацію, а навпаки гіперполяризацію постсинаптичної мембрани, тобто зростання її потенціалу спокою. Така зміна електричного стану мембрани носить назву гальмівного постсинаптичного потенціалу (ГПСП).

Познайомившись із механізмом синаптичної передачі нервового імпульсу, можна легше зрозуміти та засвоїти поняття про особливості проведення збудження через нервові центри. Так, забезпечення **одностороннього проведення збудження** (з аферентних нейронів до вставних, із вставних до еферентних) пов'язано з будовою та властивостями синапсів. А саме: із здатністю синтезувати і секретувати медіатор лише закінченнями аксона, які утворюють в місцях з'єднань з іншим нейроном **пресинаптичну мембрану**, оскільки тіло та дендрити клітини (**постсинаптична мембрана**) не виробляють медіатор, і тому неможлива передача збудження із постсинаптичної мембрани на пресинаптичну.

Із медіаторним механізмом (або хімічним шляхом) передачі нервового імпульсу в синапсах пов'язане **сповільнення проведення збудження** через нервові центри в порівнянні з його проходженням по нервових волокнах. Процес виділення медіатора нервовими закінченнями, дифузія його через синаптичну щілину, виникнення збудження в постсинаптичній мембрані наступного нейрона і сумація ЗПСП до рівня потенціалу дії проходить із значно меншою швидкістю (синаптична затримка), ніж проведення збудження по периферичних нервових шляхах.

Сумація збудження в нервових центрах також пов'язана з особливостями синаптичної передачі нервового імпульсу. Явище сумації виражається в виникненні рефлекторної реакції, якщо подразнення, яке при одноразовій дії на рецептор її не викликає, повторюється через короткі проміжки часу (**часова сумація**) або якщо воно діє одночасно на ряд рецепторів одного рецептивного поля (**просторова сумація**). Як часова, так і просторова сумація зумовлена зростанням збудження (ЗПСП) до порогової величини деполяризації, при якій виникає потенціал дії, що розповсюджується по нейрону і таким шляхом забезпечує рефлекторну реакцію.

Слід звернути увагу на таку властивість нервових центрів як **зміну ритму збудження** і зокрема на явище **засвоєння ритму**, яке надзвичайно важливе у здійсненні рухової діяльності.

Важливе значення в діяльності нервових центрів належить і **слідовим процесам**. Зміни функціональних властивостей нервових центрів, що виникають під впливом діяльності, можуть зберігатись у вигляді слідів і після припинення її. Здатність зберігати сліди відіграє важливу роль в утворенні нових рухових навиків в процесі

тренування. Довготривалі слідові зміни в корі великих півкуль є фізіологічним механізмом пам'яті.

Як і збудження, в діяльності ЦНС важливу роль відіграє процес гальмування. Відкриття явища гальмування в ЦНС належить І.М.Сеченову. Потім М.Є.Введенський займався дослідженням цього процесу. І.П.Павлов вивчав закономірності процесу гальмування в корі великих півкуль і його роль для вищої нервової діяльності. Згідно сучасних даних в ЦНС проходять процеси гальмування різного типу і розрізняються вони за механізмом їх виникнення та локалізації. Це «сеченовське гальмування», явище «парабіозу», що розкриває закономірності песимального гальмування, постсинаптичне і пресинаптичне гальмування.

Основою песимального гальмування (М.Є.Введенський) є зниження лабільності тканини під впливом високочастотної або довготривалої дії подразників. Збудження і фазові зміни збудливості тканини (зокрема, рефрактерні фази) починають протікати повільніше. Кожен імпульс, що приходить до тканини, де проходить такий процес, сприяє подальшому його розвитку. В певний момент збудження стає застійним, місцевим, і імпульси, що поступають через цю ділянку тканини пройти не можуть. Такий стан застійного місцевого збудження, що має всі риси гальмівного процесу, одержало назву парабіозу. Закономірності парабіозу пояснюють головним чином розвитком гальмування, яке виникає як результат конфлікту хвиль збудження. Такі умови характерні для діяльності ЦНС. Вставні і еферентні нейрони можуть піддаватись одночасно впливу імпульсів, які надходять по різних шляхах (відомо, що аферентних нейронів більше ніж вставних, а вставних більше, ніж еферентних). Гальмування, що виникає при цьому, має важливе координаційне значення в діяльності ЦНС.

Песимальне гальмування, як випливає із вище викладеного, не пов'язане з діяльністю будь-яких спеціальних гальмівних нейронів. Воно розвивається в збуджуваних синапсах при умові сильної деполяризації постсинаптичної мембрани під впливом надто частих нервових імпульсів.

Постсинаптичне гальмування здійснюється особливими гальмівними нейронами. Як уже згадувалось, серед вставних нейронів є, поряд із збуджуючими, гальмівні нейрони, в закінченнях яких утворюється медіатор, який викликає гіперполяризацію постсинаптичної мембрани, що підвищує її мембранний потенціал. Такі зміни мембранного потенціалу знижують здатність клітини до розвитку збудження, яке пов'язане з процесом деполяризації мембрани. Гальмування такого типу називається постсинаптичним,

так як воно розвивається на постсинаптичній мембрані нейрона, до якої підходять закінчення аксона гальмівної клітини.

За механізмом постсинаптичного розвивається зворотнє гальмування. Воно здійснюється **клітинами Реншоу**, які представляють собою **гальмівні нейрони**, що розміщуються в спинному мозку і мають тісний зв'язок з мотонейронами. Від аксонів мотонейронів до виходу їх із спинного мозку відходять бокові (зворотні) гілочки, які закінчуються збуджуючими синапсами на клітинах Реншоу. Аксони клітин Реншоу утворюють, в свою чергу, синапси на мотонейронах, які являються гальмівними. Коли мотонейрон збуджується, і імпульси по його аксону прямують на периферію - до м'язових волокон, то вони по бокових розгалуженнях одночасно досягають і клітин Реншоу. Збуджуючись, ці клітини здійснюють вплив на мотонейрони даного сегменту мозку. Чим сильніше збуджується мотонейрон, тим більше збуджуються і клітини Реншоу, і тим самим вони гальмують мотонейрони. Зворотнє гальмування можна розглядати як явище саморегуляції мотонейронів. Такий механізм регуляції мотонейронів має місце і в інших відділах мозку.

Пресинаптичне гальмування розвивається на кінцевих розгалуженнях нейронів до переходу таких розгалужень в синаптичні утворення. Такий тип гальмування краще зрозуміти, користуючись його схемою, яка зображена в підручнику. На пресинаптичних закінченнях аксона нейрона присутні синапси (аксоаксональні), що утворені іншими нейронами. Медіатор, що виділяється в таких синапсах, деполяризує пресинаптичні закінчення, блокуючи передачу імпульсів, що ідуть по них до наступного нейрона. Гальмівний ефект здійснюється таким чином не шляхом дії на тіло або дендрити іншого нейрона, а шляхом пригнічення імпульсів, які прямують до нього по деяких із пов'язаних з ним закінчень інших нейронів.

Діяльність ЦНС чітко координована. Координація - це таке співвідношення між елементами системи, які забезпечують її узгоджену діяльність, здійснюються в ЦНС шляхом взаємодії процесів збудження і гальмування. Взаємний вплив цих процесів і тісний зв'язок між ними можна спостерігати в межах одного нейрона та між нейронами. На тілі і дендритах нейрона знаходиться величезне число як збудливих, так і гальмівних синапсів. Стан нейрона, при якому чи виникає в ньому потенціал дії, який розповсюджується по аксону і досягає наступних нейронів, чи розвивається гальмування, залежить від того, які впливи в даний момент переважають. Як приклад взаємодії збудження і гальмування, що виникає в різних нейронах, і значення цього явища

для координації рухів слід розглянути питання про **реципрокну** (**взаємообернену**) іннервацію м'язів-антагоністів. При виконанні багатьох рухів нервові процеси в центрах м'язів-антагоністів виявляються протилежними. Так, будь-яке подразнення рецепторів шкіри (больові чи якісь інші) викликало збудження в центрах згиначів правої ноги, то в центрах розгиначів в цей час виникає гальмування. Цей спряжений процес захоплює і центри м'язів інших кінцівок, в даному випадку - лівої ноги. Там картина розподілу нервових процесів виявляється протилежною: в центрах згиначів - гальмування, в центрах розгиначів - збудження. Робота м'язів-антагоністів виявляється при цьому **координованою** - вони не заважають одне одному; навпаки, при скороченні згиначів правої кінцівки розгиначі її розслабляються, тонус їх знижується. Крім цього, при згинанні цієї кінцівки відбувається розгинання симетричної, на яку переноситься вага тіла (перехресний розгинальний рефлекс). Внаслідок цієї фази руху може наступити протилежна - зігнута кінцівка випрямляється, а розігнута - згинається (рефлекс віддачі). Ця друга фаза руху може, в свою чергу, змінитись третьою, яка повторює першу, третя - четвертою, яка повторює другу і т.д.

Реципрокна взаємодія центрів м'язів-антагоністів забезпечується при участі гальмівних нейронів. Так, у наведеному прикладі згинального рефлексу у відповідь на больове подразнення імпульси від рецепторів прямують по аферентних волокнах одночасно до різних вставних нейронів - збуджуючих і гальмівних. В той час, як перші викликають через свої синапси збудження мотонейронів згиначів кінцівки, яку подразнюють, другі - гальмують мотонейрони її розгиначів.

Зміни нервових процесів і виникнення рефлексів віддачі відбуваються у відповідь на імпульси із пропріорецепторів тих м'язів, які розтягувались в попередній фазі руху, тобто за механізмом міотатичного рефлексу (рефлексу на розтягування). Зміни процесів в центрах сприяє і явище послідовної індукції, яке заключається в посиленні збудження, що розвивається в нервовому центрі вслід за гальмуванням, і в посиленні гальмування вслід за збудженням.

На основі рефлексів віддачі часто формуються ритмічні ланцюгові рефлекси. Опираючись на реципрокну іннервацію м'язів-антагоністів, ланцюгові ритмічні рефлекси забезпечують такі рухи циклічного типу як ходьба, біг та багато інших. Але при виконанні цілого ряду рухів необхідна однотипна робота м'язів симетричних кінцівок (наприклад, при одночасному їх згинанні і розгинанні). В цих випадках явища реципрокності, що закономірно здійснюється

спинним мозком, змінюються і пригнічуються центрами головного мозку.

Для цілісності координованої діяльності ЦНС важливе значення має принцип домінанти (А.А.Ухтомський). Домінантні, тобто ті, що тимчасово переважають, джерела збудження визначають характер відповідних реакцій організму на дії із зовнішнього і внутрішнього середовища. Домінуюча система нервових центрів може тривалий час зберігати своє переважаюче значення і підтримувати певний напрямок в діяльності організму. Слід уважно вивчити цю закономірність нервової діяльності, її основні риси і зрозуміти роль в процесі фізичного виховання і спорту.

Вивчаючи фізіологію НС. слід чітко розуміти, що функції різних відділів мозку здійснюються при тісній взаємодії. Але для полегшення вивчення складної нервової діяльності приходиться розглядати роботу кожного відділу, умовно виділяючи його із всієї системи. При такому підході легше орієнтуватись, якщо виходити із деяких загальних закономірностей, які характеризують розвиток ЦНС і форми взаємовідносин між її окремими відділами. Слід пам'ятати, що нервові утворення, які виникали на будь-якій сходині філогенезу, формуються з переднього або головного кінця мозку. А це означає, що чим вище розташований відділ мозку, тим пізніше він сформувався в процесі еволюції, тим "молодший" він є в філогенетичному відношенні. Безпосередні зв'язки з органами, що лежать на периферії, мають лише нижчі відділи мозку. Вище розміщені відділи одержують інформацію з периферії і впливають на діяльність периферичних органів не безпосередньо, а через свої зв'язки з нижчележачими відділами. Виникає при цьому поняття про сегментарні і надсегментарні центри мозку. До сегментарних центрів відносять ті, що безпосередньо зв'язані з певними ділянками (сегментами) тіла, до надсегментарних - ті, у яких такі зв'язки відсутні, але вони здатні регулювати діяльність сегментарних апаратів і тим самим - роботу периферичних органів. Діяльність надсегментарних апаратів складніша, ніж сегментарних. Надсегментарні (вищі центри), хоча і не мають безпосереднього зв'язку з периферією, одержують більш широку інформацію від різних рецепторів. Аналіз цих сигналів і їх співставлення дозволяє організувати через різні сегментарні центри складну рефлекторну діяльність організму.

Вищі центри не лише впливають на рефлекторну діяльність нижчележачих, але і "беруть на себе" керування функціями, які були притаманні "старим" центрам. З утворенням нового, вищого відділу, функції нижчого перебудовуються. Він втрачає при цьому своє

самостійне значення. Його функція включається як елемент в більш складну діяльність або замінюється новою. Такий процес поступового переміщення регуляції функціями на вищі поверхи ЦНС називається церебрацією, а на більш пізніх стадіях розвитку у зв'язку з переважаючим значенням кори головного мозку - кортикалізацією функцій.

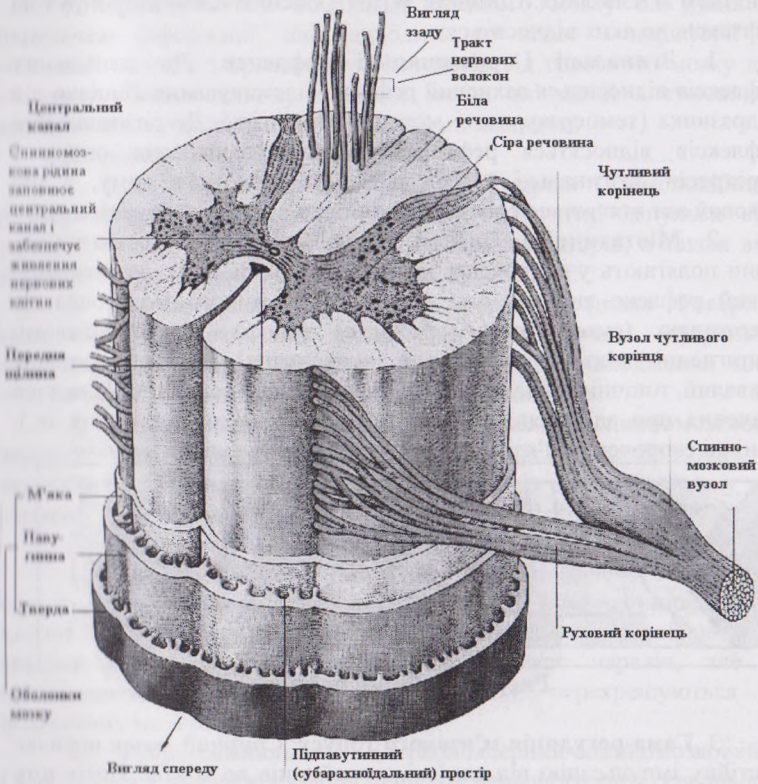


Рис.5. Будова спинного мозку

Враховуючи таке положення, легко зрозуміти і запам'ятати, що **спинний мозок** (рис.5) відрізняється великою кількістю зв'язків з периферією (31 пара нервів), але здійснює він тільки сегментарні функції. Його діяльність регулюється вищележачими відділами. В процесі еволюції його самостійне значення дещо зменшилось, але збереглась важлива роль відділу, через який здійснюється, з однієї сторони - передача інформації (**провідникова функція**), а з другої -

виконання “вказівок”, що склалися в вищележачих відділах ЦНС (**рефлекторна функція**).

РЕФЛЕКСИ СПИННОГО МОЗКУ можна поділити на:

1. **Рухові.**
2. **Вегетативні.**

Мотонейрони спинного мозку іннервують всі скелетні м'язи за винятком м'язів лица. Спинний мозок здійснює елементарні рухові рефлекси, до яких відносяться:

1. **Згинальні і розгинальні рефлекси.** До згинальних рефлексів відноситься захисний рефлекс відсмикування кінцівки від подразника (температурного, механічного та ін.). До розгинальних рефлексів відносяться рефлекси відштовхування від опори і перехресні розгинальні рефлекси, які полягають в тому, в що руховий акт втягується крім однієї кінцівки ще й інша (симетрична).

2. **Міотатичні рефлекси або рефлекси на розтягнення.** Вони полягають у скороченні м'язів у відповідь на їх розтягнення. Такий рефлекс виникає при ударі неврологічного молоточка по сухожиллю (сухожилковий рефлекс) (рис.6). При тривалому розтягненні м'язів рефлекторне скорочення їх носить також тривалий, тонічний характер. Рефлекси на розтягнення мають велике значення при здійсненні локомотивних актів (ходьба, біг та ін.). Тонічні скорочення м'язів лежать в основі підтримання пози.

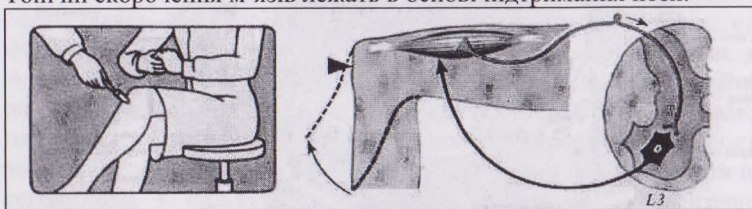


Рис. 6. Колінний рефлекс

3. **Гама-регуляція м'язового тону.** Спинний мозок посилає постійну імпульсацію від альфа-мотонейронів до м'язів. Потік цих імпульсів регулюється вищележачими рівнями нервової системи з допомогою гама-мотонейронів спинного мозку, які підвищують м'язовий тонус.

4. **Ритмічні рефлекси.** Вони особливо виражені при виконанні циклічних рухів. Їх виникнення і протікання пов'язане з проявом механізмів реципрокної взаємодії центрів м'язів-антагоністів. Найпростіший рефлекс - рефлекс почісування, пов'язаний з по черговим скороченням і розслабленням одних і тих самих м'язів. Більш складніший - ступальний рефлекс. Він лежить в основі

ходьби, бігу та інших локомоцій, і для його здійснення необхідна участь вже не однієї, а двох симетричних кінцівок.

Спеціальні мотонейрони іннервують дихальні м'язи - міжреберні м'язи та діафрагму і забезпечують дихальні рухи. Вегетативні нейрони іннервують всі внутрішні органи і здійснюють рефлекси, що регулюють їх діяльність.

ПРОВІДНИКОВА ФУНКЦІЯ спинного мозку пов'язана з передачею інформації, що надходить до нього з периферії у головний мозок і з проведенням імпульсів від головного мозку до спинного. Таким чином, спинний мозок зв'язаний з головним висхідними і низхідними провідниковими шляхами.

До *висхідних шляхів* відносяться:

1. **Шлях Голя** (тонкий пучок) і **Бурдаха** (клиноподібний пучок). Волокна цих шляхів проводять аферентні імпульси від рецепторів шкіри (відчуття, тиск) і пропріорецепторів, а також від внутрішніх органів до задньої центральної звивини.

2. **Задній** (шлях Флексіга) і **передній** (шлях Говерса) **спинномозково-мозочкові шляхи**. Вони проводять аферентні імпульси від пропріорецепторів до мозочка. Пошкодження цих шляхів веде до порушення тонусу і координації рухів.

3. **Спинномозково-таламічний шлях** (спинномозково-зоровогорбковий шлях). Проводить імпульси від больових і температурних рецепторів, а також рецепторів відчуття і тиску до зорових горбів проміжного мозку.

До *низхідних шляхів* відносяться:

1. **Кортико-спинальні пірамідні шляхи** (бічний і передній кірково-спинномозкові пірамідні шляхи). Вони йдуть від пірамідних клітин до сегментарних структур спинного мозку, відповідають за свідомі рухи. При їх пошкодженні виникає параліч, але з протилежної сторони, бо нервові шляхи перехрещуються в довгастому мозку.

2. **Рубро-спинальний** (червоноядерний-спинномозковий). Складається з довгих відростків нейронів червоного ядра середнього мозку. Оскільки червоне ядро зв'язане з мозочком, то цей шлях може служити низхідним і для мозочка. Здійснює несвідоме, автоматичне регулювання рухів і м'язового тонусу.

3. **Вестибуло-спинальний шлях** (пристінково-спинномозковий шлях). Йде від вестибулярного апарату внутрішнього вуха. Бере участь в регуляції м'язового тонусу.

Крім перелічених, є ще інші низхідні шляхи, що з'єднують проміжний, середній і довгастий мозок зі спинним мозком.

Довгастий і середній мозок, поряд з сегментарними, здійснюють і надсегментарні функції. Всі інші відділи мозку

(проміжний, підкоркові центри, мозочок, кора великих півкуль) сегментарних центрів не мають і здійснюють надсегментарні функції (рис.7).

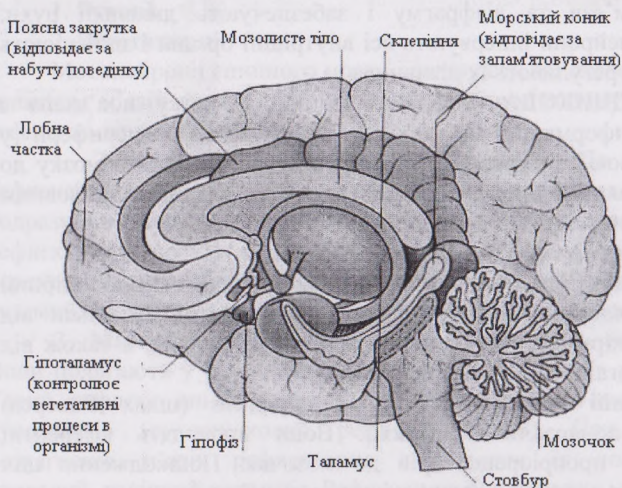


Рис. 7. Будова головного мозку

ДОВГАСТИЙ МОЗОК І ВАРОЛІЄВИЙ МІСТ. Спинний мозок переходить в довгастий мозок і варолієвий міст, які утворюють задній мозок. Задній мозок здійснює складну рефлекторну діяльність і з'єднує спинний мозок з головним. В середній частині заднього мозку міститься **ретикулярна формація** (сітчастий утвір), яка є неспецифічним відділом і регулює збудливість і тонус різних відділів ЦНС. Задній мозок розміщений над спинним мозком.

ФУНКЦІЇ ДОВГАСТОГО МОЗКУ І МОСТА.

1. **Рефлекторна.**

2. **Провідникова.**

РЕФЛЕКТОРНА ФУНКЦІЯ. В довгастому мозку і варолієвому мості знаходяться **ядра з V по XII пари черепномозкових нервів**, які іннервують шкіру, слизові оболонки, м'язи голови і ряд внутрішніх органів (серце, легені, печінку). Довгастий мозок бере участь в рефлекторній регуляції основних вегетативних функцій. Пошкодження довгастого мозку веде до смерті, оскільки в ньому знаходиться **життєво важливі рефлекси**.

Дихальний центр. На дні IV шлуночка в довгастому мозку знаходиться дихальний центр. При його пошкодженні негайно припиняються дихальні рухи.

Серцево-судинний центр. Розміщений поблизу дихального центру і регулює діяльність серця і стан судин. Функції цих центрів взаємопов'язані.

Рефлекторні центри, що пов'язані з процесами травлення. Це група центрів **моторних рефлексів** (жування, ковтання, рухів шлунка і частини кишківника), а також **секреторних** (слиновиділення, виділення травних соків шлунка, підшлункової залози та ін.).

Центри деяких **захисних рефлексів**. Це рефлекси чхання, кашлю, мигальний рефлекс, рефлекс слюзовиділення і блювання.

Центр потовиділення. Збуджується при підвищенні температури тіла або перегріванні.

Довгастий мозок відіграє важливу роль в здійсненні рухових актів і в **регуляції м'язового тону**су. Впливи, які йдуть з вестибулярних ядер довгастого мозку посилюють тону м'язів-розгиначів. Неспецифічні відділи довгастого мозку, навпаки, пригнічують тону скелетних м'язів.

ПРОВІДНИКОВІ ШЛЯХИ ДОВГАСТОГО МОЗКУ. Через довгастий мозок проходять висхідні шляхи від рецепторів слухової і вестибулярної чутливості. В довгастому мозку закінчуються аферентні нерви, які несуть інформацію від рецепторів шкіри і м'язових рецепторів. Тут вони переключаються на інші нейрони, які йдуть в таламус і в кору великих півкуль. Висхідні шляхи шкірно-м'язової чутливості так само як і більшість низхідних шляхів перехрещуються на рівні довгастого мозку..

МОТОРНІ ЦЕНТРИ СЕРЕДНЬОГО МОЗКУ. СТАТИЧНІ ТА СТАТОКІНЕТИЧНІ РЕФЛЕКСИ. В середньому мозку знаходяться: **ядра чотирьохгорбкового тіла, червоне ядро, ядра окоорухового і блокового нервів і чорна субстанція.** Через середній мозок проходять всі висхідні шляхи, які несуть імпульси до таламуса, великих півкуль і мозочка, а також низхідні шляхи, що проводять імпульси до довгастого і спинного мозку. В середньому мозку, так само як і в довгастому, розміщені нейрони ретикулярної формації.

Передні горби чотирьохгорбкового тіла являють собою **первинні зорові центри**, а **задні - первинні слухові центри.** Вони здійснюють ряд реакцій, що є компонентами **орієнтувального рефлексу.** У відповідь на раптовий подразник відбувається поворот голови і очей в сторону подразника. Цей рефлекс І.П. Павлов назвав «Що таке?». Він необхідний для підготовки організму до своєчасної реакції на будь-який новий подразник. При цьому посилюється тону м'язів згиначів (підготовка до рухової реакції) та зміна вегетативних функцій (дихання, серцебиття). Людина з порушеннями

в ділянці чотириохгорбкового тіла не може швидко реагувати на несподіваний подразник.

Середній мозок бере участь в **регуляції рухів очей**. Ядра блокового (IV) нерва іннервують верхній косий м'яз ока. Ядра окорухового (III) нерва іннервують верхній, нижній і внутрішній прямі м'язи ока і м'яз, який піднімає повіку. Разом з ядром відповідного (IV) нерва заднього мозку, який іннервує зовнішній прямий м'яз ока, ці ядра середнього мозку здійснюють поворот ока в будь-якому напрямі, **акомодацію ока, зіничний рефлекс** (розширення зіниці в темноті і звуження на світлі).

Чорна субстанція має відношення до **рефлексів жування, ковтання**, а також бере участь у **регуляції тонусу м'язів** (особливо при виконанні дрібних рухів пальцями рук).

В середньому мозку важливі функції виконує **червоне ядро**. Воно зв'язане з корою великих півкуль, ретикулярною формацією стовбура, мозочком і спинним мозком. Червоне ядро - важливий координуючий і регулюючий центр екстрапірамідних шляхів (**керує автоматичними несвідомими рухами, підтримує тонус мускулатури**). Від червоного ядра починається рубро-спинальний до мотонейронів спинного мозку. Разом з сітчастим утвором і чорною речовиною червоне ядро регулює **м'язовий тонус**.

ТОНІЧНІ РЕФЛЕКСИ СТОВБУРА МОЗКУ. Важливою функцією мозкового стовбура - довгастого і середнього мозку - є перерозподіл м'язового тонусу в залежності від положення тіла в просторі. Перерозподіл тонусу відбувається рефлекторно і забезпечує рівновагу тіла. Ця важлива функція здійснюється за допомогою **тонічних рефлексів**, які виникають при зміні положення тіла і голови в просторі в результаті збудження вестибулярного апарату і пропріорецепторів.

Тонічні рефлексі (за Р. Магнусом) поділяють на дві великі групи:

1) **Статичні рефлексі**, які забезпечують певне положення тіла в просторі (позу тіла), підтримують тонус м'язів, виникають при зміні положення голови. Здійснюються центрами довгастого і середнього мозку.

2) **Стато-кінетичні рефлексі**, які викликаються переміщенням тіла, підтримують позу тіла в переході з одного стану в інший, пов'язані з роботою вестибулярного апарату. Виникають при обертанні тіла або при відносному переміщенні окремих його членів, при прискореннях: ліфтні рефлексі, ністагм очей і голови. Здійснюються при участі ядер середнього мозку.

Статичні рефлексі в свою чергу поділяються на дві групи:.

1) **Рефлекси положення або позно-тонічні рефлекси**, які забезпечують певне положення, або позу тіла. При цих рефлексах проходить перерозподіл тонусу, напр. зменшення тонусу м'язів розгиначів і збільшення тонусу м'язів згиначів в тих або інших кінцівках. Такі рефлекси здійснюються центрами довгастого мозку.

2) **Установочні або випрямляючі рефлекси**, які забезпечують повертання тіла з неприродного положення в нормальне, здійснюються центрами середнього мозку при активній участі червоного ядра.

Для вивчення функцій мозку використовували різні **методи дослідження**. Слід ознайомитися з даними про порушення діяльності організму при **пошкодженні** (виключенні) функцій того чи іншого відділу мозку (**видалення** його у тварин, **захворювання** у людини), про зміни, що наступають при його **стимуляції** (подразненні), з результатами інших експериментів, уважно їх проаналізувати і таким шляхом одержати чітке уявлення з даного питання.

При розгляді функцій кожного з відділів ЦНС слід з'ясувати - який характер його взаємодії з іншими, які рефлекторні акти він забезпечує, які особливості його діяльності та роль в здійсненні надзвичайно складної роботи мозку. Так, наприклад, при вивченні функцій **довгастого мозку** з'ясовується, що в ньому розміщений дихальний та ряд інших важливих центрів вегетативних функцій. Це підкреслює його **життєво важливе значення для організму**. Засвоївши ці положення, слід детально ознайомитися з питаннями про зв'язок цього відділу мозку з периферією та іншими відділами ЦНС, про характер його впливу на різноманітні процеси, в тому числі і на рухову діяльність (м'язовий тонус, рефлекси підтримання положення тіла).

Надзвичайне значення **середнього мозку** для регуляції і перерозподілу м'язового тонусу і для здійснення випрямних та етакінетичних рефлексів пов'язане з розміщеними в ньому **червоними ядрами**, до яких надходять імпульси від мозочка та інших відділів мозку, а також з ядрами **сітчастого утворення** (ретікулярної формації).

Розглядаючи за подібним принципом інші відділи мозку, слід звернути увагу на найбільш суттєві (специфічні) положення в функціях кожного з них. Варто звернути увагу на наступне: зорові горби проміжного мозку (**таламус**) являють собою **розподілювач чутливості**. Імпульси від всіх рецепторів тіла, перш ніж потрапити в кору великих півкуль, поступають в зорові горби. Там вони взаємодіють і "переробляються", деякі при цьому пригальмовуються, інші передаються в відповідну зону кори і

викликають певні відчуття. Такий великий об'єм інформації надає проміжному мозку, до складу якого входить і позагорбова ділянка (**гіпоталамус**) з її важливими центрами **регуляції вегетативних процесів** (обмін речовин, температура тіла, діяльність залоз внутрішньої секреції та інші), здатність здійснювати складні рефлекторні акти.

Мозочок регулює **функціональний стан різних утворень** - рецепторів, нервових центрів, м'язів, вегетативних органів, здійснюючи, таким чином, **координацію всіх складних рухових актів і вегетативних процесів** в організмі. Тварини, у яких видалено мозочок, живуть і рухаються, але недостатньо координовано. Для розуміння особливостей діяльності мозочка необхідно уважно вивчити і проаналізувати порушення рухових функцій при його видаленні (астенія, астазія, атонія, атаксія).

Особливими властивостями володіє **кора великих півкуль**. Її пластичність забезпечує формування нових зв'язків, нових форм діяльності. В клітинах кори відбувається вищий (надзвичайно тонкий) аналіз дії середовища на організм. Кора здійснює вищу нервову діяльність (ВНД), яка складає спеціальний розділ курсу. Необхідно уважно вивчити матеріал про різні зони кори, про її сенсорну та ефektorну діяльність, в'яснити структуру пірамідної та екстрапірамідної систем мозку і функції, які здійснюються з їх участю корою та іншими відділами.

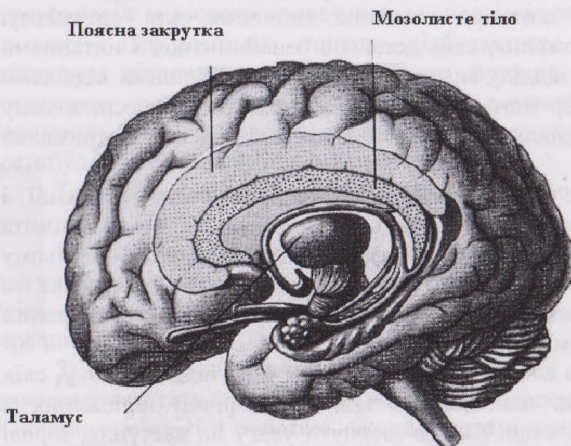


Рис.8. Лімбічна система

Приведені вище дані про різні відділи ЦНС не вичерпують матеріал, який необхідно засвоїти з підручника. Вони можуть лише

допомогти студенту зорієнтуватися в цій складній інформації. Зокрема, слід згадати лімбічну систему, яка в процесі розвитку людини еволюціонувала найшвидше. Лімбічна система (рис.8) розміщена навколо верхньої частини стовбура мозку та утворює край (лімб), що сполучає коркові та середньомозкові ділянки з нижчими центрами, які регулюють функції організму. Лімбічна система відіграє важливу роль у вияві інстинктів, активності, емоцій. Вона визначає підсвідому, інстинктивну поведінку, подібну до тваринних реакцій виживання, таких, як реакція “воювати-читікати” чи інстинкт розмноження. У людини більшість цих природжених примітивних реакцій модифікується корою мозку. Сприймання запаху, світла, формування пам’яті теж перебуває під впливом лімбічної системи.

Вимагає уваги питання про специфічні та неспецифічні відділи ЦНС. До **специфічного** відділу відносять шляхи і нервові центри, які проводять певні аферентні імпульси від рецепторів до відповідних ділянок мозку і певні еферентні імпульси до робочих органів. На базі цих імпульсів і виникають відчуття і виконується відповідна рефлекторна діяльність. Такі утворення одержали назву специфічних, на відміну від інших (**неспецифічних**), діяльність яких не пов’язана з будь-якою певною аферентною чи еферентною імпульсацією, що проявляється в специфічних відчуттях та актах відповіді.

До неспецифічного відділу належить **ретиккулярна формація** (сітчастий утвір) (рис.9), яка розміщена в середній частині стовбура мозку і складається із скупчення нервових клітин, що мають велику кількість відростків. Відростки утворюють густу сітку волокон та забезпечують широку взаємодію нейронів між собою та з іншими нервовими утвореннями. Неспецифічні ядра зустрічаються і в області зорових горбів.

В клітини сітчастого утвору надходять імпульси з розгалужень різних специфічних шляхів, що розміщені близько до них – в бокових ділянках стовбура мозку. Отже, збудження клітин сітчастого утвору може відбуватися при подразненні різних рецепторів. Активізуючись за рахунок цих імпульсів, **нейрони сітчастого утвору здійснюють як висхідні, так і низхідні впливи**. Імпульси від нейронів сітчастого утвору досягають кори великих півкуль (висхідні впливи) і здійснюють на неї активуючу дію. При цьому, незалежно від того, за рахунок подразнення яких рецепторів і якого із специфічних шляхів виникло збудження нейронів сітчастого утвору, імпульси від них прямують у всі ділянки кори, а не лише в ту ділянку, куди проводять свої імпульси відповідні специфічні шляхи. Важливість цих висхідних активуючих впливів сітчастого

утвору надзвичайно велика. Вони підтримують стан активності і нормальну діяльність кори великих півкуль. Рядом досліджень показано, що при зруйнуванні сітчастого утвору тварина впадає в глибокий сон, хоча специфічними шляхами в кору продовжують поступати аферентні імпульси.

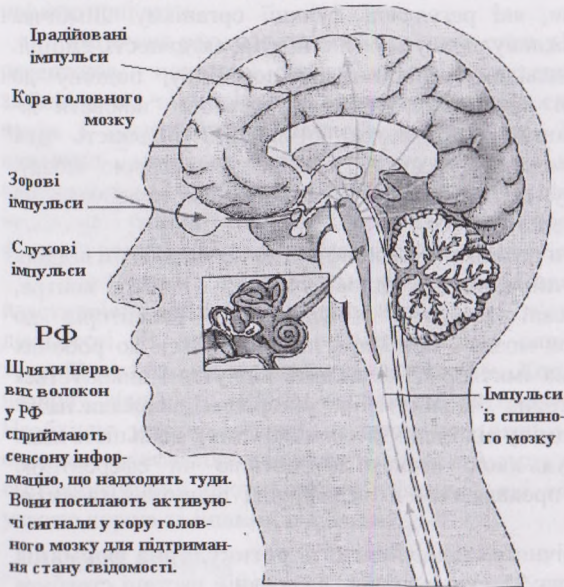


Рис.9. Ретикулярна формація

Діяльність сітчастого утвору регулюється в свою чергу корою великих півкуль.

Імпульси від нейронів сітчастого утвору здійснюють також активуючий і гальмівний вплив на спинний мозок (низхідний вплив). Особливе значення має вплив сітчастого утвору на тонус скелетної мускулатури. Ці впливи сітчастого утвору знаходяться під постійним контролем мозочка та кори великих півкуль.

Надзвичайно важливе значення в розділі фізіології ЦНС складають питання організації рухової діяльності: багаторівнева система регуляції рухів, механізми регуляції м'язового тону, підтримання положення тіла в просторі та здійснення рухової діяльності. Ці питання надзвичайно важливі і вимагають пристальної уваги. При вивченні їх доцільно дотримуватись системи, яка полегшить засвоєння цього матеріалу.

Вивчаючи питання про м'язовий тонус, необхідно перш за все вняснити суть цього явища, його біологічне значення і механізм здійснення. М'язовий тонус - це певний ступінь напруження, що підтримується м'язами завжди, навіть у стані спокою. Біологічне значення тонусу величезне і забезпечує певне взаємне розміщення частин тіла. Тонус м'язів-розгиначів протидіє силі земного тяжіння. Таке чи інше розподілення м'язового тонусу створює фон для рухової діяльності. М'язовий тонус представляє собою рефлексорний процес (рис.10).

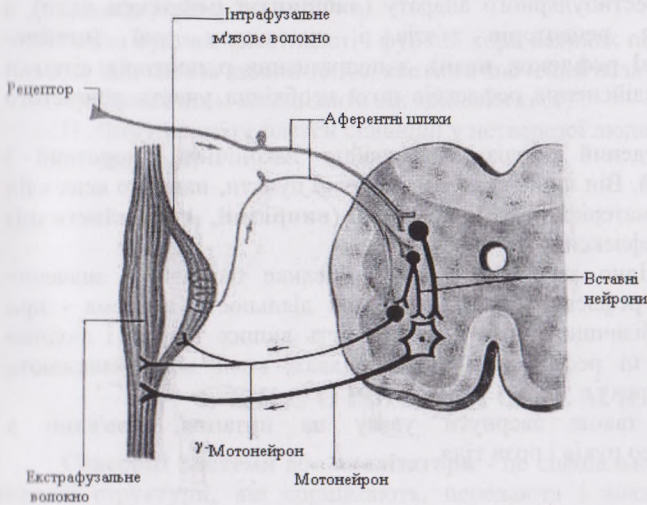


Рис. 10. γ - регуляція м'язового тонусу

Слід усвідомити, з яких рецепторів надходить інформація про м'язовий тонус і які відділи мозку приймають участь в цьому процесі. Визначальну роль у формуванні м'язового тонусу відіграють рецептори м'язів та сухожиль; беруть участь також рецептори вестибулярного апарату і в деякій мірі рецептори шкіри та органів зору. Досліди з децеребрації, а також клінічні дані вказують, що здійснення м'язового тонусу пов'язане із складною взаємодією різних ділянок і відділів мозку. Студент повинен проаналізувати і усвідомити значення кожного із утворень мозку в цьому процесі.

За певною схемою слід вивчати і тему про установчі рефлекси. Це група рефлексів, яка скерована на збереження нормального положення тіла («тім'ям до гори»). Треба послідовно з'ясувати: при

яких умовах виникає той чи інший рефлекс, в якій реакції він проявляється, на що скерований даний рефлекторний акт, з яких рецепторів він виникає, які відділи мозку його забезпечують. Як приклад, розглянемо за такою схемою одну із груп установчих рефлексів - **рефлекси пози**. Рефлекси пози виникають при загрозі порушення рівноваги в зв'язку із зміною положення голови і зміщенням в результаті цього центру маси тіла. Вони виражаються в перерозподілі тону м'язів і спрямовані на збереження рівноваги. Рефлекси пози виникають з подразнення рецепторів отолітового пристрою вестибулярного апарату (**лабіринтні рефлекси пози**), з подразнення рецепторів м'язів і сухожилок шії (**шийно-сухожилкові рефлекси пози**), з подразнення рецепторів сітківки очей. Для здійснення рефлексів пози необхідна участь довгастого мозку.

Приведений аналіз надзвичайно лаконічний, короткий і схематичний. Він лише вказує на основні пункти, навколо яких слід групувати матеріал про ці та інші (**випрямні, статокінетичні**) установчі рефлекси.

Необхідно звернути увагу на велике біологічне значення установчих рефлексів, на їх роль при діяльності, зокрема - при виконанні фізичних вправ і на здатність вищих тварин і людини гальмувати ці рефлекси в тих випадках, коли вони заважають здійсненню руху.

Слід також звернути увагу на питання, пов'язані з координацією рухів і пози тіла.

Л і т е р а т у р а :

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник.- К.: Вища школа, 1991. - С.34-81.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.109-185.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.13-29, 46-67.

К о н т р о л ь н і п и т а н н я :

1. Які функції ЦНС?
2. Які два процеси лежать в основі діяльності ЦНС?
3. За яким фізіологічним механізмом здійснюється діяльність ЦНС?

4. Що таке нервові центри та які їх властивості?
5. Що представляє собою процес гальмування та яке значення він має для діяльності нервової системи?
6. Які особливості проведення збудження через нервові центри?
7. Як здійснюється координація рефлексів і яке значення вона має для рухової діяльності?
8. Які основні риси будови і функції спинного та інших відділів головного (довгастого, середнього, проміжного, мозочка) мозку?
9. Яка будова, властивості і функції кори великих півкуль?
10. Що таке м'язовий тонус, яке його значення та за яким фізіологічним механізмом він здійснюється?
11. Чому певні рефлекси сильніші у нетверезої людини, ніж у тверезої?

СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

Сенсорні системи або **аналізатори** - це спеціальні аферентні нервові структури, які сприймають, передають і аналізують всі подразнення, що надходять із зовнішнього та внутрішнього середовища.

В залежності від **характеру подразника** всі сенсорні системи **поділяють на ряд груп**, які реагують на такі види подразників:

- **механічні** (тактильний, больовий, пропріоцептивний, або руховий, вестибулярний та інші аналізатори);

- **хімічні** (смаковий, нюховий аналізатори, хеморецептивний відділ вісцерального (інтерорецептивного) аналізатора в судинах, в травних органах тощо);

- **світлові** (зоровий аналізатор);

- **звукові** (слуховий аналізатор).

Сенсорні системи також **поділяються** на дві групи в залежності від **середовища, з якого надходить подразнення**:

- **зовнішні** (зорова, слухова, нюхова, смакова, тактильна та інша) - подразнення надходить із зовнішнього середовища);

• **внутрішні** (хімічна - реагує на зміну хімічного складу крові, тканин; баростезична - реагує на зміни тиску в судинах), тобто подразнення надходить із внутрішнього середовища організму.

Температурна, больова, вестибулярна і рухова сенсорні системи збуджуються і при зміні зовнішнього, і при зміні внутрішнього середовища.

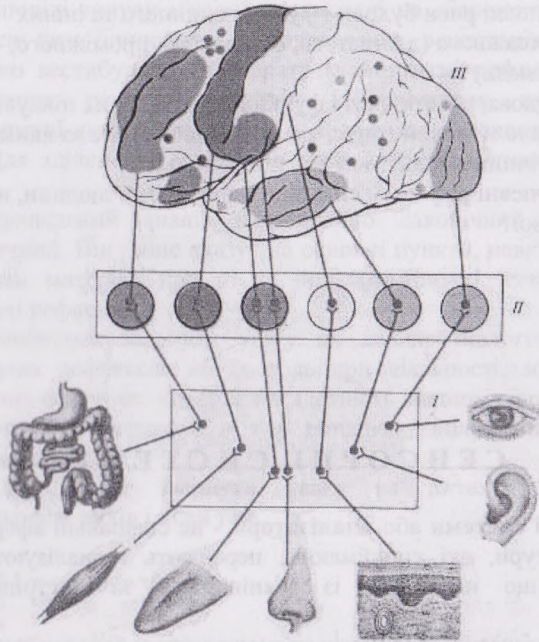


Рис.11. Загальний план будови сенсорних систем:

I - периферичний відділ;

II - провідниковий відділ;

III - корковий відділ

Всі сенсорні системи мають загальну схему будови. До складу кожного аналізатора входять **3 відділи**:

1) **периферичний** - складається з рецепторів і спеціальних пристосувань для їх роботи (ця частина аналізатора є органом чуття - оком, вухом тощо);

2) **провідниковий** - включає провідникові шляхи та підкоркові нервові центри;

3) **корковий** - представлений певними ділянками кори великих півкуль, в які поступає інформація (рис.11).

У всіх аналізаторів **нервовий шлях**, який зв'язує рецептор з клітинами кори великих півкуль, **складається з 4-х нейронів**:

1) **перший (чутливий) нейрон** розміщений поза ЦНС - в спинномозкових вузлах, або вузлах черепних нервів (спіральному вузлі, вестибулярному та інших);

2) **другий нейрон** знаходиться в спинному, довгастому або середньому мозку;

3) **третій нейрон** - в релейних ядрах таламуса (проміжний мозок);

4) **четвертий нейрон** - в проєкційній зоні даного аналізатора кори великих півкуль (напр. зорова сенсорна система проєктується в потиличний відділ кори, слухова і вестибулярна - в скроневий відділ, рухова - в передню центральна звивину).

Такий шлях проведення нервових імпульсів від рецептора до кори називається **специфічним**. Збудження, що виникло в будь-якому рецепторі, проводиться в проєкційну зону кори даного аналізатора і в інші проєкційні зони, бо в середньому, спинному та довгастому мозку проходить переключення на шляхи, що ведуть в інші відділи кори, в тому числі в мозочок і в ретикулярну формацію. З **ретикулярної формації** збудження через так звані **неспецифічні** шляхи може направлятися у всі відділи кори великих півкуль.

Уже в рецепторах відбувається первинний аналіз (рецептори реагують лише на певні види подразників). Більш складний аналіз проходить в спинному мозку (на деякі подразники у спинальної тварини можна отримати місцеві реакції-відповіді). Найбільш складний аналіз здійснюється в корі.

Імпульси, що поступають через аналізатори в ЦНС підтримують її тонус. При виключенні у тварин хірургічним шляхом декількох сенсорних систем (зорової, слухової, вестибулярної, нюхової) веде до різкого зниження тонусу кори і засинання.

Крім сприйняття інформації від зовнішнього та внутрішнього середовища важливою функцією сенсорних систем є **здійснення зворотних зв'язків**, тобто аналізатори інформують нервові центри про результати діяльності рухової, вегетативної та ін. систем. Завдяки зворотнім зв'язкам вносяться корекції для покращення діяльності, в тому числі і спортивної, без чого неможливе вдосконалення техніки.

Процеси сенсорної чутливості починаються вже в рецепторах. Всі рецептори **класифікують** в залежності від середовища, звідки **надходить інформація**:

• **екстерорецептори**, що приймають подразнення від зовнішнього середовища;

• **інтєрорецептори**, які приймають подразнення з внутрішніх органів;

• **пропріорецептори**, що приймають подразнення з рухового апарату.

Крім того рецептори **класифікують за природою подразника:**

• **хеморецептори**,

• **механорецептори**,

• **електрорецептори**,

• **терморецептори**,

• **фоторецептори**.

В рецепторах відбувається перетворення енергії подразнення в енергію нервового імпульсу. Особливе значення для переробки вхідних сигналів мають **особливі властивості рецепторних клітин:**

• **висока вибірковість по відношенню до адекватних стимулів** і, як правило, не реагування на неадекватні стимули. Тобто рецептори володіють диференціальною чутливістю і перетворюють в електричні сигнали лише певні форми енергії. Як приклад вибірковості можна навести те, що фоторецептори ока набагато чутливіші до світла (адекватний подразник), ніж до інших видів енергії (напр. механічної - неадекватний подразник).

• **низькі пороги по відношенню до адекватних стимулів**.

Адекватні подразники викликають збудження при мінімальній енергії відповідного стимулу. Наприклад, збудження в зоровій сенсорній системі може виникнути при дії світлової енергії, що дорівнює $2,5 \cdot 10^{-10}$ ерг/с. Щоб така кількість енергії нагріла 1 мл води на 1°C , треба цю енергію збирати протягом 60000 років.

Поряд з абсолютними порогоми, що характеризуються мінімальною енергією, при якій виникає збудження, в фізіології сенсорних систем, в тому числі в **фізіології спорту**, використовують **диференціальний поріг**, тобто різницю між двома інтенсивностями подразника, яка ще сприймається (напр. висотою звуків, кутами рухів в суглобах тощо).

• **адаптація**. Пороги подразнення не мають постійної величини, що залежить по-перше, від функціонального стану нервової системи; по-друге, від збудливості самих рецепторів. Шляхом зміни порогів збудження рецептори пристосовуються до різної інтенсивності діючих подразників, або до монотонних подразників. Це явище дістало назву адаптації.

Адаптація може супроводжуватись як підвищенням, так і зниженням збудливості рецепторів. Наприклад, при переході зі світла в темноту підвищується збудливість фоторецепторів ока, при переході з темноти на світло, навпаки, збудливість фоторецепторів знижується.

• **кодування інформації.** Рецептори мають властивість передавати в нервові центри адекватну інформацію про силу подразнення. Інформація про силу подразника чи її зміни закодовується, тобто перетворюється у форму нервового імпульсу двома шляхами: 1) зміною частоти імпульсів, що йдуть по кожному з нервових волокон від рецепторів до нервових центрів, і 2) зміною числа імпульсів, тобто зміною числа збуджених рецепторів (збільшенням чи зменшенням).

Чим більша інтенсивність подразника, тим більша частота аферентних імпульсів і їх кількість. Між логарифмом сили подразника і числом нервових імпульсів існує прямо пропорційний зв'язок (закон Вебера-Фехнера).

Аналіз та синтез різних подразнень середовища відбувається у всіх ланках аналізатора. Первинний аналіз характеру подразнення здійснюється вже на рівні рецепторів - слухова сенсорна система сприймає лише звукові коливання (подразнення), зорова - світлові, тактильна - дотик тощо. Вищий аналіз та синтез впливу на організм подразників здійснюється корою великих півкуль головного мозку.

В процесі синтезу інформації, яка поступає із зовнішнього або внутрішнього середовища, значна роль належить взаємодії, як між елементами конкретної сенсорної системи, так і між різними сенсорними системами. Так, взаємодія подразнень різних зорових рецепторів зумовлює сприйняття форми об'єкту і його колір, подразнення тактильних та пропріорецепторів дає можливість сліпим людям визначати форму об'єкта та його вагу. При руховій діяльності тісна взаємодія спостерігається між руховою, вестибулярною, тактильною, інтерорецептивною та зоровою сенсорними системами. Рецептори цих систем одночасно і послідовно приходять в стан збудження. Синтез імпульсів, які поступають від цих рецепторів, забезпечує складне сприйняття, пов'язане зі специфікою тієї чи іншої діяльності та сприяє формуванню програми рухів, що відповідають обстановці, яка склалась на даний час.

Вивчаючи функції окремих сенсорних систем слід засвоїти: основні дані про периферичну, провідникову та коркову частини аналізатора, їх пристосування до зовнішнього та внутрішнього середовища, значення різних систем при м'язовій діяльності в процесі спортивного тренування.

ЗОРОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА. ОСНОВНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЗОРОВОЇ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ.

Зорова сенсорна система служить для сприйняття та аналізу світлових подразнень. Периферичним відділом цієї системи є око (рис.12).

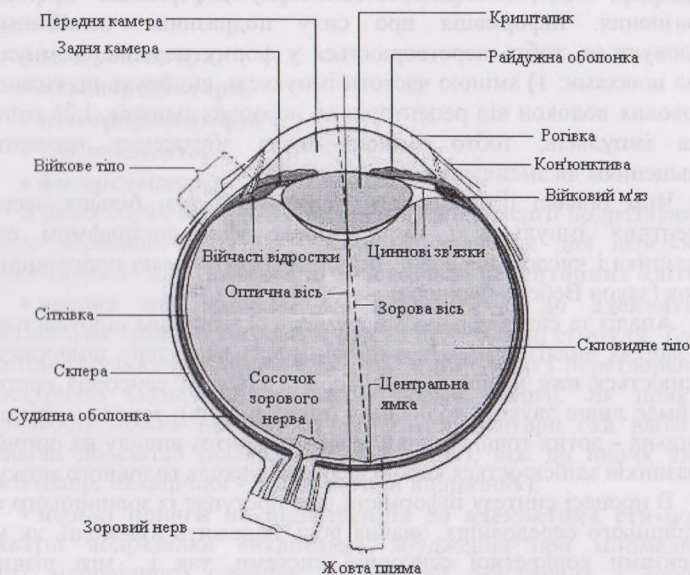


Рис.12. Будова ока людини

БУДОВА ОКА. Очне яблуко - це шаровидна камера діаметром біля 2,5 см. Стінки очного яблука складаються з **трьох оболонок**: 1) **зовнішня волокниста (фіброзна)** - складається з білкової оболонки або склери, яка спереду переходить в прозору рогівку; 2) **судинна** - вистеляє очне яблуко, містить кровоносні судини, переходить у війкове тіло і райдужку і 3) **внутрішня - сітківка**, на якій знаходяться фоторецептори - палички і колбочки.

Ядром очного яблука є світлозаломлюючі середовища ока: кришталик, скловидне тіло і водяниста волога.

До складу додаткових органів ока належать повіки з війми, кон'юнктива (сполучнотканинна оболонка) і слізний апарат.

Різноманітність рухів ока забезпечують шість м'язів. Чотири м'язи прями - верхній, нижній, бічний і внутрішній (присередній) і

два м'язи косі - верхній і нижній. Різні комбінації скорочень цих м'язів забезпечує всі різноманітні рухи очного яблука.

ШЛЯХ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА. Світлові промені проходять через рогівку, де вони заломлюються, потім - через передню камеру, зіницю, задню камеру, кришталик, де вони знову заломлюються, скловидне тіло і потрапляють на сітківку, де подразнюють фоторецептори (палички і колбочки). Далі подразнення передається на перший і другий нейрон, відростки яких формують зоровий нерв, по якому збудження передається на треті нейрони, які знаходяться в проміжному мозку - в ядрах таламуса (частина волокон зорового нерва може переключатись в зорових горбах середнього мозку). Потім збудження поступає в потиличний відділ кори великих півкуль.

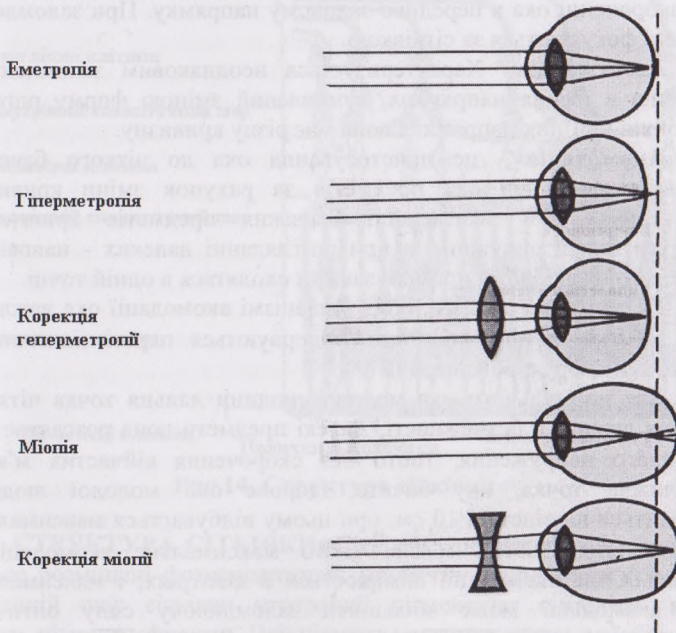


Рис. 13. Рефракція та її аномалії

РЕФРАКЦІЯ. Рефракція - заломлення світлових променів при переході їх з одного середовища в друге. Промені, що йдуть з безмежності в центр рогівки і кришталіка (тобто через головну оптичну вісь ока) перпендикулярно до їх поверхні, не заломлюються. Всі решта промені заломлюються (в основному за допомогою рогівки і кришталіка) і сходяться в одній точці - фокусі.

Заломлюючу силу оптичної системи ока виражають в діоптріях. Одна діоптрія (D) - це заломлююча сила лінзи з фокусною відстанню в 100 см. Заломлююча сила оптичної системи ока людини біля 59D. **Нормальна рефракція (еметропія)** характеризується чітким зображенням на сітківці видимих предметів, завдяки тому, що довжина ока повністю відповідає рефракції (рис.13).

АНОМАЛІЇ РЕФРАКЦІЇ. Аномалії рефракції зумовлені в основному такими причинами: 1) недостатністю заломлюючих середовищ ока і 2) ненормальною довжиною очного яблука.

Короткозорість (міопія) виникає, в основному, при вродженому видовженні очного яблука в передньо-задньому напрямку. При заломленні промені фокусуються перед сітківкою.

Далекозорість (гіперметропія) спостерігається, в основному, при вкороченні ока в передньо-задньому напрямку. При заломленні промені фокусуються за сітківкою.

Астигматизм. Характеризується неоднаковим заломленням променів в різних напрямках, зумовлений зміною форму рогової оболонки: в різних напрямках вона має різну кривизну.

Акомодація - це пристосування ока до чіткого бачення різновіддалених від ока предметів за рахунок зміни кривизни кришталика. При розгляданні близьких предметів кришталик робиться більш випуклим, а при розгляданні далеких - навпаки - плоским, завдяки чому промені завжди сходяться в одній точці.

Г.Геймгольц показав, що в механізмі акомодатії ока важливу роль відіграють війчасті м'язи (іннервуються парасимпатичними волокнами очорухового нерва).

Для нормального ока молоді людини дальня точка чіткого бачення лежить в безмежності. Далекі предмети вона розглядає без будь-якого напруження, тобто без скорочення війчастих м'язів. Найближча точка, яку бачить здорове око молоді людини знаходиться на відстані 10 см, при цьому відбувається максимальне скорочення війчастих м'язів, тобто максимальне акомодатійне зусилля. Сила акомодатії вимірюється в діоптріях, і максимальна сила акомодатії може збільшити заломлюючу силу оптичної системи ока на 10 D.

З віком кришталик втрачає свою еластичність, відповідно падає сила акомодатії, і найближча точка чіткого бачення з віком віддаляється від ока. Наступає стан старечої далекозорості (**пресбіопія**). Саме тому старші люди відсувають при читанні книгу від очей або одягають окуляри.

ЗІНИЦЯ. ЗІНИЧНИЙ РЕФЛЕКС. Зіниця - це отвір в райдужці. Райдужка має судини, пігмент (визначає колір очей) і

гладкі м'язи. Всередині її м'язи розходять в радіальному напрямку (радіальні м'язи) - вони іннервуються симпатичними нервами і розширюють зіницю; і в коловому (циркулярні м'язи) - вони іннервуються парасимпатичними нервами і звужують зіницю (відповідно - адреналін розширює зіницю, а ацетилхолін - звужує). Ці м'язи, як діафрагма, регулюють кількість світла, що надходить до ока. Коли прикрити око від світла, а потім відкрити його, то зіниця швидко звужується. Це звуження відбувається рефлекторно за допомогою так званого зіничного рефлексу.

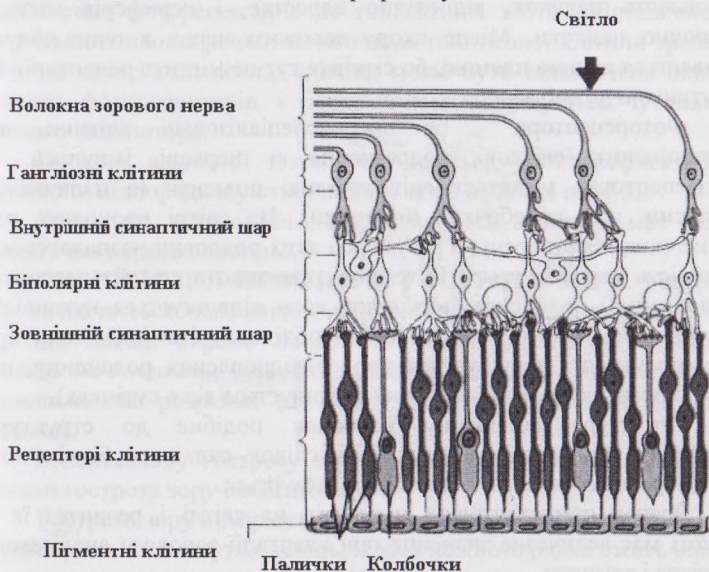


Рис.14. Структура сітківки

СТРУКТУРА СІТКІВКИ. Сітківка - це внутрішня оболонка ока, де розміщені фоторецептори - **палички і колбочки** (рис.14). Зовнішній шар сітківки утворений пігментним епітелієм, який містить пігмент - **фусцин**. Цей пігмент поглинає світло, запобігаючи його розсіюванню (схоже як чорне забарвлення внутрішніх стінок фотоапарата), і сприяє чіткості сприйняття. До пігментного шару з внутрішньої сторони примикає шар фоторецепторів. Під ним знаходиться шар біполярних нейронів, до яких зі середини примикає шар гангліозних нервових клітин. Відростки гангліозних клітин складають волокна зорового нерва. Отже, збудження, що виникає в фоторецепторах при дії світла, передається на волокна зорового нерву через дві клітини - біполярну і гангліозну.

РЕЦЕПТОРИ ЗОРОВОЇ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ.

Рецептори зорової сенсорної системи - палички і колбочки - знаходяться на сітківці. У людини в оці є 6-7 млн. колбочок і 110-125 млн. паличок. Палички - це рецептори, які сприймають світлові промені в темноті і сприймають лише чорно-біле зображення, а колбочки функціонують на світлі і сприймають кольори. Палички і колбочки розподілені нерівномірно. Основна маса колбочок знаходиться в жовтій плямі, причому центральна ямка містить лише колбочки. В напрямку до периферії кількість колбочок зменшується, а кількість паличок, відповідно наростає, і периферія містить виключно палички. Місце входу зорового нерва в очне яблуко називається сліпою плямою, бо сітківка тут не містить рецепторів і є нечутливою до світла.

Фоторецептори - це високоспеціалізовані клітини, які перетворюють світлові подразнення в нервові імпульси. В фоторецепторах містяться світлочутливі пігменти (в паличках - **родопсин**, а в колбочках **йодопсин**). На світлі проходить ряд біохімічних перетворень, в результаті яких родопсин розпадається, і чутливість їх знижується. В темноті, навпаки, проходить ресинтез (відновлення) родопсину, внаслідок чого підвищується чутливість паличок. Для ресинтезу родопсину необхідний вітамін А, тому при його відсутності порушується процес відновлення родопсину, що веде до розвитку курачої сліпоти (погіршується зір в сутінках).

Структура йодопсину колбочок подібна до структури родопсину. На світлі він також внаслідок складних біохімічних реакцій розпадається, а в темноті ресинтезується.

Розпад світлочутливих пігментів на світлі і ресинтез їх в темноті має величезне значення при адаптації зорового аналізатора до світла і темноти.

АДАПТАЦІЯ ДО СВІТЛА І ТЕМНОТИ. При переході зі світлого приміщення в темне в перший час спостерігається засліплення. Поступово чутливість очей знижується, і вони адаптуються до світла. Це пристосування ока до яскравого світла називається світловою адаптацією і триває 1-2 хвилини.

При зменшенні кількості світла чутливість зорового аналізатора зростає, і очі адаптуються до темноти. Це явище називається темною адаптацією. Темнова адаптація протікає хвилеподібно: в перші 2-3 секунди наростає повільно; потім до 20 секунд - швидко; далі знову поступово знижується і закінчується протягом 30-40 хвилин. Тому людина, потрапляючи зі світла в темне приміщення, спочатку нічого не бачить, а лише згодом починає розрізняти предмети.

Такий довгий період адаптації зорового аналізатора до темноти має (згідно теорії П.П. Лазарева) складний механізм, який полягає в тому, що зорові пігменти в темноті відновлюються неодноразово. Йодопсин колбочок в темноті відновлюється швидше, ніж родопсин паличок, а оскільки для сутінкового зору значення мають лише палички, то людина в темноті лише згодом пристосовується до неї.

Вважають, що явища адаптації до різного освітлення залежать не лише від розпаду і ресинтезу зорових пігментів, але й від способів підключення фоторецепторів до гангліозних клітин. Встановлено, що в темноті площа рецептивного поля гангліозної клітини зростає, тобто до однієї гангліозної клітини може бути підключена більша кількість фоторецепторів, і таким чином підвищується чутливість зорового аналізатора.

Процеси адаптації також регулюються умовнорефлекторно, тобто вони підпорядковуються впливу кори великих півкуль.

Крім того, встановлено, що на процеси адаптації має вплив симпатична нервова система.

СПРИЙНЯТТЯ ПРОСТОРУ. ГОСТРОТА ЗОРУ. Гострота зору визначається найменшою відстанню між двома точками, при якій ще можна окремо бачити ці точки. Здатність розрізняти відстань між точками залежить від кута, під яким видно ці точки. Нормальне око розрізняє дві точки під кутом в 60 секунд (одна хвилина).

Максимальну гостроту зору має жовта пляма. На периферії сітківки гострота зору набагато нижча.

Гострота зору вимірюється за допомогою спеціальних таблиць з буквами чи незамкнених кілець. Проти кожного рядка стоїть число, яке означає ту віддал в метрах, з якої нормальне око має розрізнити фігури даного рядка.

Гострота зору, визначена за таблицею, позначається відносними величинами, причому нормальна гострота прийнята за одиницю (означає відстань досліджуваного від таблиці в 5 метрів, при якій гострота зору буде складати одну кутову хвилину).

ПОЛЕ ЗОРУ. Поле зору - це частина простору, яке бачить нерухоме око. Коли зафіксувати око на якій-небудь точці, то її зображення потрапляє на жовту пляму. В цьому випадку ми бачимо її центральним зором. Всі інші точки поля зору ми бачимо периферичним зором.

Деякі фізичні вправи, наприклад вправи з м'ячем в спортивних іграх, слаломний спуск та інші є, практично, неможливі для виконання при виключенні периферичного зору.

Дослідження поля зору проводиться за допомогою периметра Ерстеда. Найбільше поле зору для білого кольору (для безколірних предметів). Межі поля зору для білого кольору в середньому такі: до верху – 65° , до низу – 75° , до носа – 65° , а до скроні – 90° . Менше - для синього і жовтого, ще менше для червоного і ще менше - для зеленого.

ОЦІНКА ВІДСТАНІ. Сприйняття глибини, а отже, оцінка відстані можлива як одним оком (монокулярний зір), так і двома (бінокулярний зір). При розгляданні об'єктів, які розташовані на віддалі 100-200 м, точність оцінки відстані буде однакою як для монокулярного, так і для бінокулярного зору; а на віддалі 1 м - оцінка відстані буде точніша для бінокулярного зору.

Для оцінки відстані має значення і те, що образ предмета на сітківці буде тим більший, чим він ближче розташований..

БІНОКУЛЯРНИЙ ЗІР. При бінокулярному зорі зображення всіх предметів потрапляють на відповідні, або ідентичні ділянки сітківки, і в уяві людини ці два зображення зливаються в одне. Цьому сприяє баланс очних м'язів. При його порушенні, зокрема при втомі після інтенсивних фізичних вправ, спостерігається порушення бінокулярного зору (починає "двоїтися" в очах).

СПРИЙНЯТТЯ РУХУ ПРЕДМЕТІВ У ПРОСТОРИ пов'язане зі швидкістю переміщення зображення на сітківці й імпульсацією, яка поступає в ЦНС із м'язів очей при їх русі.

КОЛЬОРОВИЙ ЗІР. Існує ряд теорій відчуття кольору, але найбільшим визнанням користується **трьохкомпонентна теорія**. Вона полягає в тому, що в сітківці людини містяться колбочки (рецептори, які сприймають кольори) трьох видів: ті, що сприймають переважно червоний колір, зелений і синьо-фіолетовий колір. При дії хвиль різної довжини в різній мірі збуджуються ці три приймачі, і отримується різна гама кольорів і відтінків. Рівномірне збудження всіх трьох видів колбочок дає відчуття білого кольору.

Відомі випадки, коли люди не розрізняють тих чи інших кольорів. Така аномалія називається **дальтонізмом**. З порушень кольорового зору найбільш часто зустрічається "сліпота на червоний колір" і зелений, а рідше - на синьо-фіолетовий. Серед людей з такими відхиленнями біля 8% чоловіків і лише 0,4% жінок. Така різниця пов'язана з тим, що ген дальтонізму передається статевою Х-хромосомою, а у чоловіків вона непарна. Відхилення від норми кольоросприйняття можна встановити за допомогою поліхроматичних таблиць Є.Б.Рабкіна.

СЛУХОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА. ФІЗІОЛОГІЧНИЙ МЕХАНІЗМ СПРИЙНЯТТЯ ЗВУКУ.

Слухова сенсорна система служить для сприйняття звукових коливань зовнішнього середовища. Периферичним відділом її є вухо. Воно поділяється на три частини: зовнішнє, середнє і внутрішнє (рис.15).

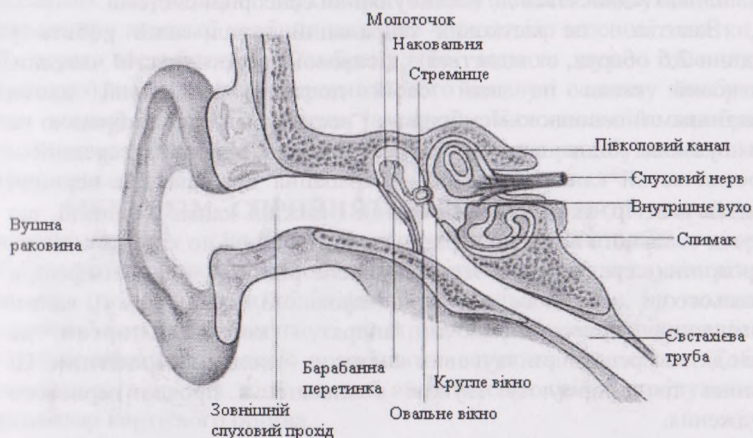


Рис.15. Будова вуха

ЗОВНІШНЄ ВУХО складається з вушної раковини і зовнішнього слухового проходу. Вушна раковина виконує роль локатора і вловлює звукові коливання, які передаються через зовнішній слуховий прохід до барабанної перетинки, яка відмежовує зовнішнє вухо від середнього. Будь-який звук, що йде збоку, поступає до одного вуха на декілька мілісекунд швидше (0,0006 с), ніж до другого. Різниця в часі приходу звукових хвиль та інтенсивності звуку, що сприймає ліве і праве вухо, дає можливість людині досить точно (до 3-4 градусів) визначити напрям звуку. Отже, визначення напрямку звуку пов'язане з наявністю бінаурального слуху, тобто з уловлюванням звуку двома вухами.

СЕРЕДНЄ ВУХО. Воно являє собою невелику повітряну порожнину, розташовану в піраміді скроневої кістки. В середині барабанної порожнини знаходяться три слухові кісточки: молоточок, наковальня і стремінце. Ручка молоточка зрослася з барабанною перетинкою, коливання якої передаються на ланцюжок слухових

кісточок. Стремінце примикає до закритого мембраною (перетинкою) овального вікна внутрішнього вуха.

Середнє вуха з'єднується з носоглоткою за допомогою евстахієвої (слухової) труби. Завдяки їй відбувається вирівнювання тиску з обох боків на барабанну перетинку.

ВНУТРІШНЄ ВУХО складається з завитки, що відноситься до слухової сенсорної системи, преддвір'я (присінка) і півколових каналів, що відносяться до вестибулярної сенсорної системи.

Завитка - це кістковий спіральний канал, який робить у людини 2,5 оберти, складається з кісткової і перетинчастої частини. Кістковий канал по всій своїй довжині розділений двома перетинками: основною мембраною і вестибулярною мембраною на три вузьких ходи: верхній - вестибулярна драбина, середній - перетинчастий канал і нижній - барабанна драбина. На вершині завитки є отвір, який з'єднує верхній і нижній канал у єдиний, що йде від овального вікна до вершини завитки і далі до круглого вікна. Порожнина середнього каналу заповнена рідиною - ендолімфою, а верхнього і нижнього - перилімфою. В середньому каналі розміщений звукосприймаючий апарат - **кортієвий орган**, де знаходяться рецептори звукових коливань - **волоскові клітини**. Ці клітини трансформують звукові коливання в процес нервового збудження.

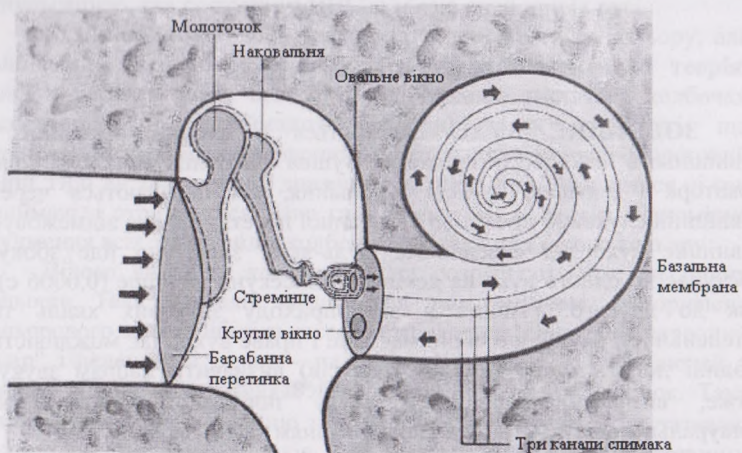


Рис.16. Механізм передачі звуку

МЕХАНІЗМ ПЕРЕДАЧІ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ (рис.16).

Звукові хвилі "вліваються" вушною раковиною і передаються

через зовнішній слуховий прохід до барабанної перетинки, викликаючи її коливання. Ці коливання передаються через слухові кісточки на мембрану овального вікна внутрішнього вуха. Слухові кісточки зменшують амплітуду коливань і збільшують (до 50 разів) силу цих коливань. Коливання мембрани овального вікна викликають коливання перилімфи у верхньому і нижньому каналах завитки, тобто у вестибулярній і барабанній драбинах. Передача коливань перилімфи верхнього каналу може відбуватись на перилімфу нижньої драбини не лише через отвір в основі завитки, а й через вестибулярну мембрану (бо вона є дуже тоненькою плівкою), на ендолімфу перетинчастого каналу і основну мембрану на всьому протязі каналів завитки. На основній мембрані знаходяться волоскові клітини - слухові рецептори, збудження яких передається в ЦНС.

МЕХАНІЗМ СПРИЙНЯТТЯ ЗВУКУ. Досить довгий час користувалась широким признанням резонаторна теорія Г.Гельмгольца, яка пояснювала механізм сприйняття звуків різної висоти (різної частоти коливань). Гельмгольц вважав, що волокна основної перетинки натягнуті як струни арфи і мають різну власну частоту коливань, з якою вони здатні вступати в резонанс. Тобто вважалось ніби для тону кожної висоти існує свій індивідуальний рецептор кортієвого органа.

Крім того, існувала ще телефонна теорія Резерфорда, згідно якої частоти коливань потенціалу в слуховому нерві при сприйнятті звуків різної висоти відповідають частотам звуків, які сприймаються, так як це проходить в телефонному кабелі при передачі звуків по телефону.

Лише деякі положення цих теорій виявились справедливими. На даний час встановлено, що вступають в резонанс не волокна основної мембрани, а стовп рідини завитки певної довжини - короткий - при сприйнятті високих звуків (висока частота) і довгий, тобто на більшій довжині завитки - при сприйнятті низьких звуків. Тобто, при дії звуків низької частоти будуть збуджені рецепторні клітини вздовж всієї основної мембрани, а при дії високих - невелика їх кількість. Збільшення сили звуку веде до збільшення числа збуджених волоскових клітин і нервових волокон, що дає можливість розрізнати інтенсивність звуку. Далі волоскові клітини Кортієвого органа перетворюють коливання в процес збудження і передають в ЦНС.

Крім повітряної провідності є ще кісткова провідність, яка зумовлена тим, що звукові хвилі викликають коливання в кістках черепа, які минаючи зовнішнє і середнє вуха, передаються безпосередньо до завитки..

В повітряному середовищі у людини переважає повітряна провідність, а під водою - кісткова.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЯКИХ ПОКАЗНИКІВ ЗВУКОВОЇ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ. Людина сприймає звуки з частотою від 15-20 до 20000 Гц. У дітей верхня межа досягає 22000 Гц, а з віком вона знижується. Найбільш висока чутливість виявлена в області від 1000 до 3000 Гц. Ця ділянка відповідає найбільш поширеним частотам людської мови і музики.

Звук, утворений однією частотою коливань, називається тоном, але в повсякденному житті чисті тони майже ніколи не зустрічаються, і більшість звуків утворені декількома частотами. Звук, який складається з непов'язаних між собою частот називається шумом.

Гучність звуку визначається в белах (логарифмах відношення потужності даного звуку до порогової, яка прийнята за одиницю). На практиці розрахунки гучності ведуться в децибелах (0,1 бела). Людина сприймає гучність звуків від 1 до 140 децибел (дБ). Напр.: тиха розмова - 40 дБ, голосна - 60 дБ, крик - 80 дБ, грім - 120 дБ. При дії звуків різної сили слуховий аналізатор адаптується до них: при дії тихих звуків чутливість його підвищується, а при дії голосних - знижується. Звуки вищі від 100 дБ при хронічній дії ведуть до зниження слуху.

ВЕСТИБУЛЯРНА СЕНСОРНА СИСТЕМА. ВЕСТИБУЛЯРНІ РЕФЛЕКСИ.

Вестибулярна сенсорна система служить для аналізу положення і руху тіла в просторі. Її інформація використовується для управління положенням тіла і голови.

Периферичним відділом її є вестибулярний апарат (рис.17), який разом з завиткою, що відноситься до зорової сенсорної системи входить до складу **лабіринту** і знаходиться в піраміді скроневої кістки. Вестибулярний апарат складається з **переддвір'я (присінка)** і **трьох півколових каналів**, що лежать в **трьох взаємно перпендикулярних площинах**: боковий – в горизонтальній, верхній – у фронтальній, а задній – в сагітальній. Один кінець кожного каналу колбоподібно розширений і називається **ампулою**.

В кістковому лабіринті є перетинчастий лабіринт, який майже точно повторює його форму. Перетинчастий лабіринт в ділянці переддвір'я ділиться на дві частини: **мішечок** і **маточку**.

Між кіскою і перетинчастим лабіринтом є невеликий простір заповнений рідиною - перилімфою. Середина лабіринту заповнена ендолімфою.

В передв'ї знаходиться **отолітовий пристрій**. Механорецепторами отолітового пристрою є **волоскові клітини**. Їх волоски склеєні студенистою масою і утворюють **отолітову мембрану**, де знаходяться кристали вуглекислого кальцію - **отоліти**. Отолітова мембрана важча, ніж студениста маса і може створювати механічний тиск на волоски рецепторних клітин. В маточці отолітова мембрана розміщена в горизонтальній площині, а в мішечку вона зігнута і знаходиться у фронтальній і сагітальній площинах.

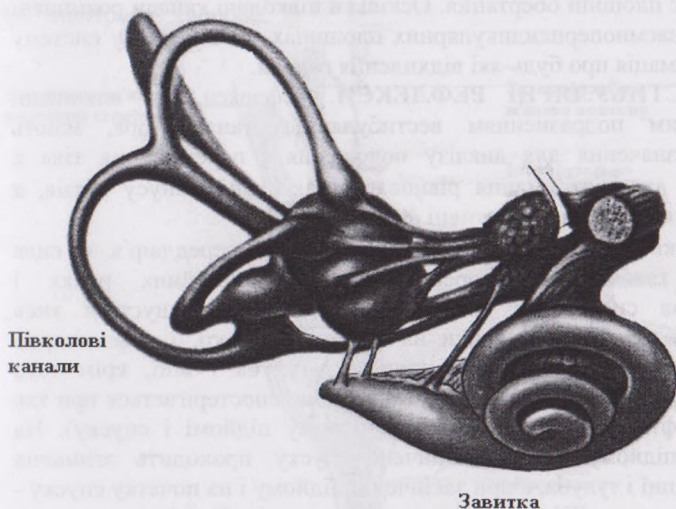


Рис.17. Вестибулярний апарат

Подразниками отолітового апарату є зміни положення голови, **прямолінійні горизонтальні та вертикальні рухи з прискоренням, чи сповільненням**. Ці подразники викликають зміни тиску отолітової мембрани на волоски рецепторних клітин, і тим самим змінюється характер сигналізації апарату переддв'я в ЦНС. Отже, апарат переддв'я сприймає подразнення при зміні сили тяжіння у всіх трьох площинах.

Апарат **півколових каналів** служить для аналізу обертальних рухів. **Адекватним його подразником є кутове прискорення**. В перетинчастих півколових каналах рецепторні клітини є лише в ампулах. Вони утворюють скупчення - **ампулярну купулу**. Ці рецепторні клітини мають довгі волоски. При рухах ендолімфи

каналів, які відбуваються при обертанні тіла, в ампулах змінюється тиск ендолімфи півколових каналів. На початку руху або при зростанні швидкості ендолімфа півколових каналів відстає від руху кісткової частини, внаслідок чого тиск в ампулі зростає. При зменшенні швидкості руху або при припиненні руху ендолімфа в силу своєї інерції продовжує поступальні рухи, внаслідок чого тиск в ампулі знижується. При рухах ендолімфи і змінах тиску волоски рецепторних клітин згинаються і викликають появу нервових імпульсів у вестибулярному нерві. Найбільші зміни рецепторних клітин проходять в тому півколовому каналі, положення якого відповідає площині обертання. Оскільки півколові канали розміщені у трьох взаємноперпендикулярних площинах, то в нервову систему йде інформація про будь-які відхилення голови.

ВЕСТИБУЛЯРНІ РЕФЛЕКСИ. Рефлекси, які викликані нормальним подразненням вестибулярного аналізатора, мають важливе значення для аналізу положення і розміщення тіла в просторі; для підтримання рівноваги і активації тону м'язів, а також впливають на вегетативні функції.

Адекватним подразником для апарату переддвір'я є сила земного тяжіння, прискорення при прямолінійних рухах і доцентрова сила. При таких подразненнях збільшується тиск отолітової мембрани маточки на чутливі волоски, і рефлекторно підвищується тonus згиначів кінцівок, тулуба і шиї, крім того знижується тonus їх розгиначів. Таке явище спостерігається при так званих ліфтних рефlekсах (при швидкому підйомі і спуску). На початку підйому і при закінченні спуску проходить згинання кінцівок, шиї і тулуба, а при закінченні підйому і на початку спуску - їх розгинання. Ліфтні рефlekси в спорті зустрічаються при різноманітних стрибках.

При підвищенні тиску мембрани на рецептори мішечка з тої самої сторони тіла рефлекторно підвищується тonus м'язів, які відводять кінцівки і бокових м'язів шиї і тулуба; при зменшенні тиску - тonus їх знижується.

Для півколових каналів адекватними подразниками є кутові прискорення і прискорення Кориоліса (додаткове прискорення, викликане нахилом голови при обертанні). Кутове і додаткове прискорення викликають у людини **ністагм**, тобто вимушені ритмічні коливання очних яблук (ністагм очей) і голови (ністагм голови). Ністагм характеризується двома типами руху: повільним, протилежним стороні обертання, і швидким, спрямованим в сторону обертання. Після припинення обертання ністагм ще деякий час продовжується, але уже в протилежному напрямку. Зміна напрямку

ністагму пояснюється тим, що після припинення обертання рух ендолімфи в півколових каналах внаслідок своєї інертності змінюється на протилежний.

Всі перчислені вестибулярні рефлексії є рефлекторними реакціями скелетних м'язів і відносяться до вестибуло-моторних рефлексів. Крім того, є ще вестибуло-вегетативні рефлексії, які характеризуються рефлекторними реакціями органів, що іннервуються вегетативною нервовою системою.

При надмірному подразненні вестибулярного аналізатора можуть з'явитись рефлексії, які погіршують самопочуття: "морська" чи "повітряна" хвороба.

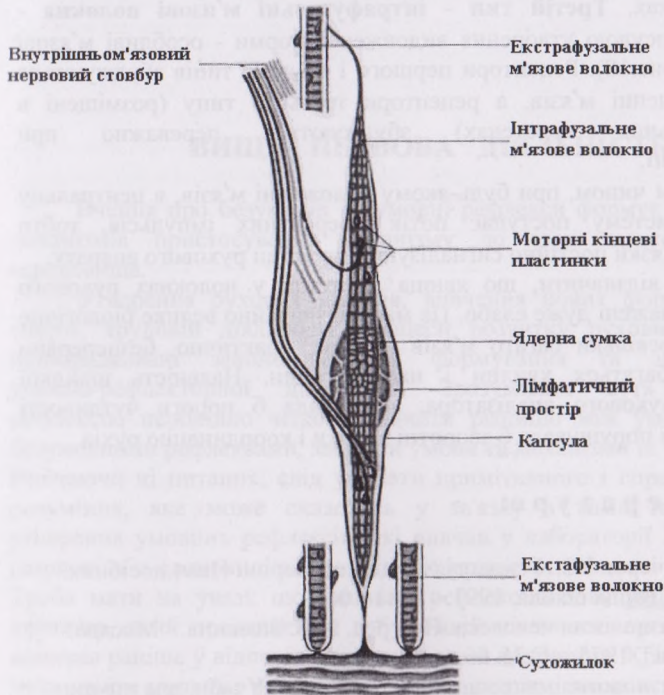


Рис. 18. Інтрафузальне м'язове волокно

Наявність у деяких людей різко виражених вестибуло-вегетативних рефлексів може бути перешкодою для служби їх у морському флоті, авіації, на транспорті. Однак поступовими тренуваннями можна значно підвищити витривалість вестибулярного апарату.

РУХОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА.

Рухова сенсорна система (система пропріорецептивної або суглобово-м'язової чутливості) служить для аналізу стану рухового апарату - ступеня скорочення скелетних м'язів, натягу сухожилля і зв'язок, положення суглобів.

Механорецептори рухової сенсорної системи (**пропріорецептори**) розміщені в м'язах сухожилок і суглобово-зв'язковому апараті. Пропріорецептори поділяються на **три типи**. *Перший тип - тільця Гольджі* - прості розгалуження закінчень аферентного нерву, які обплітають сухожилкові й частково м'язові волокна. *Другий тип - тільця Пачіні* - розміщені в фасціях, суглобах і сухожилках. **Третій тип - інтрафузальні м'язові волокна** - покриті капсулою утворення видовженої форми - особливі м'язові веретена (рис.18). Рецептори першого і другого типів збуджуються при скороченні м'язів, а рецептори третього типу (розміщені в інтрафузальних веретенах) збуджуються переважно при розслабленні.

Таким чином, при будь-якому положенні м'язів, в центральну нервову систему поступає потік аферентних імпульсів, тобто зворотні зв'язки постійно сигналізують про стан рухового апарату.

Слід відзначити, що явища адаптації у волокнах рухового апарату виражені дуже слабо. Це має надзвичайно велике біологічне значення, оскільки багато м'язів працює, практично, безперервно протягом багатьох хвилин і навіть годин. Наявність швидкої адаптації рухового аналізатора, знижувала б порогові чутливості рецепторів і порушувала б зворотні зв'язки і координацію рухів.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.81-106.
2. Фізіологія человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.35-66.
3. Фізіологія мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.30-46.

Контрольні питання:

1. Що таке сенсорні системи?
2. Які основні риси будови і функції сенсорних систем?

3. Які загальні властивості сенсорних систем?
4. Яка будова та функції зорової сенсорної системи?
5. Рецептори зорової сенсорної системи та специфічний шлях проведення імпульсу.
6. Що таке гострота та поле зору?
7. Як відбувається адаптація зорової сенсорної системи?
8. Рецептори та функції рухової сенсорної системи.
9. Рецептори та функції слухової сенсорної системи.
10. Рецептори та функції вестибулярної сенсорної системи.
11. Яке значення мають функції сенсорних систем при занятті фізичними вправами та різними видами спорту?

ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Вчення про безумовні та умовні рефлекси формує розуміння механізмів пристосування організму до умов навколишнього середовища.

Утворення рухових навиків, вивчення нових форм рухів у спорті, трудовій діяльності, процеси розвитку рухових якостей підпорядковані закономірностям формування та закріплення умовно-рефлекторної діяльності. Зрозумівши суть умовних рефлексів, необхідно чітко визначити різницю між умовними та безумовними рефlekсами, засвоїти умови та механізми їх утворення. Вивчаючи ці питання, слід уникати примітивного і спрощеного їх розуміння, яке може скластись у зв'язку з тими прикладами утворення умовних рефлексів, які вивчав у лабораторії І.П.Павлов (харчові або слиновидільні) в силу їх легкості і точності реєстрації. Треба мати на увазі, що умовний рефлекс носить універсальний характер, який проявляється в будь-якій діяльності організму, що виникав раніше у відповідь на безумовний подразник. Крім цього, за механізмом умовних рефлексів у вищих тварин і людини виникають нові форми діяльності. Умовними подразниками можуть стати будь-які подразники середовища, які співпадають у часі з безумовними або добре закріпленими раніше умовними подразниками.

Слід звернути увагу на біологічне значення умовних рефлексів, так як безумовні (вроджені) рефлекси не можуть в повній мірі забезпечити пристосування організму до умов існування. Безумовних рефлексів є певна кількість, і їм притаманна значна постійність. Умовні рефлекси можуть утворюватись протягом життя

в необмеженій кількості. Вони сприяють розширенню взаємодії організму та середовища, носять тимчасовий характер і більш тонко і точно пристосовують організм до зміни умов навколишнього середовища. Необхідно враховувати також таку важливу рису умовних рефлексів, як їх сигнальний характер. Умовні подразники викликають реакцію організму ще до того, як настала дія безумовного подразника, за якими організм заздалегідь готується до наступної діяльності.

З питаннями про зміст і якість подразників пов'язані корінні відмінності у вищій нервовій діяльності людини і тварин. Для людини важливим подразником є слова. Їх слід розглядати як сигнали сигналів, тобто сигнали вищого ступеня. Виникнення і розвиток мови ставить ВНД людини на якісно новий, вищий рівень, вносить до неї принципи відволікання та узагальнення. Тому розумінню функціонування I та II сигнальних систем у людини слід приділити серйозну увагу.

Важливою частиною вчення про ВНД є розділ про гальмування в корі великих півкуль. Необхідно уважно розглянути питання про **зовнішнє** (безумовно-рефлекторне, вроджене) та **внутрішнє** (умовно-рефлекторне, яке набуто в процесі індивідуального життя) гальмування. Різні види внутрішнього гальмування (згасальне, диференційне, умовне і гальмування при запізнюючих рефлексів) виникають по суті при одній і тій же умові - при не підкріпленні умовних подразників. Внутрішнє гальмування уточнює ВНД, робить умовні рефлекси гнучкими, тимчасовими реакціями, забезпечує аналіз (диференціацію) дій середовища, відіграє значну координуючу роль. **Поза межне гальмування** має охоронне значення; воно охороняє нервові клітини від перевиснаження.

Метод умовних рефлексів дозволив спостерігати динаміку нервових процесів в корі великих півкуль - їх іррадіацію і концентрацію. Всі ці закономірності і їх особливості мають велике значення в процесі навчання і тренування. Процес іррадіації лежить в основі формування тимчасових зв'язків. Але при надмірній, широкій іррадіації умовні рефлекси стають не точними, **генералізованими**. Концентрація процесів збудження і гальмування уточнює ВНД, а при повторній діяльності нервові процеси стають все більш концентрованими. Врахування цих закономірностей ВНД дуже важливе при аналізі фаз формування рухових навиків, процесу розвитку рухових якостей.

Особливої уваги вимагає питання про динамічний стереотип. У ВНД не лише людини, але і тварин можна спостерігати цілі системи реакцій, ланцюги рефлексів, які проходять в певній

послідовності. В основі такої складної та узгодженої діяльності лежить сформована в корі великих півкуль система нервових процесів. Системність у роботі кори великих півкуль - одна із найважливіших закономірностей її діяльності. Звична повсякденна робота здійснюється людиною швидко, узгоджено і економно завдяки складеній системі нервових процесів, які більш або менш стереотипно повторюються. Особливе значення ці закономірності мають у руховій діяльності. Формування рухових навиків пов'язане з утворенням відповідних динамічних стереотипів нервових процесів в корі великих півкуль.

Слід звернути увагу на здатність нервової системи до екстраполяції, тобто здатності нервової системи на основі набутого досвіду адекватно вирішувати завдання, що виникають.

Надзвичайно важливим для практичної роботи викладача (тренера) є знання і розуміння вчення про типи ВНД. Правильно побудована система педагогічних заходів, зокрема фізичного виховання, може позитивно впливати на типи ВНД людини. Для цього необхідно враховувати типологічні особливості учнів.

Важливе значення мають питання порушення балансу між збудженням і гальмуванням - так звані "зриви" ВНД, які переважно пов'язані з перенапруженням нервової діяльності. На цій основі і слід розглядати механізми розвитку перетренованості.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч.посібник.- К.: Вища школа, 1991. - С.106-140.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.185-214.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.67-85.

Контрольні питання:

1. Які основні відмінності безумовних та умовних рефлексів?
2. Які умови та механізми утворення умовних рефлексів?
3. Класифікація умовних рефлексів.
4. Яке значення для організму має умовно-рефлекторна діяльність?
5. Види гальмування умовно-рефлекторної діяльності.
6. Яке значення зовнішнього і внутрішнього гальмування в

спортивній діяльності?

7. При яких умовах виникає охоронне гальмування та яке його біологічне значення?

8. За якими нервовими процесами та за якими їх характеристиками (властивостями) розрізняють типи ВНД?

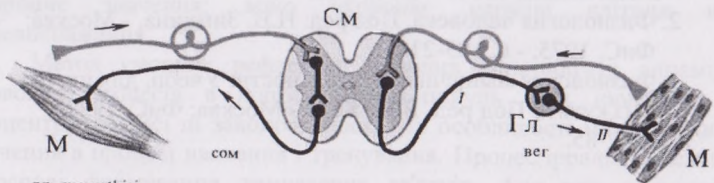
9. Яке значення має вчення про типи ВНД в практичній роботі педагога з фізичного виховання?

10. “Зриви” ВНД і перетренованість.

11. Що таке перша та друга сигнальна системи?

ВЕГЕТАТИВНА НЕРВОВА СИСТЕМА

Функції організму умовно розділяють на дві групи: **соматичні** і **вегетативні**. До соматичних відносять сприйняття зовнішніх подразнень і рухової реакції пошмугованих м'язів, а до вегетативних - процеси, що забезпечують обмін речовин, травлення, дихання, кровообіг, виділення та інші. Відповідно до розподілу інервації функцій нервову систему розділяють на **соматичну** і **вегетативну** (автономну). Соматична частина нервової системи забезпечує екстерорецепцію і рухову функцію організму, вегетативна - рефлекторну регуляцію внутрішніх органів, судин, потових залоз, тобто органів, функції яких майже не контролюються свідомістю.



nn. svm.pathici

Рис.19. Рефлекторні дуги соматичного та вегетативного рефлексів

Рухова діяльність нерозривно пов'язана зі зміною функцій внутрішніх органів. Подразнення різних рецепторів тіла і рефлекторні відповіді нервових центрів можуть викликати зміни як соматичних, так і вегетативних функцій. Отже, **відмінністю будови** соматичної нервової системи від вегетативної є те, що **аферентні і центральні відділи спільні** як для соматичних, так і для

вегетативних функцій, а відрізняються вони лише аферентними відділами.

Характерною особливістю еферентних шляхів, які входять в рефлекторні дуги вегетативних рефлексів, є їх **двохнейронна будова**. Від тіла першого нейрона, який знаходиться в ЦНС, а саме в спинному, довгастому або середньому мозку, відходить аксон, який утворює **передвузлове (прегангліонарне)** волокно. У вегетативних гангліях поза ЦНС збудження переключється на другий еферентний нейрон, від якого відходить **післявузлове (постгангліонарне)** волокно, що йде до робочого органу (рис.19).

Вегетативна нервова система поділяється на два відділи: **симпатичний і парасимпатичний**.

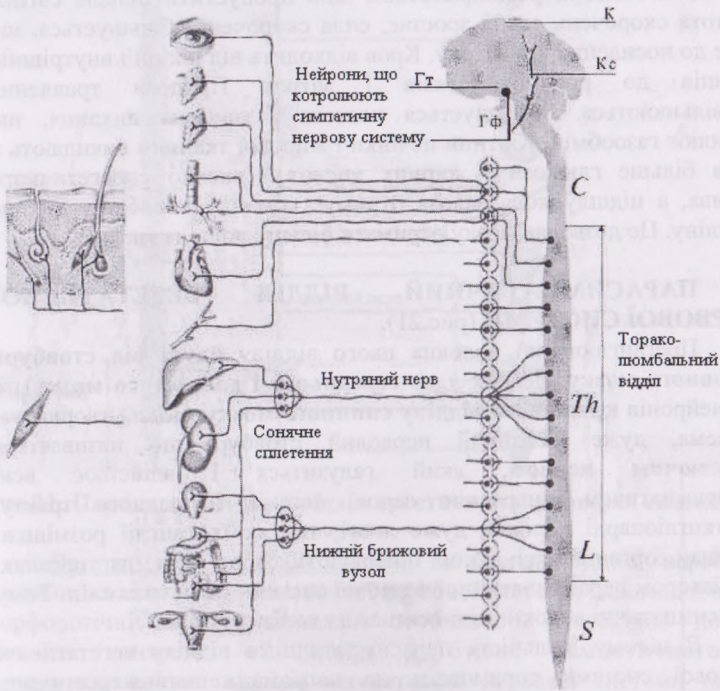


Рис.20. Симпатичний відділ вегетативної нервової системи

СИМПАТИЧНИЙ ВІДДІЛ ВЕГЕТАТИВНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ. Прегангліонарні волокна симпатичного відділу вегетативної нервової системи виходять з **грудного і поперекового** відділів спинного мозку від нейронів бокових рогів. Її ганглії зв'язані

один з одним і утворюють біля хребта два **симетричні ланцюжки** (рис.20). До органів-мішеней від них йдуть дуже довгі постгангліонарні волокна. Медіаторами симпатичних нервів є **адреналін і норадреналін**. Тому більшість симпатичних волокон є **адренергічні**. Виключення складають лише симпатичні нервові волокна, які іннервують скелетні м'язи і потові залози, - вони відносяться до холінергічних волокон.

В цілому діяльність симпатичного відділу вегетативної нервової системи спрямована на енергетичне забезпечення (**ерготропна функція**). Щоб зрозуміти на які органи і як діє симпатичний відділ вегетативної нервової системи, простіше собі уявити організм в стані стресу, готовим до реакції типу "боротьби або втечі". Зіниці розширюються, щоб пропустити більше світла; частота скорочень серця зростає, сила скорочень збільшується, що веде до посилення кровотоку. Кров відходить від шкіри і внутрішніх органів до робочих м'язів і мозку. Процеси травлення сповільнюються. Збільшується частота і глибина дихання, що посилює газообмін. Клітини печінки і жирової тканини викидають в кров більше глюкози і жирних кислот - високо енергетичного палива, а підшлункова залоза отримує команду виробляти менше інсуліну. Це дозволяє мозку отримати більшу долю глюкози.

ПАРАСИМПАТИЧНИЙ ВІДДІЛ ВЕГЕТАТИВНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ (рис.21).

Прегангліонарні волокна цього відділу йдуть від **стовбура головного мозку** (деяких ядер **середнього і довгастого мозку**) та від нейронів **крижового відділу спинного мозку**. Вони утворюють, зокрема, дуже важливий нервовий стовбур, що називається **блукаючим нервом**, який галузиться і здійснює всю парасимпатичну іннервацію серця, легенів і травного тракту. Прегангліонарні волокна дуже довгі, так як їх ганглії розміщені поблизу органів, які вони іннервують, або в самих органах. Медіатором парасимпатичної нервової системи є **ацетилхолін**. Тому парасимпатичні волокна відносяться до **холінергічних**.

В цілому діяльність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи спрямована на нагромадження енергетичних ресурсів (**трофотропна функція**). Переважання парасимпатичної активності створює умови для "відпочинку і відновлення". Підвищується притік крові до травного тракту, прискорюється просування їжі через кишківник, посилюється секреція травних ферментів. Частота і сила скорочень серця знижується, зіниці звужуються, просвіт дихальних шляхів зменшується, посилюються видільні процеси, поповнюються енергоресурси.

Багато внутрішніх органів отримують як симпатичну, так і парасимпатичну іннервацію. Впливи цих двох систем переважно носять антагоністичний характер. Деколи вони можуть діяти "синергічно".

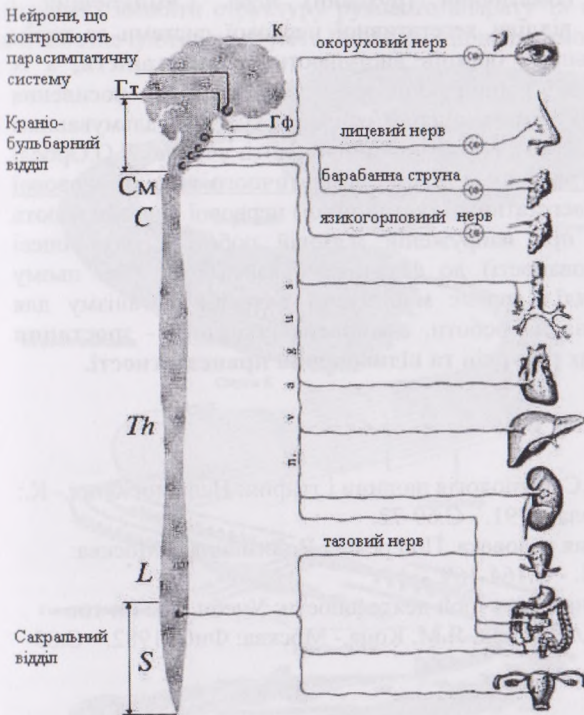


Рис.21. Парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи

Вегетативній нервовій системі як частині єдиної нервової системи, на відміну від соматичної нервової системи, властиві й інші морфологічні та функціональні особливості. Необхідно добре засвоїти конкретні відмінності в будові **симпатичного** і **парасимпатичного** відділів вегетативної нервової системи та їх вплив на протікання різних процесів в організмі. Дії, які здійснює нервова система на різні органи, можуть мати пусковий характер - викликати діяльність органу та трофічний - регуляція обміну речовин і, як наслідок, - змінюється функціональний стан і працездатність. Наприклад, подразнення симпатичного нерва викликає скорочення радіального м'язу ока (розширення зіниці), секрецію потових залоз, тобто здійснює на ці органи пусковий

вплив. На скелетні м'язи симпатичний нерв здійснює трофічний вплив, підвищуючи їх працездатність, зменшуючи втому (феномен Орбелі-Гінецинського). Викликати скорочення скелетних м'язів симпатичний нерв не може. Пусковий вплив на скелетні м'язи здійснює лише соматичний (руховий) нерв. Симпатичний і парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи за своїм впливом на діяльність органів виступають як **антагоністи**, а їх центри знаходяться в реципрокних взаємовідносинах - посилення активності центрів одного відділу супроводжується гальмуванням центрів другого. Особливу увагу слід приділити вченню Л.О.Орбелі про адаптаційно-трофічну функцію симпатичного відділу нервової системи. Функції вегетативної (автономної) нервової системи мають велике значення при напруженій м'язовій роботі та в процесі адаптації (натренованості) до фізичних навантажень. При цьому **симпатичний відділ** сприяє **мобілізації резервів** організму для найкращого виконання роботи, а **парасимпатичний** - **зростання його енергетичних ресурсів та відновлення працездатності**.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.69-72.
2. Фізіологія человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.164-169.
3. Фізіологія мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.85-93.

Контрольні питання:

1. Які морфологічні і функціональні особливості вегетативної нервової системи?
2. Де знаходяться нервові центри симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи?
3. Як впливає симпатичний і парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи на внутрішні органи?
4. В чому заключається адаптаційно-трофічна функція симпатичного відділу вегетативної нервової системи?
5. Медіатори вегетативної нервової системи.

ФІЗІОЛОГІЯ НЕРВОВО-М'ЯЗОВОГО АПАРАТУ

Опановуючи матеріал цієї теми і усвідомивши загальні закономірності рефлекторних механізмів рухової діяльності, слід детально засвоїти структуру рухового апарату та перебіг процесів, які забезпечують і лімітують його функціональні можливості.

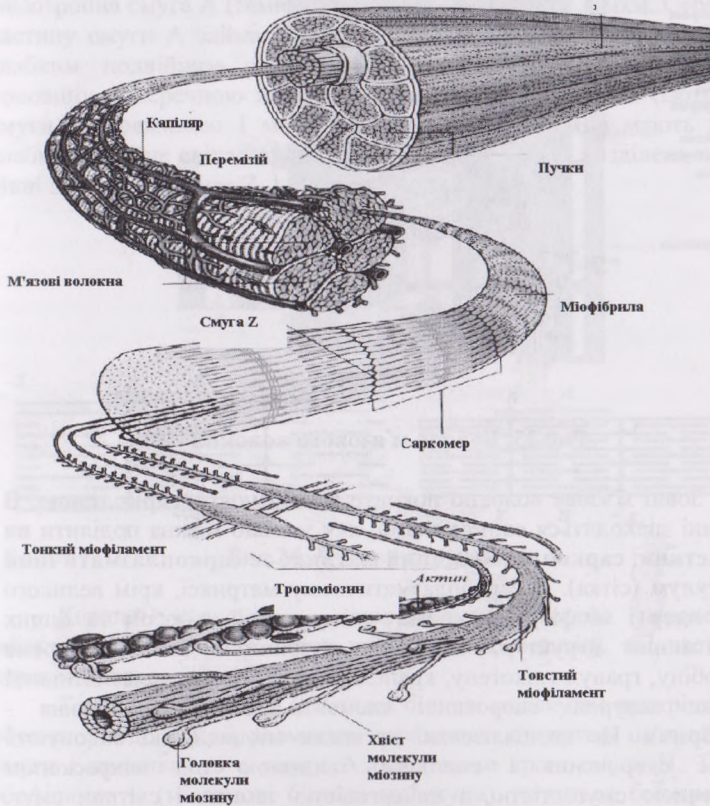


Рис.22. Будова м'яза

Необхідно також звернути увагу на питання, які пов'язані із механізмами м'язового скорочення, формами та типами скорочення і його регуляцією. Засвоєння цього матеріалу вимагає твердих знань будови м'язового волокна і м'язу в цілому, характеру іннервації, суті процесу збудження.

У людини від 40 до 60% маси тіла складають біля 600 скелетних м'язів. М'яз складається із сотні і тисячі м'язових волокон

(рис.22). М'язове волокно скелетних м'язів - це багатоядерна клітина великих розмірів - **міоцит** (товщиною 10-100 мкм і довжиною від декількох мм до десятка см) (рис.23).

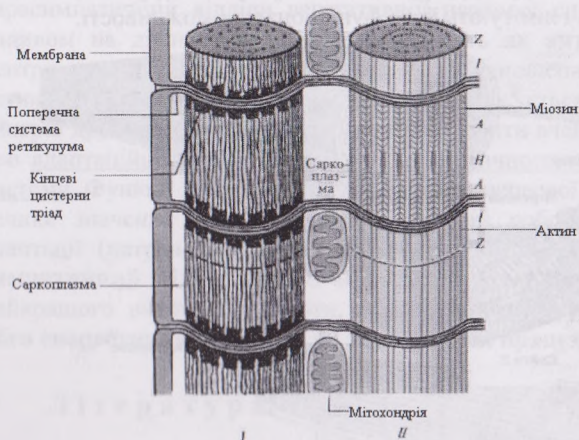


Рис.23. Будова м'язового волокна

Зовні м'язове волокно покрите мембраною - **сарколемою**. В середині знаходиться **саркоплазма**, яку умовно можна поділити на дві частини: **саркоплазматичний матрикс** та **саркоплазматичний ретикулум** (сітка). В саркоплазматичному матриксі, крім великого числа ядер і міофібрил, є багато мітохондрій, лізосом та інших субклітинних структур, а також розчинних білків, зокрема міоглобін, гранул глікогену, крапель ліпідів. В саркоплазматичний матрикс занурені скоротливі елементи м'язового волокна - **міофібрили**. Це спеціалізовані органели міоцита, які виконують м'язове скорочення і володіють видимою під мікроскопом поперечною смугастістю, з почерговістю темних і світлих смуг. **Саркоплазматична сітка** (ретикулум) це транспортна система міоциту, яка складається із зв'язаних між собою поздовжніх і поперечних трубочок. Структурною одиницею саркоплазматичного ретикулуму є триада. Це поперечна трубочка з прилеглими до неї з обох боків цистернами, в яких знаходяться іони Ca^{2+} .

Міофібрила складається з тонких актинових (4,5-6,5 нм) і товстих міозинових (10-15 нм) міофіламентів (ниток). Білки міофібрил **міозин** (54%) та **актин** (25%) - основні скорочувальні білки; **тропоміозин** (7%) і **тропонін** (2%) - регуляторні білки.

Елементом міофібрил посмугованих м'язів є саркомер. **Саркомер** - ділянка міофібрил, межами якої служать Z лінії (рис.24). Ці ділянки повторюються вздовж міофібрил і є основною структурною одиницею скорочення. Кожна міофібрила складається із декількох сотень послідовно з'єднаних саркомерів. Середня довжина одного саркомера 2,5-3,0 мкм. В середині саркомера знаходиться анізотропна смуга А (темний диск), довжиною 1,5-1,6 мкм. Середню частину смуги А займає смуга Н (світла зона), яка володіє більш слабким подвійним світлозаломленням. Смуга Н ділиться на половину поперечною щільною лінією М. Світлі диски (ізотропні смуги І), довжиною 1 мкм прилягають до смуг А і мають дуже слабе подвійне світлозаломлення. Кожна із І-смуг розділена на дві рівні половини лінією Z.

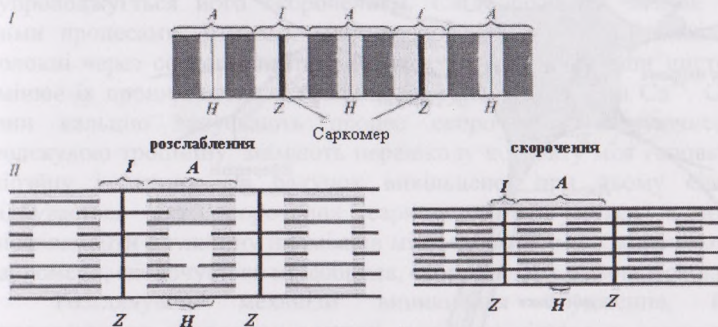


Рис.24. Будова саркомера

Кожний саркомер - упорядкована система паралельно розміщених товстих і тонких ниток (міофіламентів), які частково перекриваються.

Тонкі міофіламенти (актинові білкові молекули) прикріплені з обох сторін до Z лінії, розміщені паралельно, тягнуться на протязі І-смуги і проникають в смуги А, досягаючи краю смуги Н. Товсті міофіламенти (міозинові білкові молекули) тягнуться безперервно від одного до другого кінця смуги А і розміщені паралельно до тонких міофіламентів. При скороченні м'язового волокна актинові нитки втягуються в глибину проміжків між міозиновими, "ковзаючи" відносно останніх. Довжина утворених актиновими нитками дисків І при цьому зменшується, а дисків А не змінюється. Таке уявлення про механізм м'язового скорочення одержало назву теорія ковзання.

Скорочення м'язу здійснюється під впливом нервових імпульсів, які надходять від мотонейронів, що його інервують. При

вивченні цього питання слід чітко засвоїти поняття про рухову одиницю. Аксони мотонейронів, тіла яких знаходяться в ЦНС (для м'язів тулуба і кінцівок - в передніх рогах спинного мозку) на кінці розгалужуються, і кожна з гілочок підходить до окремого м'язового волокна, утворюючи з ним синапс. Отже, кожен мотонейрон інервує не одне, а групу м'язових волокон. Мотонейрон та інерована ним група м'язових волокон отримала назву рухова нервово-м'язова одиниця (РО) (рис.25). Число включених в роботу рухових одиниць, поряд з іншими умовами, визначає ступінь напруження, яке розвиває м'яз при скороченні.

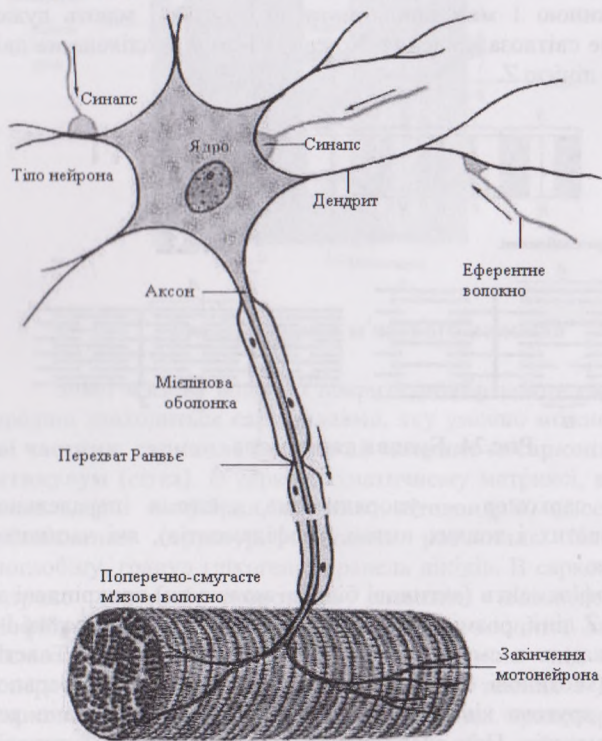


Рис.25. Рухова одиниця

Передача збудження з кінцевих гілочок аксона мотонейрона на м'язове волокно, яке він інервує, через синапс здійснюється хімічним способом з участю медіатора - ацетилхоліну. Вивчення цього питання вимагає чіткого уявлення про будову нервово-м'язового синапса та механізм передачі збудження. Досягнувши

кінцевої гілочки аксона, нервовий імпульс викликає деполяризацію і, як наслідок, підвищення проникливості пресинаптичної мембрани. Зміна проникливості пресинаптичної мембрани сприяє виділенню в синаптичну щілину ацетилхоліну, який знаходиться в пресинаптичній частині синапса. Ацетилхолін (АХ) за допомогою дифузії проходить через синаптичну щілину до постсинаптичної мембрани і там зв'язується зі специфічними до нього рецепторами, утворюючи комплекси АХ-рецептор.

Іонна проникливість постсинаптичної мембрани при цьому зростає, що веде до виникнення локального електричного потенціалу - потенціалу кінцевої пластинки (ПКП). При досягненні ПКП порогової величини імпульс далі передається на мембрану м'язового волокна. Виникнення потенціалу дії в м'язовому волокні супроводжується його скороченням. Слід зрозуміти зв'язок між цими процесами. Імпульс, який розповсюджується по м'язовому волокні через саркоплазматичний ретикулум, досягнувши цистерн, змінює їх проникливість і в саркоплазму виходять іони Ca^{2+} . Саме іони кальцію запускають процес скорочення, зв'язуючись з молекулою тропініну, знімають перешкоду контакту між головками міозину і актину. За рахунок вивільненої при цьому енергії відбувається акт скорочення саркомера, втягуються актинові міофіламенти в глибину проміжків між міозиновими. Скорочуються саркомери, скорочується міофібрила, скорочується м'язове волокно.

Розглянувши механізм виникнення збудження, його проведення по нервовому волокні, передачу м'язовому волокну та послідовність основних процесів, які викликають скорочення, необхідно розглянути і засвоїти форми, типи та режими м'язового скорочення, механізми регуляції напруження (скорочення) м'язу, а також фактори, від яких залежить сила і швидкість скорочення.

Скоротливий акт м'язу виражається в двох формах: розвиток напруження і скорочення. Якщо м'яз знаходиться в умовах, які не допускають його скорочення, то він розвиває тільки напруження (проявляє силу). Напруження, яке розвиває м'яз при скороченні, реалізується різними шляхами. Отже, коли м'яз розвиває напруження, але не змінює своєї довжини, називається **ізотетричним** типом скорочення.

Якщо зовнішнє навантаження на м'яз менше, ніж напруження, яке він розвиває при скороченні, то м'яз скорочується, змінюючи свою довжину. Такий тип скорочення називається **концентричним** або **міотетричним**. В умовах експерименту при подразненні електричним струмом, м'яз скорочується при постійному напруженні рівному зовнішньому навантаженню, то такий тип скорочення - **ізотонічний** (постійне напруження).

Якщо зовнішнє навантаження більше, ніж напруження, яке розвиває м'яз під час скорочення, то такий м'яз розтягується (видовжується) при скороченні. Це **ексцентричний** або **пліометричний** тип скорочення. В реальних умовах м'язової діяльності, практично, не зустрічаються в чистому вигляді вище наведені типи скорочення, а має місце змішана (ауксотонічна) форма скорочення, при якій змінюється і довжина, і напруження м'язу.

Концентричний і ексцентричний тип скорочення, при яких м'яз змінює свою довжину, відносяться до **динамічної** форми скорочення, а ізометричний - до **статичної** форми скорочення.

Необхідно уважно опрацювати питання залежності акту скорочення від частоти нервових імпульсів. Кожен імпульс, що надходить від мотонейрона, викликає **поодинокі скорочення** м'язових волокон, відповідної РО.

Мотонейрон, як правило, посилає не один, а серію імпульсів. Якщо імпульси надходять з невеликою частотою та інтервалом між ними більшим від тривалості поодинокого скорочення, то м'язове волокно відповідає серією поодиноких скорочень. Коли ж інтервали між імпульсами коротші від тривалості поодинокого скорочення, то проходить накладання поодиноких скорочень одне на одне так, що в результаті їх **суперпозиції** виникає **тетанус** (рис.26).

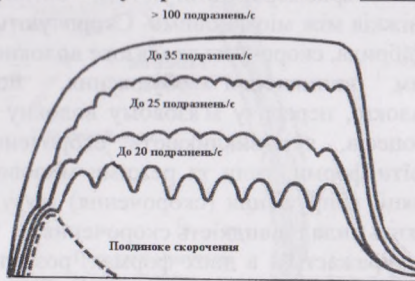


Рис.26.
Формування
тетануса в
залежності від
частоти
подразнень

Розрізняють **зубчастий** тетанус, якщо в інтервалах між імпульсами м'язові волокна встигають закінчити скорочення, перейшовши у фазу розслаблення, і **гладкий**, якщо кожен черговий імпульс захопить м'язове волокно ще у фазі скорочення (або розвитку напруження) (рис.27). Необхідно чітко уявити собі, що в основі такого плавного, неколивного скорочення лежить не одна, а багато хвиль збудження. Слід зауважити, що і в тих випадках, коли РО працюють в режимі поодинокого скорочення, акт скорочення всього м'язу є неколивним, плавним. При цьому не спостерігаються окремі короткочасні скорочення і розслаблення РО. Це забезпечується асинхронною роботою різних РО: коли одні з них

закінчують своє скорочення і починають розслаблятися, а інші - лише досягають вершини скорочення, підтримуючи стан скорочення м'язу.

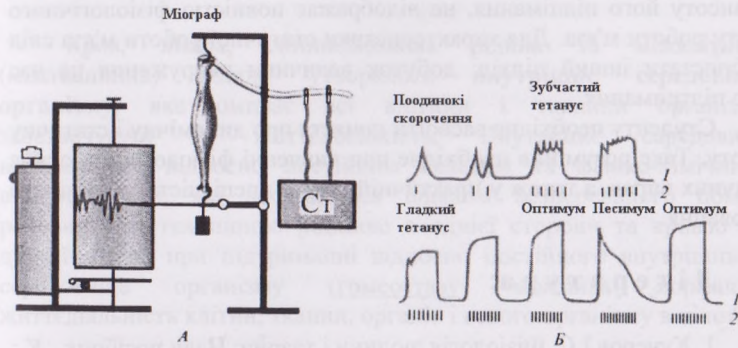


Рис.27. Оптимум і песимум (за Н.Введенським).

А – схема реєстрації; Б – криві м'язових скорочень (1) при різній частоті подразнення (2)

При тетанічному режимі скорочення м'язові волокна розвивають значно більше напруження, ніж при поодинокому скороченні. В режимі поодинокого скорочення РО працюють лише в тих випадках, коли рухи не вимагають значного м'язового напруження. При необхідності розвивати значні (великі) напруження РО працюють в тетанічному режимі. При цьому чим більша (в певних межах) частота імпульсів, тим більше напруження розвивають РО.

Отже, **величина напруження**, яке розвиває м'яз залежить від:

- **числа включених в роботу РО;**
- **режиму їх роботи**, який визначається частотою імпульсів, що посилає мотонейрон;
- **зв'язку роботи РО в часі.**

При засвоєнні матеріалу цього розділу необхідно з'ясувати від яких факторів залежить сила, яку розвиває м'яз, величина і швидкість його скорочення.

Вивчаючи роботу м'яза, важливо звернути увагу на наступні положення:

- зовнішня механічна робота м'яза і коефіцієнт її корисної дії є найбільшим при середніх навантаженнях (закон середніх навантажень) і середніх швидкостях скорочення. Абсолютні величини цих середніх (оптимальних) навантажень і швидкостей

неоднакові для різних м'язів і можуть зростати в процесі тренувань з розвитком силових і швидкісних якостей рухового апарату;

- зовнішня робота, яка визначається як добуток маси вантажу на висоту його підняття, не відображає повністю фізіологічного змісту роботи м'яза. Для характеристики статичної роботи м'яза слід використати інший підхід: добуток величини напруження на час його підтримання.

Студенту необхідно засвоїти поняття про динамічну і статичну роботу. Таке розуміння необхідне при вивченні фізіологічних основ фізичних вправ, а також у практичній роботі спеціаліста з фізичного виховання.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.156-177.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.67-109.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.93-135.

Контрольні питання:

1. Які особливості будови поперечно-смугастого м'язового волокна?
2. Що таке рухова одиниця (РО) та поділ РО за розміром та функцією?
3. Що таке реобазис і хронаксія і які властивості збудливої тканини вони відображають?
4. Як проводиться збудження через нервово-м'язові синапси?
5. Як проходять хімічні та енергетичні процеси, які забезпечують скорочення м'язів?
6. В чому заключається механізм м'язового скорочення?
7. Які є форми та типи м'язового скорочення?
8. Як викликати поодинокі і тетанічне скорочення?
9. Які механізми регуляції напруження м'язів?
10. Якими показниками характеризується сила м'яза і які фактори зумовлюють її величину?
11. Що таке електроміографія і яке її значення для оцінки функціонального стану м'язів?

Частина II. ФІЗІОЛОГІЯ ВЕГЕТАТИВНИХ СИСТЕМ

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВІ

Кров, лімфа, спинномозкова рідина та міжклітинна (міжтканинна) рідина утворюють **внутрішнє середовище організму**, яке омиває всі клітини і тканини організму, забезпечуючи їх життєдіяльність. Внутрішнє середовище відрізняється відносно постійним складом та фізико-хімічними властивостями, які досягаються шляхом безперервного обміну речовин між тканинною рідиною з однієї сторони та кров'ю - з другої. Лише при підтриманні відносно постійного внутрішнього середовища організму (**гомеостазу**) можлива нормальна життєдіяльність клітин, тканин, органів і всього організму в цілому.

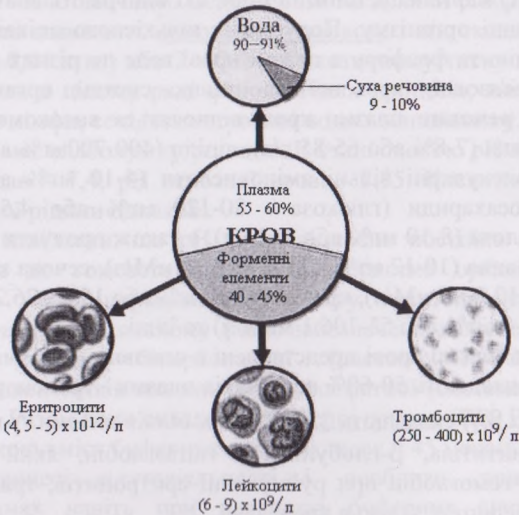


Рис. 28. Склад крові

Кров і кровотворні органи (кістковий мозок, селезінка, печінка і лімфатичні вузли) утворюють цілісну фізіологічну систему - **систему крові**.

Кров, циркулюючи в судинах, транспортує до тканин і органів кисень, поживні речовини, продукти обміну, біологічно-активні речовини (гормони, вітаміни) виконує таким чином дихальну, харчову, видільну та регуляторну функції. Крім цього, кров виконує захисну функцію, знешкоджуючи мікроорганізми та їх токсини.

Також за рахунок високої теплоємності плазми крові вона бере участь у підтримці постійної температури тіла.

Перечисленні функції, які забезпечують життєдіяльність організму, здійснюються різними складовими крові. Рідка частина, **плазма**, яка складає біля 55% її об'єму та **форменні елементи** (або клітини крові), які складають 45% об'єму (еритроцити, лейкоцити, тромбоцити або кров'яні пластинки) (рис.28).

Плазма крові, з фізичної точки зору, представляє собою 8-10% водний розчин органічних та неорганічних речовин.

Неорганічні речовини плазми крові складають 0,9% і представлені, в основному, катіонами Ka^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} та аніонами Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$. Їх основна фізіологічна роль - підтримання відносно постійного осмотичного тиску і рН крові. Крім перечислених мінеральних речовин в плазмі міститься невелика кількість йоду, бромю, заліза, а також мікроелементів - мідь, кобальт, марганець, цинк та інші, які відіграють значну роль у функціонуванні організму. Порушення кількісного співвідношення калію, кальцію та фосфору в плазмі крові веде до різних розладів в діяльності м'язової, нервової та інших систем організму. До **органічних речовин** плазми крові відносяться високомолекулярні сполуки - білки (7-8% або 65-85 г/л), ліпіди (400-700мг% або 4-7 г/л) та низькомолекулярні вільні амінокислоти (4-10 мг% або 1,7-2,6 мМ/л), моносахариди (глюкоза - 80-120 мг% або 4,5-6 мМ/л), молочна кислота (8-10 мг% або 1мМ/л), а також продукти білкового обміну: сечовина (10-12 мг% або 3,33-8,32 мМ/л), сечова кислота (2-7 мг% або 0,12-0,46 мМ/л), креатин (3-5 мг% або 15,25-76,25 мкМ/л), креатинін (1-2 мг% або 53-106,1 мкМ/л) та інші.

Білки в плазмі крові представлені в основному двома класами: **альбуміни** складають 50-60% всіх білків плазми - транспортні білки; **глобуліни** (α, β, γ) складають 35-40% всіх білків плазми. γ -глобуліни це імунні антитіла, β -глобуліни - гаптоглобін, який зв'язує і транспортує гемоглобін при руйнуванні еритроцитів, трансферин - зв'язує і транспортує залізо в крові.

Основні ліпіди плазми крові - це **триацилгліцерини** або **нейтральні жири**, **фосфоліпіди**, **ефіри холестерину**, **вільний холестерин** та **вільні жирні кислоти**. Вміст основних ліпідів в плазмі крові: нейтральні жири - ~ 200 мг% або 0-400 мг/дл, фосфоліпіди - 150-250 мг% або 150-250 мг/дл, ефіри холестерину - ~ 225 мг%, вільний холестерин - 40-70 мг% або 4-7 мМ/л, жирні кислоти - 20-50 мг% або 200-450 мг/дл. Вміст нейтральних жирів в крові суттєво коливається в залежності від часу споживання їжі, особливо жирної. Слід підкреслити, що більшість ліпідів

виявляються в крові не у вільному стані, а в складі - білково-ліпідних компонентів

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРОВІ. До фізико-хімічних властивостей крові відносять **в'язкість, питома вага, осмотичний тиск, рН, буферні системи.**

В'язкість крові ~ 5,0 (у відношенні до води), а плазми ~ 1,7-2,2. В'язкість крові зумовлена наявністю білків та формених елементів і може змінюватися (зростати) при м'язовій діяльності. Питома вага цільної крові ~ 1,05-1,06, плазми 1,025-1,034. Осмотичний тиск крові складає ~ 7,6-8,1 атм. або 250-300 мОсМ (міліосмомолі). Осмотичний тиск розчину складає сумарна концентрація молекул і іонів розчинених речовин, що знаходиться в одиниці об'єму розчину. Осмотичний тиск крові, лімфи і міжтканинної рідини має певне значення для регуляції обміну води між кров'ю та тканинами. Розчин з підвищеним осмотичним тиском називається гіпертонічним, а з пониженим - гіпотонічним. Осмотичний тиск, який створюють білки плазми крові називають онкотичним тиском, і він складає ~ 30 мм рт.ст. (0,03-0,04 атм.) або 2 мОсМ. Онкотичному тиску притаманна важлива роль в цілому ряді фізіологічних процесів, які пов'язані з утворенням лімфи, сечі, всмоктуванні води в кишківнику.

Кров має слаболужну реакцію. В стані спокою рН артеріальної крові складає ~ 7,4; рН венозної крові - 7,35. Кислотність крові і міжклітинної рідини однакові.

Слід пам'ятати, що рН крові відносно постійна величина, і відноситься до гомеостатичних характеристик організму, а це обов'язкова умова нормального перебігу метаболічних процесів. Підтримання рН на певному рівні забезпечено наявністю в крові буферних систем: бікарбонатної (система $\text{H}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3$), гемоглобінової, білків плазми крові, фосфатної (система $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$). Разом вони складають буферні основи (ВВ- Вufer Base) і в стані спокою вміст буферних основ складає ~ 45 мекв/л.

В процесі життєдіяльності і, особливо, при фізичних навантаженнях навіть при наявності буферних систем можна спостерігати зсуви рН крові в кислу сторону (ацидоз) і в лужну сторону (алкалоз).

Форменні елементи крові (рис.29). **Еритроцити** або червоні кров'яні тільця представляють собою без'ядерні клітини, які мають форму двояко вгнутого диска. В 1 мм крові чоловіків міститься біля 5 млн. еритроцитів, у жінок - 4,5 млн. Процес утворення еритроцитів (**еритропоез**) проходить в кістковому мозку. Загальна поверхня всіх еритроцитів крові досягає ~3800 м², тобто в 1500 разів перевищує поверхню всього тіла.

Тривалість функціонування еритроцитів у дорослих людей складає біля 3-х місяців (100-120 днів) і потім руйнуються в селезінці та печінці клітинами ретикуло-ендотеліальної системи, які володіють різко вираженою здатністю до фагоцитозу. Кожну секунду в організмі руйнується від 2 до 10 млн. еритроцитів. Крім зрілих еритроцитів в крові циркулює біля 1% ретикулоцитів - попередників еритроцитів.



Рис.29. Форменні елементи крові

Еритроцити містять гемоглобін. Гемоглобін (Hb) виконує основну дихальну функцію - транспортує до тканин організму кисень, а з тканин забирає вуглекислий газ. Hb легко зв'язується з киснем, утворюючи нестійку сполуку **оксигемоглобін** (HbO₂). Насичення гемоглобіну киснем проходить в капілярах альвеол легенів, а відщеплення кисню від оксигемоглобіну проходить в капілярній сітці різних органів і тканин. Загальний вміст

гемоглобіну в крові дорівнює приблизно 700 г, це 14-15 г Нb на 100 мл крові.

Лейкоцити або білі кров'яні тільця відіграють важливу роль у формуванні і проходженні захисних процесів в організмі.

Лейкоцити мають ядро різної форми, а за особливостями цитоплазми вони поділяються на дві групи: **гранулоцити** або зернисті (поліморфно-ядерні) лейкоцити і **агранулоцити** або незернисті (одноядерні).

Гранулоцити в свою чергу поділяються на **базофіли**, які складають - 0,5-1% всіх лейкоцитів; **еозинофіли** - 2-5%; **нейтрофіли** - 45-72%, які в свою чергу, поділяються на **юні** нейтрофіли (в нормі відсутні), **паличкоядерні** нейтрофіли - 2-5%, **сегментоядерні** нейтрофіли - 45-70%. Еозинофіли знешкоджують токсини білкового походження (глистяна інвазія, алергічні захворювання). Збільшення числа еозинофілів (більше 6%) - **еозинофілія**. Кількість базофілів змінюється лише при тяжких патологічних процесах (мієлолейкозі, еритремії та інших). Основна функція нейтрофілів - **фагоцитоз**. Фагоцитоз (з грецької: фаго - пожираю) - явище відкрите І.І. Мечніковим - це здатність до захоплення і знешкодження бактерій.

Агранулоцити поділяються на **лімфоцити** - 25-35% і **моноцити** - 2-10% всіх лейкоцитів. Моноцити утворюються в кістковому мозку, у кров виходять незрілими клітинами. Моноцити - найактивніші фагоцити з усіх лейкоцитів, здатні захоплювати і перетравлювати мікроби, уламки зруйнованих клітин власного тіла. При розвитку запалення вони допомагають нейтрофілам. **Моноцитоз** (збільшення кількості моноцитів понад 10%) - спостерігається у випадку важких клінічних патологій (хронічних бактеріальних і паразитарних інфекціях, гемобластозах та інших). Лімфоцити розвиваються переважно в лімфатичних вузлах, а також частково у вилочковій залозі, селезінці і беруть участь у формуванні імунітету.

Характерною особливістю популяції лімфоцитів є їх неоднорідність, зумовлена великою різноманітністю функцій: імунологічне розпізнавання, відторгнення трансплантантів і пухлин, участь в процесі синтезу антитіл, імунна пам'ять та інші. Для виконання кожної з цих функцій існують спеціалізовані лімфоцити. Виділяють два основні **типи лімфоцитів**: Т і В. Обидві групи утворюються з клітин попередників в кістковому мозку. **Т-лімфоцити** диференціюються (проходять спеціалізацію) у вилочковій залозі (тимусі) і забезпечують реакції **клітинного імунітету**. **В-лімфоцити** диференціюються в лімфоїдних клітинах кишок, червоподібному відростку, а у людини, можливо, в ембрональній печінці та кістковому мозку, і забезпечують

гуморальний імунітет, синтезуючи **антитіла**. Процентне співвідношення різних форм лейкоцитів у крові називають **лейкоцитарною формулою крові**.

Число лейкоцитів у стані спокою в здорової людини складає від 4,5 до 9,5 тис. в 1 мм^3 крові. Тривалість функціонування лейкоцитів в кров'яному руслі складає в нормі всього лише декілька днів. Характерним для лейкоцитів є швидка зміна їх загального числа і процентного співвідношення різних видів при незначних змінах стану організму. Збільшення числа лейкоцитів в крові називається **лейкоцитозом**, а зменшення - **лейкопенією**. Розрізняють фізіологічні та патологічні лейкоцитози. До патологічних відносять всі лейкоцитози, які спостерігаються при захворюваннях. До фізіологічних лейкоцитозів відносять: харчовий лейкоцитоз (при перетравленні їжі в шлунково-кишковому тракті), лейкоцитоз при вагітності, лейкоцитоз, який спостерігається при м'язовій діяльності - міогенний лейкоцитоз.

Міогенний лейкоцитоз проявляється в змінах як загального числа лейкоцитів, так і процентного співвідношення окремих видів лейкоцитів у крові. При виконанні фізичних вправ різних за інтенсивністю і тривалістю спостерігаються зміни числа лейкоцитів і формули білої крові. Виділяють три фази міогенного лейкоцитозу: лімфоцитарна, I нейтрофільна і II нейтрофільна.

Лімфоцитарна фаза міогенного лейкоцитозу характеризується незначним лейкоцитозом (до 10-12 тис. в 1 мм^3) і зміною формули крові в сторону збільшення лімфоцитів до 40-50% при відповідному зменшенні відсотка сегментоядерних нейтрофілів. Лімфоцитарна фаза спостерігається в крові у спортсменів після незначного фізичного навантаження.

I нейтрофільна фаза характеризується лейкоцитозом (до 16-18 тис. в 1 мм^3) і змінами картини білої крові в сторону збільшення юних клітин до 2-3%, паличкоядерних до 10-12%, сегментоядерних до 65-75%, при зменшенні числа лімфоцитів. Характерною особливістю цієї фази є також зменшення відсотку еозинофілів до 1,0-1,5%. Такі зсуви спостерігаються у крові спортсменів після значних за інтенсивністю і тривалістю м'язових навантажень.

II нейтрофільна фаза характеризується різким лейкоцитозом, що досягає 30-40 і навіть 50 тис. лейкоцитів в 1 мм^3 крові. В цій фазі спостерігаються ще більш виражені зсуви в лейкоцитарній формулі. Відсоток юних клітин збільшується до 6-8%, число паличкоядерних зростає до 20-22%, при різкому зменшенні відсотку лімфоцитів (до 5-10%) та зникненні з периферичної крові еозинофілів. Такий прояв інтоксикаційної фази називається регенеративним зсувом, на відміну від дегенеративної різновидності цієї фази. В останньому випадку

при наявності описаного різкого зсуву в формулі крові не спостерігається збільшення загального числа лейкоцитів. Така реакція вказує на виникнення недостатності кровотворного апарату і може спостерігатись лише у недостатньо натренованих людей при виконанні надзвичайно важкого м'язового навантаження.

За механізмом свого виникнення друга і третя фази міогенного лейкоцитозу являються результатом змін функціонування кровотворних органів. Перша ж фаза, в основному, є наслідком лише перерозподілу лейкоцитів між різними відділами кровоносної системи. Лімфоцитоз, який при цьому спостерігається, пов'язаний з поступанням в циркулюючу кров великого числа лімфоцитів з лімфатичних залоз.

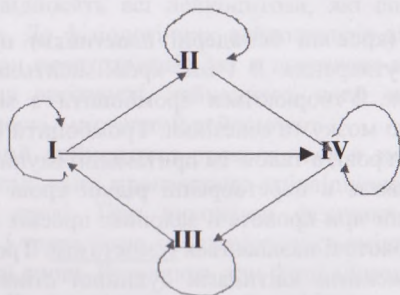
Тромбоцити (кров'яні без'ядерні пластинки) представляють собою плазматичні утворення. В 1 мм^3 крові міситься 200-400 тис. кров'яних пластинок. Утворюються тромбоцити з мегакаріоцитів червоного кісткового мозку та селезінки. Тромбоцити беруть участь у процесах зсідання крові, а також їм притаманні імунні властивості. **Зсідання крові** полягає в перетворенні рідкої крові на кров'яний згусток (**тромб**), який при кровотечі закриває просвіт пошкодженої судини. Зупинка кровотечі називається гемостазом. Тромбоцити при контакті з пошкодженими клітинами судинної стінки, виділяють фермент **тромбокіназа**, яка в присутності іонів Ca^{2+} і вітаміну К каталізує перетворення неактивного ферменту **протромбіну** в активний **тромбін**. Тромбін, каталізує перетворення **фібриногену** у нерозчинний білок **фібрин**. Нитки фібрину і є основою тромбу, на якій затримуються клітини крові. Ця система з надзвичайно великими потенційними можливостями, яка за мить здатна перетворити всю кров організму на згусток. Протидіє системі зсідання крові **протизсідуюча система**, яка запобігає утворенню тромбів у судинах. Ця система також складна і її складовою частиною є сульфатований кислий полісахарид - **гепарин**, а також фермент фібринолізин (**плазмін**), який розчиняє (лізує) утворений згусток.

Система зсідання крові - це багатостадійний ланцюговий ферментативний процес, в якому беруть участь фактори зсідання крові (близько 16).

З проблемою чужих антигенів вперше серйозно зустрілися, коли почали переливати кров хворим і травмованим. **Донорська** кров часто виявляється несумісною з кров'ю **реципієнта**. Лише з часом виявили, що причина біди полягає в різній будові однопіпних біомолекул (антигенів) в крові різних людей. Антигенний склад крові людини детермінований генетично і не змінюється протягом всього життя. Імунна система пильно стежить за його постійністю.

Ймовірність розвитку всіх можливих імунологічних конфліктів визначається законами несумісності груп крові. Всього у людини існує чотири основні групи крові: **O(I)**, **A(II)**, **B(III)**, **AB(IV)**. Їх так назвали через присутність на поверхні еритроцитів відповідних антигенів: A, B або AB. На мембрані еритроцитів групи O(I) ці антигени відсутні. Крім цього бувають резус-позитивна **Rh(+)** і резус негативна **Rh(-)** кров - це залежить від наявності або відсутності на мембрані еритроцитів антигена **D**. На сьогодні відомо понад 400 різних варіантів структури антигенів крові, але для широкої практики важливо чотири з них : антигени **A, B, AB, D**.

Схема переливання крові має такий вигляд:



Крім природних антитіл в організмі синтезуються в міру необхідності так звані **реактивні антитіла**. Вони з'являються у відповідь на появу чужих антигенів, наприклад, при укусі отруйної тварини, при вакцинації, трансплантації органів, при інфекційних захворюваннях.

Аналогічні процеси викликають і неповні антигени - так звані **гаптени**. Ці речовини присутні в поту, слині, сльозах та інших рідини організму. З цим добре знайомі криміналісти, тому що сліди поту, слини, сперми на місці злочину - часто вирішальний доказ. Але про роль неповних антигенів - гаптенів - в повсякденному житті більшість, на превеликий жаль, не знають практично нічого.

Л і т е р а т у р а :

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч.посібник.- К.: Вища школа, 1991. - С.178-194.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.214-222.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.137-163.

Контрольні питання:

1. Яке значення крові як внутрішнього середовища організму?
2. Які функції виконує кров?
3. Який склад крові?
4. Який склад та роль (значення) плазми крові?
5. Якими фізико-хімічними властивостями володіє плазма крові?
6. Що таке гомеостаз і як він підтримується?
7. Буферні системи крові та їх функції?
8. Що таке еритроцити, їх функція та скільки їх міститься в 1 мм³ крові?
9. Що таке лейкоцитоз і які його форми?
10. Яка функція лейкоцитів і що таке лейкоцитарна формула?
11. Міогенний лейкоцитоз і фази його розвитку?
12. Яка функція тромбоцитів і скільки їх міститься в 1 мм³ крові?
13. Що собою представляє процес зсідання крові і як він проходить?
14. Які існують групи крові і схема переливання крові?

ФІЗІОЛОГІЯ КРОВООБІГУ

Засвоєння матеріалу цього розділу в значній мірі залежить від чіткого уявлення (розуміння) будови серця і кровоносних судин.

До системи кровообігу слід віднести серце, яке забезпечує рух крові, і судини, по яких кров рухається і спрямовується в залежності від потреби до всіх тканин та органів (рис.30).

Серцевий м'яз (міокард) являє собою безперервний шар, який складається з м'язових волокон в стінках всіх чотирьох камер серця. Міокард має своєрідну будову і ряд унікальних функціональних особливостей. Головна особливість будови серцевого м'язу в тому, що міокардіальні волокна тісно пов'язані, утворюючи сітку (синцитій). Функціонуючи як синцитій, серцевий м'яз скорочується за законом "все або нічого".

Основними фізіологічними властивостями серцевого м'язу є:

- автоматія,
- збудливість,
- провідність,
- скоротливість.

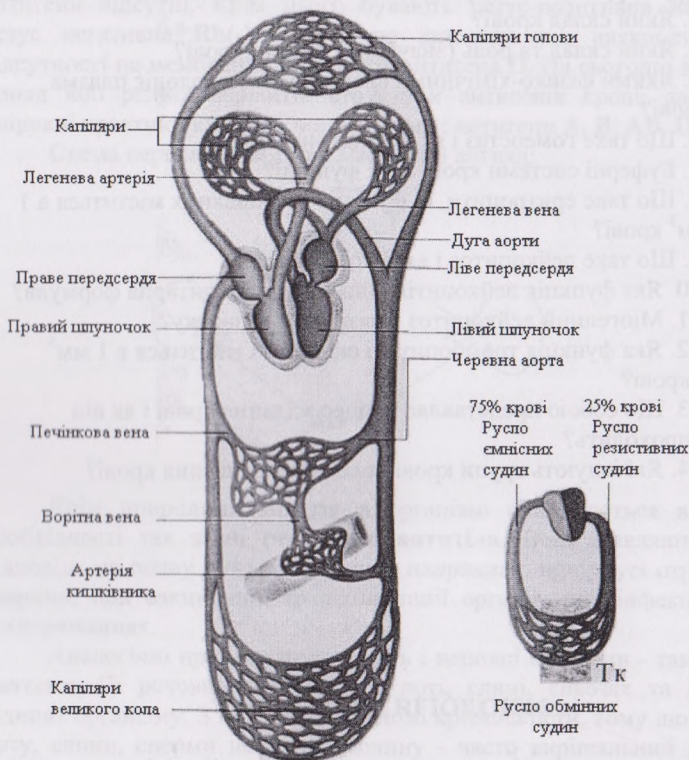


Рис.30. Кола кровообігу

Здатність серця ритмічно скорочуватися за рахунок "внутрішніх" (спонтанних) імпульсів, які виникають в самому серці, називають автоматією.

Найбільш вираженою здатністю до автоматії володіє **синоатріальний** (синусо-передсердний, Кіс-Фляка) вузол, який розташований в стінці правого передсердя в місці впадіння в нього верхньої порожнистої вени. Це - головний водій ритму. Частота розрядів цього вузла біля 70 в хвилину. Імпульси, які виникають в синоатріальному вузлі передаються через міокард передсердь до **атріовентрикулярного** вузла (Ашоф-Товара, передсердно-

шлуночкового), який розміщений в правому передсерді в міжпередсердній перегородці. Від атріовентрикулярного вузла відходить **пучок Гіса**, який ділиться на **дві ніжки** для кожного шлуночка. Імпульси по **правій і лівій ніжках** передаються до **волокон Пуркінє**. Таким чином, збудження, яке виникло в синоатріальному вузлі передається від передсердь до шлуночків по провідній системі серця (рис.31). Передача імпульсів від синоатріального вузла до атріовентрикулярного проходить із затримкою, що складає біля 0,15 с, завдяки чому систола передсердь встигає закінчитися раніше, ніж починається систола шлуночків. Через пучок Гіса імпульси проходять із швидкістю 5 м/с і далі розповсюджуються по всьому міокарду шлуночків. Обидва шлуночки скорочуються одночасно, причому хвиля їх скорочення починається на вершині серця і розповсюджується вгору. Кров виштовхується із шлуночків в артерії, які відходять від серця вертикально вгору. Швидке проведення збудження забезпечує синхронне скорочення всіх частин серцевого м'язу, завдяки чому успішно здійснюється нагнітальна функція серця.

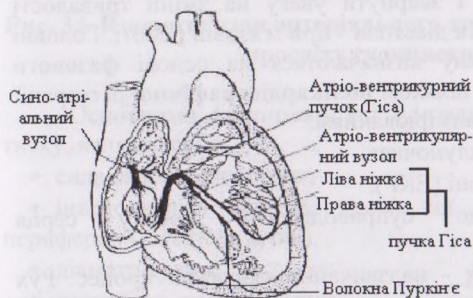


Рис. 31. Провідна система серця

Загальноприйнятим методом оцінки збудливості, провідності і автоматії серцевого м'язу є **електрокардіографія (ЕКГ)** - реєстрація біопотенціалів серця. На ЕКГ розрізняють зубці Р, Q, R, S, Т (рис.32). Зубець Р характеризує процес збудження передсердь, інтервал Р-Q - час переходу збудження від передсердь до шлуночків, комплекс зубців QRS - електричну систолу (збудження) міокарду шлуночків, а зубець Т - пов'язаний з процесами відновлення (реполяризації) в міокарді. Стандартні відведення демонструють розподіл потенціалу на площині тіла людини.

Від скоротливості серцевого м'язу залежить величина хвилинного об'єму крові (ХОК) або серцевий викид (СВ). В стані спокою ХОК складає 5-6 л/хв, систолічний об'єм (СО) або ударний

об'єм (УО) - 60-80 мл, частота серцевих скорочень (ЧСС) - 60-80 уд/хв. ЧСС менша, ніж 60 уд/хв називається **брадикардією**, ЧСС більша, ніж 90 уд/хв - **тахікардією**. При дуже напруженій м'язовій роботі ХОК може досягати у натренованих спортсменів 25-30 л/хв, а в окремих випадках 40 л/хв. Це відбувається шляхом збільшення СО до 160-200 мл та зростання ЧСС до 180-200 уд/хв.

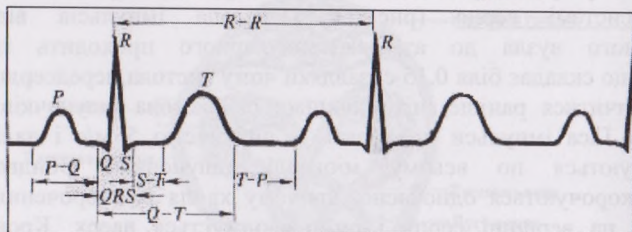


Рис. 32. Електрокардіограма

При вивченні питання **серцевого циклу** необхідно розглянути в деталях фазову структуру і звернути увагу на зміни тривалості різних фаз циклу - систоли та діастоли - при м'язовій роботі. Головні компоненти серцевого циклу визначаються на основі **фазового аналізу** серцевої діяльності шляхом **полікардіографічної** ресстрації роботи серця з одночасним вимірюванням:

- тиску в передсердях і шлуночках,
- електричних явищ в серці (ЕКГ),
- звукових явищ, що супроводжують роботу серця (фонокардіографія).

Рух крові по судинах - надзвичайно складний процес. Рух крові по судинах забезпечує різниця тисків на початковій (артеріальній) і кінцевій (венозній) частинах кровоносного русла. Розрізняють об'ємну і лінійну швидкість кровотоку. Під **об'ємною швидкістю** кровотоку розуміють кількість крові, яка протікає через даний поперечний переріз судини за одиницю часу. **Лінійна швидкість** - це віддаль, яку проходить частина крові за одиницю часу. Ці величини взаємозв'язані між собою.

При фізичній роботі в працюючих м'язах об'ємна швидкість кровотоку зростає при зменшенні її в інших органах. Підвищення кровопостачання інтенсивно працюючих органів - **робоча гіперемія** - пов'язана не тільки із зростанням ХОК, але і з перерозподілом її між окремими органами тіла. Цей процес залежить від зміни просвіту судин - розширення (**вазодилатація**) їх в активних і звуження (**вазоконстрикція**) в неактивних частинах тіла.

Тиск крові в артеріях, капілярах і венах. Величина кров'яного тиску не однакова в різних частинах судинної системи: найбільша в аорті, а в міру віддалення судини від серця - тиск зменшується (рис.33).

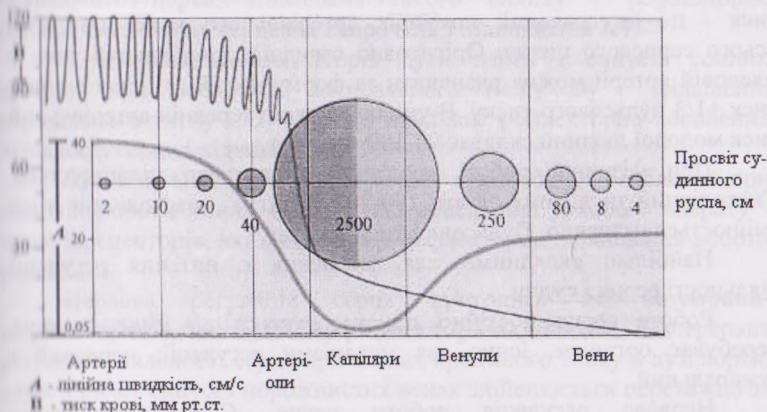


Рис. 33. Взаємозв'язок артеріального тиску, лінійної швидкості та просвіту судинного русла

Основними факторами, які зумовлюють рівень артеріального тиску, являються:

- сила скорочення серця,
- інтенсивність відтоку крові від магістральних судин на периферію (кількість крові),
- діаметр судин,
- пружність стінок артерій,
- в'язкість крові.

Тиск в артеріях змінюється протягом серцевого циклу: в момент систоли він максимальний (**систоличний**), а під час діастоли зменшується (**діастолічний**). Різниця між максимальним і мінімальним тиском називається пульсовим тиском. У здорових дорослих людей систолічний тиск коливається в діапазоні 100-139 мм рт. ст., діастолічний - 60-80 мм рт.ст. Пульсовий тиск складає 35-50 мм рт.ст. Коливання артеріального тиску зумовлено генетично, а схильність до **гіпертонії** (підвищення артеріального тиску понад 140-150 мм рт. ст.) передається спадково.

Легенева циркуляція крові характеризується низьким тиском. Максимальний тиск в малому колі кровообігу досягає 25 мм рт.ст., а

мінімальний - 10 мм рт.ст. Пульсовий тиск в легеневому стовбурі складає 15 мм рт.ст.

Слід пам'ятати і про середній артеріальний тиск як параметр гемодинаміки, який має велике значення, оскільки визначає об'ємну швидкість кровотоку в системній циркуляції. Середній артеріальний тиск - це інтегральний показник артеріального тиску протягом всього серцевого циклу. Орієнтовно середній артеріальний тиск у плечовій артерії можна визначити за формулою: $P_{\text{сер}} = \text{діастолічний тиск} + 1/3 \text{ пульсового тиску}$. В умовах спокою середній артеріальний тиск молодій людині складає 90-100 мм рт.ст.

При фізичній роботі кров'яний тиск різко підвищується. Систолічний тиск може сягати 180-200 мм рт.ст., діастолічний тиск змінюється незначно. Пульсовий тиск зростає.

Найбільш складними для засвоєння є питання регуляції діяльності серця і судин.

Робота серця постійно пристосовується до умов, в яких перебуває організм. Існує два механізми регуляції: нервовий і гуморальний.

Нервова регуляція роботи серця. Серце інервується вегетативним відділом ЦНС, симпатичними і парасимпатичними (блужаючим) нервами. Блужаючий нерв гальмує серцеву діяльність і скоротливість, а симпатичний - навпаки підвищує ці властивості серцевого м'язу і ЧСС. Медіатором волокон блужаючого нерву є ацетилхолін, симпатичних - норадреналін. Нервові центри аферентних волокон блужаючих нервів серця розміщені в довгастому мозку, симпатичних - у верхніх сегментах грудної частини спинного мозку. Для рефлекторних впливів на серце особливо велике значення мають надсегментарні центри, які розміщені в довгастому мозку, підгорбової зони і кори великих півкуль головного мозку.

Основними **рефлексогенними зонами**, при подразненні яких змінюється діяльність серця, є **стілки судин**.

Особливе значення мають баро- і хеморецептори кровоносних судин. **Барорецептори** збуджуються під впливом змін кров'яного тиску, **хеморецептори** - при зменшенні парціального тиску кисню і зростанні парціального тиску вуглекислого газу та зміні концентрації інших хімічних речовин в крові. Найбільш важливе значення мають три рефлексогенні зони: в дузі аорти, в синусах артерій, в стінках порожнистих вен і правого передсердя.

При підвищенні в аорті або каротидному синусі кров'яного тиску виникає рефлекс, який в умовах збудження центрів блужаючого нерва і гальмування центрів симпатичного викликає сповільнення ритму серця (**хронотропний ефект**) і послаблення

сили (**ілотропний ефект**) серцевих скорочень. При підвищенні тиску в порожнистих венах також викликаються рефлексії, які змінюють діяльність серцево-судинної системи, пов'язані із збудженням центрів симпатичних нервів і гальмуванням центрів блукаючого нерва. Наслідком такого впливу є рефлекторне прискорення ритму серцевих скорочень і підвищення АТ.

Збудження хеморецепторів дуги аорти і синусів сонних артерій (при зменшенні парціального тиску O_2 і збільшенні парціального тиску CO_2 в крові) викликає рефлекторне посилення діяльності серця і підвищення АТ.

Суттєве значення в регуляції кровообігу, особливо при м'язовій роботі, мають сигнали від рецепторів рухового апарату - пропріорецепторів, які викликають рефлекторне підвищення роботи серця.

Нервова регуляція серця проходить як **безумовно-рефлекторним**, так і **умовно-рефлекторним** шляхом. Безперервна регуляція діяльності серця при змінах кров'яного тиску в дузі аорти, каротидному синусі і порожнистих венах здійснюється переважно за механізмом безумовних рефлексів. Прикладом умовно-рефлекторних впливів є прискорення ЧСС у спортсменів перед спортивними змаганнями на старті.

Гуморальна регуляція діяльності серця. Із речовин, які знаходяться в крові, на роботу серця найбільший вплив мають гормони, зміна рН і концентрація іонів калію та кальцію.

Значну роль відіграють гормони мозкового шару наднирників - адреналін і норадреналін, дія яких викликає прискорення (позитивний хронотропний ефект) і посилення (позитивний ілотропний ефект) серцевих скорочень, подібно до дії симпатичного нерва. Таку ж дію мають гормони щитовидної залози - тироксин і трийодтиронін.

Регуляція тонуусу кровоносних судин здійснюється, подібно як і серця, нервовим і гуморальним шляхом. Важлива роль у регуляції тонуусу належить нервовій системі. Розрізняють судинозвужуючі (вазоконстриктори) та судинорозширюючі (вазодилатори) нерви. Вазоконстриктори відносять до симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Подразнення симпатичних нервів викликає вазоконстрикцію (звуження судин) усіх судин, крім судин серця і головного мозку. До числа судинозвужуючих відносять деякі парасимпатичні і деякі симпатичні волокна.

Головні судинорухові нервові центри розміщені в довгастому мозку, в яких присутні судинозвужуючі (**пресорні**) і судинорозширюючі (**депресорні**) відділи. Крім довгастого мозку в

регуляції просвіту судин беруть участь гіпоталамус і кора великих півкуль.

Рефлекторний вплив на тонус судин здійснюється в єдиному комплексі з рефlekсами, які регулюють діяльність серця. При змінах кров'яного тиску рефлекторне відновлення його до початкового рівня (норма) здійснюється шляхом надзвичайно тонкої і точної координації діяльності серця і станом тонусу судин.

Гуморальний вплив на тонус судин і, відповідно, на величину їх просвіту можуть здійснювати як кінцеві продукти обміну (CO₂, молочна кислота), а також гістамін, АТФ, так і гормони (адреналін, норадреналін, вазопресин). При цьому місцеві впливи (продуктів обміну) виявляється судинорозширюючі, а загальні (гормональні) - судинозвужуючі.

Особливу увагу слід приділити питанням кровообігу при фізичній роботі. Процес пристосування кровообігу до потреб організму при м'язовій роботі досить складний. Він виражається в змінах ряду функціональних показників роботи серця і стану, які приводять до зростання ХОК і до його перерозподілу. Здійснення змін відбувається за механізмом умовних і безумовних рефлексів, а також під впливом гуморальних впливів (гормони залоз внутрішньої секреції, продукти обміну, які утворюються в працюючих м'язах).

Вимагають уваги також питання обміну речовин між кров'ю і тканинами тіла. Число кровоносних капілярів в організмі дуже велике (40 мільярдів), завдяки чому створюється величезна поверхня контакту (сумарна довжина 100 тис.км, загальна поверхня 1000 м²) між кров'ю і тканинами, через яку надзвичайно ефективно проходять процеси дифузії, фільтрації і осмосу. Слід при цьому враховувати, що як число відкритих (функціонуючих) капілярів, так і проникливість їх стінок змінюється. Таким чином, обмін речовин між кров'ю і тканинами може змінюватися в широких границях в залежності від умов, які виникають в організмі.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.195-232.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.223-259.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.163-272.

Контрольні питання:

1. Які основні функції органів кровообігу?
2. Які властивості притаманні серцевому м'язу?
3. Що таке автоматія серцевого м'язу?
4. Назвіть провідникову систему серця.
5. З яких фаз складається серцевий цикл?
6. Які електричні явища виникають в міокарді при його роботі?
7. За яким методом можна судити про автоматію, збудливість та провідність серцевого м'язу?
8. Як змінюється ЧСС при м'язовій роботі?
9. Що таке СО і ХОК та їх зміни при фізичних навантаженнях?
10. Які фактори зумовлюють рух крові по судинах?
11. Що таке кров'яний тиск і які основні фактори впливають на його величину?
12. Які механізми регуляції діяльності серця і просвіту судин?
13. Які гуморальні фактори впливають на роботу серця та стан судин?
14. Які зміни виникають в діяльності серцево-судинної системи при фізичній роботі?
15. Методи оцінки функціонального стану серцево-судинної системи.

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ДИХАННЯ

При вивченні цього розділу необхідне чітке уявлення про дихання як сукупність процесів, в результаті яких організм засвоює кисень і виділяє вуглекислий газ. Основна суть дихання полягає в окисленні органічних речовин клітин і вивільненні енергії, яка необхідна для їх життєдіяльності. Цей процес, який одержав назву тканинне дихання розглядається в курсі біохімії. В курсі фізіології вивчаються процеси, які забезпечують дихальну функцію в такій послідовності:

- зовнішнє дихання або вентиляція легенів (обмін газів між зовнішнім середовищем і альвеолами легенів);
- обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легенів;

- транспорт газів кров'ю;
- обмін газів між кров'ю капілярів і тканинами;
- клітинне дихання - утилізація кисню клітинами.

Постачання кисню тканинам і видалення вуглекислого газу здійснюють органи дихання, кровообігу і кров. Узгодженість виконання цих функцій забезпечується нервовою і гуморальною системами.

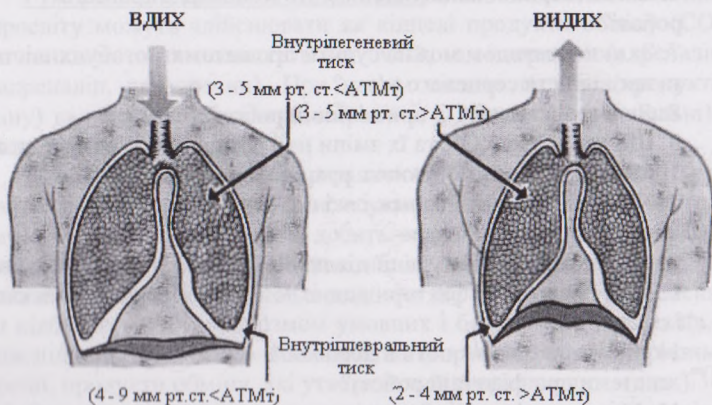


Рис.34. Механізм вдиху і видиху

Зовнішнє дихання - обмін повітрям між альвеолами легенів і зовнішнім середовищем, що здійснюється в результаті ритмічних дихальних рухів грудної клітки (рис.34).

Розглядаючи роботу дихальних м'язів, зміни об'єму грудної клітки, коливання внутрішньогрудного тиску в плевральній порожнині, необхідно засвоїти поняття про легеневі об'єми, статичні і динамічні ємності в стані спокою та при м'язовій роботі. Всі ці питання, пов'язані з процесом обміну газів у легенях, мають важливе практичне значення в діяльності викладача фізичного виховання і тренера.

При вивченні зовнішнього дихання та його показників необхідно добре засвоїти, які об'єми повітря можуть знаходитись в легенях в залежності від фази і глибини дихання (рис.35).

Виділяють чотири первинні легеневі об'єми в стані спокійного дихання:

- дихальний об'єм** (ДО: 300-800 мл),
- резервний об'єм вдиху** (РоВд: 1200-2000 мл),
- резервний об'єм видиху** (РоВид: 1000-1500 мл),
- залишковий об'єм** (ЗО: 1000-1500 мл).

Статичні ємності легенів. Виділяють чотири статичні ємності, кожна з яких включає два і більше первинні легеневі об'єми:

- **загальна ємність легенів** (ЗЄЛ: 4-6 л) - сума всіх чотирьох первинних об'ємів (ДО+РоВд+РоВид+ЗО);
- **життєва ємність легенів** (ЖЄЛ: 3-6 л) - сума трьох первинних легеневих об'ємів (ДО+РоВд+РоВид);
- **ємність вдиху** (ЄВд: 1,5-3 л) - сума двох первинних легеневих об'ємів (ДО+РоВд);
- **функціонально-залишкова ємність** (ФЗЄ: 2-3 л) - сума двох останніх первинних легеневих об'ємів (РоВид+ЗО).

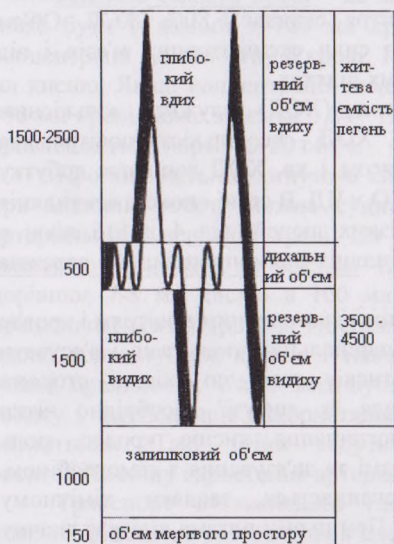


Рис. 35
Об'єми і ємності легенів

ЖЄЛ складає ~ 20-30% загальної ємності легенів. Функціональна залишкова ємність в середньому дорівнює 40% загальної ємності легенів. ЖЄЛ визначає максимально можливу глибину дихання і служить важливим показником функціональних можливостей дихального апарату.

Величини первинних легеневих об'ємів і ємностей відрізняються у різних людей та залежать від розмірів тіла (маса, ріст, поверхня тіла), статі, віку. Після 30 років загальна ємність легенів поступово зменшується, а залишковий об'єм непропорційно збільшується. У молодих людей ЗЄЛ складає 25% ЗЄЛ, а в 50-60 років він зростає до 40%. Отже, з віком зростає функціонально-залишкова

ємкість і швидше, ніж загальна ємкість легенів, зменшується ЖЄЛ. Це, зокрема, зумовлено зниженням еластичності легенів.

Динамічні об'єми легенів. Найчастіше вимірюють такі динамічні об'єми.

Об'єм **максимальної довільної вентиляції** (МДВ) або максимальної довільної гіпервентиляції. МДВ вказує на максимальні можливості дихального апарату. У здорових чоловіків величина МДВ ~ 120 л/хв (100-180 л/хв), у жінок - 70-120 л/хв. МДВ залежить від розмірів легенів і грудної клітки та опору повітроносних шляхів.

Об'єм посиленого видиху - це об'єм повітря, який видихають протягом першої секунди форсованим видихом після максимального вдиху. В нормі цей об'єм повітря складає ~80% ЖЄЛ. Об'єм посиленого видиху залежить від сили експіраторних м'язів і від опору руху повітря у повітроносних шляхах.

Хвилиний об'єм дихання (ХОД) служить кількісним показником легеневої вентиляції. ХОД - це кількість повітря, яка вдихається або видихається протягом 1 хв. ХОД дорівнює добутку ДО на частоту дихання: $ХОД = ДО \times ЧД$. В стані спокою вентиляція легенів сильно коливається у різних людей: від 4 до 15 л/хв; в середньому 6 л/хв. Легенева вентиляція прямопропорційно залежна від розмірів тіла.

При вивченні обміну газів між альвеолярним повітрям і кров'ю необхідно засвоїти поняття про парціальний тиск газів і з'ясувати значення різниці парціальних тисків газів по обидві сторони альвеоло-капілярної мембрани для їх дифузії. Необхідно чітко уявити послідовність етапів поглинання кисню кров'ю, роль фізичного розчинення його в плазмі та зв'язування з гемоглобіном. Основна кількість кисню поглинається завдяки хімічному зв'язуванню його з гемоглобіном. При цьому плазма відіграє значну роль: вона являє собою середовище для функціонування еритроцитів і є посередником між еритроцитами (гемоглобіном) і альвеолярним повітрям, з одного боку, і між еритроцитами (гемоглобіном) і тканинною рідиною з іншого боку.

Необхідно детально розглянути питання переносу кисню і вуглекислого газу. Гемоглобін володіє високою спорідненістю до кисню, приєднує його, утворюючи оксигемоглобін (HbO_2). Оксигемоглобін - сполука нетривка і легко дисоціює, віддаючи кисень. Зв'язування кисню гемоглобіном і його поглинання тканинами залежить в першу чергу від парціального тиску кисню (pO_2) в плазмі крові. Це добре ілюструє крива дисоціації оксигемоглобіну, зі змістом якої треба ознайомитись. На процес зв'язування кисню з гемоглобіном впливають також температура і рН крові. Підвищення температури і зміщення рН крові в кислу

сторону зменшують спорідненість гемоглобіну до кисню і полегшують дисоціацію оксигемоглобіну. Ці фактори відіграють особливе значення при м'язовій роботі. Вони сприяють більш швидкому віддаванню кисню м'язам, які мають в цьому нагальну потребу.

Ознайомившись і засвоївши закономірності зв'язування, транспорту і віддачі кисню, слід з'ясувати кількісну характеристику дихальної функції крові. Для цього необхідно познайомитись з поняттям про кисневу ємкість крові і про артеріально-венозну різницю за киснем.

Киснева ємкість крові - це максимальний об'єм кисню, який може бути зв'язаний з 100 мл крові. Ця величина залежить від концентрації гемоглобіну в крові. 1г гемоглобіну може зв'язати 1,34 мл кисню. Якщо концентрація гемоглобіну в крові складає 15%, то 100 мл крові може зв'язати $1,34 \cdot 15 = 20$ мл кисню. Киснева ємкість крові складає в нормі 19-20 об. %.

Про кількість поглинутого кисню тканинами в стані спокою і при м'язовій роботі можна судити за різницею вмісту його в артеріальній і венозній крові. Ця різниця називається артеріально-венозною різницею за киснем ($ABPO_2$). В стані спокою вона дорівнює 7-8 мл кисню в 100 мл крові. Розширення капілярів в працюючих м'язах (робоча гіперемія) веде до значного збільшення площі контакту між кров'ю і тканинами. Крім цього, в тканинній рідині працюючих м'язів зменшується парціальний тиск кисню (в зв'язку з інтенсивним використанням), підвищується температура і кислотність. Такі зміни ведуть до інтенсивнішої дисоціації оксигемоглобіну і зростання артеріально-венозної різниці.

Транспорт вуглекислого газу, як і кисню, здійснюється шляхом фізичного розчинення в плазмі і зв'язування з гемоглобіном. Він зв'язує певну кількість CO_2 безпосередньо і також опосередковано сприяє процесу зв'язування вугільної кислоти основами з утворенням бікарбонату. В капілярах легень оксигемоглобін, як сильніша кислота за вугільну, витісняє її із бікарбонату. В капілярах тканин оксигемоглобін, віддавши кисень, перетворюється у відновлений гемоглобін, кислотність якого слабша ніж вуглекислоти. В той же час з тканин в кров дифундує вуглекислий газ, який перетворюється у вугільну кислоту, витісняє з гемоглобіну основу, утворюючи бікарбонат.

Необхідно уважно вивчити матеріал про структуру дихального центру і його ритмічну роботу, про значення впливу пневмотаксичного центру і аферентних сигналів від рецепторів легень та дихальних м'язів у почерговості дихальних рухів (рис.36).

При вивченні регуляції дихання слід сформувати чітке уявлення про гуморальні впливи, що безпосередньо діють на дихальний центр, і безумовні та умовні рефлекторні впливи.

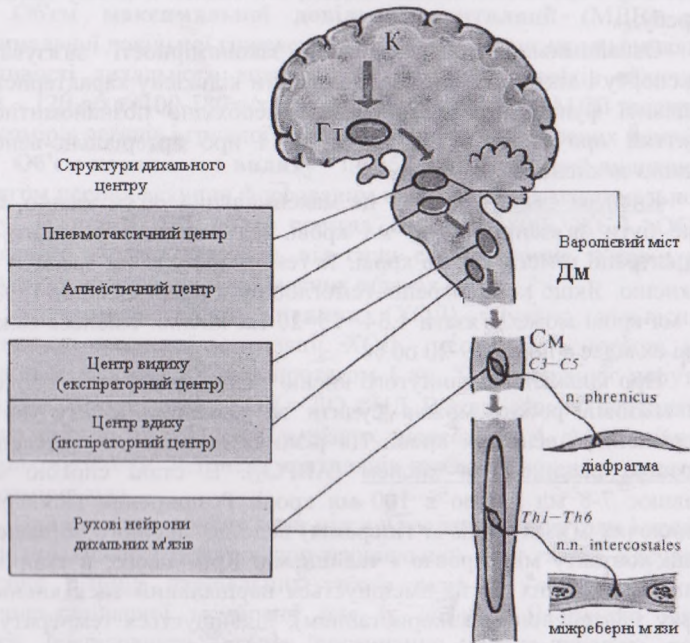


Рис.36. Локалізація і структура дихального центру

Дихання, як і кровообіг, може рефлекторно змінюватись при подразненні будь-яких рецепторів організму, але окремі фактори і рецептори мають при цьому особливе значення. Важливо звернути увагу на значення газового складу крові, який здійснює двоякий вплив на діяльність дихального центру: безпосередній (особливе значення має концентрація вуглекислоти) і рефлекторний (шляхом впливу на хеморецептори каротидної зони і багатьох інших судинних областей; в цьому процесі переважаюче значення має нестача кисню). При м'язовій роботі виникають умови, які стимулюють діяльність дихального центру (підвищення вмісту CO_2 в крові, нестача кисню). Суттєве значення мають при цьому імпульси від пропріорецепторів працюючих м'язів.

Слід зауважити, що дихання регулюється з тих самих рефлексогенних зон, що і кровообіг. Цей факт має значення для узгодження діяльності систем, які виконують функцію постачання тканин киснем і виведення вуглекислого газу.

До вивчення дихання при фізичній роботі можна приступити, лише добре засвоївши весь попередній матеріал. Перш за все, треба отримати чітке і ясне уявлення про так званій **кисневий запит** на роботу. Важливо зрозуміти, що для здійснення будь-якої роботи необхідна енергія. Вона акумульована в хімічних зв'язках органічних сполук, при окисленні яких, вивільнена енергія запасастся в макроергічних зв'язках АТФ. Хімічна енергія АТФ перетворюється в механічну енергію м'язового скорочення. Таким чином, для здійснення м'язової роботи потрібно ефективно постачання кисню працюючим м'язам та іншим органам. Зв'язок між цими процесами дуже тісний, і за кисневим запитом можна розрахувати витрати енергії на ту чи іншу роботу. Споживання кисню при м'язовій роботі може зростати в 20 і більше разів.

Важливо усвідомити, за рахунок яких процесів проходить підвищене постачання кисню тканинам, і як ці процеси регулюються.

Важливе теоретичне і практичне значення має питання про граничні величини споживання кисню при фізичній роботі. Необхідно особливу увагу звернути на показник **максимального поглинання кисню** (МПК). Цей показник, тобто максимальне поглинання кисню, що його людина здатна поглинути за 1 хв, характеризує його аеробні можливості або **аеробну продуктивність**. В постачанні кисню тканинам і його споживанні приймають участь дихальний апарат, серцево-судинна система, кров і процеси, які проходять в тканинах. Величина МПК залежить від функціональних можливостей цих систем і ступеня узгодженості їх діяльності. Величину МПК найчастіше лімітує продуктивність роботи серця, тобто неможливість подальшого підвищення ХОК. Показник МПК підвищується в процесі тренувань до певної межі. У нетренованих молодих чоловіків абсолютне значення МПК в середньому складає 2,8-3,0 л/хв, відносне МПК (у перерахунку на 1 кг маси тіла) - 40-45 мл/хв· кг, а у спортсменів екстракласу, які спеціалізуються у видах спорту, де особливо важлива витривалість - відповідно 5,0-6,0 л/хв і 70-90 мл/хв· кг. У жінок МПК на третину нижчий. Хлопчики і дівчатка відрізняються за величиною МПК, у дітей віком 7-8 років МПК досить високий - 40 мл/хв· кг, у дітей 9-12 років - до 46 мл/хв· кг. Абсолютні значення МПК у дітей не перевищують 1,5-1,8 л/хв. Рівень МПК детермінований генетично і визначає, до певної міри, навіть тривалість життя людини. З віком він зменшується. У

18-річних чоловіків рівень МПК складає: абсолютне - 3,3 л/хв, відносне - 46 мл/хв· кг; у 55 років - 2,5 л/хв і 33 мл/хв· кг, в 75 років - 1,5 л/хв і 20 мл/хв· кг. У жінок в такому ж віці відповідно: 2,4 л/хв і 40 мл/хв· кг, 1,6 л/хв і 24 мл/хв· кг, 1,2 л/хв і 18 мл/хв· кг. Від рівня МПК в значній мірі залежить успіх в циклічних видах спорту: біг на середні, довгі і наддовгі дистанції, лижні гонки тощо, які вимагають значного споживання кисню.

З поняттям кисневий запит і МПК пов'язана уява про **кисневий борг**. Якщо інтенсивність роботи така, що кисневий запит не перевищує МПК, потреби організму в кисні задовольняються повністю. В спортивній діяльності кисневий запит часто перевищує можливості організму в поглинанні кисню, і тоді утворюється кисневий борг. Наприклад, при бігу на 1500 м кисневий запит складає 8,5-9 л/хв, а граничні можливості поглинання кисню навіть у натренованих спортсменів не перевищують 5,5-6 л/хв (і то не на самому початку роботи, а після того, як пройде впрацювання). Отже, поглинання кисню не відповідає потребі в ньому. В таких випадках утворюється кисневий борг, який ліквідовується після закінчення роботи в період відновлення.

Для розуміння суті кисневого боргу необхідно знати характер біохімічних процесів, які проходять у м'язах і забезпечують їх роботу. При недостатньому постачанні кисню в м'язах переважають анаеробні процеси, і нагромаджуються недоокислені продукти обміну (молочна кислота та інші), окислення яких завершується після закінчення м'язової роботи.

Важливим є питання про максимально можливу величину кисневого боргу. Ця величина характеризує можливості організму продовжувати роботу при недостатньому постачанні кисню, так звану **"анаеробну продуктивність"** або анаеробні можливості організму. У натренованих людей максимально можлива величина кисневого боргу значно вища, ніж у нетренованих (6-7 л), і може сягати 15-20 л і більше.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.232-249.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.259-281.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.272-360.

Контрольні питання:

1. Яке значення дихання в організмі?
2. Розкрийте механізм вдиху і видиху.
3. Які фактори зумовлюють обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю?
4. Як здійснюється транспорт кисню кров'ю?
5. В чому полягає дисоціація оксигемоглобіну, і які фактори впливають на цей процес?
6. Яка кількісна характеристика дихальної функції крові (киснева ємкість крові, артеріально-венозна різниця за киснем) в стані спокою і при м'язовій роботі?
7. Як переноситься вуглекислий газ кров'ю?
8. Як здійснюється ритмічна діяльність дихального центру?
9. Які механізми регулюють дихання?
10. Що таке легенева вентиляція?
11. Назвіть первинні легеневі об'єми, статичні та динамічні ємкості.
12. Яка величина легеневої вентиляції (або ХОД) в стані спокою і при м'язовій роботі?
13. Яка величина поглинання кисню в стані спокою і як вона змінюється при м'язовій роботі?
14. Що означають поняття кисневий запит, МПК і кисневий борг?
15. Вкажіть вікові і статеві відмінності абсолютних і відносних МПК.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Зміст цієї теми має безпосереднє відношення до питань гуморальної регуляції різних систем організму. Функції ендокринних залоз регулюються ЦНС, власними гормонами (зворотній гуморальний зв'язок), а також змінами у внутрішньому середовищі організму.

Гуморальний вплив, який здійснюється залозами внутрішньої секреції, з однієї сторони є самостійним процесом, а з другої - це ланка в загальній нейрогуморальній регуляції.

Секрети залоз внутрішньої секреції - гормони - володіють високою біологічною активністю і можуть в дуже не значних концентраціях (10^{-6} - 10^{-12}) здійснювати потужний вплив на різні процеси в організмі (обмін речовин, ріст і формоутворення, психічну діяльність та інші).

Деякі гормони мають особливе значення в процесі функціонування і взаємодії залоз внутрішньої секреції.

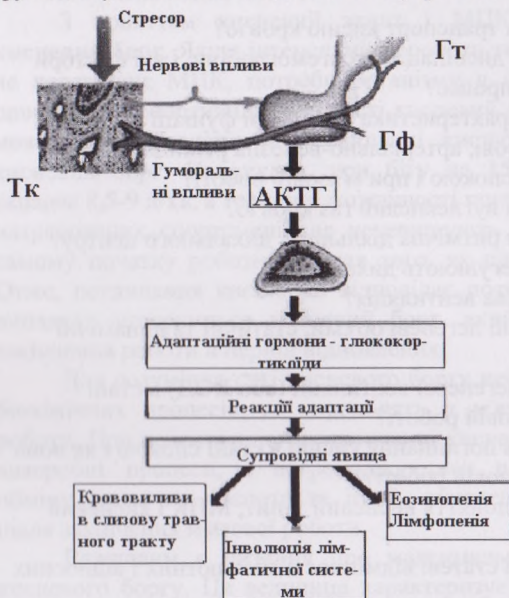


Рис.37. Функції гіпофіз-адrenalової системи в розвитку загального адаптаційного синдрому (за Г.Сельє)

Одержавши ясне уявлення про загальні закономірності роботи залоз внутрішньої секреції і їх значення для організму, можна приступити до вивчення функціонування окремих залоз. Необхідно з'ясувати характер змін, які відбуваються в організмі при **гіпофункції** (зниження активності) і **гіперфункції** (підвищення активності) тієї чи іншої залози внутрішньої секреції і зробити відповідні висновки. Особливу увагу треба приділити питанню про вплив гормонів залоз внутрішньої секреції на фізичну працездатність людини. Значний інтерес викликає активність кори наднирників, гормони якої (**кортикостероїди**) відіграють важливу роль в процесах пристосування організму до різних несприятливих

дій середовища, які викликають стан напруження - "стрес" (Т.Сельє) (рис.37). Такий стан досить часто виникає і при м'язовій роботі. Він пов'язаний з несприятливими для організму змінами - нестачею кисню, нагромадженням недоокислених продуктів, зсувом стандартного бікарбонату та інші. Гормони кори наднирників, до деякої міри, забезпечують пристосування організму до цих важких умов роботи, підвищуючи працездатність.

До ендокринної системи відносяться такі залози внутрішньої секреції: **епіфіз, гіпофіз, вилочкова залоза (тимус), щитовидна залоза, парашитовидні залози, підшлункова залоза, наднирники, статеві залози** (рис.38).

Координуючим центром ендокринної системи є спеціалізована область мозку - **гіпоталамус**, який одержує та інтегрує сигнали, що надходять з ЦНС. У відповідь на ці сигнали гіпоталамус виділяє ряд гіпоталамічних регуляторних гормонів, які поступають в передню долю гіпофізу, розміщену безпосередньо під гіпоталамусом. Кожен гіпоталамічний гормон регулює секрецію якогось одного гормону передньої долі гіпофізу. Одні з них - **рилізинг-гормони** - стимулюють секрецію певного гормону гіпофізу; інші - гальмують. Рилізинг-гормони не поступають в загальний кровообіг, а по спеціальних кровоносних судинах потрапляють прямо в розміщений поряд гіпофіз.

Гіпофіз складається з трьох долей: передньої долі (аденогіпофіз), задньої долі (нейрогіпофіз) і проміжної долі.

Передня доля гіпофізу секретує:

- **соматотропний гормон (СТГ);**
- **адренокортикотропний гормон (АКТГ);**
- **тиреотропний гормон (ТТГ);**
- **гонадотропні гормони - лютеїнізуючий гормон (ЛТГ), фолікулоstimулюючий гормон (ФСГ);**
- **пролактин (ПРЛ).**

Крім СТГ, всі вони регулюють діяльність інших залоз внутрішньої секреції, здійснюючи направлену дію - **тропну**. При гіпофункції передньої долі гіпофізу у ранньому віці порушується ріст організму, спостерігається затримка окостеніння скелету, недорозвиток статевих залоз, відсутність вторинних статевих ознак. Гіпофізарні карлики відрізняються від карликів - кретинів (гіпофункція щитовидної залози) відносно правильними пропорціями тіла і непорушеною психікою. При гіпофункції передньої долі гіпофіза, яка виникає у дорослих, спостерігається зменшення активності ряду залоз внутрішньої секреції. Гіперфункція передньої долі гіпофіза в дитячому віці викликає

надмірний ріст (гігантизм), а у дорослих (після закінчення окостеніння скелету) - виникає захворювання акромегалія - ріст дистальних кінців кісток кінцівок (кисті, стопи), кісток лицевого черепа, а також печінки, селезінки, підшлункової залози.

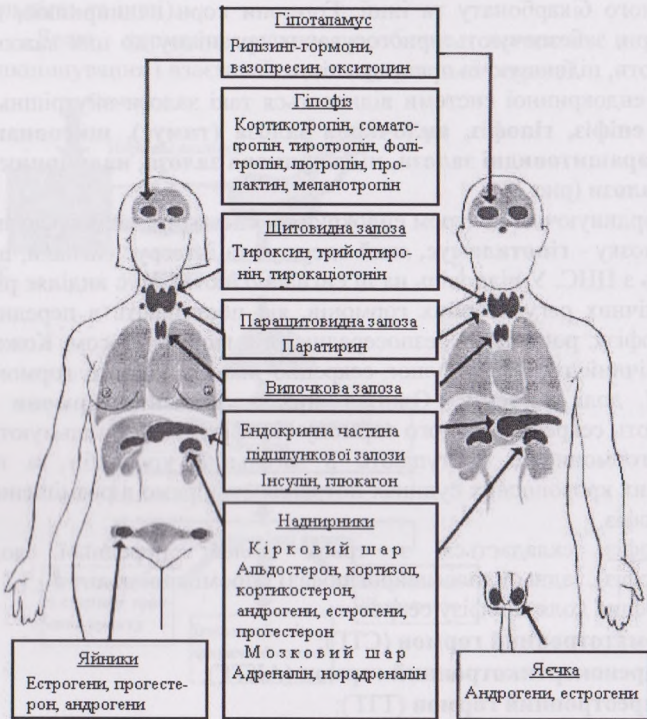


Рис.38. Залози внутрішньої секреції та їх гормони

Проміжна доля гіпофізу секретує: **меланоцитостимулюючий гормон (МСГ)**, який регулює пігментацію шкіри.

Задня доля гіпофіза секретує гормони:

- **вазопресин** (антидіуретичний гормон), який регулює водно-сольовий обмін. При його нестачі розвивається захворювання нецукровий діабет (виділення великої кількості сечі до 10 л на добу).
- **окситоцин**, який стимулює скорочення гладкої мускулатури матки у кінці вагітності, а після пологів - секрецію молока.

Гормони мозкового шару надирників - **адреналін і норадреналін**. Їх дія на ряд органів подібна до дії симпатичних нервів вегетативної нервової системи.

Корковий шар наднирників секретує кортикостероїди: **мінералокортикоїди** (альдостерон), **глюкокортикоїди** (кортизон) і **аналоги статевих гормонів**.

Мінералокортикоїди регулюють мінеральний обмін організму, в першу чергу рівень натрію і калію в плазмі крові. Глюкокортикоїди регулюють вуглеводний, ліпідний, білковий і водно-сольовий обмін, здійснюють вплив на серцево-судинну і ЦНС, сприяють підвищенню опірності організму до різних несприятливих умов. Аналоги статевих гормонів кори наднирників регулюють білковий, ліпідний обмін і здійснюють значний вплив на розвиток статевих залоз у дитячому віці.

Гормони щитовидної залози - **тироксин**, **трийодтиронін** і **тирокальціотонін**. При гіпофункції залози в дитячому віці спостерігається сповільнення росту, відставання в розумовому розвитку - кретинізм; при гіперфункції - базедова хвороба.

Гормон паращитовидної залози - **паратгормон** - регулює підтримання певного рівня кальцію в крові.

Підшлункова залоза є залозою змішаної секретії, і лише частина її - острівці Лангерганса (α - і β -клітини) виконують ендокринну функцію. β -клітини секретують **інсулін**, α -клітини - **глюкагон**, які регулюють метаболізм вуглеводів (рівень цукру в крові). При гіпофункції залози спостерігається підвищення цукру в крові (цукровий діабет).

Гормони чоловічих статевих залоз (сім'яників) носять назву **андрогенів**, жіночих статевих залоз (яєчників) - **естрогенів**. До андрогенів відносяться **тестостерон**, який стимулює розвиток чоловічих статевих клітин, формування вторинних статевих ознак (тембр голосу, характер оволосіння та інші), до естрогенів - **естрадіол**, **естрол**, **прогестерон** та інші. Ці гормони активують дозрівання яйцеклітин, формування вторинних статевих ознак (в тому числі розвиток молочних залоз), впливають на конституцію і поведінку жінки. Статеві гормони регулюють обмін білків, ліпідів та вуглеводів.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.140-156.
2. Фізіологія человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.324-335.
3. Фізіологія мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. -

Контрольні питання:

1. Які особливості будови і функціонування залоз внутрішньої секреції?
2. Що являють собою гормони і їх класифікація?
3. Яка роль гормонів у гуморальній регуляції і в загальному механізмі нейрогуморальної регуляції функцій організму?
4. Функція та гормони щитовидної залози?
5. Яку функцію виконують паращитовидні залози?
6. Підшлункова залоза і її гормони.
7. Які гормони секретують корковий та мозковий шари наднирників, та які ланки обміну вони регулюють?
8. Яка функція та гормони гіпоталамуса?
9. Яка функція гіпофізу?
10. Тропні гормони гіпофізу та їх вплив на інші залози внутрішньої секреції?
11. Яке значення залоз внутрішньої секреції для фізичного розвитку і працездатності людини?

Частина III. ОБМІН РЕЧОВИН І ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ТРАВЛЕННЯ

Вивчаючи матеріал цієї теми, перш за все бажано засвоїти, що в процесі перетравлення складні і в багатьох випадках нерозчинні речовини розщеплюються на більш прості, які можуть всмоктуватися в кров, лімфу і засвоюватися організмом. При розщепленні поживні речовини позбавляються своєї специфічності, внаслідок чого втрачаються їх антигенні властивості. Отже, травлення - це сукупність процесів механічної та хімічної обробки їжі, тобто розщеплення складних полімерних сполук на складові частини - мономери. Хімічна обробка їжі здійснюється травними соками, що містять ферменти. Ферменти травної системи - це біологічні каталізатори, які гідролізують (гідролітичне розщеплення) білки, жири і вуглеводи їжі. В залежності на які субстрати діють ці ферменти, їх поділяють на:

- протеолітичні,
- гліколітичні,
- ліполітичні.

Протеолітичні ферменти - велика група ферментів, різна у різних відділах шлунково-кишкового тракту, розщеплює пептидні зв'язки білків аж до амінокислот (**пепсин, трипсин, пептидази**).

Гліколітичні ферменти діють на глікозидні зв'язки і розщеплюють крохмаль, глікоген, декстрини, дисахариди до моносахаридів (**амілаза, сахараза**).

Ліполітичні ферменти діють на ефірні зв'язки і розщеплюють нейтральні жири, фосфоліпіди, ДНК, РНК, мононуклеотиди.

Більшість ферментів секретуються в неактивному стані і активуються електролітами (НСІ) та окремими іонами (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+}) або гідролітичними ферментами, що каталізують попередню реакцію.

Травлення у людини належить до типу власного - всі ферменти синтезуються в залозистих клітинах власного шлунково-кишкового тракту, які називають секреторними. У слизовій оболонці травного тракту є клітини, які секретують **слиз** мукопротеїдної природи, який захищає клітини травного тракту від самоперетравлення ферментами, а також полегшує проходження їжі. Ферменти присутні в слині, шлунковому, підшлунковому, кишковому соках та жовчі (рис.39).

До основних **функцій травної системи** слід віднести:

- перетравну,
- секреторну,
- моторну,
- ендокринну,
- захисну (імунну).

Секреторна функція. Слина виділяється рефлекторно та змочує їжу і робить її більш слизькою. Слина містить **амілазу**, яка каталізує гідроліз полісахаридів до суміші олігосахаридів, і **мальтазу**. Склад слини не постійний. Звичайно слина має рН від 6,4 до 7,0. Основний компонент органічної природи - **муцин**. Слина володіє бактерицидними властивостями.

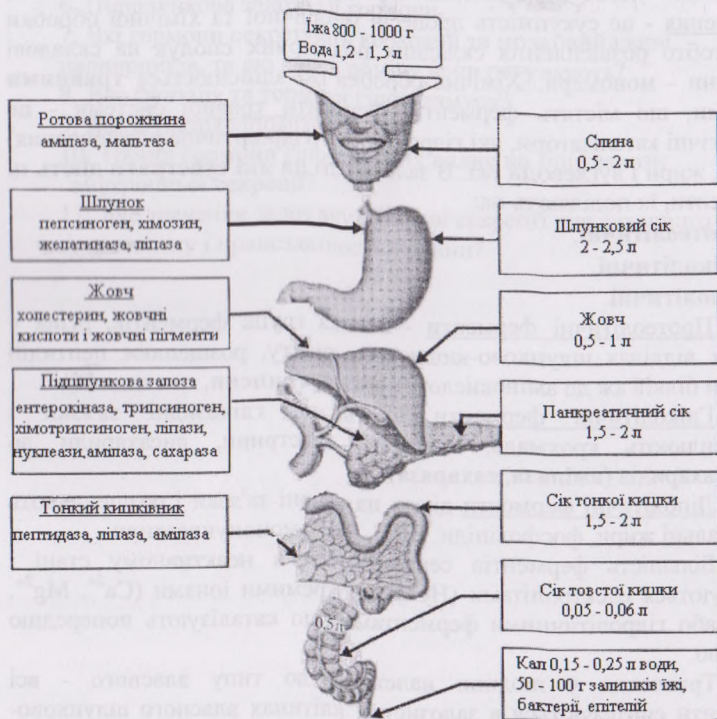


Рис.39. Схема травного тракту людини

Шлункові секрети. Шлунковий сік секретують 10-30 мільйонів шлункових клітин (залоз). Головні клітини виробляють і секретують 0,16 М соляну кислоту (HCl) і 0,007 М (KCl) хлористий калій. В шлунковому соці присутні такі ферменти як **пепсиноген**,

желатиназа і хімосин, а також **ліпаза**. Його рН 1,5-2,5. Соляна кислота викликає набухання і денатурацію білків, активує пепсиноген, створює кисле середовище шлункового соку, діє антибактеріально, стимулює моторику шлунка. Пепсин розщеплює білки до високомолекулярних пептидів, ліпаза розщеплює тільки емульговані жири (жири молока).

В порожнині **12-палої кишки** відбуваються основні хімічні перетворення поживних речовин (хімусу). В 12-палу кишку, крім її власного соку, виділяється сік підшлункової залози і жовч з печінки. **Сік 12-палої кишки** - безбарвна, прозора рідина з рН від 4,0 до 8,5 в залежності від наявності чи відсутності хімусу в кишківнику. Сік 12-палої кишки містить велике число ферментних систем: **трипсиноген, хімотрипсиноген, проеластаза і прокарибоксипептидаза, профосфоліпаза і ліпаза, α -амілаза, дезоксирибонуклеаза і рибонуклеаза**. Більшість ферментів синтезуються і секретуються в неактивній формі та активуються ферментами соку 12-палої кишки. Так, трипсиноген перетворює в трипсин фермент соку 12-палої кишки **ентерокіназа** (ентеропептидаза), ліпаза активується жовчю і тільки α -амілаза секретується зразу в активній формі.

Жовч - це продукт секреції клітин печінки. Жовч містить декілька сполук, які не зустрічаються в інших травних секретах: **холестерин, жовчні кислоти і жовчні пігменти**.

Жовчні кислоти - **холева** та **хенодезоксихолева** синтезуються в печінці, в жовчі знаходяться у вигляді жовчних солей. Жовчні пігменти - **білірубін** та **білівердин**, утворюються при деградації порфіринів (гему) в печінці. Присутність білірубину надає світлій жовчі золотисто-жовтий колір. Жовч активує ліпазу і емульгує жири, чим сприяє перетравленню жиру. Регуляція жовчовиділення забезпечується нервово і гуморально. Приймавши участь в перетравленні до 90-95% жовчних кислот реадсорбуються у тонкому кишківнику і потрапляють назад у печінку.

В тонкому кишківнику за допомогою ферментів соку підшлункової залози і кишкового соку відбувається порожнинне і мембранне травлення. Мембранне травлення асоційовано із всмоктуванням. Кишковий сік містить ферменти, які забезпечують розщеплення вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот (нуклеази) і завершують розщеплення поліпептидів та пептидази).

Структурною одиницею мембранного травлення і всмоктування є **ентероцит**. Особливо активно процес травлення відбувається на цитолемах ентероцитів тонких кишок, де ферменти діють в певній послідовності (ферментні комплекси). Поверхню ентероцита називають перетраво-всмоктувальною системою.

Таким чином, за допомогою вище згаданих ферментів білки розщеплюються до амінокислот, ліпіди - до гліцерину і жирних кислот, вуглеводи - до моносахаридів.

Процеси травлення в товстому кишківнику відбуваються менш інтенсивно. Хімус, який поступає невеликими порціями через кожні 0,5-1 хвилину в товсту кишку, майже позбавлений поживних речовин. Тут міститься багато бактерій, ферменти яких розщеплюють целюлозу, синтезують ряд вітамінів групи В. В товстому кишківнику всмоктуються залишки води і виробляється ряд отруйних для організму речовин, які всмоктуються в кров і знешкоджуються печінкою.

Моторна функція одна з дуже важливих функцій. Це механічна обробка, перемішування, евакуація, просування в дистальному напрямку їжі. Моторику шлунково-кишкового тракту забезпечує гладка мускулатура. Рухи шлунка поділяють на тонічні і перистальтичні; тонкого кишківника - перистальтичні і маятникоподібні.

Захисну (імунну) функцію шлунково-кишкового тракту здійснюють лімфатичні пляшки, які розташовані вздовж всього тракту, та апендикс (червоподібний відросток), захищаючи організм від інфікованої їжі і підтримуючи імунітет (виділення в порожнину кишківника імуноглобулінів: Ig A, Ig E).

Ендокринна функція. На відміну від залоз внутрішньої секреції, які розміщені в певних місцях, клітини, що секретують гормони травного тракту розкидані серед інших клітин слизової оболонки вздовж більшої його частини. Це забезпечує можливість узгодженої відповіді на дію вмісту травного тракту. На сьогодні встановлено понад 40 гормонів, що синтезуються і секретуються ендокринними клітинами шлунково-кишкового тракту. Найбільш вивчена дія чотирьох гормонів: **гастрин, секретин, холецистокінін, соматостатин**; менш вивчені - **нейротензин, ендорфіни, бомбезин** та інші.

Гастрини - чотири гормони, які прискорюють секрецію шлункового соку та соляної кислоти, зокрема в шлунку. Секреція гастрину пригнічується секретином, гормоном, що виробляється (синтезується) слизовою 12-палої кишки, а також соматостатином (секретується гіпофізом та підшлунковою залозою).

Холецистокінін - гормон 12-палої кишки, стимулює секрецію панкреатичного соку, утворення жовчі, скорочення жовчного міхура.

Нейротензин - стимулює перистальтику кишківника.

В цілому ж робота травних залоз регулюється нервовою і гуморальною системами. Зокрема нервова регуляція здійснюється вегетативним (автономним) відділом ЦНС.

Напружена м'язова робота пригнічує роботу травних залоз і затримує процеси перетравлення. При цьому зменшується рефлекторне виділення шлункового соку, послаблюється його перетравна здатність. Паралельно гальмується діяльність підшлункової залози. Пригнічення травних функцій при м'язовій роботі можна пояснити гальмуванням в їх нервових центрах, що розвивається за механізмом від'ємної індукції при збудженні рухових нервових центрів. Гальмівний вплив на перетравні процеси здійснює також збудження симпатичного відділу вегетативної нервової системи, яке особливо сильно виражене при м'язовій роботі. Крім цього, при м'язовій роботі спостерігається перерозподіл крові в організмі, що веде до зменшення кровопостачання органів травлення і виділення та гальмування їх роботи.

При організації режиму харчування і занять фізичними вправами необхідно враховувати, що не тільки м'язова робота гальмує травні функції, але й інтенсивне перетравлення їжі негативно впливає на рухову діяльність. І тому фізичні вправи не слід виконувати відразу після споживання їжі.

Л і т е р а т у р а :

2. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.249-267.
3. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.281-295.
4. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.361-376.

К о н т р о л ь н і п и т а н н я :

1. Методи дослідження фізіології травлення, їх значення в розумінні механізмів травлення.
2. Як здійснюється регуляція слиновиділення?
3. Травлення в ротовій порожнині.
4. Які ферменти присутні в слині і склад слини?
5. Який склад шлункового соку?
6. Травлення білків, ліпідів і вуглеводів в шлунку?
7. Склад і ферменти соку 12-палої кишки.
8. Травлення білків, ліпідів і вуглеводів у 12-палій кишці.
9. Склад і значення жовчі.
10. До яких сполук розщеплюються білки, ліпіди і вуглеводи в

тонкому кишківнику і механізм всмоктування?

11. Яка роль печінки в травленні?

12. Як впливає м'язова робота на процеси травлення ?

ФІЗІОЛОГІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН І ВИДІЛЕННЯ

Засвоївши матеріал цієї теми, студент повинен отримати чітке уявлення про роль обміну речовин, який є одним із основних умов життєдіяльності, про тісний взаємозв'язок між обміном речовин та енергії.

Організм отримує із зовнішнього середовища багаті потенційною енергією поживні речовини (вуглеводи, ліпіди, білки) і використовує їх для забезпечення процесів життєдіяльності. Потенційна енергія хімічних зв'язків, яка акумульована в цих поживних речовинах, вивільняється при їх розщепленні і окисненні з участю біологічних каталізаторів (ферментів) та може перетворюватися в механічну, теплову, електричну.

Крім енергетичних процесів, поступаючи в організм поживні речовини забезпечують постійне оновлення елементів тканин, біосинтез ферментів, побудову нових клітин і тканин в ростучому організмі, тобто виступають як пластичний матеріал.

Для нормального проходження обмінних процесів в організмі необхідні також вода, мінеральні речовини й біологічно активні сполуки (вітаміни, незамінні амінокислоти та інші).

Процеси обміну різних речовин являють собою одне ціле, тісно зв'язані між собою, але для кращого засвоєння матеріалу доцільно розглядати окремо обмін вуглеводів, ліпідів та білків.

Обмін вуглеводів. Вуглеводи надходять в організм з рослинною і тваринною їжею. Крім цього, вони синтезуються в організмі із проміжних продуктів розщеплення білків та ліпідів. При надлишковому споживанні вуглеводи перетворюються в жири і відкладаються в жирових депо (підшкірна жирова клітковина). З їжею в організм надходять головним чином складні вуглеводи. В кишківнику вони розщеплюються до моносахаридів, які всмоктуються в кров. Вуглеводи складають 2% від сухої маси тіла. Концентрація глюкози в крові складає в нормі 80-120 мг% (4,5-6 мМ/л). Кількість глюкози, яку споживають різні органи у стані спокою неоднакова: мозок - 12%, м'язи - 7%, кишки - 9%, нирки - 5%, селезінка та легені не споживають глюкози. Надлишкове

підвищення рівня глюкози в крові викликає виведення її з організму з сечею (**глюкозурія**). Запаси (депо) глюкози в організмі знаходяться в печінці і м'язах у вигляді **глікогену**. Особливо інтенсивно використовуються запаси глікогену при фізичній роботі. При зменшенні концентрації глікогену в печінці до певного рівня, його подальше розщеплення припиняється, що веде до зменшення концентрації глюкози в крові до 50-40 мг% (**гіпоглікемія**). Зменшення глюкози в крові є одним із факторів швидкого розвитку втоми при тривалій м'язовій роботі. Добова потреба в вуглеводах у дорослих людей, які не займаються фізичною працею, складає 400-450 г. Для спортсменів, які виконують тривалу і напружену м'язову роботу, потреба у вуглеводах зростає до 600-900г.

Вуглеводи - основне джерело енергії для організму. При повному окисленні 1 г вуглеводів утворюється 4,1 ккал енергії. В організмі глюкоза окислюється анаеробним (**гліколіз**) або аеробним (**окисне фосфорилування**) шляхом. При окисленні 1 грам-молекули глюкози гліколітичним шляхом утворюється 2 молекули АТФ; кінцевим продуктом є молочна кислота. При окисленні 1 грам-молекули глюкози шляхом окисного фосфорилування (тобто дихання) утворюється 36 молекул АТФ. Кінцевим продуктом є CO_2 і вода. Для окислення вуглеводів треба менше кисню, ніж для окислення жирів. Ця особливість підвищує важливість використання вуглеводів при м'язовій роботі.

Обмін білків. Білки - основний пластичний матеріал, з якого побудовані всі клітини і тканини організму. Білками є всі ферменти та деякі гормони. Білки м'язів забезпечують скоротливу функцію (актин і міозин), білки крові беруть участь у підтриманні осмотичного тиску і стандартного бікарбонату крові. Деякі складні білки (нуклеопротейди) відіграють важливу роль у передачі спадкових ознак організму. Білки можуть використовуватись як енергетичні субстрати. Білки складають 60-80% сухої маси тіла. При повному окисленні 1г білка вивільняється 4,1 ккал без врахування аміногрупи і 4,3 ккал з врахуванням аміногрупи.

Білки, поступаючи в організм з рослинною і тваринною їжею, розщеплюються в шлунково-кишковому тракті до амінокислот, які всмоктуються в кров і транспортуються в печінку. Далі амінокислоти надходять до тканин і використовуються для біосинтезу специфічних тканинних білків. Кінцевими продуктами метаболізму білків у тканинах є аміак, сечовина, сечова кислота та інші. Всі вони виводяться з організму з сечею (нирками) і в незначній кількості з потом (потовими залозами). Аміак, підвищена концентрація якого токсична для організму, перетворюючись у сечовину, виводиться з організму.

Добова потреба в білках у дорослої людини при звичайному способі життя складає 60-70 г (**білковий мінімум**). У зв'язку можливістю додаткового використання білків їх повинно міститись в раціоні дещо більше: 100-110 г (**білковий оптимум**). При напруженій спортивній діяльності доцільно підвищувати добову норму білків до 150-160 г. При надходженні достатньої кількості білків з їжею здорова доросла людина перебуває у стані азотистої рівноваги, тобто кількість азоту, яка поступає в організм (засвоюється), дорівнює кількості азоту, яка виводиться з організму з кінцевими продуктами білкового обміну. Якщо кількість азоту, яка виводиться з організму більша, ніж засвоюється, то виникає від'ємний азотистий баланс. Він спостерігається при голодуванні, при захворюваннях, коли порушуються процеси засвоєння азотовмісних сполук, у похилому віці. Коли ж засвоєння азоту перевищує виведення його з організму, то виникає позитивний азотистий баланс. Позитивний азотистий баланс спостерігається в ростучих організмах. У дорослих людей позитивний баланс проявляється при достатньому харчуванні після перенесеного голодування, при виздоровленні після виснажливих захворювань, у спортсменів в періоді інтенсивного росту м'язової маси.

Обмін ліпідів. До цієї групи речовин належать нейтральні жири (**триацилгліцерини**), які представляють собою ефіри трьохатомного спирту - гліцерину і вищих жирних кислот, а також **фосфоліпіди** та **стероїди**. Потрапляючи з їжею в шлунково-кишковий тракт ліпіди (нейтральні жири) розщеплюються до гліцерину та жирних кислот, які всмоктуються в лімфу і в невеликій кількості безпосередньо в кров. Кров'ю вони транспортуються до тканин, де використовуються для побудови клітин і як енергетичний субстрат (джерело енергії). При повному окисленні 1 г ліпідів вивільняється 9,3 ккал, але для окислення ліпідів необхідно багато кисню. Як енергетичний субстрат нейтральні жири використовуються головним чином у стані спокою і при тривалій роботі, яка супроводжується зменшенням запасів вуглеводів.

Ліпіди також використовуються як пластичний матеріал. Ліпіди (фосфоліпіди, холестерин), які входять до складу мембран та інших субклітинних структур, називаються **структурними**. При надлишковому споживанні ліпідів, а також вуглеводів і білків в організмі нейтральні жири відкладаються в жирових депо (підшкірна жирова клітковина). Ліпіди складають 10-30% від загальної маси тіла. При голодуванні нейтральні жири з депо використовуються як поживні речовини. Жирова тканина захищає органи від пошкодження, фіксує внутрішні органи, захищає організм від надлишкової втрати тепла. Жири входять до складу секрету

сальних залоз, які захищають шкіру від висихання і надлишкового змочування при контакті з водою.

Добова потреба в жирах складає біля 60-80 г. Збільшення добової потреби вище ніж 150-170 г є недоцільним, так як в кишківнику не може всмоктуватися велика кількість жиру.

Особливу увагу необхідно звернути на рефлекторну і гуморальну регуляцію обміну речовин. Для регуляції обмінних процесів важливе значення належить гормонам деяких залоз внутрішньої секреції (гіпофізу, щитовидної залози, наднирників, підшлункової залози, статевих залоз).

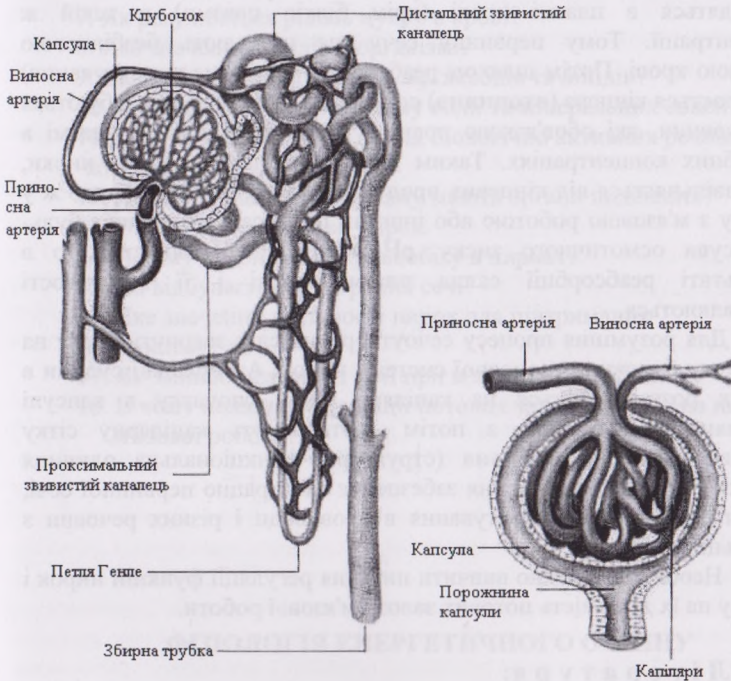


Рис.40. Будова і кровопостачання нефрона

Необхідно звернути увагу на роль видільних процесів у підтриманні сталості фізико-хімічного складу внутрішнього середовища організму (гомеостаз). Гомеостаз має надзвичайно важливе значення для життєдіяльності організму (постійність складу, осмотичного тиску, рН тощо). Все це забезпечується завдяки

діяльності органів виділення, які видаляють з організму кінцеві продукти обміну білків, вуглеводів та ліпідів.

Роль органів **виділення** можна розглядати на прикладі роботи нирок. Нирки - парний орган бобовидної форми. Структурною і функціональною одиницею нирки є **нефрон**. В нирках людини міститься більш ніж два мільйони нефронів. Нефрон – це довгий каналець, початковий відділ якого у вигляді двостінної чашки оточує артеріальний капілярний клубочок, а кінцевий впадає у прямий збиральний каналець (рис.40). Процес сечоутворення відбувається в дві фази: спочатку кров **фільтрується**, утворюючи **первинну сечу** (120-180 л/добу), яка містить всі інгредієнти, що знаходяться в плазмі крові (крім білків плазми) в такій ж концентрації. Тому первинну сечу ще називають безбілковою плазмою крові. Потім шляхом **реабсорбції** (зворотне всмоктування) утворюється кінцева (**вторинна**) сеча (1,5-2 л/добу). Реабсорбуються ті речовини, які обов'язково повинні бути присутніми в плазмі в потрібних концентраціях. Таким чином, протікаючи через нирки, кров звільняється від кінцевих продуктів обміну речовин. Якщо ж у зв'язку з м'язовою роботою або іншими процесами відбулися будь-які зсуви осмотичного тиску, рН, концентрації глюкози, то в результаті реабсорбції склад плазми крові і її властивості відновлюються.

Для розуміння процесу сечоутворення слід звернути увагу на своєрідну будову кровоносної системи нирок. Артеріальні судини в нирках розгалужуються на капіляри двічі: спочатку в капсулі Шумлянського-Боумена, а потім - утворюють капілярну сітку навколо каналців **нефрона** (структурно-функціональна одиниця нирок). Перше розгалуження забезпечує фільтрацію первинної сечі, а друге - зворотне всмоктування в кров води і різних речовин з каналців нефрона.

Необхідно уважно вивчити питання регуляції функцій нирок і впливу на їх діяльність потових залоз і м'язової роботи.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч.посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.267-286, с.301-310.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.295-303, с.309-317.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.376-395.

Контрольні питання:

1. Яка суть обміну речовин і яке значення цих процесів для життєдіяльності організму?
2. Що таке ферменти та їх основні властивості?
3. Яке значення білків для організму?
4. Які форми азотистого балансу можуть спостерігатись при різних станах організму?
5. Роль печінки в білковому обміні.
6. Яке значення вуглеводів в організмі?
7. Як регулюється рівень цукру в крові?
8. Яке значення ліпідів в організмі?
9. Яка добова потреба білків, вуглеводів та ліпідів?
10. Яке значення для організму води та мінеральних солей?
11. Яка роль вітамінів та інших біологічно активних речовин в життєдіяльності організму?
12. Яке значення для організму мають органи виділення?
13. Основні риси будови нирок.
14. В чому особливості кровообігу в нирках?
15. Як відбувається утворення сечі?
16. Яке значення діяльності нирок для підтримання гомеостазу?
17. Як змінюється склад сечі при м'язовій роботі?
18. В чому полягають функції потових залоз та вплив на них м'язової роботи?

ФІЗІОЛОГІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ

В цьому розділі міститься дуже важливий і досить важкий матеріал, який присвячений обміну енергії. Необхідно вивчити методи визначення енерговитрат організму, досягнувши чіткого розуміння теоретичних основ методу непрямої калориметрії, тобто питання про те, чому за спожитим (поглинутим) киснем можна судити про величину енергетичних витрат (витрат енергії) (рис.41). Слід добре зрозуміти питання про основний обмін і витрати енергії при різних видах м'язової роботи.

Обмін енергії між організмом і навколишнім середовищем здійснюється за законами термодинаміки. Організм разом з навколишнім середовищем утворює замкнуту термодинамічну систему, в якій рух енергії (у вигляді тепла) відбувається від організму до навколишнього середовища. Кінцевим продуктом енергетичних перетворень, що відбуваються в організмі у відповідності з другим законом термодинаміки, є тепло, що виділяється в навколишнє середовище. Тепло, що виділяється за певний проміжок часу, є кількісним показником енергетичних витрат організму і виражається у **калоріях** або **джоулях**.

Для **визначення енергетичних витрат** організму використовують три способи:

- **розрахунок зменшення енергетичних ресурсів організму;**
- **визначення величини кисневого запиту;**
- **вимірювання продукції тепла.**

Найчастіше використовують два останні методи визначення витрат енергії.

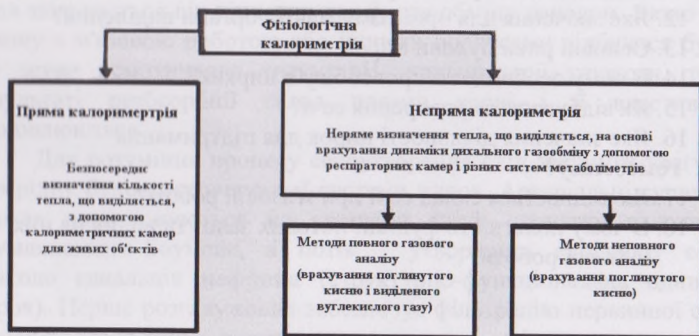


Рис.41. Методи визначення енергетичного обміну

Безпосередньо енергетичні витрати вимірюють прямою та непрямою калориметрією. Пряма калориметрія - найбільш точний метод визначення енергетичного обміну організму, але він громіздкий і не дозволяє вимірювати енергетичні витрати організму під час рухової діяльності. Широкого поширення набув метод непрямої калориметрії, який дозволяє визначити енергетичні витрати людини в різних умовах її діяльності. Метод непрямої калориметрії базується на таких особливостях енергетичного обміну: вивільнення потенціальної енергії поживних речовин здійснюється тільки внаслідок процесів окислення, при яких поглинається кисень і виділяється вуглекислий газ. Показником

рівня окисних процесів (вивільнення тепла) може бути кількість використаного кисню і виділеного вуглекислого газу.

Кількість енергії, яка вивільняється при затраті одного літра кисню називається **калоричним еквівалентом (КЕК)**. Величина калоричного еквіваленту завжди постійна для певної поживної речовини (білків, вуглеводів, жирів). При окисленні вуглеводів калоричний еквівалент дорівнює 5,05 ккал (21,2 кДж), жирів - 4,69 ккал (19,6 кДж), білків - 4,6 ккал (20,7 кДж). В більшості випадків субстратами окислення є вуглеводи і жири у певному співвідношенні. Співвідношення між використаними в процесі окислення вуглеводами і жирами оцінюється за дихальним коефіцієнтом.

Дихальний коефіцієнт (ДК) - це відношення об'єму виділеної вуглекислоти (V_{CO_2}) до об'єму поглинутого кисню (V_{O_2}) за певний проміжок часу: $ДК = V_{CO_2} / V_{O_2}$. Так, при окисленні вуглеводів $ДК = 1$, жирів - 0,7, білків - 0,8.

Для визначення витрат енергії непрямим способом вимірюють об'єм легеневої вентиляції, визначають процентний склад кисню і вуглекислого газу у повітрі, яке видихається. Потім встановлюють об'єм використаного кисню та виділеного вуглекислого газу, розраховують ДК і за таблицями знаходять калориметричний еквівалент. Ці дані (об'єм використаного кисню і КЕК) використовують для розрахунку енергетичних витрат.

Основним обміном називають рівень обмінних процесів в організмі, необхідний для його функціонування в умовах фізіологічного спокою. Основний обмін вимірюється при повному м'язовому спокої у положенні лежачи, натще, через 14-16 годин після останнього вживання їжі, при температурі комфорту (20-22°C). Вимірювання проводиться у стані неспання, бо під час сну рівень процесів обміну зменшується на 8-10%. Величина основного обміну залежить від статі, віку, маси тіла. У дорослої людини середнього росту, маси і віку величина основного обміну дорівнює 1 ккал (4,2 кДж) на одну годину, на 1 кг маси тіла. Основний обмін у чоловіків масою 70 кг дорівнює 1700 ккал за добу, у жінок він на 5% нижчий. У спортсменів у більшості випадків основний обмін дещо підвищений.

Добові витрати енергії зумовлені величиною основного обміну і енерговитратами, які пов'язані з професійною діяльністю, спортивною діяльністю, з емоціями, прийомом їжі. Розумова праця незалежно від ступеня складності, яка не супроводжується м'язовими зусиллями і емоційною напругою, веде до підвищення енергетичних витрат всього на 2-3%. Більшість фізичних спортивних вправ пов'язана з великими витратами енергії, і хоча

вони виконуються недовго, добові витрати енергії у спортсменів перевищують 21000 кДж (>5000 ккал). У дні тренувань з підвищенням навантаженням та в дні змагань в деяких видах спорту (лижні гонки, біг на довгі дистанції та інші) ці величини можуть бути ще більші. Необхідно звернути увагу на витрати енергії при трудовій і спортивній діяльності різного характеру.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч. посібник. - К.: Вища школа, 1991. - С.286-292.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.303-309.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.культ./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.412-422.

Контрольні питання:

1. Які існують методи визначення енергетичного обміну?
2. Що таке калориметричний еквівалент кисню?
3. Що таке дихальний коефіцієнт і чому він є показником складу речовин, що окислюються?
4. Що розуміють під терміном основний обмін?
5. Яких умов слід дотримуватись при визначенні основного обміну?
6. Які фактори визначають рівень основного обміну?
7. Які енерговитрати при трудовій і спортивній діяльності різного характеру?
8. Охарактеризуйте основні етапи перетворення енергії в організмі.

ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

При вивченні цієї теми необхідно звернути увагу на ряд основних положень:

- Нормальне проходження процесів життєдіяльності теплокровних тварин і людини можливе в досить вузьких межах коливань температури тіла (рис.42).

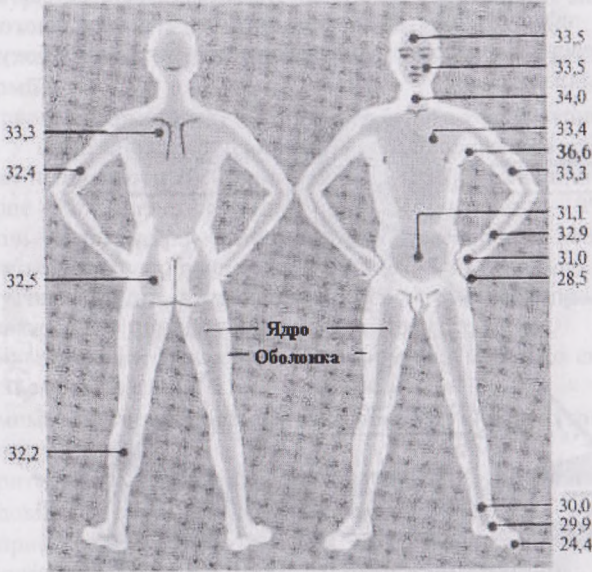


Рис.42. Температура різних ланок тіла

- Температура тіла залежить від співвідношення двох основних процесів - **теплоутворення** і **тепловіддачі**.
- Підтримання відносно сталої температури тіла забезпечується шляхом регуляції цих двох процесів - теплоутворення (хімічна терморегуляція) і тепловіддачі (фізична терморегуляція).
- Регуляція процесів теплоутворення і тепловіддачі відбувається нервовим (за механізмом безумовних і умовних рефлексів) та гуморальним шляхом.
- Терморегуляція здійснюється в певних межах: підвищення або зниження температури навколишнього

середовища за межі можливостей терморегуляційних процесів веде в першому випадку до перегріву організму, а в другому - до переохолодження і обмороження.

Температура як міра теплової енергії визначає не лише швидкість протікання біохімічних реакцій в живих системах, а й їх структуру і цілісність. Тому температурний оптимум для вищих тварин і людини (гомойотермних організмів) коливається в межах 1-2⁰С. В зв'язку з цим утворення теплоти з другорядного явища перетворюється в головне і підлягає тонкій регуляції з боку ЦНС і гуморальної системи.

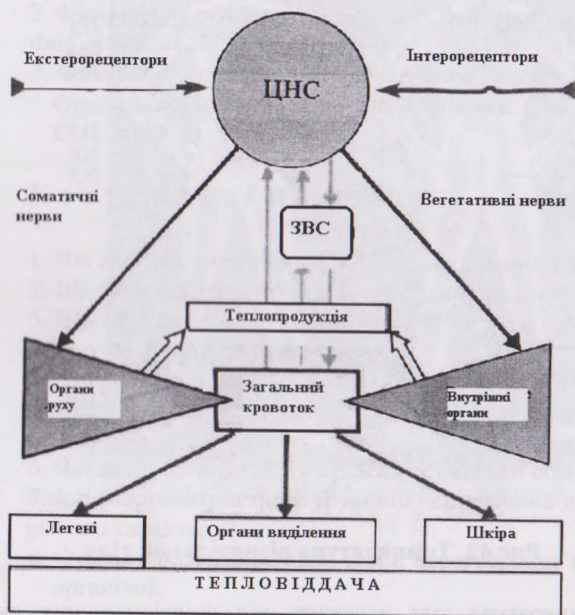


Рис.43. Схема регуляції температури тіла

Температура тіла визначається рівновагою (балансом) між процесами утворення теплоти в організмі і його виділення у навколишнє середовище (рис.43). Стійкість температури тіла підтримується тоді, коли ці процеси кількісно зрівноважені. В організмі це здійснюється автоматично: при зменшенні температури тіла підвищується теплопродукція, при збільшенні - тепловіддача.

Теплопродукція залежить від підвищення інтенсивності процесів обміну (окислення). Підтримання сталої температури тіла

внаслідок зміни інтенсивності процесів обміну речовин називається хімічною терморегуляцією. Віддача теплоти в навколишнє середовище здійснюється різними фізичними процесами, тому її називають фізичною терморегуляцією.

Здатність гомойотермних (теплокровних) організмів протистояти дії холоду і тепла, зберігати стабільну температуру тіла, має певні межі. При надзвичайно низькій або надзвичайно високій температурі середовища захисні терморегуляторні механізми виявляються вже недостатніми; температура тіла починає знижуватись (**стан гіпотермії**) або підвищуватись (**стан гіпертермії**).

В процесі термогенезу в різній мірі беруть участь тканини усіх органів. У стані спокою теплопродукція розподіляється приблизно так: м'язи продукують 20% тепла, печінка - 20%, головний мозок - 18%, серце - 11%, нирки - 7%, шкіра - 5%, решта тканин - 19% тепла. При зміні температури навколишнього середовища неоднаково підвищується теплопродукція в усіх органах. Тільки м'язова система здатна суттєво змінити інтенсивність своєї роботи (теплопродукцію), тому її вважають хімічним терморегуляційним фактором.

Збільшення інтенсивності термопродукції м'язовою системою відбувається завдяки:

- мимовільному підвищенню тону м'язів (**тонічному термогенезу**);
- ритмічним скороченням м'язів (**феномен тремтіння**);
- довільному термогенезу (**довільними рухами**);
- прискоренню обміну речовин шляхом окислення жирів без участі фосфорилування (**нетермінальному термогенезу**).

Обмін речовин в організмі завжди супроводжується утворенням тепла. Існують основний і три додаткові шляхи теплопродукції. Основним джерелом мобілізації енергії в організмі - окисне фосфорилування. Певну роль також відіграє гліколіз. Ці біохімічні процеси носять **екзотермічний** характер (грец. ехо- зовні). Їх енергія лише частково акумулюється в молекулах АТФ, а значна частина перетворюється в тепло (за законами термодинаміки).

При дії на організм холоду існує декілька фізіологічних реакцій, що забезпечують компенсаторне збільшення теплопродукції. Одним із ефективних способів збільшення теплопродукції в цих умовах є **довільна м'язова робота**. За рахунок такої діяльності енергетичний обмін організму може зростати в 10 і більше разів, але при цьому багато енергії витрачається на зовнішню роботу.

Друга фізіологічна реакція компенсаторного підвищення теплопродукції - **холодове тремтіння скелетних м'язів**. Воно більш економне. При такій довільній скоротливій діяльності скелетних м'язів енергетичний обмін може зростати лише 2-4 рази, але зате вся енергія мобілізується, переходячи в тепло і зберігається в організмі.

Третя фізіологічна реакція підвищення теплопродукції на холоді пов'язана із виділенням в кров норадреналіну. Цей гормон, діючи на скелетні м'язи, а також, можливо, на печінку і жирову тканину, зумовлює перерозподіл енергії, що утворюється в них при окисленні: частина енергії, яка акумулюється при цьому в молекулах АТФ, зменшується, а частина, яка переходить безпосередньо в "первинне" тепло, - збільшується. Особливо характерна ця реакція для акліматизованого до холоду організму, в якому зростає і секреція норадреналіну, і чутливість до нього тканин.

В межах температур 18-24°C термогенез перебуває у рівновазі з тепловитратами, тому цю ділянку температур називають зоною теплової байдужості або зоною комфарту. Рівень енергетичного обміну у людини, яка знаходиться в цій зоні, дорівнює основному обміну. При зниженні температури навколишнього середовища нижче зони комфорту термогенез збільшується пропорційно витратам тепла. У тих випадках, коли температура навколишнього середовища перевищує зону теплової байдужості, інтенсивність обміну речовин неістотно знижується у порівнянні з основним обміном.

Таким чином, хімічна терморегуляція більш ефективна при низьких температурах і зовсім неефективна при підвищених.

В процесі еволюційного розвитку тваринних організмів значення механізмів хімічної терморегуляції зменшується. Значно збільшуються процеси тепловіддачі за рахунок фізичних процесів: проведення (конвекція і кондукція), випромінювання і випаровування.

Людина без одягу завдяки **кондукції і конвекції** виділяє у навколишнє середовище кількість тепла, що становить 40% всіх тепловитрат. У воді людина віддає значно більше тепла, оскільки теплоємність води в 20 разів вища, ніж повітря.

Випромінювання характеризується віддачею тепла, в основному, за рахунок інфрачервоної частини спектру. Цей процес може відбуватися на відстані. Мають значення також розміри поверхні тіла та її колір. Темна і засмагла шкіра адсорбує близько 80% теплоти сонячних променів, а незасмагла шкіра - 65%. Віддача теплоти цим шляхом може становити близько 40% загальних тепловитрат людини.

Випаровування. При перетворенні поту в пару витрачається теплота поверхні тіла, що приводить до її охолодження. Цей вид тепловіддачі є досить ефективним механізмом тепловіддачі, особливо при підвищеній температурі навколишнього середовища і при м'язовій роботі. На випаровування 1л поту витрачається 2440 кДж.

Коли температура повітря наближається до температури шкіри близько 33⁰С, тепловий градієнт зменшується, тепловіддача кондукцією, конвекцією та випромінюванням майже припиняється і головним шляхом тепловіддачі залишається випаровування поту. Коли повітря навколишнього середовища насичене водяною парою, тепловитрати за рахунок цього механізму зменшуються і навіть припиняються (при відносній вологості 100%). Але ефективна тепловіддача при потовиділенні відбувається тільки тоді, коли піт випаровується. Якщо ж він не випаровується, а тільки стікає по поверхні шкіри, ніякого охолодження тіла не відбувається. На теплообмін випаровування суттєво впливає екіпіровка (одяг), оскільки гігроскопічні тканини, що вбирають піт, значно збільшують поверхню випаровування, чим сприяють тепловіддачі.

У людини випаровування поту - найефективніший спосіб тепловіддачі. Він може сягати 2л за 1 годину. При випаровуванні такої кількості поту в навколишнє середовище віддається біля 1150 ккал, тобто кількість тепла, яка приблизно в 20 разів перевищує рівень основного обміну.

Особливу увагу слід звернути на регуляцію температури тіла при м'язовій роботі. Підвищений обмін речовин при м'язовій роботі веде до інтенсивного теплоутворення, при цьому підвищується тепловіддача. Серед механізмів тепловіддачі при м'язовій роботі особливе значення набуває випаровування поту з поверхні шкіри. Регуляція температури тіла в стані спокою і особливо при м'язовій роботі в значній мірі залежить від метеорологічних умов навколишнього середовища, зокрема вологості повітря.

Незначне (до 1⁰С) підвищення температури тіла, яке досить часто спостерігається при м'язовій роботі, здійснює позитивний вплив на ряд процесів, що проходять в організмі. Значне підвищення температури тіла може привести до порушень в діяльності ЦНС та інших систем організму, а різкий перегрів - до теплового удару.

Література:

1. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навч.посібник.- К.: Вища школа, 1991. - С.292-301.

2. Физиология человека. Под ред. Н.В. Зимкина. - Москва: ФиС, 1975. - С.317-324.
3. Физиология мышечной деятельности: Учебн. для ин-тов физ.кльт./ Под ред. Я.М. Коца.- Москва: ФиС, 1982. - С.422-444.

Контрольні питання:

1. Як ви розумієте поняття “тепловий баланс” організму? В чому основні відмінності між теплокровними і холоднокровними організмами?
2. Розкрийте фізіологічні механізми регуляції теплопродукції та тепловіддачі.
3. Яке значення для життєдіяльності організму має підтримання відносної сталості температури тіла?
4. В чому суть і шляхи хімічної терморегуляції?
5. Що являють собою способи фізичної терморегуляції?
6. Які межі терморегуляції у людини?
7. Де розміщені вищі центри терморегуляції?
8. Як проходять процеси терморегуляції при м'язовій роботі?

ДОДАТОК

Одиниці вимірювання та розмірність.

Вимірювання фізичних величин виражають числом, за котрим слідує одиниця виміру. Система одиниць виміру, яку сьогодні у всьому світі рекомендують використовувати, це так звана система СІ (Systeme International d'Unites). Ця система заміняє систему СГС (сантиметр, грам, секунда), яка досить широко використовувалась раніше.

В систему СІ входять **три класи одиниць**:

- а) основні одиниці;
- б) похідні одиниці;
- в) додаткові одиниці.

а) Основні одиниці в системі СІ

Існує сім основних одиниць:

- 1) метр, стандарт довжини;
- 2) кілограм, стандарт маси;
- 3) секунда, стандарт часу;
- 4) ампер, стандарт сили електричного струму;
- 5) кельвін, стандарт температури;
- 6) кандела, стандарт сили світла;
- 7) моль, стандарт кількості речовини.

б) Похідні одиниці

Похідні одиниці можуть утворюватись в результаті комбінування основних одиниць. Так, одиниця сили може бути отримана при комбінуванні перших трьох основних одиниць. Часто похідним одиницям дають особливі назви, так, наприклад, одиниця сили називається "ньютон".

в) Додаткові одиниці

Сьогодні введені дві додаткові одиниці - радіан та стерадіан - відповідно одиниці плоского і просторового кутів.

Префікси, прийняті в системі СІ, і відповідні множники

Для одержання кратних і дольних одиниць виміру використовують стандартні префікси, як показано в таблиці 1:

префікс	українська	міжнародна	множник
екса	Е	E	10^{18}
пета	П	P	10^{15}
тера	Т	T	10^{12}
гіга	Г	G	10^9
мега	М	M	10^6
кіло	к	k	10^3
гекто	г	h	10^2
дека	да	da	10^1
деци	д	d	10^{-1}
санти	с	c	10^{-2}
мілі	м	m	10^{-3}
мікро	мк	mk	10^{-6}
нано	н	n	10^{-9}
піко	п	p	10^{-12}
фемто	ф	f	10^{-15}
атто	а	a	10^{-18}

Похідні одиниці вимірювання в системі СІ і СГС та їх взаємозв'язок.

Назва величини	розмірність	одиниці вимірювання в с-мі СІ	одиниці вимірювання в с-мі СГС	відношення СГС до СІ
довжина (віддаль)	L	метр (м)	сантиметр (см)	10^{-2}
час	T	секунда (с)	секунда (с)	1
маса	M	кілограм (кг)	грам (г)	10^{-3}
швидкість	LT^{-1}	$м \times с^{-1}$	$см \times с^{-1}$	10^{-2}
прискорення	LT^{-2}	$м \times с^{-2}$	$см \times с^{-2}$	10^{-2}
сила	MLT^{-2}	$кг \times м \times с^{-2} = Н$	$г \times см \times с^{-2} = дин$ (дин-дина)	10^{-5}
робота (або енергія)	ML^2T^{-2}	$кг \times м^2 \times с^{-2} = Дж$ (Дж- джоуль)	$г \times см^2 \times с^{-2} = ерг$	10^{-7}
потужність	ML^2T^{-3}	$кг \times м^2 \times с^{-3} = Вт$ (Вт - ват)	$г \cdot см^2 \cdot с^{-3}$	10^{-7}
тиск (або механічне напруження)	$ML^{-1}T^{-2}$	$кг \times м^{-1} \times с^{-2} = Па$ (Па - паскаль)	$г \times см^{-1} \times с^{-2}$	10^{-11}
поверхневий натяг	MT^{-2}	$кг \times м^{-2} = Н \times м^{-1}$	$г \times см^{-2}$ або дин $\times см^{-1}$	10^{-3}
в'язкість	$ML^{-1}T^{-1}$	$кг \times м^{-1} \times с^{-1}$	$г \times см^{-1} \times с^{-1} = П$ (П-пуаз)	10^{-1}
частота	T^{-1}	$с^{-1} = Гц$ (Гц - герц)	$с^{-1}$	10

1. БІОЛОГІЧНІ РІДИНИ ОРГАНІЗМУ (рідкі середовища організму)

1.1. Частка рідких середовищ (% від маси тіла):

- щільні тканини - 45
- легенева рідина - 28
- внутрішньо міжклітинна рідина - 23
- кров - 7

1.2. Вікові зміни вмісту води в організмі людини, %:

- ембріон - 90
- дитина - 70
- дорослий - 60

1.3. Вміст води в різних органах людини, %:

- мозок - 77
- серце - 79
- легені - 79
- печінка - 70
- нирки - 82
- кістки - 16

1.4. Система крові

1.4.1. Плазма:

- вода - 90-91%
- суха речовина - 9-10%
- питома вага - 1,025-1,029
- pH - 7,37-7,43
- в'язкість - 1,9-2,6
- білкові фракції плазми крові, г/л:
 - альбуміни - 35-50
 - β-глобуліни - 5-11
 - α-глобуліни - 1-12
 - γ-глобуліни - 5-16
 - фібриноген - 5,9-10,7

1.4.2. Вміст (небілкових) низькомолекулярних азотистих речовин і ліпідів у плазмі крові людини, мМ/дл:

- сечовина - 3,33-8,32
- амінокислоти - 0,03-0,57
- сечова кислота - 0,12-0,46
- креатинін - 53-106,1
- азот аміаку - 7,14 - 21,42
- жири**, мг/дл:
 - нейтральні - 0-400
 - жирні кислоти - 200-450

стероїди, мг/дл:

холестерин - 120-130

жовчні кислоти - 0,2-3

фосфоліпіди, мг/дл:

лецитин - 150-250

кефалін - 100-200

1.4.3. Форменні елементи крові (40-45%):

еритроцити - $(4,5-5,0) \cdot 10^{12}$ на літр

гемоглобін (Hb), моль/л:

чоловіки - 2,09-2,76 (13-16мг%, 130-160 г/л)

жінки - 1,86-2,48 (12-14 мг%, 120-140 г/л)

лейкоцити - $(4,5-9,5) \cdot 10^9$ на літр

гранулоцити:

нейтрофіли - 712-758 на мкл (50-72%)

еозинофіли - 0-397 на мкл (2-5%)

базофіли - 0-112 на мкл (0,5-1%)

лімфоцити - 1029-2341 на мкл (25-35%)

моноцити - 66-8461 на мкл (2-10%)

тромбоцити - $(250-400) \cdot 10^9$ на літр

1.4.4. Основні константи (гомеостатичні показники) крові людини:

кількість крові - 7% (1/13 маси тіла)

густина - 1,057-1,060 г · см⁻³

в'язкість - 4-5 ум.од.(по відношенню до води)

pH - 7,45

артеріальна кров - 7,4

венозна кров - 7,36

осмотичний тиск - 7,6-8,1 атм. (250-300 мОsM)

онкотичний тиск білків плазми - 25-30 мм рт.ст.(2 мОsM)

вміст молочної кислоти, моль/л:

артеріальна кров - 0,38-0,78

венозна кров - 0,55-2,22

сумарний цукор - 0,8-1,2 г/л

вміст глюкози - 4,5-6 мМ/л (0,08-0,12 мг%)

1.4.5. Вміст гормонів у крові здорових людей:

кортикотропін - 0-40 ЕД

вільний інсулін - 20-150 мк од/мл

17-ОКС - 5-20 мк г% (50-200 мкг/л)

11-ОКС:

сумарний - 15-30 мкг% (150-300 мкг/л)

зв'язаний - 11-27 скг% (110-270 мкг/л)

вільний 1,8-2,2 мкг% (18-22 мкг/л)

кортизол:

сумарний - 5,6-16,9 мкг% (5,6-169 мкг/л)

зв'язаний - 4,9-15,3 мкг% (49-153 мкг/л)

вільний - 0,6-1,6 скг% (6-16 мкг/л)

кортикостерон - 0,5-3 мкг% (5-30 мкг/л)

адреналін - 0-0,7 мкг/л

норадреналін - 0-1,3 мкг/л

тестостерон:

чоловіки:

20-40 років - 0,5-0,8 мкг% (5-8 мкг/л)

40-90 років - 0,2-0,5 мкг% (2-5 мкг/л)

жінки - 0,03-0,2 мкг% (0,3-2 мкг/л)

2. СИСТЕМА КРОВООБІГУ

2.1. Тиск в порожнинах серця, мм.рт.ст.:

систола передсердь:

передсердя - 4-7

шлуночки - біля 0

систола шлуночків:

передсердя - біля 0

правий шлуночок - 30

лівий шлуночок - 120

загальна пауза:

передсердя - біля 0

шлуночки - біля 0

2.2. Тривалість фаз серцевого циклу у людини в стані спокою (при ЧСС=75 уд/хв), с:

серцевий цикл - 0,8

систола передсердь - 0,1

систола шлуночків - 0,33

діастола шлуночків - 0,47

діастола загальна - 0,37

2.3. Швидкість проведення збудження в серці, м/с:

швидкість проведення збудження

по міокарду передсердь - 0,8-1

швидкість проведення збудження

по провідній системі шлуночків - 2-4,2

швидкість проведення збудження

в атріовентрикулярному вузлі - 0,02-0,05

швидкість проведення збудження

по міокарду шлуночків - 0,8-0,9

2.4. Амплітудно-частотні характеристики електрокардіограми (ЕКГ):

амплітуда зубців ЕКГ, мВ:

зубець Р - 0,05-0,3

зубець Q - 0-0,03

зубець R - 0,6-1,6

зубець Т - 0,2-0,7

інтервали ЕКГ, с:

зубець Р - 0,05-0,10

інтервал Р-Q - 0,12-0,20

зубець Q - 0,03

комплекс QRS - 0,06-0,08

інтервал ST - до 0,15

зубець Т - 0,12-0,16

інтервал QRST - 0,35-0,37

інтервал R-R - 0,8

інтервал T-R - 0,28

2.5. Частота серцевих скорочень в стані спокою, уд/хв:

норма - 70-80

брадикардія - нижче, ніж 60

тахікардія - вище, ніж 90

максимальна величина при м'язовій роботі - 220

оптимальна величина при м'язовій роботі - 170

2.6. Артеріальний тиск, мм рт.ст.:

систолічний - 110-130

діастолічний - 60-80

пульсовий - 30-70

2.7. Систолічний об'єм, мл:

в спокої - 60-100

при граничній м'язовій роботі - 180-200

2.8. Хвилинний об'єм крові, л/хв:

в спокої - 3,5-6

при граничній м'язовій роботі - 35-40

2.9. Час кругообігу, с:

в стані спокою - 20-23

при середніх фізичних навантаженнях - 15

при граничних фізичних навантаженнях - 8-9

2.10. Швидкість розповсюдження пульсової хвилі, м/с:

в аорті - 5,5-8,0

в периферичних артеріях - 6

2.11. Середні значення **лінійної швидкості** і тиску в системному кровообігу людини:

Тип судини	Діаметр, мм	Середня швидкість, см · с ⁻¹	Середній тиск, мм рт. ст.
Аорта	20-25	30-40	100
Артерії		10-15	90-80
Артеріоли	0,06-0,02	0,2-0,3	70-35
Капіляри	0,008	0,03	35-15
Венули	0,020	1-5	15-10
Крупні вени	5-10	5-15	9-5
Порожністі вени	20-30	10-20	нижче нуля

3. СИСТЕМА ДИХАННЯ

3.1. Частота дихання, **кільк./хв**:

в стані спокою - 16-20

при м'язовій роботі - до 40

3.2. Легеневі об'єми, **л**:

дихальний об'єм (ДО) - 0,3-0,5

резервний об'єм вдишу (РОВ) - 1,5-2,5

резервний об'єм видиху (РОВид) - 1,2-1,5

залишковий об'єм (ЗО) - 1,0-1,2

об'єм 'мертвого простору' - 0,15

3.3. Легеневі ємкості, **л**:

загальна ємкість легенів - 4,6-5,7

життєва ємкість легенів (ЖЄЛ) - 3,5-4,5

функціональна залишкова ємкість - 2,5

3.4. Коефіцієнт утилізації кисню, %:

в спокої - 40

при м'язовій роботі - 50-60

3.5. Концентрація газів в атмосферному повітрі, що видихається та альвеолярному повітрі, %:

Повітря	Кисень	Вуглекислий газ	Азот
Атмосферне	20,94	0,03	79,03
Повітря, що видихається	16,30	4,00	79,70
Альвеолярне	14,40	5,60	80,00

3.6. Концентрація газів та їх парціальний тиск в атмосферному та альвеолярному повітрі:

3.6.1. Атмосферне повітря:

Гази	Концентрація в %	Парціальний тиск в мм рт. ст.
азот	78,62	600,0
кисень	29,85	160,0
вуглекислий газ	0,03	0,75
водяна пара	0,50	-

3.6.2. Альвеолярне повітря:

Гази	Концентрація в %	Парціальний тиск в мм рт.ст.
азот	74,9	569,0
кисень	13,5	104,0
вуглекислий газ	5,3	40,0
водяна пара	6,3	47,0

3.7. Площа поверхні альвеол - 75 м^2

3.8. Площа поверхні бронхів - $3,5-3,95 \text{ м}^2$

3.9. Парціальний тиск, мм рт.ст.:

Гази	Атмосферне повітря	Альвеолярне повітря	Артеріальна кров	Венозна кров	Тканини
O_2	159	102	100	40	0
CO_2	0,3	40	40	47	60

3.10. Споживання кисню в стані спокою - **200-300 мл**

3.11. Максимальне споживання кисню (МПК) - **3-6 л/хв (70-90 мл/хв/кг)**

3.12. Максимальний кисневий борг - **20-22 л**

3.13. Хвилинний об'єм дихання (ХОД), л/хв:

в стані спокою - 6-8

максимальна величина - 100-180

3.14. Максимальне поглинання кисню (МПК) у чоловіків і жінок різного віку, л/хв:

3.14.1. Рівень аеробних можливостей **чоловіків:**

Вік	Середній	Хороший	Високий
20-29	3,1-3,69	3,7-3,99	4,0 і більше
30-39	2,8-3,39	3,4-3,68	3,7
40-49	2,5-3,09	3,1-3,39	3,4
50-59	2,2-2,79	2,8-3,09	3,1
60-69	1,9-2,49	2,5-2,79	2,8

3.14.2. Рівень аеробних можливостей жінок:

Вік	Середній	Хороший	Високий
20-29	2,0-2,49	2,5-2,79	2,8
30-39	1,9-2,39	2,4-2,69	2,7
40-49	1,8-2,29	2,3-2,29	2,6
50-65	1,6-2,09	2,1-2,20	2,4

4. ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ

4.1. Теплопродукція організму людини, кДж/добу

4.1.1. Чоловіки:

- організм в цілому - 6880
- на 1 кг маси тіла - 105,0
- на 1 м² поверхні тіла - 3850

4.1.2. Жінки:

- організм в цілому - 5250
- на 1 кг маси тіла - 92,4
- на 1 м² поверхні тіла - 3318

4.2. Кількість енергії, яка вивільняється при окисленні на 1 г субстрату, ккал:

- білки - 4,1 (без аміногрупи)
- жири - 9,3
- вуглеводи - 4,1

4.3. Кількість енергії, яка вивільняється при використанні 1 л кисню для повного окислення субстрату (калоричний еквівалент кисню), ккал:

- білки - 4,60
- жири - 4,69
- вуглеводи - 5,05

4.4. Кількість спожитого O₂ і виділеного CO₂ при окисленні поживних речовин:

При окисленні 1 г	Споживання O ₂ , л	Виділення CO ₂ , л	Дихальний коефіцієнт
Білка	0,97	0,77	0,8
Жиру	2,0	1,4	0,7
Вуглеводу	0,83	0,83	1,0

4.5. Групи професій за добовими витратами енергії, **ккал:**

важка механічна праця	-	4500-5000
частково механізована праця	-	3500-4500
механізована праця	-	3200-3500
розумова праця	-	3000-3200

4.6. Основний обмін - ~ **1700 ккал/доб.**

4.7. Додаткові витрати енергії при виконанні деяких фізичних вправ,

ккал:

4.7.1. Біг, **м:**

100 - 18	1500 - 100
200 - 25	5000 - 310
300 - 40	10000 - 590
	42195 - 2300

4.7.2. Лижні перегони, **км:**

10 - 550
30 - 1800
50 - 3600

4.7.3. Плавання, **м:**

100 - 50
200 - 60
400 - 150

4.8. Внутрішньоклітинні запаси енергії в м'язах людини, **мкМоль/г сухої речовини:**

АТФ - 25
креатинфосфат (КФ) - 75
глікоген - 370
триацилгліцериди - 50

4.9. Енергетичні резерви людини з масою тіла 75 кг, **кДж:**

АТФ - 4
КФ - 15
глікоген - 4500
триацилгліцериди - 300000

5. ЦЕНТРАЛЬНА НЕРВОВА СИСТЕМА

5.1. Параметри **енцефалограми (ЕЕГ):**

Альфа-ритм:	амплітуда - 50-100 мкВ
	частота - 8-12 гц
Бета-ритм:	амплітуда - 20-25 мкВ
	частота - 13-30 гц
Тета-ритм:	амплітуда - 100-150 мкВ
	частота - 4-8 гц
Дельта-ритм:	амплітуда - 250-300 мкВ

частота - 0,5-3,5 гц

5.2. Швидкість проведення нервових імпульсів по різних нервових волокнах:

Тип волокна	Діаметр волокна (мк)	Швидкість проведення (м/с)	Функція
A (α)	12-22	70-120	Моторні волокна скелетних м'язів, аферентні волокна від м'язових рецепторів
A (β)	8-12	40-70	Аферентні волокна від рецепторів дотику
A (γ)	4-8	15-40	Аферентні волокна від рецепторів тиску, еферентні волокна до м'язових веретен
A (Δ)	1-4	5-15	Аферентні волокна від деяких рецепторів тепла, тиску, болю
B	1-3	3-14	Прегангліонарні вегетативні волокна
C	0,5-1,0	0,5-2	Постгангліонарні вегетативні волокна

5.3. Синаптична затримка в нервово-м'язовому синапсі - **1-3 мс**

5.4. Синаптична затримка в вегетативній нервовій системі - **10 мс**

5.5. Мембранний потенціал спокою: **-60-90 мВ**

5.6. Потенціал дії - **біля 110-120 мВ**

5.7. **Чутливість** нервових центрів різних відділів ЦНС до гіпоксії: клітини кори великих півкуль пошкоджуються - через 5-6 хв гіпоксії центри стовбура мозку відновлюються навіть через 15-20 хв гіпоксії центри спинного мозку відновлюються навіть через 20-30 хв гіпоксії

5.8. **Лабільність** мотонейрона:

в природних умовах - **50-60 імп/с**

при максимальній роботі - **до 550 імп/с**

5.9. **Латентний період** рухової реакції, **мс**:

в стані спокою - 120-220

при втомі - 300-500

5.10. Мозок людини містить **25 млрд. клітин**, з них 10-18 млрд.

клітин знаходиться в корі великих півкуль

5.11. Площа кори великих півкуль - **2200 см²**

6. ВЕГЕТАТИВНА НЕРВОВА СИСТЕМА

6.1. Швидкість поширення імпульсів, м/с:

по прегангліонарних волокнах - 3-20

по постгангліонарних волокнах - 0,5-3

6.2. Впливи симпатичних і парасимпатичних нервів на різні органи:

Орган чи система	Ефект від стимуляції	
	симпатичних нервів	парасимпатичних нервів
зіниця	розширення	звуження
серце: ЧСС систоличний об'єм	прискорення збільшення	сповільнення зменшення
кровоносні судини: <i>артерії:</i> внутрішніх органів шкіри коронарні легенів мозку скелетних м'язів <i>вени</i>	звуження звуження розширення розширення звуження розширення розширення звуження	нема нема звуження звуження розширення нема нема
бронхи	розширення	звуження
шлунок: секреція моторика	гальмування послаблення	посилення посилення
жовчний міхур	скорочення	розслаблення
сечовий міхур	розслаблення	скорочення
сфінктер міхура	скорочення	розслаблення
печінка	гідроліз глікогену	нагромадження глікогену
жирові клітини	ліполіз	нема
основний обмін	підвищення	нема
залози: слинні слізні травні потові	незначна секреція нема гальмування секреція	сильна секреція секреція секреція нема

7. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

7.1. Зорова сенсорна система

7.2. 7.1.1. Психофізичні еквіваленти частоти світла

Частота - довжина хвилі, нм	Психологічний корелят
400	фіолетовий
450	синій
500	зелений
550	жовто-зелений
600	оранжевий
700	червоний

7.1.2. Психофізичні еквіваленти інтенсивності світла

Інтенсивність, дБ	Психологічний корелят
200	-
180	-
160	больовий поріг
140	сонячне світло
100	-
80	-
60	білий папір при світлі настільної лампи
40	екран телевізора
20	найменше освітлення, при якому розрізняються кольори
0	порогова освітленість для ока, адаптованого до темноти

7.1.3. Поріг світлової чутливості - 10^{-10} - 10^{-11} ерг/с

7.1.4. Тривалість повної адаптації до темноти - 30 хв

7.1.5. Тривалість адаптації до світла - 15-20 с

7.1.6. Максимальний діаметр зіниці - 7,5 мм - досягається за 5 хв

7.1.7. Мінімальний діаметр зіниці - 1,8 мм - досягається за 5 с

7.1.8. Кількість фоторецепторів в оці людини:

колбочок - 6-7 млн.

паличок - 120-125 млн.

7.1.9. Заломлююча сила оптичної системи ока:

59 Д (при розгляданні далеких предметів)

70,5 (при розгляданні близьких предметів)

7.1.10. Нормальне око розрізняє дві крапки під кутом - 60 с

7.1.11. Мінімальний час, необхідний для зорового відчуття - 0,1 с

7.1.12. Близька крапка ясного бачення для нормального ока 20-30 річної людини - 10-12 см

7.1.13. Межі поля зору для різних кольорів:

Напрямок	Величина поля зору в градусах		
	білого	червоного	зеленого
донизу	70 ⁰	60 ⁰	30 ⁰
доверху	60 ⁰	40 ⁰	20 ⁰
назовні	90 ⁰	60 ⁰	40 ⁰
до носа	60 ⁰	40 ⁰	30 ⁰

7.2. Слухова сенсорна система

7.2.1. Діапазон слухової чутливості - 15-20000 гц

7.2.2. Діапазон розмовної мови - 150-2500 гц

7.2.3. Діапазон гучності звуків, які сприймає людина - 1-140 децибел (дб)

7.2.4. Гучність звуків, які сприймає людина в звичайному житті:

тихий шепіт на відстані 1,5 м - 10 дб

тиха розмова - 40 дб

голосна розмова - 60 дб

крик - 80 дб

шум трамваю - 70-75 дб

шум двигуна літака на відстані 5 м - 110-120 дб

7.2.5. Найменші пороги слухової чутливості в діапазоні частот - 1000-5000 гц

7.2.6. Точність визначення напрямку звуку:

при бінауральному слусі - 1-2⁰

при моноуральному слусі - 5-10⁰

7.2.7 Швидкість звуку в повітряному середовищі - 330 м/с

7.3. Вестибулярна сенсорна система

7.3.1. Поріг розрізнення нахилу голови:

в сторону - 1⁰

вперед - 1,5-2⁰

назад - 1,5-2⁰

7.3.1. Поріг розрізнення обертання - 2-3⁰/с

7.3.2. Поріг розрізнення прискорення отолітовим апаратом - 2-20 см/с²

7.4. Температурна рецепція

7.4.1. Температура збудження рецепторів:

теплових - 20-47⁰С

холодових - 10-40⁰

7.4.2. Максимальна **чутливість** рецепторів:

теплових - при температурі 38-43⁰С

холодових - при температурі 20-34⁰С

7.4.3. Максимальна **частота розрядів** рецепторів:

теплових - 3,7 імп/с

холодових - 10 імп/с

7.4.4. Загальна **кількість точок** на поверхні тіла людини:

тепла - 30000

холоду - 260000

7.5. Тактильна рецепція

7.5.1. **Поріг подразнення:**

найбільш чутливих ділянок шкіри - 50 мг

найменш чутливих - 10 г

7.5.2. **Пороги одночасного просторового розрізнення:**

кінчик язика, пальці, губи - 1-3 мм

шкіра рук - 41 мм

кінчик носа - 65 мм

середина долоні - 89 мм

спина, плечі, бедра - 50-100 мм

8. **ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ**

8.1. **Види коркового гальмування** умовно-рефлекторної діяльності:

Безумовне, вроджене: зовнішнє

за межов (охоронне)

Умовне, набуте: згасальнє

диференціальнє

запізнюючє

умовнє гальмо

8.2. Схема типів вищої нервової діяльності:

Тип нервової системи	Характеристика властивостей нервових процесів			Відповідність темпераменту за Гіпократом
	силою	рівноваженістю	рухливістю	
I тип (сильний нерівноважений)	сильний	нерівноважений переважає збудження		ХОЛЕРИК
II тип (сильний рівноважений рухливий)	сильний	рівноважений	рухливий	САНГВІВІНК
III тип (сильний рівноважений інертний)	сильний	рівноважений	інертний	ФЛЕГМАТИК
IV тип (слабий)	слабий	нерівноважений переважає гальмування		МЕЛАНХОЛІК

9. М'ЯЗОВА СИСТЕМА

- 9.1. Мембранний потенціал спокою м'язового волокна: -80-90 мВ
- 9.2. Потенціал дії - 120-135 мВ
- 9.3. Тривалість потенціалу дії - 3-5 мс
- 9.4. Лабільність - не перевищує 200-250 імп/с
- 9.5. Швидкість проведення імпульсу по руховому нерву -100-120 м/с
- 9.6. Оптимум частоти подразнення м'язів - 50-80 гц/с
- 9.7. Швидкість проведення імпульсу по м'язу - 3-6 м/с
- 9.8. Час поодинокого скорочення м'язового волокна, мс:
повільного - 80
швидкого - 30
- 9.9. Розмір м'язового волокна: довжина - до 12 см, діаметр - від 10 до 100 мк
- 9.10. Число м'язових волокон, які входять в склад рухової одиниці - від 10 до 3000
- 9.11. Частота імпульсації мотонейрона, яка забезпечує поодинокі скорочення:
для повільних рухових одиниць - до 10 імп/с
для швидких рухових одиниць - до 50 імп/с
- 9.12. Частота імпульсації, при якій досягається тетанічне скорочення:

- для повільних рухових одиниць - від 30 імп/с
для швидких рухових одиниць - біля 350 імп/с
- 9.13. **Середній час поодинокого скорочення** рухових одиниць, мс:
повільних - 120
швидких - 60
- 9.14. **Абсолютна сила м'яза**, в кг/см²:
литкового м'язу людини - 5,9
згинача плеча - 8,1
жувального м'язу - 10
двоголового м'язу плеча - 11,4
триголового м'язу плеча - 16,8
гладких м'язів - 1
- 9.15. **Коефіцієнт корисної дії** м'язів - 25-30%
- 9.16. **Реобаза** скелетних м'язів - 15-25 В
- 9.17. **Хронаксія** скелетних м'язів - 0,5-0,7 мс
- 9.18. **Розміри** клітин гладких м'язів: довжина - від 20-до500 мкм,
діаметр - від 5-10 до 20 нм
- 9.19. **Потенціал спокою** гладком'язових волокон: -50-60 мВ
- 9.20. **Потенціал дії** гладком'язових волокон - біля 60 мВ
- 9.21. **Тривалість потенціалу дії** гладком'язових волокон - 1-3 с
- 9.22. **Тривалість скорочення** гладких м'язів - від 5 с до 1 хв

10. СИСТЕМА ТРАВЛЕННЯ

- 10.1. **Тривалість перебування їжі**:
в ротовій порожнині - 15-18 с
в шлунку - до 6-10 год
в травному тракті (при змішаному харчуванні) - 1-2 доби
- 10.2. **Кількість виділених травних соків**, л:
слини - 0,5-1,5
шлункового соку - 2-2,5
підшлункового соку - 1,5-2
жовчі - 0,5-1
тонкої кишки - 1,5-2
товстої кишки - 0,05-0,06
- 10.3. **Активна реакція** травних соків (рН):
слини - 6,4-7,0
шлункового соку - 1,5-2,5
підшлункового соку - 7,8-8,4
вмісту дванадцятипалої кишки - від 4,0 до 8,5
кишковий сік - 7,6-8,2

11. СИСТЕМА ВИДІЛЕННЯ

- 11.1. **Кількість крові**, яка проходить через нирки за 1 добу - 1700 л

- 11.2. **Кількість сечі**, що утворюється нирками людини за добу, л:
первинної - 150-180
вторинної - 1,5-1,8
- 11.3. **Тиск крові** в судинному клубочку - 70 мм рт.ст.
- 11.4. **Осмотичний тиск білків** крові (онкотичний тиск) - 30 мм рт.ст.
- 11.5. **Фільтраційний тиск** - 40 мм рт.ст. (70 мм рт.ст. мінус 30 мм рт.ст.)
- 11.6. **За добу** виділяється, г:
сечовини - ~ 30
неорганічних солей - ~ 30
- 11.7. **Порогові речовини**: глюкоза, солі Na, K та інші
- 11.8. **Непорогові речовини**: сечовина, креатин, фосфати
- 11.9. **Питома вага сечі** - 1,012-1,020
- 11.10. **Точка замерзання** - 1,3-2,2⁰ С
- 11.11. **Добовий баланс води** дорослої людини:

Вживання води	мл/доб.	Втрати води	мл/доб.
Пиття	1200	Сеча	1400
Їжа	900	Легені, шкіра	900
Обмінні процеси	300	Фекалії	100
Всього	2400		2400

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА.....	4
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ.....	8
ВСТУП.....	8
ФІЗІОЛОГІЯ ЗБУДЛИВИХ ТКАНИН.....	9
Частина I. НЕРВОВА СИСТЕМА І РУХОВИЙ	
АПАРАТ.....	17
ФІЗІОЛОГІЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ.....	17
СЕНСОРНІ СИСТЕМИ.....	37
ЗОРОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА.....	42
СЛУХОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА.....	49
ВЕСТИБУЛЯРНА СЕНСОРНА СИСТЕМА.....	52
РУХОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА.....	56
ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ.....	57
ВЕГЕТАТИВНА НЕРВОВА СИСТЕМА.....	60
ФІЗІОЛОГІЯ НЕРВОВО-М'ЯЗОВОГО АПАРАТУ.....	65
Частина II. ФІЗІОЛОГІЯ ВЕГЕТАТИВНИХ	
СИСТЕМ.....	73
ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВІ.....	73
ФІЗІОЛОГІЯ КРОВООБІГУ.....	81
ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ДИХАННЯ.....	89
ЕНДОКРИННА СИСТЕМА.....	97
Частина III. ОБМІН РЕЧОВИН І	
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ М'ЯЗОВОЇ	
ДІЯЛЬНОСТІ.....	103
ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ ТРАВЛЕННЯ.....	103
ФІЗІОЛОГІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН І ВИДІЛЕННЯ.....	108
ФІЗІОЛОГІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ.....	113
ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ.....	117
ДОДАТОК.....	123

Видавець Тарас Сорока

soroka@lviv.farlep.net

Друкується способом
“друк на потребу”

Підписано до друку 23.12.2002 р. Формат 60x84x1/16. Папір офсет.
Гарнітура Таймс.

Навчальне видання

**Коритко Зоряна Ігорівна
Голубій Євген Михайлович**
ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Комп'ютерна верстка та оформлення Марти Коритко

Підписано до друку 23.12.2002 .
Формат 60×84×1/16. Папір офсетн. № 1.
Гарнітура Таймс.
Цифровий друк.

ПП Сорока Т. Б.
79060 Львів, вул. Наукова, 41/18
Свідоцтво Держ. реєстру: серія ЛВ № 17

Віддруковано способом “друк на потребу”
Видавець Тарас Сорока
Львів, вул. Зелена, 111

Коритко Зорана Ігорівна
Голубій Євген Михайлович
ЗАГАЛЬНА ФІЗІОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Книгу підготували за редакцією Миколи Коритки

Львівський національний університет імені
Івана Франка
Львівська область, Львів, вул. Св. Юрія
103
Львівський національний університет імені
Івана Франка
Львівська область, Львів, вул. Св. Юрія
103
Львівський національний університет імені
Івана Франка
Львівська область, Львів, вул. Св. Юрія
103

Коритко З. І., Голубій Є. М.

**Загальна фізіологія: Навчальний посібник. – Львів:
ПП Сорока. 2002. –142 с.**

ISBN 966-96091-2-7

У навчальному посібнику згідно з програмою висвітлені
ключові питання основних розділів курсу “Загальна фізіологія”.
Головна увага приділяється опису фізіологічних функцій і
механізмів їх регуляції у людини при м’язовій діяльності.

Для студентів університетів та інститутів фізичної культури.

ББК75.0