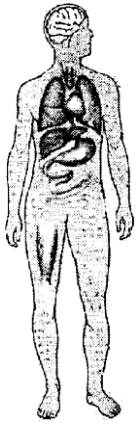
БЕКАС О. О.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ:

навчально-методичний посібник

(ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ)



ВІННИЦЯ - 2015

ІНСТИТУТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ

КАФЕДРА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ОСНОВ
ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

БЕКАС О. О.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ: навчально-методичний посібник

(ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ)

ВІННИЦЯ - 2015

УДК 612(075.8)
ББК 28.707.3я73
Б 42

Автор:

Бекас О.О. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання і фізичної реабілітації.

Рецензенти:

Фурман Ю.М. - доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання і фізичної реабілітації.

Васильєва С.О. – кандидат медичних наук, доцент кафедри біології.

Б 42 **Бекас О.О.** Фізіологія людини: навчально-методичний посібник [для студентів заочної форми навчання]. – Вінниця, 2015. – 100с. – (Видання оновлене та доповнене).

Рекомендовано
навчально-методичною комісією інституту фізичного виховання і спорту Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського
(Протокол № 7 від 16.02.2015 р.)

Навчально-методичний посібник розроблений для студентів інституту фізичного виховання і спорту заочної форми навчання. Структура та зміст посібника відповідають навчальному плану та навчальній програмі з фізіології людини. У роботі висвітлені основні теоретичні відомості з фізіології збудження, нервово-м'язового апарату, аналізаторів, крові, кровообігу та дихання. З метою закріплення теоретичних знань і набуття практичних навичок запропоновано ряд лабораторних робіт. Робота ілюстрована рисунками, схемами, таблицями.

З М І С Т

ВСТУП..... 4
Тема 1. ВСТУП. ФІЗІОЛОГІЯ ЗБУДЖЕННЯ..... 5
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Спостереження біоелектричних явищ. Види подразників…….. 18
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 Збудливість і її параметри 21
Тема 2. ФІЗІОЛОГІЯ М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ..... 23
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Форми м'язових скорочень. Сила і робота скелетних м'язів……... 30
Тема 3. ФІЗІОЛОГІЯ НАЛІЗАТОРІВ……..... 34
*ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1*Фізіологія аналізаторів. Основні властивості зорового, слухового, тактильного аналізаторів……..... 45
Тема 4. ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ..... 52
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Формені елементи крові. Гемоглобін. Групи крові..... 56
Тема 5. ФІЗІОЛОГІЯ КРОВООБІГУ……. 59
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Основні прояви діяльності серця. Гемодинаміка..... 70
Тема 6. ФІЗІОЛОГІЯ ДИХАННЯ……... 75
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 Зовнішнє дихання. Транспорт газів кров'ю. Газообмін у тканинах… 85
ВИКОРИСТАНА І РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ... 92
Програмні питання з навчальної дисципліни „Фізіологія людини"…..... 93
Теми для самостійного вивчення і написання рефератів… 100

ВСТУП

Фізіологія як наука про життєдіяльність цілісного організму у взаємодії із зовнішнім середовищем є важливою теоретичною біологічною основою медицини, психології, педагогіки, гігієни, раціональної організації праці та занять фізичною культурою і спортом, відпочинку та харчування людини, які спрямовані на підтримку її здоров'я та активної діяльності.

Одним із методів вивчення фізіології у вузі під час лабораторних занять є виконання студентами у супроводі викладача експериментів. Це допомагає глибше осмислити закономірності основних фізіологічних функцій організму, одержати безпосереднє підтвердження теоретичних положень про ці функції, засвоїти сучасні методи фізіологічних досліджень, набути професійних навичок при проведенні експериментів, навчитись аналізувати здобуті результати, узагальнювати їх, робити висновки.

Роботи, представлені у даному посібнику, чітко структуровані. За кожною темою подані основні теоретичні положення, визначені лабораторні заняття, в яких окреслена мета і завдання, хід роботи, подані питання для самостійної підготовки. Усі лабораторні роботи мають експериментальний характер. Методики фізіологічних досліджень, наведені в ряді робіт, можуть бути використані студентами для виконання науково-дослідної роботи.

Тема 1. ФІЗІОЛОГІЯ ЗБУДЖЕННЯ

Основні теоретичні положення

Короткий нарис з історії розвитку фізіологічної науки. Зміст закономірностей, які розкриває сучасна фізіологія, стає зрозумілішим, якщо розглядати його в історичному плані. Фізіологія як наука виникла в глибокій давнині з потреб медицини, тому що для попередження і лікування хвороб необхідно було знати будову організму і його функції.

Древня філософія, яка включала систему поглядів відносно анатомічної будови і функцій організму, досягла найвищого розвитку в I-I I століттях н.е. у народів Середземномор'я. Фізіологія була не самостійною наукою, а частиною медицини, її розвиток був пов'язаний в основному з діяльністю таких класиків античної медицини і філософії, як Гіппократ (460-377 до н.е.), Арістотель (384-322 до н.е.), Гален (129-201 н.е.). Клавдій Гален вперше в історії запровадив у практику медицини операції на живих тваринах (прийоми вівісекції) з метою вивчення функцій організму і був, таким чином, одним з попередників експериментальної фізіології. Наприклад, він точно описав м'язи хребетного стовпа та інших частин тіла, виділив три оболонки артерій, виявив 7 пар черепно мозкових нервів, описав рухову функцію передніх і чутливу задніх корінців спинного мозку, досліджував рух крові по артеріях. Але Гален не зміг уявити замкнутої системи кровообігу і вірно описати циркуляцію крові по артеріях і венах.

Розцвіт католицизму в XIV-XV столітті гальмував розвиток науки про живі організми. Але уже з початку XVI століття А. Везалій (1514-1564), М. Сервет (1511-1553) детально досліджували органи і системи тварин.

А. Везалій – основоположник сучасної анатомії, проводив вівісекцію на собаках. М.Сервет – детально вивчав мале коло кровообігу, зміни крові в легенях. За свої сміливі наукові погляди був спалений церковниками. Серед видатних анатомів та фізіологів XVI- XVII століття можна згадати Фабриція (1537-1619), Уільяма Гарвея (1578-1657), Рене Декарта (1596-1650). Англійський лікар Уільям Гарвей детально вивчав серцево-

судинну систему. Він визначив величину систолічного об'єму крові, частоту скорочень серця, загальну кількість крові, швидкість кровообігу по замкнутому колу серцево-судинної системи. Замкнутість кола кровообігу Гарвей пояснював прямим з'єднанням артерій і вен через капіляри, які були відкриті лише через чотири роки після його смерті італійським дослідником М. Мальпігі. Про своє відкриття кровообігу Гарвей написав у книзі *«Анатомічні дослідження про рух серця і крові у тварин»,* яку опублікував у 1628 р. Це відкриття мало важливе значення для формування фізіології як окремої експериментальної науки, воно, за висловом І.П.Павлова, стало *"фундаментом фізіології"*.

Особливе значення для розвитку фізіології мало відкриття рефлексу французьким ученим Р.Декартом. Декарт легким доторком подразнював рогівку ока і спостерігав закономірну реакцію-відповідь — змикання повік. Він описав структури (доцентрові нерви, головний мозок, відцентрові нерви, м'язи), які беруть участь у здійсненні реакції-відповіді на подразнення.

Термін *"рефлекс"* (відбиття, відображення) був запроваджений в науку чеським фізіологом Г.Прохазкі та іншими дослідниками в кінці XVIII ст. Термін *"рефлекторна дуга"* вперше використав у 1823 р. М.Холл при дослідженні рефлекторних реакцій спинного мозку і довгастого мозку.

Блискучим досягненням фізіології XVIII ст. стало відкриття біоелектричних явищ, або *"тваринної електрики"* італійським фізиком і фізіологом Л. Гальвані (1737-1798), який, вивчаючи вплив атмосферної електрики на живий організм, розвісив лапки жаби на мідні гачки, розташовані на залізній решітці балкона. Він помітив, що кожний раз, як лапки, розхитуючись на вітрі, торкались залізної решітки балкона, відбулося скорочення їх м’язів. На основі цих та інших спостережень Гальвані зробив припущення, що в м'язах і нервах існують електричні заряди, які лежать в основі збудження тканин. Другим дослідом Гальвані було доведено існування в тканинах “тваринної електрики”, яка виникає між пошкодженою і непошкодженою ділянками м’яза. Якщо ці дві ділянки з’єднати нервом нервово-м’язового

препарату, то виникає струм спокою (струм пошкодження), який подразнює нерв і викликає скорочення м'яза.

У 1840 р. Маттеуччі показав, що скорочення м'яза нервово-м'язового препарату може відбуватися, якщо нерв цього препарату накинути на скорочений м'яз іншого нервово-м'язового препарату. На основі цього досліду було зроблено висновок: у м'язі під час збудження виникають струми, які можуть бути подразником для іншого нервово-м'язового препарату. Ці струми було названо **струмами дії.** Пізніше відкриті явища були підтверджені багатьма спеціалістами в області електрофізіології.

Найважливіша властивість живих структур – збудливість була ретельно вивчена видатними німецькими електрофізіологами, як Е. Дюбуа-Реймон (1818-1896), Г. Гельмгольц (1821-1894), Е. Пфлюгер (1818-1896). Російські, українські, американські та інші дослідники нашого століття (М.Є. Введенський, О.О.Ухтомський, В.Ю. Чаговець, Д.С. Воронцов, Дж.Екклс, А. Ходжкін, Б. Катц, Л.Лапік) продовжили глибоке вивчення біоелектричних явищ збудливих тканин.

Професор і завідувач кафедри фізіології Київського університету (пізніше Київського медичного інституту) В.Ю. Чаговець (1873-1941) був одним із перших у світовій науці дослідником, який розробив іонну теорію виникнення біоелектричних потенціалів. Вчений вважав, що електричні потенціали в збудливих тканинах виникають завдяки різній концентрації електролітів у тканині і що основу подразнення і збудження нерва складають зміни концентрації іонів у стимулюючій ділянці. На вирішення тих же проблем фізіології збудження були спрямовані роботи американця Дж. Леба, німців Ю. Берштейна і В. Нернста, російського фізика і фізіолога П.П.Лазарева. Однак уявлення В.Ю. Чаговця виявились найбільш точними, вони пережили час і заклали основу сучасних гіпотез про природу нервового імпульсу і нервового процесу.

В XIX ст. була виявлена структурна одиниця нервової системи — нервова клітина (нейрон). Її вперше описав у 1824 р.

Р. Дютраше. Дещо пізніше Т. Шванном і Р.Ремарком (1838) було розпочато вивчення ходу нервових волокон у центральній нервовій системі, а О. Дейтерсом (1863) описані дендрити нейронів.

Ч. Белл (1811) і Ф. Мажанді (1812) незалежно один від одного визначили функцію передніх (рухових) і задніх (чутливих) корінців спинного мозку.

Основоположником російської школи фізіології був І.М. Сеченов (1829-1905). В 1862 р. Сеченов встановив, що в ЦНС поряд з процесом збудження існує другий основний нервовий процес — процес гальмування. Він показав, що подразнення головного мозку за певних умов викликає не посилення, а пригнічення діяльності.

Відкриття центрального гальмування дозволило І.М. Сеченову зробити висновок про те, що взаємодія процесів збудження і гальмування є основою будь-якого виду рефлекторної діяльності. В своїй книзі *«Рефлекси головного мозку»* (1863) І.М. Сеченов розвинув ідею про рефлекторну природу процесів, що відбуваються в головному мозку, включаючи найбільш складні із них — процеси людського мислення. Він обґрунтував положення про те, що кора головного мозку також функціонує за принципом рефлексу. Розвиток рефлекторної теорії Сеченова продовжив у своїх працях І. П. Павлов (1849-1936), а також його безпосередній учень М.Є. Введенський (1852-1922).

За допомогою власного експериментального методу дослідження умовних рефлексів, дуги яких замикаються в корі головного мозку, І.П.Павлов разом зі своїми учнями і співпрацівниками вивчив основні процеси, які протікають у корі великих півкуль головного мозку і довів, що мозкова кора забезпечує найбільш складні форми співвідношення організму з середовищем і вищу інтеграцію організму, тобто об'єднання функцій усіх його органів, тканин і клітин. Вивчаючи психічні процеси, що лежать в основі поведінки тварин і людини, І. П. Павлов визначив основні закономірності утворення і гальмування умовних рефлексів, установив типи

вищої нервової діяльності, розробив кіркову теорію сну і гіпнозу, заклав фундамент учення про розвиток і співвідношення двох сигнальних систем.

Важливу роль у розвитку фізіологічних знань про механізм нервової діяльності організму відіграли відкриття і узагальнення англійського фізіолога Ч. Шеррінгтона (1859-1952). Вчений вивчив принцип реципрокної іннервації антагоністичних м'язів (м'язів-згиначів, м'язів-розгиначів), показав наявність аферентної іннервації м'язів і виявив роль пропріорецепторів у координації рухів, сформулював уявлення про синапси і визначив їх значення в механізмах збудження і гальмування, зробив детальний аналіз феномену децеребраційної ригідності, вивчив природу і механізми спінального шоку, дослідив взаємодію аферентних і еферентних провідних систем ЦНС і довів кількісну перевагу перших над останніми, сформулював принцип „загального кінцевого шляху".

У 1921 р. австрійський фізіолог і фармаколог О. Леві в дослідах з подразненням симпатичного і парасимпатичного нервів ізольованого серця жаби відкрив медіатори – хімічні речовини, які беруть участь у передачі нервових імпульсів з нервових закінчень на клітини виконавчого органа. Пізніше було встановлено, що утворення фізіологічно активних речовин (медіаторів) відбувається при збудженні і гальмуванні всіх відділів центральної і периферичної нервової системи. Медіатори ацетилхолін, норадреналін, гамма-аміномасляна кислота, гліцин та ін. проявляють свою дію в синапсах. Російський вчений О.Ф. Самойлов (1867-1930), американський – У. Кеннон (1871-1945) та інші фізіологи різних країн вивчили механізм медіаторної дії цих речовин, створили нейрогуморальну теорію регуляції функцій організму.

З середини XX століття проводилося багато досліджень структурно-функціональних особливостей різноманітних утворень мозку, взаємодії кори великих півкуль і підкіркових нервових центрів. Зокрема, американський вчений Х. Мегун і італійський — Дж. Моруцці відкрили активуючий і гальмівний впливи ретикулярної формації на різні відділи мозку. А. Мак-

Лін детально описав структуру, локалізацію і функціональну роль лімбічної системи, яка бере участь у формуванні емоцій.

Учень І.П. Павлова П.К. Анохін запропонував теорію функціональних систем, на основі якої сформулював загальні закономірності еволюційного процесу і формування поведінкових реакцій.

На Україні розвиток фізіології розгорнувся на початку XIX століття і пов'язаний переважно з такими науковими центрами, як Київ, Харків, Одеса. Провідними українськими дослідниками в галузі фізіології і фізіологічної анатомії були О.П. Вальтер, В.О.Бец, В.Ю.Чаговець, О.О.Богомолець, Д.С.Воронцов, А.І.Ємченко (Київ), І. П. Щелков, М.Ф.Білецький, В.Я. Данилевський, О.В.Нагорний, Г.В.Фольборт, Є. К. Приходькова, В.М.Нікітін (Харків), П.А.Спіро, Б.Ф. Веріго, Б.П.Бабкін (Одеса) та інші. О.П.Вальтер (1817-1889) вперше виявив вплив симпатичних нервів на ширину кровоносних судин. В.О. Бец (1834-1894) - один із основоположників учення про архітектоніку кори великих півкуль головного мозку – в 1874 р. описав крупні пірамідні клітини Беца. Від цих клітин по низхідному провідному пірамідному тракту направляються нервові імпульси до спинного мозку для регуляції довільних рухів. О.О. Богомолець (1881 – 1946) після захисту в 1909 р. докторської дисертації про мікроскопічну будову і фізіологічне значення надниркових залоз у здоровому і хворому організмі і продовжував наукові дослідження в області патологічної фізіології і гематології, розробив теорії механізму дії перелитої крові, керував роботами по консервуванню донорської крові. Д.С. Воронцов (нар. 1886 р.) досліджував вплив різних іонів на збудливість нервів, детально вивчив і проаналізував біоелектричні потенціали, в 1924 р. вперше виявив і описав слідову електронегативність нерва.

Данилевський В.Я. (1852-1939) у 1874 р. показав, що подразнення деяких ділянок кори великих півкуль у собак викликає зміни дихання, серцевої діяльності, судинного тонусу. За допомогою аналогічних досліджень інші фізіологи вже в середині XX століття відкрили лімбічну систему (вісцеральний

мозок), що впливає на функції органів, іннервованих автономною нервовою системою. В.Я. Данилевський започаткував також фізіологічне вивчення гіпнозу у тварин і людини.

Видатний фізіолог Г.В. Фольборт (1885-1960), працюючи над проблемами вищої нервової діяльності, травлення, фізіології втоми і відновлення, відкрив новий вид умовних рефлексів – негативні умовні рефлекси, в основі яких лежать утворення тимчасових зв'язків при виникненні гальмування у центрах кори головного мозку.

Б.Ф. Веріго (1860-1925) відкрив явище катодичної депресії, суть якої полягає в тому, що при тривалій дії постійного електричного струму на нервові волокна під катодом початкове підвищення збудливості змінюється її зниженням, зникають потенціали дії. Дані, отримані Б.Ф. Веріго у зв'язку з відкритим ним явищем катодичної депресії, стали фізіологічним обґрунтуванням учення про акомодацію нерва і пресинаптичне гальмування.

Донині поглиблене дослідження іонних механізмів збудження і фізіології центральної нервової системи інтенсивно проводять фізіологи в Київському інституту фізіології ім. О.О.Богомольця.

Організм і його основні фізіологічні функції. Організм - це існуюча самостійно одиниця органічного світу, яка є саморегулюючою системою, що реагує як єдине ціле на різні зміни довкілля. Організм має складну будову. Основною структурною та функціональною одиницею організму є **клітина.** З клітин формуються вищі морфо-функціональні структури: тканини, органи, системи органів.

Клітина являє собою живу систему, яка складається з ядра, цитоплазми та органоїдів. Ззовні будь-яка клітина обмежена **плазматичною мембраною**. Здатність клітини сприймати подразнення і переходити із стану спокою в діяльний стан зумовлюється будовою і властивостями клітинної мембрани.

Загальна товщина мембрани 7,5-18 нм. Вона складається з трьох шарів: зовнішнього мукополіцукридного, бімолеку-

лярного ліпідного шару і внутрішнього білкового шару. Має пори або канали різної величини від 0,7 до 0,8 нм в діаметрі, завдяки яким мембрана володіє **вибірковою проникністю** щодо різних іонів.

Життєві функції, які мають значення для усього організму, виконує не одна клітина і навіть не один орган, а декілька, тому функціональну організацію організму можна представити у вигляді схеми:

Функціональна одиниця → фізіологічна система органів → функціональна система.

Функціональна одиниця це клітина або група клітин, здатних виконувати певну функцію. Вона має складну будову (нефрон у нирках). Поперемінна робота функціональних одиниць дає можливість органу працювати тривалий час без втоми.

Фізіологічна система – об'єднання органів для виконання певної функції. Виділяють такі фізіологічні системи: крові, кровообігу, дихання. травлення, виділення, залоз внутрішньої секреції, нервову систему, статеву, опорно-рухову. Нервові механізми поведінки виділяють в окремий розділ – фізіологію вищої нервової діяльності (ВНД).

Діяльність кожної фізіологічної системи тісно узгоджено з іншими. Разом вони утворюють більш високий ступінь організації так звану *функціональну систему* – це комплекс окремих органів або фізіологічних систем, діяльність яких об'єднується для одержання певного пристосувального результату (наприклад, газотранспортна функціональна система).

Фізіологічна функція – це прояв життєдіяльності організму або окремих його частин, який має пристосувальне значення.

Основною функцією живого організму є обмін речовин та енергії (метаболізм). Це складні фізико-хімічні перетворення в організмі, які починаються з надходженням із зовнішнього середовища різних речовин, засвоєння їх, використання організмом і виділення продуктів розпаду.

В основі метаболізму лежить єдність двох процесів: асиміляції (анаболізму) і дисиміляції (катаболізму).

Асиміляція – засвоєння клітинами речовин, що надходять, і синтез більш складних, характерних для цієї клітини (накопичення, синтез – анаболізм).

Дисиміляція – розщеплення складних органічних сполук на більш прості з вивільненням енергії, яка використовується клітиною (руйнування – катаболізм).

З метаболізмом пов'язані інші фізіологічні функції організму: ріст, розвиток, розмноження, харчування і травлення, дихання, секреція і виділення продуктів життєдіяльності.

Біологічні реакції живого організму на дію показника. Подразники, їх класифікація. Усім живим організмам притаманна *подразливість* – здатність відповідати на дію зовнішнього середовища зміною обміну речовин.

У ролі *подразників* виступають фактори зовнішнього або внутрішнього середовища. Які діють на живу субстанцію. Подразники можна класифікувати:

За видами енергії:

1. Фізичні – дотик, електричний струм, температура, тиск, вологість, звук, світло, радіаційне випромінювання, рентгенівські промені;
2. Хімічні – гази, кислоти, луги, солі;
3. Фізико-хімічні – осмотичний тиск, *pH* середовища тощо;
4. Біологічні – віруси, мікроби, рослини, тварини;
5. Психогенні – слово, його зміст.

За біологічною дією:

1. Адекватні (спеціальні) – при мінімальній енергії подразнення викликають збудження у клітинах, які володіють спеціальною здатністю реагувати на даний подразник;
2. Неадекватні (загальні) – подразники, до дії яких біологічна система не має специфічного пристосування.

За силою подразника:

1. Порогові – при мінімальній силі здатні викликати розповсюджене збудження (потенціал дії), діють на нервові волокна з найвищою збудливістю;

2. Підпорогові – сила подразників нижча порогових, здатні викликати місцевий, чи локальний, потенціал;

3. Зверхпорогові – подразники, сила яких більше за порогову;

4. Максимальні – діють з мінімальною силою на нервові волокна з найменшою збудливістю і викликають максимальний ефект.

Залежно від відстані, на якій діють подразники:

1. Контактні – діють безпосередньо на сприймаючий рецепторний апарат (електричний струм, дотик, хімічні та інші подразники, які діють на шкіру);

2. Дистантні – джерела яких знаходяться на відстані (температура, світло, звук та ін.).

Такі тканини організму, як нервова, м'язова, залозиста спеціально пристосовані для швидкої реакції на дію подразників.

Здатність тканини сприймати подразнення і відповідати на нього збудженням називається *збудливістю.*

Мірою збудливості служить та мінімальна сила подразника, яка викликає збудження – це поріг подразнення.

Чим більша мінімальна сила подразнення, яка необхідна для реакції, тим вищий поріг подразнення і тим нижча збудливість і навпаки.

Живі клітини можуть перебувати в декількох станах. *Стан спокою* – це стан, коли на клітину не діють ніякі подразники. Якщо клітина знаходиться в стані спокою, то її мембрана має певний електричний заряд, тобто існує *потенціал спокою*, або *мембранний потенціал (МП)*. Внутрішня сторона мембрани нервової або м'язової клітини несе негативний заряд, а зовнішня – позитивний.

Різницю потенціалів між зовнішньою і внутрішньою сторонами мембрани називають мембранним потенціалом (МП). При подразненні нервових або м'язових клітин їх МП зменшується, оскільки мембрана деполяризується і при цьому виникає хвиля збудження, яка характеризується *потенціалом дії* (ПД). Потенціал дії це короткочасна зміна МП, яка виникає при

збудженні збудливих тканин, внаслідок чого відбувається перезарядка мембрани клітини – на внутрішній поверхні вона стає електропозитивною (+), а на зовнішній – електро негативною (–).

ПД – це розповсюджений процес, який регулює діяльність інших клітин.

Тривалість ПД нервових клітин 1-2мс, скелетних м'язових волокон – 3-5мс, серцевих волокон приблизно 300мс, а може коливатися від 50 до 600 мс.

В основі виникнення ПД лежить зміна проникності мембрани клітини до іонів Na^+ (в 20 разів більше ніж до K^+).

ПД має характерну структуру, тобто він проходить в декілька фаз (Рис 1).

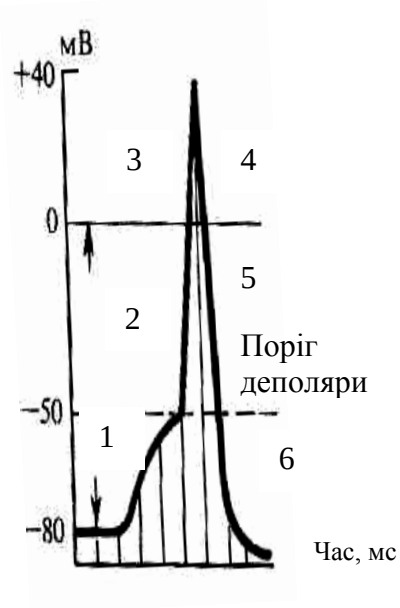


Рис. 1. **Фазові зміни ПД:**
1 – локальний потенціал;
2 – деполяризація;
3 – інверсія;
4 – реверсія;
5 – реполяризація;
6 – слідові потенціали.

Механізм розповсюдження збудження. Однією з характерних рис збудливих тканин є розповсюдження збудження. ПД, який виникає при збудженні, здатний до розповсюдження за рахунок тих електричних струмів, які він викликає.

У стані спокою зовнішній бік мембрани заряджений позитивно (+), а внутрішній – негативно (-). Під час ПД знак заряду змінюється на протилежний, внаслідок цього між збудженою і не збудженою ділянками вздовж мембрани виникає різниця потенціалів, яка веде до переміщення іонів: на поверхні мембрани позитивні іони (+) рухаються від не збудженої ділянки до збудженої; на внутрішній стороні мембрани навпаки.

Рух іонів утворює колові електричні струми, які рухаються як по спіралі вздовж волокна.

Швидкість розповсюдження нервового імпульсу у нервових волокнах теплокровних тварин – 120 м/с, у нервових волокнах молюсків – 0,01 м/с.

Фазові зміни збудливості при збудженні. Процес збудження в збудливих тканинах супроводжується багатофазними змінами збудливості (Рис. 2).

Параметри збудливості. ПД виникає тільки тоді, коли сила подразника досягає порогової величини. Але дія подразника на живу тканину залежить не тільки від його сили, а й від часу, протягом якого він повинен діяти, щоб виникла відповідна реакція.

Залежність сили і часу дії подразника можна зобразити графічно у вигляді *кривої* (Рис. 3). Ця крива була детально вивчена в дослідах Л.Гоорвегом, Г.Вейссом, А.Лапіком (початок XX ст.).

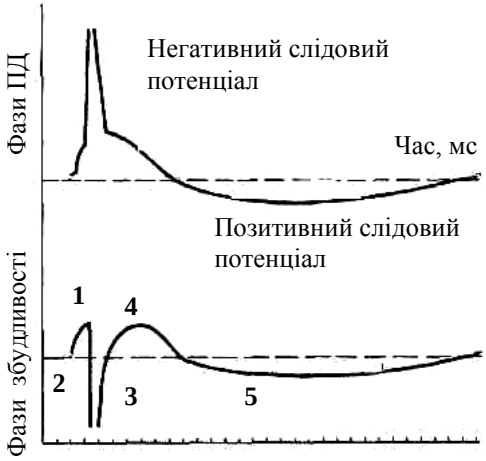


Рис. 2. **Зміни збудливості нервових волокон в різні фази розвитку ПД і слідових потенціалів:**
1 – початкове підвищення збудливості;
2 – абсолютна рефрактерність;
3 – відносна рефрактерність;
4 – супернормальний період;
5 – субнормальний період;

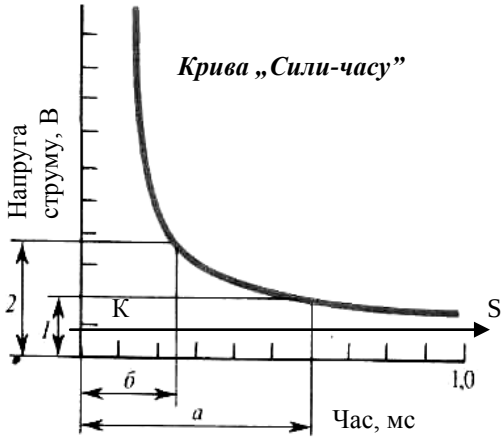


Рис. 3. Крива залежності сили подразника від тривалості його дії (Гоорвега-Вейса-Лапіка).

Якщо сила подразника нижча порогової (для нервових волокон приблизно 10 мВ) – то як довго не тривало б подразнення, збудження не виникне (промінь KS). Мінімальна сила подразника здатна викликати збудження, названа Л.Лапіком – *реобазою* **(I)** – 10 мВ. Найменший час, протягом якого повинен діяти подразник, рівний реобазі, щоб виник ПД, називається *корисним часом* **(а).**

Збільшення сили подразника зумовлює зменшення мінімального часу його дії, але не до безкінечності. Крива залежності *сила-час дії* має форму *рівносторонньої гіперболи*. Визначити корисний час на практиці дуже важко, тому що величина реобази дещо коливається, в зв'язку з коливанням функціонального стану мембрани в спокої. Тому Л. Лапіком (1909) було запропоновано вимірювати іншу умовну величину - хронаксію.

Хронаксія – це найменший час, протягом якого подразник силою в дві реобази (2) діє на тканину, щоб викликати збудження. Це відрізок **б.**

Величина порогу подразнення залежить не тільки від тривалості дії подразника, але й від крутизни наростання його сили, тобто його градієнту. При дуже повільному зростанні сили подразника, потенціал дії не виникає, тобто підвищується поріг подразнення. Пристосування збудливих тканин до дії повільно зростаючої сили подразника дістала назву акомодації. Чим

більша швидкість акомодації, тим швидше повинна зростати сила дії подразника, щоб викликати ПД. Найбільшу швидкість акомодації мають рухові нервові волокна, а чутливі мають меншу швидкість. Дуже мала швидкість акомодації волокон міокарду, гладеньких м'язів кишечнику, шлунку, - тобто тих органів, які здатні до автоматії.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Спостереження біоелектричних явищ. Види подразників.

Мета: засвоїти навички приготування нервово-м'язового препарату лапки жаби; вивчити вплив різних видів подразників на нервово-м'язовий препарат лапки жаби. Зробити висновок про умови зберігання нервово-м'язового препарату і про особливості дії на нього різних видів подразників.

Матеріали та обладнання*: жаби, лоток емальований, набір препарувальних інструментів, дощечка для фіксації жаби, фізіологічний розчин (для холоднокровних – 0,65% розчин хлориду натрію), вата, марлеві серветки, піпетки., електростимулятор УЕС-1М, кристалики кухонної солі (NaCl).*

Питання для самостійної підготовки

1. Фізіологія як наука. Зв'язок фізіології з іншими науками.
2. Історія розвитку фізіології.
3. Організм і його основні фізіологічні функції.
4. Біологічні реакції живого організму на дію показника.
5. Подразники, їх класифікація.
6. Структура і властивості клітинних мембран.
7. Природа потенціалу спокою. Мембранний потенціал.
8. Струми дії. Локальне і поширюване збудження.
9. Сучасна мембранно-іонна теорія виникнення мембранного потенціалу та потенціалу дії.
10. Пасивні і активні механізми транспорту іонів у клітинах.

Практичне завдання 1

Виготовлення нервово-м'язового препарату жаби

Хід роботи

Знерухомити жабу, для чого видалити головний мозок разом з верхньою щелепою (а). Ввести зонд у спинномозковий канал і

зруйнувати спинний мозок. Покласти жабу на препарувальну дощечку животом догори і ножицями розітнути черевну порожнину, відсунути обережно нутрощі вперед до голови. Знайти місце виходу з хребта спинномозкових нервів і на 1 см вище цього місця перерізати ножицями жабу навпіл. Верхню частину її відкинути. Препарат нижніх кінцівок перегнути так, щоб куприкова кістка була спрямована догори, відрізати куприк ножицями (б). Тримаючи препарат лівою рукою за хребет, стягнути шкіру з нижньої частини тулуба і лапок (в). Розрізати препарат ножицями уздовж середньої лінії (хребет теж розрізати по середній лінії), не зачепивши нервові стовбури (г). З кожної лапки готують препарат. Під час препарування тканини рясно змочують фізіологічним розчином, підтримуючи їх функціональні властивості.

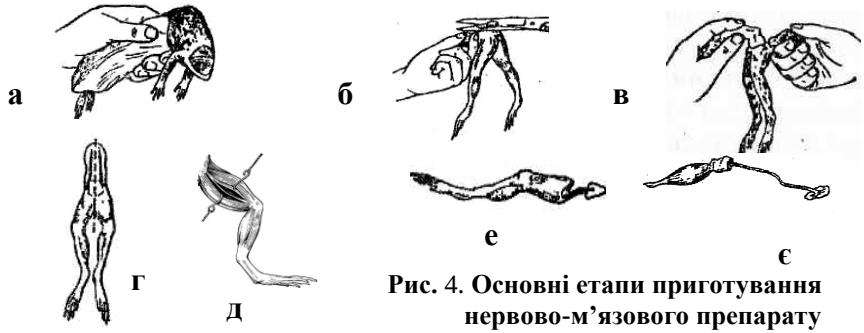


Рис. 4. **Основні етапи приготування нервово-м'язового препарату лапки жаби (пояснення у тексті)**

На задньому боці стегна великими пальцями розвести м'язи і знайти між ними стегнову частину стовбура сідничного нерва (д). Обережно відпрепарувати його по всій довжині від колінного суглоба до хребта (е). Видалити всі м'язи стегна, вивільнивши стегнову кістку, вилущити її з кульшового суглобу (є). Стегнова кістка служить для фіксації препарату в штативі під час експерименту. Виготовлений препарат носить назву **реоскопічної лапки.** З неї можна приготувати препарат без лапки, що складається з стегнової кістки, сідничного нерва з фрагментом хребта і литкового м'яза (є).Для цього підрізають

п’ятковий сухожилок і звільняють литковий м’яз від сусідніх тканин, перерізують тканини гомілки біля колінного суглоба і видаляють лапку.

Практичне завдання 2

Дія різних подразників на нервово-м’язовий препарат

Найчастіше у фізіологічному експерименті як подразник застосовують електричний струм. Його переваги: сила і тривалість подразнення легко і точно дозується, подразнення швидко знімається і не залишає в тканині необоротних змін. При вивченні дії електричного струму на збудливе утворення можна використовувати стимулятор УЕС-1М. В фізіології використовують також механічні, температурні, хімічні та інші подразники. Недоліки в тому, що вони важко дозуються і пошкоджують тканини, а дія хімічних подразників ще й розвивається повільніше і зберігається після промивання препарату (спостерігається тривале скорочення м’язів).

Хід роботи

Приготовлений нервово-м’язовий препарат жаби протягом усього досліду змочувати фізіологічним розчином. Подразнення наносити якнайдалі від м’яза. Показником збудливості і провідності нерва є скорочення литкового м’яза.

1. **Фізичні подразнення**

а) Електричне подразнення (ритмічним струмом) – нерв препарату покласти на електроди. Ввімкнути електростимулятор, проставивши потрібні параметри подразнення: частота – 20-25 Гц, амплітуда – 3-5В, трансформатор – в положенні 1-10. Це непряме подразнення м’яза (з нерва). Спостерігаємо відповідну реакцію – скорочення м’яза, яке зникає одразу ж після зняття подразнення.

б) Механічне подразнення – на ділянку нерва як найближче до хребта нанести механічне подразнення пінцетом. Спостерігати скорочення м’яза у відповідь на подразнення.

в) Теплове подразнення – нагріти препарувальну голку на спиртівці або в гарячій воді. Торкнутися тупим кінцем нагрітої голки до нерва. Перевірити, чи буде скорочуватись м’яз при такому ж торканні нагрітої голки.

2. **Хімічне подразнення**

Покласти на нерв кілька кристаликів кухонної солі (NaCl). Відмітити час до появи м'язових скорочень. Дія солі проявляється не одразу, оскільки сіль подразнює нерв у розчиненому стані, на що витрачається певний час. Змити сіль фізіологічним розчином. Чи одразу зникає скорочення м'яза?

Висновки:_____
_____
_____

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Збудливість і її параметри

Мета: визначити наявність силового порогу подразнення для живих тканин. Встановити залежність між силою і необхідним часом дії подразника. Накреслити криву цієї залежності за результатами досліду. Визначити параметри збудливості на прикладі спинальної жаби.

***Матеріали та обладнання**: жаби, лоток емальований, набір препарувальних інструментів, фізіологічний розчин (для холоднокровних – 0,65% розчин хлориду натрію), вата, марлеві серветки, піпетки., штатив з гачком, метроном (секундомір), склянки з розчинами HCl різної концентрації (0,0125%, 0,025%, 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, 1%), банки з водою.*

Питання для самостійної підготовки

1. Поняття збудливість та порогова величина подразнення.
2. Фазові зміни збудливості при збудженні. Біологічне значення змін збудливості живої структури.
3. Параметри збудливості.
4. Вчення Н.Є. Введенського про лабільність. Показники лабільності, їх характеристика.

Практичне завдання 1

Визначення мінімального порогу подразнення і залежності сили подразника та необхідного часу його дії

Хід роботи

Дослідження проводиться на спинальній жабі. Взяти жабу в ліву руку, ножицями відрізати їй верхню щелепу уздовж

заднього краю очних яблук – декапітувати жабу. Таким чином видаляємо головний мозок, залишивши спинно-мозковий препарат жаби. Підвісити його на штативі, проколовши нижню щелепу гачком. Через 5-7 хв, коли зникнуть явища шоку, дослід можна починати. Подразнюючи задню лапку жаби розчином кислоти (HCl) певної концентрації, визначити час згинального рефлексу – від моменту нанесення подразнення до моменту відсмикування лапки від подразника. Час можна вимірювати за допомогою метронома на частоті 120 уд./хв. Кожний удар відповідає 0,5 сек. Дослід повторюють, застосовуючи як подразник кислоту різної концентрації від: 0,0125%, поступово збільшуючи до 1%. Після кожного досліду обмити лапку, занурюючи її у банку з водою. Між дослідами необхідно робити інтервал в 2-3 хв. Результати записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Концентрація кислоти, %	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
Час подразнення (к-сть ударів метронома)									

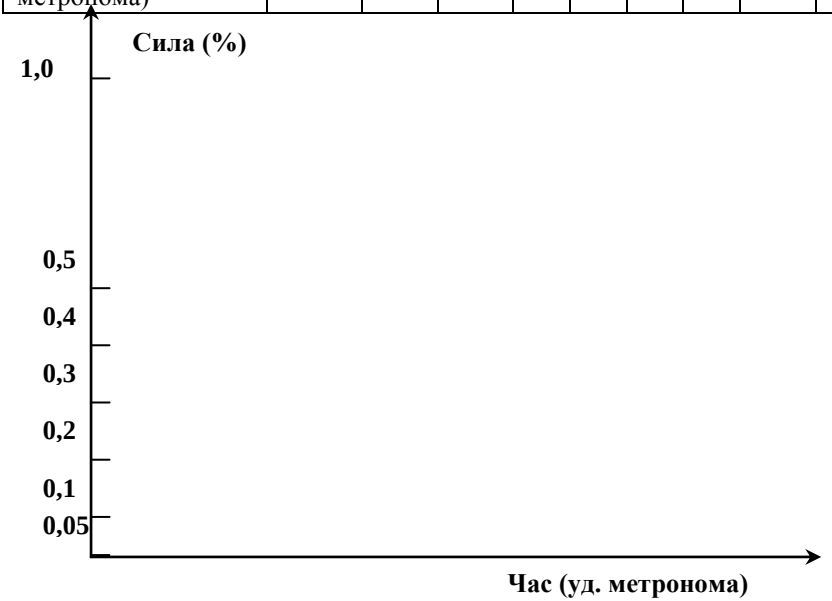


Рис. 5

На основі отриманих даних, побудувати криву залежності між силою подразника і необхідним часом його дії для виникнення збудження і здійснення рефлексу (Рис. 5). Для цього на вісі абсцис відкласти необхідний час подразнення, а на вісі ординат – силу подразника (концентрацію кислоти).

Визначити мінімальний поріг подразнення, корисний час і хронаксію піддослідної жаби. Зробити висновки.

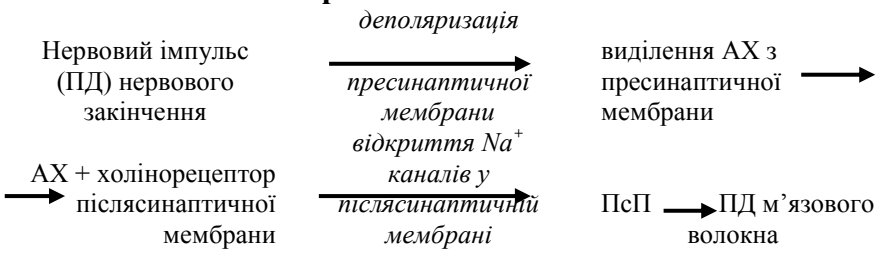
Висновки:_____
_____
_____
_____

Тема 2. ФІЗІОЛОГІЯ М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ

Основні теоретичні положення

Поняття „рухова одиниця". Кожне рухове нервове волокно є відростком нервової клітини – мотонейрона, який розміщений в передніх рогах спинного мозку або в руховому ядрі черепного нерва. У м'язі рухове волокно розгалужується та іннервує не одне, а цілу групу м'язових волокон. Мотонейрон разом з групою іннервованих ним м'язових волокон називається *руховою одиницею.* Збудження, яке виникло в мотонейроні, поширюється по його аксону і, дійшовши до колатералей, передається на м'язову тканину. Місце контакту нервового і м'язового волокна називається *нервово-м'язовим синапсом*, передача збудження в якому відбувається за рахунок *медіатору ацетилхоліну (АХ).*

Схема механізму передачі збудження через нервово-м'язовий контакт



Усім м'язам організму людини в тій чи іншій мірі притаманні такі фізіологічні властивості:

1). Збудливість – здатність відповідати збудженням на дію подразника;

2). Скоротливість – здатність скорочуватися у відповідь на подразнення (змінювати довжину або напругу);

3). Провідність – здатність проводити збудження;

4). Лабільність – швидкість протікання елементарних фізіологічних реакцій за одиницю часу синхронно заданому ритму;

5). Ритмічна автоматія – це здатність органу, тканини чи клітини збуджуватися під впливом імпульсів, які виникають в них самих без зовнішнього подразнення.

Фізичні властивості: **пластичність** – здатність зберігати довжину, яку отримали при розтягуванні м'яза, без зміни напруги (гладенькі м'язи мають високу пластичність, а скелетні – низьку); **еластичність** – здатність м'яза швидко набувати вихідної форми і довжини після розтягування (скелетні м'язи мають велику пластичність).

Механізм м'язового скорочення (теорія „ковзання").

Оптичну неоднорідність міофібрил скелетних м'язів розкрили в своїх роботах А.Хакслі, Г.Хакслі, Й. Хансон (1954 – 1981 р.р. досліджень). Методи дослідження – електронна мікроскопія, рентгеноструктурний аналіз, фазовоконтрасна і інтерференційна мікроскопія.

1 г тканини скелетного м'яза містить близько 100 мг „скоротливих білків" – актину і міозину. Механізм їх взаємодії пояснює „теорія ковзання" ниток актину та міозину.

Послідовність процесів при м'язовому скороченні:

Подразнення → виникнення ПД → проведення ПД вздовж сарколеми і вглиб волокна по Т-канальцях → вивільнення Ca^{2+} з бокових цистерн саркоплазматичного ретикулюма і дифузія його до міофібрил → взаємодія (ковзання) актинових і міозинових протофібрил, що веде до укорочення саркомерів → активація кальцієвої помпи → зниження концентрації вільних іонів Ca^{2+} в саркоплазмі → відновлення довжини саркомерів.

Енергетика м’язового скорочення.

Джерелом енергії для скорочення м’яза є АТФ:

$$АТФ \leftrightarrow АДФ + H_3PO_4 + 42кДж\uparrow$$

Але запаси АТФ у м’язах незначні (у тренованих спортсменів вони складають 0,4% від загальної маси м’язів). Їх вистачає для декількох поодиноких скорочень. Тому в м’язах постійно відбувається ресинтез АТФ (відновлення або зворотний синтез). Цей процес забезпечується аеробними та анаеробними біохімічними реакціями.

Співвідношення аеробних та анаеробних процесів енергозабезпечення залежить від характеру м’язової роботи (вид, інтенсивність, степінь м’язової напруги).

Види м’язових скорочень залежно від частоти подразнення:

поодиноке, тетанічне, тонічне. *Поодиноке скорочення* це скорочення м’язового волокна з повним розслабленням при подразненні поодинокими стимулами порогової або зверхпорогової сили. Графічний запис поодинокого скорочення має декілька фаз (Рис. 6 (А)). За видом поодинокого скорочення відбувається скорочення міокарду, що пов’язано з тривалим періодом рефрактерності у ньому (300 мс).

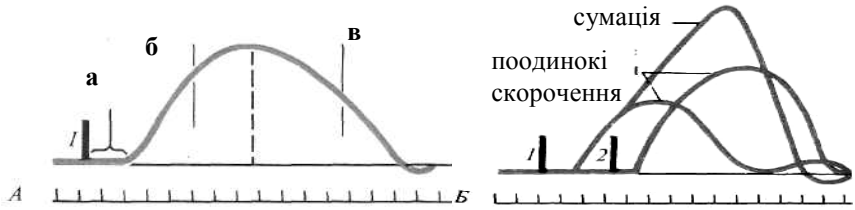


Рис. 6. **Поодиноке скорочення (А), а – латентний період (0,01с), б – період скорочення (0,04 с), в – період розслаблення (0,05 с). Сумація (Б):**

1 – момент першого подразнення; 2 – момент другого

Тетанічне скорочення (тетанус) це тривале скорочення м'яза під дією частих імпульсів. При цьому хвилі поодиноких скорочень накладаються одна на одну - *сумація*, в результаті чого збільшується амплітуда скорочень тобто виникає *суперпозиція* (Рис. 6 (Б)). Сила такого скорочення може перевищувати силу поодинокого скорочення майже вдвічі. Залежно від частоти надходження імпульсів, формуються різні види тетанічних скорочень (Рис. 7). Розрізняють *зубчастий* та *повний або суцільний тетанус*.

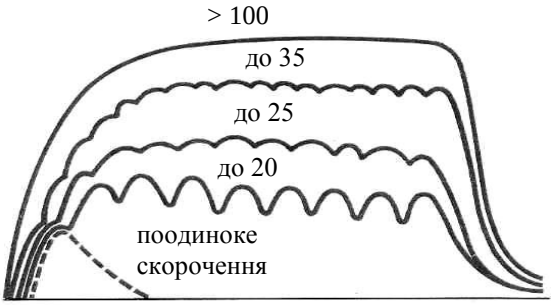


Рис. 7. **Формування тетанусу в залежності від частоти подразнення**

Тонічне скорочення – постійне, тривале слабке скорочення м'язів під дією слабкої нечастої імпульсації з мотонейронів спинного мозку.

Режими м'язових скорочень:

Ізотонічний – при якому зменшується довжина м'язових волокон, а напруга залишається незмінною.

Ізометричний – при якому м'яз розвиває напруження без зміни своєї довжини.

Ауксотонічний (змішаний) – супроводжується зміною довжини і напруги м'яза.

Силу м'язів характеризує величина їх максимального напруження під час збудження. Сила класифікується на *максимальну, відносну* і *абсолютну*.

Максимальна сила м'яза вимірюється тим максимальним вантажем, який він здатний підняти і утримати в ізометричному режимі скорочення. Вимірюється в г, кг, т.

Для порівняння сили м'язів визначають їх **абсолютну силу.** Це сила, яка припадає на 1 $см^2$ поперечного розрізу м'язових волокон. Щоб її визначити, необхідно величину сили, що розвиває м'яз в цілому розділити на величину його фізіологічного поперечника (суму поперечних розрізів усіх волокон м'яза). Вимірюється у $кг/см^2$.

Відносна сила м'яза – це відношення максимальної сили, яку здатен розвинути м'яз, до величини його *анатомічного поперечника* (перпендикуляр до осі м'яза, вимірюється у ділянці найбільшої площі поперечного перетину м'яза, незалежно від розташування його волокон).

Абсолютна сила – відношення максимальної сили до величини *фізіологічного поперечника* (сума перпендикулярів до кожного м'язового волокна. Тобто виражається площею поперечного перетину всіх волокон м'яза).

Абсолютна і відносна сили вимірюються в $мг/мм^2$, $г/см^2$, $кг/м^2$. Анатомічний і фізіологічний поперечники співпадають лише у паралельно волокнистих м'язах. У веретеноподібних, а особливо, пірчастих м'язах фізіологічний поперечник перевищує анатомічний.

Робота м'язів. *Внутрішня* - пов'язана із фізико-хімічними та біохімічними процесами, які відбуваються у м'язовому волокні (рух іонів під час збудження, проведення збудження, зміни саркомеру, розпад макроергів та ресинтез АТФ). *Зовнішня*– механічна робота, при якій енергія скорочення м'яза перетворюється на кінетичну енергію. *Є дві форми зовнішньої роботи.*

Динамічна робота забезпечує переміщення тіла або його частин у просторі. Обраховується за формулами:

$$1) \qquad A = p(m) \cdot l(h),$$

де A – робота, p(m) - вага (маса), l(h) – довжина (висота);

$$2) \qquad A = F \cdot S,$$

де F – сила напруження, S - відстань його дії.

Вимірюється робота у кгм (Нм).

Статична робота забезпечує положення тіла у просторі з утриманням вантажу або без нього. Статичну роботу можна обрахувати за формулами:

A = p(m)·t, або A=F·t, де t – тривалість роботи (хв, с).

Коефіцієнт корисної дії (ККД) – показник механічної ефективності роботи (R), це відношення енергії, яка використовується на механічну роботу, до всієї енергії виражене у відсотках (%):

$$R = \frac{W(A)}{E(W+H)} \cdot 100$$, де

W(A) – механічна енергія,

E – загальна енергопродуктивність,

H – частина енергії, що витрачається на утворення тепла.

У людини ККД (%) визначається за формулою:

$$R = 0{,}49 \cdot \frac{W(A)}{VO_2} \cdot 100,$$

де 0,49 – коефіцієнт кореляції між механічною роботою і об'ємом використаного кисню під час роботи, тобто для виконання роботи в 1 кгм необхідно 0,49 мл кисню.

ККД м'язів людини становить 25-30%. З підвищенням рівня тренованості ККД зростає до 35%. Це пояснюється економізацією роботи внутрішніх органів, покращенням міжм'язової координації, покращенням фізичних якостей. Для порівняння – у хижих тварин, що ведуть активний спосіб життя, ККД досягає 50%.

Втома це фізіологічний стан організму, що супроводжується тимчасовим зниженням працездатності, яке наступає в результаті роботи і зникає після відпочинку.

При втомі цілісного організму виникають характерні зміни в різних його системах (ЦНС, нервово-м'язовому, дихальному апаратах, серцевому м'язі, ендокринній системі). Так втома нервово-м'язового апарату проявляється зниженням амплітуди скорочень м'язів, збільшенням латентного періоду та періоду їх розслаблення.

В експериментальній фізіології є поняття „локальна втома”, яка характеризує функціональні зміни в окремих органах або системах (скелетних м’язах, міокарді, ендокринній системі).

Якщо розглядати втому цілісного організму, то безпосередньо у скелетних м’язах відбуваються наступні зміни.

1) У м’язових волокнах зменшується швидкість розщеплення АТФ внаслідок пригнічення активності аденозинтрифосфатази накопиченими під час м’язової роботи продуктами обміну речовин (молочної кислоти та ін.). Як наслідок цих процесів зменшується сила м’язів.

2) Порушуються процеси ресинтезу АТФ, а саме процеси окислювального фосфорилювання (тобто аеробні процеси), також внаслідок зниження активності ферментів, які приймають участь в окисленні вуглеводів, жирів, білків.

3) Уповільнюється анаеробний шлях ресинтезу АТФ, що також пов’язано зі зниженням активності ферментів у кислому середовищі.

4) Процеси ресинтезу АТФ при втомі м’яза знижуються внаслідок зменшення вмісту глікогену і КрФ у м’язах, з яких утворюється АТФ.

5) Однією з причин зниження функції м’язового апарату є зниження збудливості та лабільності м’яза. Це пов’язано з порушенням передачі збудження на рівні нервово-м’язового синапсу. Причинами є:

- зменшенням запасів ацетилхоліну (АХ), який передає збудження, тому післясинаптичний потенціал знижується;

- зменшується чутливість післясинаптичної мембрани до АХ-ну, що пов’язано з накопиченням на її поверхні молочної кислоти і іонів $К^{+}$, накопичення цих продуктів пригнічує здатність збудливої мембрани м’язового волокна генерувати потенціали дії.

Наслідками втоми м’язового апарату є зменшення еластичності м’яза, утруднення його розслаблення (тобто виникає „контрактура втоми”).

Контрактура – це неповне розслаблення м’язів, яке зберігається після дії подразника. **Форми:**

- *Функціональна (тимчасова)* виникає внаслідок накопиченні у м'язах великої кількості молочної кислоти при фізичній роботі, що виконується переважно в анаеробних лактатних умовах; при значному збудженні симпатичної нервової системи, отруєнні ліками.

- *Органічна (постійна)* виникає внаслідок травм, при заміщенні м'язової тканини сполучною; при підвищенні температури м'яза до + 45-60 °С, внаслідок чого порушується структура білка.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Форми м'язових скорочень. Сила і робота скелетних м'язів

Мета: ознайомитися з видами м'язових скорочень, з'ясувати причини їх виникнення; оволодіти методом кистьової динамометрії; виявити залежність швидкості розвитку втоми м'язів кисті від ритму м'язових зусиль.

Матеріали та обладнання: *жаби, електростимулятор, електроди, лоток емальований, набір препарувальних інструментів, дощечки для фіксації жаби, марлеві серветки, кистьовий динамометр, секундомір.*

Питання для самостійної підготовки

1. Рухові одиниці. Їх функціональні відмінності.
2. Механізм передачі збудження через нервово-м'язовий синапс.
3. Класифікація та властивості м'язів.
4. Форми м'язових скорочень залежно від частоти подразнення. Їх характеристика, значення в організмі. Сумація скорочень. Оптимум і песимум сили та частоти подразнення за М.Є. Введенським.
5. Режими м'язового скорочення. Їх характеристика.
6. Сила м'язів, її визначення. Максимальна, абсолютна, відносна сила.
7. Фактори, що визначають силу м'язів.
8. Робота м'язів. Види механічної роботи м'язів.
9. Коефіцієнт корисної дії м'язів.

10. Втома. Теорії втоми. Втома при різних видах м'язової діяльності. Активний відпочинок.

Практичне завдання 1

Демонстрація різних форм (видів) м'язових скорочень нижньої кінцівки жаби, залежно від частоти подразнення

Хід роботи

Приготувати нервово-м'язовий препарат жаби, який складається із нижньої частини спинки з хребтом і виходом сідничного нерва та задньої кінцівки. Препарат розмістити на дощечці задньою (дорзальною) поверхнею вгору. Нерв періодично змочувати фізіологічним розчином.

Встановити електростимулятор на частоту 1 Гц з амплітудою 0,2-0,3 В. Увімкнути його. Прикладати електроди до оголеного сідничного нерва. Спостерігати за станом м'язів кінцівки. Поступово збільшуючи частоту подразнень (5, 10, 15, 20, 25, 30 Гц і більше), наносити серії однакових за силою та тривалістю стимулів.

Перед тим, як збільшувати частоту струму на стимуляторі, зняти електроди з нерва, а після встановлення необхідної частоти, накласти їх знову.

Відмітити, при якій частоті подразнення нерва виникають ***поодинокі скорочення*** м'язів. Тобто такі, при яких фаза скорочення змінюється повною фазою розслаблення.

Зафіксувати, якій частоті стимулів відповідає ***зубчастий (неповний) тетанус***, коли виникають часті скорочення з неповним розслабленням, тремтливі рухи м'яза. Встановити таку частоту струму, яка викликає ***суцільний (повний) тетанус*** – безперервне напруження всіх груп м'язів, коли кінцівка різко випрямляється й утримується в такому стані протягом періоду подразнення.

Розглянути графічний запис скорочень м'язів кінцівки жаби, поданий на рис. 8.

Проаналізувати зображені міограми. Визначити фази поодинокого скорочення. Порівняти амплітуди тетанічних скорочень з амплітудою поодинокого скорочення.

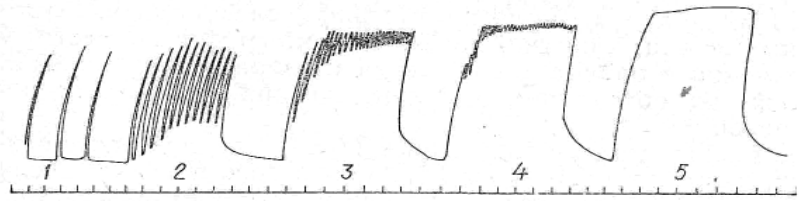


Рис. 8. **Міограми литкового м'яза жаби:**
1- поодинокі скорочення; 2-4 – зубчастий тетанус; 5 – повний тетанус; внизу - відмітки часу.

Відмітити, як із збільшенням частоти подразнення збільшується до певної межі висота тетанічних скорочень.

Висновки:_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 2

Визначення сили м'язів кисті (динамометрія)

Хід роботи

За допомогою кистьового пружинного динамометра визначити силу м'язів правої та лівої кисті рук. Для цього в положенні сидячи, тримаючи динамометр у витягнутій руці (рука лежить на столі), стискають його пальцями без ривків з усією силою. Зафіксувати результат. Виконати декілька стискувань. Записати найбільше відхилення стрілки динамометра, яке є показником максимальної сили м'язів кисті. Порівняти силу м'язів правої та лівої кисті одного досліджуваного, а також результати кількох досліджуваних.

Висновки:_____
_____

Практичне завдання 3

Дослідження впливу темпу м'язових зусиль на величину роботи під час виникнення втоми

Хід роботи

У роботі приймають участь досліджуваний і дослідник. Досліджуваний у положенні стоячи відводить витягнуту руку з динамометром убік під прямим кутом до тулуба. Вільна рука опущена і розслаблена.

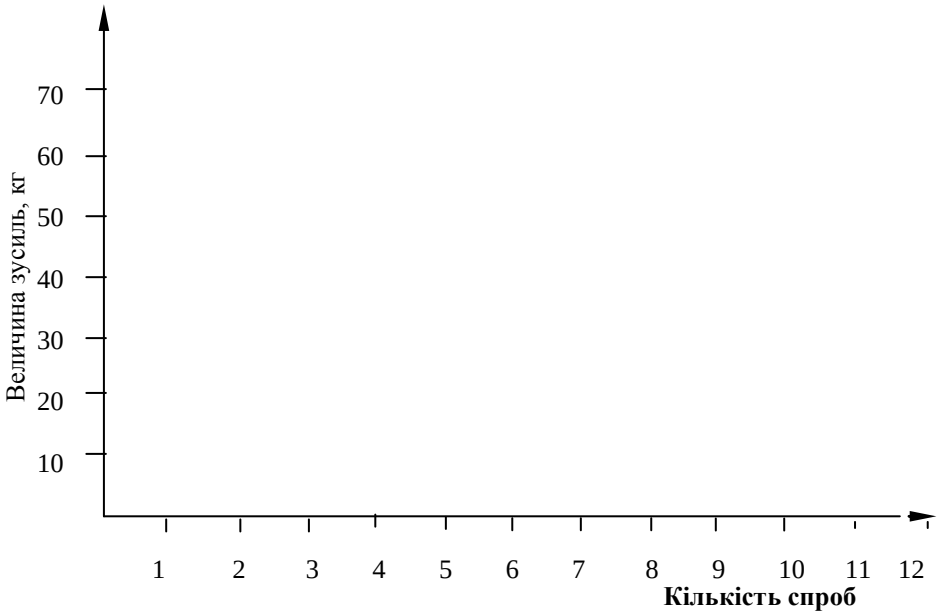


Рис. 9

Умовні позначки: ———— - величина зусиль при роботі з інтервалом в 60с;

— — — - величина зусиль при роботі з інтервалом в 30с;

· — · — - величина зусиль при роботі з інтервалом в 5с.

За сигналом дослідника досліджуваний 12 разів виконує максимальне зусилля з інтервалом між зусиллями 60с. Після цього відпочиває 5 хв і виконує ту ж роботу, але з інтервалом у 30с. Потім знову відпочиває 5 хв і виконує серію максимальних зусиль з частотою 1 раз у 5с. Дослідник фіксує всі результати. За отриманими даними будують графік (рис. 9), який виявить характер зниження працездатності м'язів. Відмічають, після

якого повторного зусилля настає зниження працездатності; що відповідає настанню втоми.

Визначають рівень працездатності м'язів за формулою:

$$P = \frac{(f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_n)}{n}, \text{ де}$$

P – рівень працездатності; f_1, f_2, f_3 тощо – показники динамометра при окремих м'язових зусиллях; n – кількість спроб.

Знаходять показники зниження працездатності м'язів за формулою:

$$S = [\frac{(f_1 - f_{\min})}{f_{\max}}] \times 100, \text{ де}$$

S – показник зниження працездатності м'язів;

f_1 – величина початкового м'язового зусилля;

f_{min} – мінімальна величина зусилля;

f_{max} – максимальна величина зусилля.

Виконують необхідні розрахунки, порівнюють отримані результати.

Висновки: _____

_____

_____

_____

_____

_____

Тема 3. ФІЗІОЛОГІЯ АНАЛІЗАТОРІВ

Основні теоретичні положення

Поняття про аналізатори (сенсорні системи). Морфо-функціональна характеристика аналізаторів. Аналізатори (або сенсорні системи організму) представлені специфічними утвореннями та нервовими структурами, які забезпечують сприйняття інформації від зовнішнього чи внутрішнього середовища, передачу її до центральної нервової системи, а саме, до кори великих півкуль, де відбувається аналіз і синтез отриманих сигналів. Термін „сенсорний" (лат. sensus) означає

чуття, відчуття. З часів Арістотеля відомі п’ять органів чуттів – *зору, слуху, нюху, смаку, дотику*. Вони сприймають інформацію від навколишнього середовища, але поряд з давно відомими сенсорними системами існують специфічні чутливі структури внутрішніх органів, як забезпечують ЦНС інформацією про функціональний стан внутрішніх органів, про положення тіла в просторі, про ступінь напруження м’язів та ін. Враховуючи розширений погляд у науці на фізіологічний апарат, що виконує складну функцію оцінки кількісних і якісних характеристик подразнень, і підкреслюючи необхідність врахування всіх ланок, що сприймають подразнення, передають і аналізують отриману інформацію, І.П. Павлов у 1909 році запропонував назвати чутливі утворення ***аналізаторами***. Було охарактеризовано вісім аналізаторів – зоровий, слуховий, нюховий, смаковий аналізатори, аналізатор шкірного відчуття, вестибулярний , руховий і вісцеральний аналізатори.

В структурі кожного аналізатора розрізняють три відділи:

- *периферичний* (рецепторний апарат), сприймає дію подразників різної природи;
- *провідниковий* (аферентні нейрони) – передає отриману інформацію у вигляді нервового імпульса по чутливих шляхах через різні відділи ЦНС до кори великих півкуль;
- *центральний* (скупчення нейронів у корі великих півкуль головного мозку) – це проекційна зона кори, що сприймає аферентні сигнали і здійснює їх аналіз.

Рецептори – спеціалізовані клітинні утворення в області чутливих нервових закінчень, які сприймають і трансформують різні види енергії (світлову, механічну, теплову) у нервовий імпульс.

Класифікація рецепторів

- *залежно від їх розташування:*

екстерорецептори (зовнішні), інтерорецептори (внутрішні), пропріорецептори (рецептори м’язів, сухожилок, зв’язок).

- *залежно від фізичної природи подразника:* механо-, фоно-, фото-, термо-, хемо-, баро-, осморецептори.

- *залежно від відстані:* контактні (рецептори шкіри), дистантні (зору, слуху, нюху).

Зоровий аналізатор забезпечує сприйняття близько 90% інформації з зовнішнього світу. Це сприйняття кольору, форми, величини навколишніх предметів, відстані до них, взаємного їх розташування.

Очне яблуко кулястої форми (Рис. 10.) міститься у порожнині орбіти, має три оболонки. *Зовнішня* – склера (**1**), рогівка (**4**). *Судинна* – включає власне судини ока (**2**), війкове тіло - війковий м'яз (**9**), циннові зв'язки, що кріпляться до капсули з кришталиком, і райдужна оболонка (**6**). *Внутрішня оболонка – сітківка* (**3**) складається з 10 шарів (див. рис. 11).

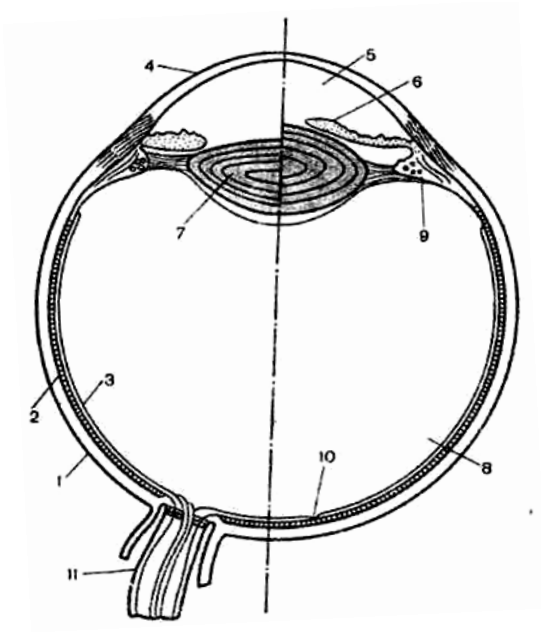


Рис. 10. **Схем будови ока людини.**
(Пояснення у тексті).

Фоторецептори – палички (110-125 млн.) і колбочки (6-7 млн.) – розташовані на сітківці нерівномірно.

Центральна ямка сітківки (жовта пляма) **(10)** містить лише колбочки.

Периферична частина сітківки – переважно палички. Місце виходу зорового нерва з очного яблука (**11**) не має фоторецепторів і зветься **сліпою плямою.** Колбочки забезпечують денний зір і сприйняття кольорів, палички забезпечують нічний та присмерковий зір.

Оптична система ока, яка представлена рогівкою, водянистою вологою передньої і задньої камер (**5**), кришталиком

(**7**) і скловидним тілом (**8**), забезпечує заломлення променів – *рефракцію*. Заломлююча сила оптичної системи ока людини знаходиться в межах 60 діоптрій (Д). Одна Д це заломлююча сила лінзи з фокусною відстанню 1 м. Всі промені фокусуються у центральній ямці жовтої плями. Рефракція розраховується за формулою: Д=1/f, де f – фокусна відстань (м). Для нормального ока f становить 1,7 см, тобто 0,017 м. Д=1/0,017=58,7.

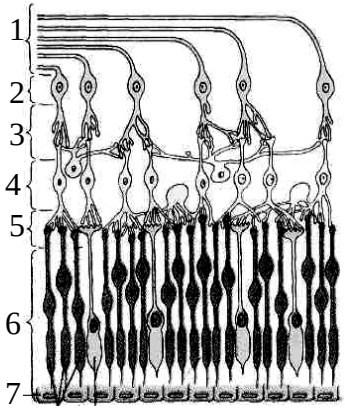


Рис. 11. **Організація сітківки ока.**
1 – волокна зорового нерва;
2 – гангліозні клітини;
3 – внутрішній синаптичний шар;
4 – біполярні клітини;
5 – зовнішній синаптичний шар;
6– рецепторні клітини (палички і колбочки);
7 – пігментні клітини, що містять фусцин.

Аномаліями рефракції є короткозорість (*міопія*), далекозорість (*гіперметропія*), астигматизм.

Акомодація – це пристосування ока чітко бачити предмети на різній відстані. Вона здійснюється завдяки здатності ока змінювати заломлюючу силу оптичної системи внаслідок зміни кривизни кришталика. Для ясного бачення предмету промені кожної його точки повинні бути сфокусовані на сітківці.

При розгляданні предметів на відстані менше 5 м війковий м'яз скорочується, циннові зв'язки і, відповідно, капсула кришталика послаблюються, тому кришталик стає більш опуклим, що сприяє збільшенню оптичної сили як мінімум на 14 Д. Якщо дивитись вдалину, то предмети, що розташовані поблизу, око сприймає нечітко, розпливчасто, оскільки промені від ближчих точок фокусуються за сітківкою. Під час розглядання предметів на великих відстанях, заломлююча сила ока зменшується. Однаково чітко бачити водночас по різному віддалені предмети неможливо. Найближча точка ясного

бачення у здорової людини знаходиться на відстані 7-14 см від ока. У людей після 40 років може розвиватися *пресбіопія (стареча далекозорість)*- зниження акомодаційної здатності кришталика. На близькій відстані людина перестає розрізняти дрібні предмети або текст.

Адаптація – просування ока до зміни інтенсивності освітлення. Існує *темнова* і *світлова* адаптація, яка здійснюється з участю *зіничного рефлексу* і фотохімічних процесів – синтезу зорових пігментів (у темноті) і їх розкладу (на світлі). У темноті зіниця ока збільшується до 7,5 мм (оптимальний діаметр зіниці – 2,4 мм) за рахунок скорочення радіальних м'язів райдужної оболонки, які іннервуються волокнами симпатичної нервової системи (з верхнього шийного вузла). Це сприяє надходженню більшої кількості променів, до яких максимально чутливі палички сітківки, що пов'язано з відновленням зорового пігменту *родопсину*, який містить альдегід вітаміну А – ретиналь і білок опсин. *Темнова адаптація* протікає повільно, в 2 фази (1-ша – до 10 хвилин, при який відбувається ресинтез пігменту колбочок йодопсину, структура якого близька до родопсину; 2-га – до кінця першої години перебування у темноті). Чутливість сітківки збільшується в 100 – 200 тис. разів. При *світловій адаптації* відбувається зменшення зіниці ока до 1,8 мм за рахунок скорочення колових м'язів райдужної оболонки, які іннервуються парасимпатичними волокнами окорухового нерва. Поступово знижується чутливість фоторецепторів і нейронів сітківки ока. Цей процес відбувається 1 – 2 хвилини.

При авітамінозі та гіповітамінозі А розвивається *гемералопія* (куряча сліпота) – погіршення зору в умовах недостатнього освітлення, що пов'язано з порушенням ресинтезу родопсину, у склад якого входить вітамін А.

Сприйняття кольору. Існує ряд теорій **колірного зору.** Найбільш поширеною є *трьохомпонентна теорія сприйняття кольорів*. Вона була започаткована М.В. Ломоносовим (1756) і науково обґрунтована пізніше рядом інших вчених - Т. Юнгом, Г. Гельмгольцом (1801). За даною теорією сприйняття кольорів

забезпечується колбочками трьох видів у діапазоні 400-800 нанометрів з найбільшою чутливістю до світлових хвиль довжиною 460, 530, 570 нм. Перший тип колбочок реагує в основному на червоний колір, другий – на зелений, а третій – на синій. Людина може розрізняти до 7 млн. кольорових відтінків, які мають такі характеристики: тон, насиченість, яскравість. Сприйняття кольорових відтінків забезпечується фізіологічною комбінацією збудження в різних пропорціях колбочок різних типів. При однаковій інтенсивності збудження колбочок виникає білий колір, при відсутності збудження – чорний.

Люди, які мають нормальний колірний зір, називаються *трихроматами.*

Порушення колірного зору: Повна колірна сліпота – внаслідок ураження колбочкового апарату – *ахромазія* зустрічається дуже рідко. Якщо у людини функціонує тільки два види колбочок – *дихромазія*, якщо тільки один – *монохромазія.* Часткову колірну сліпоту поділяють на 3 види: *протанопія* (дальтонізм), *дейтеранопія* і *тританопія*. Протанопи не розрізняють відтінки червоного та зеленого кольорів. Дейтеранопи їх теж не розрізняють, але на відміну від протанопів, плутають світло-зелені тони з темно-червоними і фіолетові з блакитними. Тританопи не здатні розрізняти синій та фіолетовий кольори. Таке порушення кольоросприйняття зустрічається дуже рідко.

Дослідження кольорового зору має особливе значення для осіб, які за видом професії мають добре орієнтуватися в усіх кольорах і відтінках.

Під **гостротою зору** розуміють здатність ока розрізняти дві точки, що світяться, окремо. Нормальне око здатне розрізняти дві точки, як окремі під кутом зору 1 кутова хвилина. Це пояснюється тим, що для роздільного бачення двох точок необхідно, щоб між збудженими колбочками на сітківці знаходилась мінімум одна не збуджена колбочка. Такий зір позначається одиницею (1). Максимальну гостроту зору має жовта пляма. По периферії від неї гострота зору значно нижча.

Поле зору і бінокулярний зір. *Монокулярним полем зору* називають простір, що охоплює око людини при фіксованому стані очного яблука. Сукупність усіх точок простору, які сприймаються двома нерухомими очима, називається *загальним полем зору*, або *бінокулярним зоровим полем*. Величина поля зору у різних людей неоднакова і залежить від форми очного яблука, глибини його розташування, форми надбрівних дуг і носу, а також від функціонального стану сітківки. Розрізняють колірне (хроматичне) і безколірне (ахроматичне) поле зору. Ахроматичне поле зору більше хроматичного, оскільки воно обумовлене діяльністю паличок, що містяться переважно на периферії сітківки. Для різних кольорів поле зору також неоднакове: найбільше воно для жовтого кольору, найвужче – для зеленого.

У спортсменів-футболістів, які протягом тривалого часу тренуються і грають на зеленому футбольному полі, поле зору для зеленого кольору значно збільшується. У представників ігрових видів спорту межі загального поля зору ширші, ніж у людей, які не займаються спортом.

При розгляданні предметів двома очима (бінокулярним зором) відображення більшості предметів потрапляє на ідентичні ділянки сітківок. Однак у зоровій області кори головного мозку сприйняття подвійного зображення об'єднується в один образ, створюється враження не двох, а одного предмета. Якщо промені від предмета потрапляють на неідентичні точки сітківок, то зображення предмета буде роздвоєним.

Слуховий аналізатор. Для людини другим після зорового аналізатора за значенням і обсягом інформації, одержуваної із навколишнього середовища, є слуховий аналізатор.

Слух – це відчуття звуку, а *звук* – коливальний рух пружного середовища (повітря, води, лімфи). *Звук* розповсюджується у вигляді подовжніх хвиль тиску. *Рівень звукового тиску – гучність звуку* (сила або інтенсивність звуку) виражається в *децибелах (дБ)*. Децибел складає 0,1 бела. *Бел* – одиниця інтенсивності (гучності) звуку, десятковий логарифм

відношення діючої інтенсивності звуку до порогової його інтенсивності. Діапазон гучності звуків, які сприймає людина, ведикий – 1 – 140 дБ: тихий шепіт на відстані 1,5 м – 10 дБ, тиха розмова – 40 дБ, голосна – 60 дБ, шум трамваю – 70-75 дБ, шум літака – 110-120 дБ, грім – 120 дБ, шум космічної ракети під час злітання – 140-150 дБ. Звуки вище 100 дБ і особливо при тривалій дії призводять до травми слухового апарату людини і погіршення слуху.

Частота коливань звукових хвиль за 1 секунду виражається у герцах (Гц). Людина сприймає коливання зовнішнього середовища з частою 16 – 20 000 Гц. Найбільша чутливість вуха людини до частот 1000 ... 4000 Гц.

Механізм перетворення звукових коливань у нервові імпульси. Через звукопровідну систему зовнішнього і середнього вуха звукові коливання певної частоти і сили досягають внутрішнього вуха, викликаючи відповідні коливання мембрани овального вікна (Рис. 12).

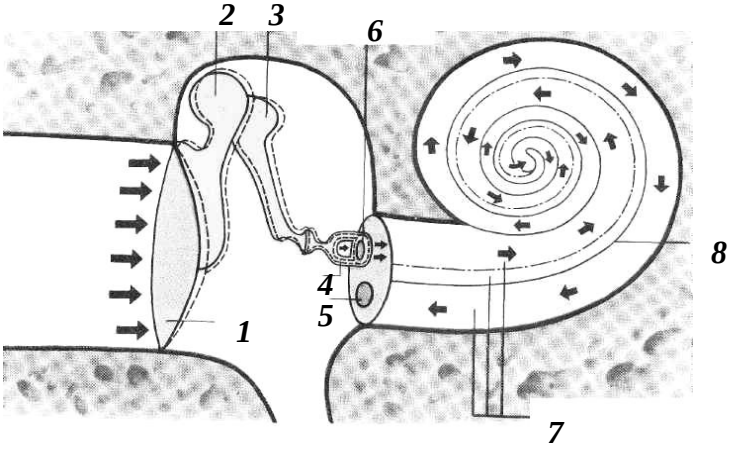


Рис. 12. **Поширення звукових коливань у різних відділах вуха.**

1- барабанна перетинка;
2 – молоточок;
3 – ковадло;
4 – стремінце;
5 – кругле вікно;
6 – овальне вікно;
7 – три канали завитки;
8 – базальна мембрана.

Ці коливання, в свою чергу, викликають коливання перилімфи, ендолімфи і основної мембрани з *волосковими клітинами* на ній (рис. 13). Волоски рецепторних клітин, піднімаючись коливальними рухами, згинаються (деформуються) покривною мембраною. Згинання волосків — це і є адекватне подразнення даних рецепторів, при якому виникають рецепторні потенціали. Зареєстрована сума рецепторних потенціалів була названа дослідниками *мікрофонним потенціалом завитки.* В процесі кодування звукової інформації рецепторні потенціали волоскових клітин трансформуються в нервові імпульси нервових волокон слухового нерва. Сила звуку кодується частотою нервових імпульсів слухового нерва. Чим інтенсивніший звук, тим більша частота нервових імпульсів.

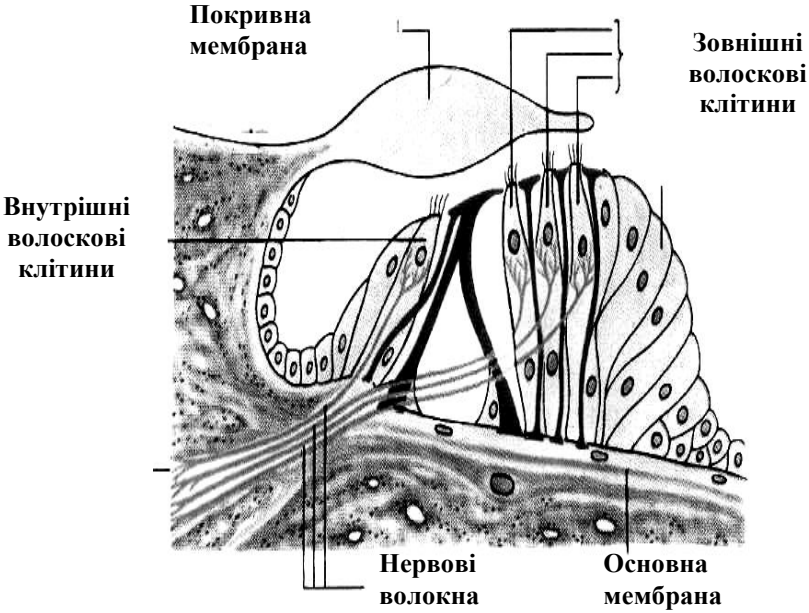


Рис. 13. **Будова кортієва органа**

Частота звукових коливань, тобто висота звукового тону, сприймається кортієвим органом по-різному в залежності від

того, які звукові хвилі надходять — низької чи високої частоти. З 1863 р. в науці панувала *резонансна теорія слуху,* яку сформулював А.Гельмгольц. Згідно з цією теорією основна мембрана внутрішнього вуха діє як набір поперечно натягнутих еластичних резонуючих волокон, подібних до струн рояля.

Найкоротші з них, що розташовані ближче до овального вікна, резонують у відповідь на високі звукові тони, а ті, що лежать близько біля гелікотреми, довгі волокна розширеної частини основної мембрани в області верхівки завитки, реагують на низькі тони, на низькі частоти звукових хвиль. Через 100 років теорія А.Гельмгольца була спростована і відхилена вченим Г.Бекеші, який запропонував *теорію біжучої хвилі.* Бекеші встановив, що при дії на вухо звуків низької частоти хвилі "біжать" по всій мембрані від основи завитки до її верхівки. При дії звуків високої частоти коливання виникає лише на короткій відстані основної мембрани поблизу овального вікна. Було показано, що в основній мембрані поперечно натягнутих волокон, подібно до струн, не існує.

Пізніше теорія біжучої хвилі була доповнена *теорією місця* (П.Даллос, 1973, Р.Клінке, 1983). Суть цієї теорії полягає в тому, що при дії різних звукових частот збуджуються різні волоскові клітини на відповідних місцях основної мембрани. Жорсткість основної мембрани зменшується від стремінця до гелікотреми, тому швидкість розповсюдження хвилі в міру наближення до гелікотреми поступово падає, а довжина хвилі зменшується. З тієї ж причини амплітуда хвилі, що рухається до гелікотреми, збільшується перед тим, як зникнути, і перш ніж досягнути гелікотреми.

На певній ділянці мембрани між місцем виникнення хвилі і місцем її затухання знаходиться місце, де амплітуда максимальна. Цей амплітудний максимум розташовується в залежності від частоти: при більш високих частотах — ближче до стремінця, при більш низьких — ближче до гелікотреми. Волоскові клітини збуджуються найбільш сильно там, де амплітуда максимальна.

Збудження волоскових клітин повинно перетворитися в нервові імпульси для передачі інформації в слуховий центр. Характер цього перетворення теж залежить від частоти коливання, тобто від висоти тону, від тієї області основної мембрани, де виникає амплітудний максимум. Кожна ділянка завитки відповідає певній частоті звуку, максимальна активність кожного нервового волокна слухового нерва проявляється у відповідь на дію специфічної частоти. При надходженні у внутрішнє вухо звукових хвиль інших частот дане волокно не активується або активується тільки при відповідному підвищенні рівня звукового тиску (гучності звуку). При збільшенні гучності звуку зростає і частота імпульсації нейронів. При великій гучності звуку відбувається явище іррадіації (розповсюдження) збудження з уже активних волокон на сусідні нервові волокна, що знаходилися до цього в стані спокою.

Рецептори шкіри. Кожному виду шкірної чутливості відповідає особливий подразник, за винятком больової чутливості, яка може бути викликана рядом подразників великої сили (неадекватні подразники). На адекватні подразнення (дотик, тепло, холод) реагують специфічні рецептори. Найпростішим типом рецепторів шкіри є вільні нервові закінчення мієлінових і немієлінових чутливих нервових волокон.

Тактильні рецептори (відчуття доторку і тиску) розташовані нерівномірно на поверхні шкіри. До ділянок шкіри, де тактильні рецептори розміщені особливо густо, відносяться кінчики пальців і губи, а менше всього їх на плечах, стегнах і спині. Чим більше тактильних точок на одиниці поверхні шкіри, тим менший розмір кожної точки і тим вища гострота дотику. Так, на 1 $см^2$ шкіри гомілки їх нараховують 7 – 10, на середині передпліччя – 15, на зап'ясті – 40, на долонній поверхні великого пальця руки в області його підвищення – більше 100 і на кінцях пальців – величезна кількість, яка практично не піддається рахунку. у межах однієї чутливої точки два одночасних стимули не розрізняються. Здатність розрізняти два

тактильних стимули, нанесених на шкіру одночасно, використовують для визначення просторового порогу тактильної чутливості шкіри. Мінімальна відстань, при якій піддослідний відчує два доторки ніжок циркуля Вебера, є *одночасним просторовим порогом тактильної чутливості* (мм).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Фізіологія аналізаторів. Основні властивості зорового, слухового, тактильного аналізаторів

Мета: дослідити властивості зорового, слухового, тактильного аналізаторів; з'ясувати функціональне значення оптичної системи ока, окремих відділів вуха.

Матеріали та обладнання: *обтягнена марлею рамка (15 х 20см), рисунок Маріотта, вимірювальна лінійка, поліхроматичні таблиці Є.Б. Рабкіна, периметр Фостера, білі та кольорові кружки до нього, камертони, молоточки, секундомір, естезіометр (циркуль Вебера).*

Питання для самостійної підготовки:

1. Поняття про аналізатори. Морфологічна характеристика аналізаторів. Функції відділів аналізаторів. Роль аналізаторів в організмі.
2. Класифікація аналізаторів. Класифікація рецепторів.
3. Загальна характеристика зорового аналізатора. Будова ока.
4. Оптична система ока. Рефракція. Аномалії рефракції.
5. Акомодація ока, її механізм.
6. Рецепторна система ока. Мікроструктура сітківки. Фоторецептори. Рецепція світла. Фотохімічні реакції.
7. Адаптація зорового аналізатора.
8. Спектральна чутливість ока. Колірний зір. Теорії сприйняття кольорів. Порушення сприйняття кольорів.
9. Гострота зору. Поля зору. Бінокулярний зір. Сприйняття простору.
10. Слуховий аналізатор. Функціональна характеристика різних відділів вуха.
11. Повітряна і кісткова провідність. Гучність звуку. Механізм сприйняття звуку.

12. Аналізатор шкірного відчуття. Фізіологія шкіри. Види рецепторі шкіри. Поріг тактильної чутливості шкіри.

Практичне завдання 1

Дослідження акомодації ока.

Хід роботи

Через тонку марлю, натягнуту на дерев'яну планку, дивляться на друкований текст, що знаходиться на відстані 50 см від ока. Якщо фіксувати погляд на буквах, то нитки сітки око перестає бачити чітко. Якщо ж фіксувати погляд на нитках марлі, то неможливо чітко бачити текст, букви розпливаються.

Замалювати схему заломлення променів кришталиком ока при розгляданні близько і далеко розташованих предметів. Пояснити фізіологічні механізми акомодації (письмово).

Висновки:_____
_____
_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 2

Виявлення сліпої плями на сітківці ока

Хід роботи

На відстані 20-25 см від ока розміщують рисунок Маріотта. Праве око закривають, лівим оком фіксують праве зображення (кружок). Відсуваючи та наближаючи рисунок, помічають, що ліве зображення (хрестик) зникає. Дослід повторюють, закривши ліве око і розглядаючи правим оком ліве зображення. У цьому випадку зникає праве зображення. Оформити протокол. Записати результати досліду і відстань, при якій зникає зображення.

Рисунок для проведення досліду Маріотта

Висновки:_____
_____
_____

Практичне завдання 3

Визначення найближчої точки ясного бачення

Вікові зміни відстані до найближчої точки ясного бачення і сили акомодації

Таблиця

Вікові зміни відстані до найближчої точки ясного бачення і сили акомодації

Вік (р.)	До 10	15	20	25	30	40	50	70
Відстань від ока до найближчої точки ясного бачення	7	8	10	12	14	22	40	400
Сила акомодації (Д)	14,0-14,6	12,0-12,3	10,6-12,0	9,2	7,7	4,9	2,1	0,25

Хід роботи

Закрити одне око, до відкритого ока наближати книжковий текст (величина букв повинна становити 2,2 мм) до моменту, поки букви тексту не стануть розпливатися або зливатися. Ясне їх розрізнення стає неможливим. Це й означає, що досягнута найбільша напруга акомодації для даного ока, подальша зміна кривизни кришталика неможлива. Відстань між текстом і

зовнішнім краєм орбіти (см) і є відстанню до найближчої точки ясного бачення. Визначити цей показник окремо для правого і лівого ока.

Сила акомодації - різниця оптичних сил кришталика при максимальній акомодації і при її відсутності (діапазон акомодації).

Висновки:_____
_____
_____

Практичне завдання 4

Дослідження зіничного рефлексу

Хід роботи

Досліджуваний сідає так, щоб очі освітлювалися помірним світлом, фіксує поглядом віддалену, розміщену високо точку. Потім очі затуляє долонею на 10-15 с, швидко відводить долоню. Спостерігають, як змінилася величина зіниці.

Закрити долонею одне око й спостерігати, чи змінилася величина зіниці другого ока. Спостереження записати, пояснити причини і механізм зміни величини зіниці залежно від інтенсивності освітлення.

Висновки:_____
_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 5

Дослідження колірного зору людини

Хід роботи

Досліджуваний сідає спиною до світла, експериментатор показує йому 25 кольорових таблиць по черзі, запитує, що на них зображено. Кожну таблицю демонструють на рівні ока досліджуваного, на відстані 1 м від нього. Тривалість експозиції

одної таблиці – 5 с. Кожне око обстежують окремо, для цього друге закривають екраном.

Трихромати (люди з нормальним кольоровим зором) правильно читають усі 25 таблиць. Протанопи правильно читають лише 7 таблиць (1, 2, 17, 22, 23, 24, 25); дейтеранопи – лише 9 таблиць (1, 2, 8, 12, 22, 23, 24, 25).

Зробити висновки про здатність досліджуваного розрізняти кольори.

Висновки:_____
_____
_____

Практичне завдання 6

Визначення поля зору

Хід роботи

Поля зору вимірюють за допомогою периметра Форстера, який являє собою рухливо закріплене у штативі металеве півколо (дугу), що має шкалу у кутових градусах.

Досліджуваний сідає спиною до світла, внутрішня поверхня півкола має бути добре освітлена. Штатив для підборіддя закріплюють так, щоб верхня його частина була на рівні нижнього краю очної западини. Величину поля зору визначають для кожного ока окремо. Півколо периметра встановлюють горизонтально, досліджуваний при цьому повинен дивитися точно на білий кружок у центрі дуги. Експериментатор поволі пересуває білий кружок від периферії до центру і зазначає точку периметра, на рівні якої досліджуваний помітив об’єкт. Потім вимірюють поле зору з другого боку дуги. Точки, що відповідають кутовому градусу на зовнішній поверхні периметра, вказують зовнішню і внутрішню межі поля зору. Далі дугу периметра встановлюють вертикально і відповідно знаходять верхню і нижню межі поля зору. Поля кольорового зору визначають, замінивши білий кружок кольоровим (червоним, зеленим, синім, жовтим).

Отримані результати занести у таблицю, порівняти їх з нормою, зробити висновки.

Таблиця

Кольори	Білий		Червоний		Зелений		Жовтий		Синій	
Межі поля зору	Норма	Рез. дослід.	Норма	Рез. дослід.	Норма	Рез. дослід.	Норма	Рез. дослід.	Норма	Рез. дослід.
Зовнішня	90°		60°		40°		80		75°	
Внутріш.	60°		40°		30°		45		50°	
Верхня	60°		30°		22°		35		40°	
Нижня	65°		45°		20°		58		47°	

Висновки:_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 7

Адаптація слухового аналізатора

Хід роботи

Камертон, який звучить, наближують до зовнішнього слухового проходу і тримають поки не зникне звук. На короткий час камертон відводять від вуха, а потім знову підносять до нього. Звук знову сприймається досліджуваним. Порівняти час адаптації слухового аналізатора до високих та низьких звуків.

Висновки:_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 8

Визначення просторового порогу тактильної чутливості шкіри

Хід роботи

Використовуючи естезіометр (циркуль Вебера) визначити просторовий поріг чутливості *ділянок шкіри губ, кінчика носа, лоба, пальців рук, долонь, передпліччя, плеча, спини*.

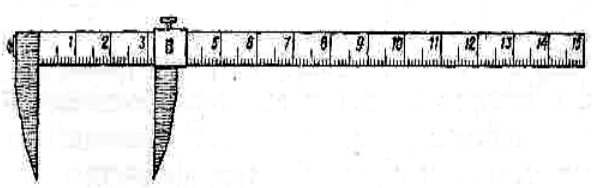


Рис. 14. **Естезіометр Вебера.**

Естезіометром з максимально зведеними ніжками (відстань між ніжками 1 мм) доторкатися з однаковим тиском до ділянки шкіри досліджуваного, який сидить з заплющеними очима. Поступово розводити ніжки естезіометра, кожен раз збільшуючи відстань між ніжками на 1 мм, і продовжувати доторкатися до цієї ж ділянки шкіри. Відмітити, при якій відстані між ніжками естезіометра на кожній ділянці шкіри досліджуваний вперше розрізняє два окремих доторки – *одночасні просторові диференціальні пороги тактильної чутливості*. Результати досліджень заносять у робочу таблицю. Порівняти отримані результати.

Ділянки шкіри	Просторовий поріг тактильної чутливості (мм)
Лоб	
Кінчик носа	
Губи	
Долоня	
Тактильна поверхня пальців рук	
Плече	
Передпліччя	
Спина	

Висновки:_____
_____
_____
_____
_____

Тема 4. ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ

Основні теоретичні положення

Внутрішнє середовище організму представлене кров'ю, лімфою, міжклітинною рідиною. Лімфа і міжклітинна рідина є похідними крові.

Функції системи крові. Основними функціями крові є *транспортна* і *захисна*. З транспортною функцією крові пов'язані такі її функції:

1. *Дихальна* – пов'язана з перенесенням артеріальною кров'ю O_2 до тканин і CO_2 – венозною кров'ю до легень.

2. *Трофічна* (живильна) – кров забезпечує клітини організму поживними речовинами, які потрапляють з травного тракту (глюкоза, амінокислоти, жири, вітаміни, мінеральні речовини, вода).

3. *Екскреторна* – кров виносить з тканин продукти метаболізму: сечовину, сечову кислоту та ін.

4. *Терморегуляторна* – кров охолоджує енергоємні органи і зігріває органи, які втрачають тепло.

5. Кров забезпечує *водно–сольовий обмін* між кров'ю і тканинами: в артеріальній частині капілярів рідина і солі надходять в тканини, а у венозній частині капілярів повертаються у кров.

6. *Гомеостатична* – кров підтримує сталість внутрішнього середовища організму: pH, осмотичний тиск.

7. *Гуморальна регуляція* – завдяки руху крові забезпечується хімічна взаємодія між усіма частинами організму, яка зумовлена переносом гормонів та інших фізіологічно активних речовин від ендокринних залоз до клітин організму.

8. Здійснення *креаторних зв'язків* між клітинами організму, які забезпечують внутрішньоклітинний синтез білків, відновлення і підтримку структури тканин.

Захисна функція крові. Фактор імунітету – захист організму від генетично чужорідних білкових тіл. Клітинний імунітет визначається фагоцитарною активністю лейкоцитів. Гуморальний імунітет – наявність в крові антитіл, які

синтезуються лімфоцитами і знешкоджують мікроби та їх токсини.

Зсідання крові – утворення кров'яного згустку при пошкодженні кровоносних судин.

Основні константи крові людини

Кількість крові	7% маси тіла
Вода	90-91%
Щільність	1,056-1,060 г/см^3
В'язкість	4-5 ум. од. (щодо води)
pH	7,35-7,45
Загальний блок (альбуміни, глобуліни, фібриноген)	65-85 г/л
Катіони: Na^+	1,8-2,2 г/л
K^+	1,5-2,2 г/л
Ca^{2+}	0,04-0,08 г/л
Осмотичний тиск	7,6-8,1 атм. (768,2-818,7 кПа)
Онкотичний тиск	25-30 мм рт. ст. (3,325-3,99 кПа)
Показник депресії	-0,56^0 С

Гемоглобін (Hb) – головна складова частина еритроцитів. Вміст Hb в крові у здорових жінок 120-140 г/л, а у чоловіків – 130-160 г/л.

Зниження концентрації гемоглобіну в крові спостерігається при різних анеміях (через крововтрату, нестачу

заліза, цианокоболаніну (вітамін B_{12}), фолієвої кислоти, при підвищеному гемолізі еритроцитів).

Підвищення концентрації Hb в крові трапляється при легенево-серцевій недостатності, пороках серця.

Для визначення вмісту Hb в крові застосовують колориметричні методи, один з яких (гематитовий метод Салі) заснований на утворенні стійкого розчину коричневого кольору при взаємодії Hb із соляною кислотою.

Групи крові людини. У різних народностей відсоткове співвідношення осіб з різними групами крові різне. Серед українців:

I група крові (0) - 33 % осіб;
II група крові (A) - 36 % осіб;
III група крові (B) - 23 % осіб;
IV група крові (AB) - 8% осіб;

Засновниками вчення про групи крові є австрієць К. Ландштейнер (1901р.) і чеський учений Я. Янський (1903р.) У 1930 р. К. Ландштейнер був удостоєний Нобелевської премії за відкриття груп крові.

Явище аглютинації – склеювання еритроцитів у сироватці крові вперше спостерігав П. Ерліх. Білкові речовини плазми, які здатні склеювати еритроцити, вчений назвав *аглютинінами і лізинами.* В еритроцитах крові були знайдені *аглютиновані фактори* - *аглютиногени* – А і В (4 комбінації).

Під час переливання несумісної крові відбувається не тільки аглютинація, а й *гемоліз* – руйнування еритроцитів, тому що у плазмі містяться також однойменні *гемолізіни*. Під час гемолізу з еритроцитів вивільняються фактори зсідання крові, в тому числі тромбопластин, який викликає внутрішньосудинне утворення згустків крові і блокаду мікроциркуляторних судин усіх органів і тканин.

Гемотрансфузійний шок - стан, який виникає внаслідок руйнування еритроцитів.

Система груп крові АВО, класифікована К. Ландштейнером, пізніше збагатилася відкриттям нових варіантів аглютиногенів. Сьогодні відомо біля 400 антигенів,

розташованих в мембрані еритроцитів - A_1, A_2, A_3 . A_{10}, Rh, M, N, S, P, D, C, E, Lu, Le та інші, з яких можна скласти більше 500 млрд. комбінацій. Проте антигенні властивості більшості з них слабо виражені, а тому при першому переливанні крові ними нехтують. Але повторні переливання крові одного й того ж донора не рекомендуються. Найбільше значення для людини має врахування групи крові за системами АВО і Rh.

Резус-фактор. У 1940 році К. Ландштейнер і І.Вінер знайшли в еритроцитах крові мавп макак-резус новий антиген, який не входив у систему АВО, і назвали його *резус-фактор* (резус – аглютиноген).

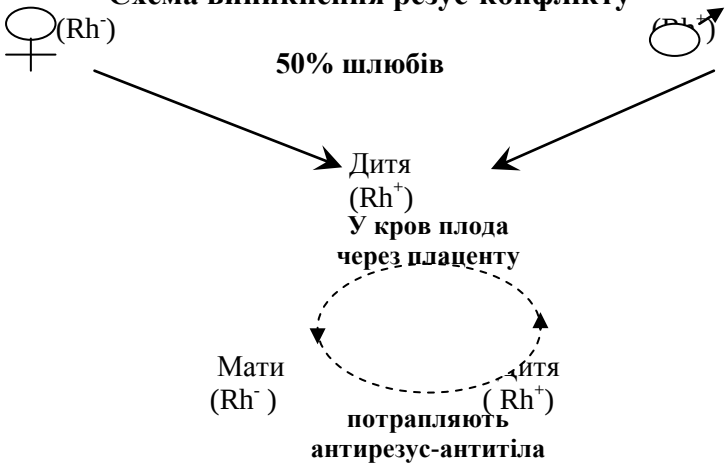
Він міститься у еритроцитах 85% людей (Rh^+), і немає у 15% людей (Rh^-).

Ця система має 6 різновидів:

Анти – D, Анти – C, Анти - c, Анти – CW, Анти - E, Анти – e дуже рідко.

Резус-конфлікт. Резус конфлікт виникає при високій концентрації антирезус-аглютинінів. Легка форма несумісності викликає гемолітичну жовтуху новонародженого. Резус несумісність зустрічається часто 1 випадок на 700 пологів.

Схема виникнення резус-конфлікту



Функції перелитої крові: *замісна* – поповнення крові реципієнта форменими елементами; *гемодинамічна* –

посилення роботи серця; *дезінтоксикаційна* – зниження інтоксикації, сприяння виведенню токсинів, покращення роботи печінки, нирок; *гемопоетична* – посилення діяльності органів кровотворення; *імунологічна* – активізація утворення антитіл; *стимулююча* – стимуляція роботи гіпофізу, наднирників та інших ендокринних залоз; *живильна* – поповнення поживними речовинами.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Формені елементи крові. Гемоглобін. Групи крові

Мета: Ознайомитися з методикою визначення вмісту гемоглобіну в крові за допомогою гемометра Салі. Засвоїти навички визначення груп крові, оцінити отримані результати.

Матеріали та обладнання: *консервована донорська кров невідомої групи, гемометр ГС-3 (Салі), 0,1% розчин соляної кислоти, дистильована вода, піпетка-капіляр для забору крові, піпетка, скляні палички, стандартні сироватки груп 0(I), A(II), B(III), предметні скельця, тарілки для змішування крові.*

Питання для самостійної підготовки:

1. Склад, кількість і функції крові.
2. Плазма крові, її склад. Значення складових частин плазми.
3. Фізико-хімічні властивості крові: в’язкість, питома вага, осмотичний тиск, кислотно-лужний баланс (pH), онкотичний тиск.
4. Буферні системи крові. Кислотно-лужна рівновага. Поняття ацидозу, алкалозу. Лужний резерв крові.
5. Еритроцити, їх будова, кількість і функції. Еритроцитоз, анемії. Резистентність еритроцитів. Гемоліз. Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ).
6. Гемоглобін, його будова і функції. Фізіологічні та патологічні сполуки гемоглобіну.
7. Будова, кількість і функції лейкоцитів. Лейкоцитоз, лейкопенія. Лейкоцитарна формула.
8. Імунітет. Неспецифічні і специфічні фактори імунітету.
9. Тромбоцити, їх роль в організмі, будова, кількість.
10. Групи крові. Визначення груп крові.

11. Правила переливання крові.
12. Резус-фактор. Резус-конфлікт.
13. Імунітет. Неспецифічні і специфічні фактори імунітету.
14. Кровопостачання. Органи кровотворення і кроворуйнування.

Практичне завдання 1

Визначення кількості гемоглобіну (Hb) в крові гемометром ГС-3 (по Салі)

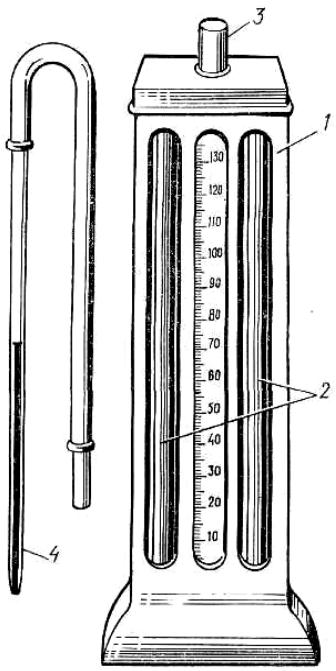


Рис. 15. **Гемометр ГС-3:**
1 — корпус;
2 — запаяні пробірки зі стандартним розчином;
3 — градуйована пробірка;
4 — піпетка (капіляр) для взяття крові.

Гемометр Салі складається з пластмасового корпусу з трьома пробірками однакового діаметру. Дві крайні пробірки запаяні і містять стандартний розчин солянокислого гематину. Середня градуйована пробірка призначена для досліджуваної крові. Стандартний розчин солянокислого гематину відповідає 167 г/л Hb.

Хід роботи

У середню пробірку гемометра очною піпеткою наливають 0,1 % розчин соляної кислоти до мітки (10). Піпеткою беруть 20 мм^3 крові з пальця, обтирають кінчик капіляра ватою, занурюють його у пробірку з кислотою і видувають кров на дно пробірки так, щоб верхній шар соляної кислоти лишився не зафарбованим. Не виймаючи піпетку, промивають її розчином соляної кислоти з верхнього шару. Після цього вміст пробірки перемішують, постукуючи пальцем по дну і ставлять пробірку в

штатив гемометра на 5-10 хв. Цей час необхідний для повного перетворення гемоглобіну на солянокислий гематин. Потім у пробірку по краплині додають очною піпеткою дистильовану воду доти, поки колір розчину не стане однаковим із стандартним розчином.

Цифра на рівні нижнього меніска одержаного розчину вказує вміст Hb у досліджуваній крові по одній шкалі у г%, тобто абсолютний вміст Hb в крові. Друга шкала вказує вміст Hb у відносних одиницях. Щоб перевести концентрацію Hb з г% у систему СІ необхідно помножити на коефіцієнт 0,6206.

Приклад. 15,2г%·0,6206=9,43 ммоль/л.

Висновки:_____

_____

_____

Практичне завдання 2

Визначення групи крові людини.

Хід роботи

На відповідні місця тарілки нанести по краплі стандартних сироваток I, II, III груп, які містять відповідно аглютиніни I - α і β, II – β, III – α. Сироватки брати з ампул скляними паличками, не змішуючи. Невелику кількість крові людини з флакона перенести в краплю сироватки I групи, обережно змішати. Іншою, чистою паличкою таку ж кількість крові перенести в сироватку II групи. Третю краплю перенести в сироватку III групи чистою сухою паличкою. Реакція аглютинації відбувається через 1-5 хв. При наявності аглютинації крапля стає прозорою, а еритроцити склеюються і набувають вигляду макових зернят. Група крові визначається в залежності від наявності або відсутності аглютинації (див. таблицю).

1. Відсутність аглютинації свідчить про відсутність аглютиногенів в досліджуваній крові, що характерно для еритроцитів I групи крові.
2. Якщо аглютинація спостерігається з сироватками I і III груп, які містять відповідно аглютиніни α,β та α, то еритроцити

досліджуваної крові містять алютиноген А, що свідчить про належність цієї крові до II групи.

3. Якщо аглютинація спостерігається з сироватками I і II груп, які містять відповідно аглютиніни α, β та β, то еритроцити досліджуваної крові містять алютиноген В, що свідчить про належність цієї крові до III групи.
4. При наявності аглютинації з сироватками II, III груп, еритроцити містять аглютиногени А і В, що вказує на належність цієї крові до IV групи.

Таблиця

Наявність (+) або відсутність (−) аглютинації при змішуванні крові різних груп

Сироватка або плазма крові		Аглютиногени еритроцитів крові			
Група	Аглютиніни	I група (0)	II група (А)	III група (В)	IV група (АВ)
I	α β	−	+	+	+
II	β	−	−	+	+
III	α	−	+	−	+
IV	−	−	−	−	−

Записати результати власних досліджень, визначити, до якої групи належить досліджувана кров, назвати склад її аглютиногенів та аглютинінів.

Висновки:_____

_____

_____

Тема 5. ФІЗІОЛОГІЯ КРОВООБІГУ

Основні теоретичні положення

Серце – це м'язовий орган, який складається з кількох шарів: внутрішній – *ендокард*, м'язовий – *міокард,* зовнішній – *епікард,* серцева сумка – *перикард.*

Періодичні скорочення серця спостерігаються внаслідок періодично виникаючих процесів збудження в серцевому м'язі.

Міокард має ряд властивостей, які забезпечують його безперервну ритмічну діяльність. Це – *збудливість, рефрактерність, автоматія, провідність, скоротливість* (і здатність до розслаблення).

Електрокардіографія. Під час виникнення різниці електричних потенціалів між збудженими і незбудженими ділянками серця електричні силові лінії розподіляються по поверхні тіла. Це дозволяє реєструвати типові криві коливань потенціалів під час прикладання електродів до певних точок тіла. Цей метод дослідження електричної активності серця носить назву *електрокардіографії.* Графічне зображення змін потенціалу дії серця називається *електрокардіограмою (ЕКГ)***.**

Реєстрація ЕКГ проводиться за допомогою електрокардіографа у різних положеннях тіла (лежачи, стоячи), у стані спокою, при фізичних навантаженнях на велоергометрі. Існують стандартні, грудні та спеціальні відведення для накладання електродів.

Стандартні відведення (двополюсні) застосовують у положення лежачи (Рис. 16-А). Їх є три:

I відведення – права рука - ліва рука;

II відведення – права рука - ліва нога;

III відведення – ліва рука - ліва нога.

Грудні і спеціальні відведення (однополюсні) використовуються для запису ЕКГ до і під час фізичних навантажень (Рис.16-Б).

На ЕКГ (Рис.16-В) розрізняють 5 зубців – P, Q, R, S, T. Зубці P, R, T називаються *позитивними*, бо спрямовані вверх від ізометричної лінії, а зубці Q і S – *негативними*, тому що вони спрямовані вниз від ізометричної лінії. Висота зубців P, R, T і глибина зубців Q і S відображають їх вольтаж і вимірюються в mV або мм. Одне ділення на стрічці по вертикалі відповідає 0,1mV або 1 мм.

На ЕКГ розрізняють сегменти PQ, ST, інтервали P-Q, Q-T, R-R і комплекси зубців QRS і QRST – це відстані по горизонталі між різними зубцями ЕКГ. Інтервали вимірюються в с. Одне

ділення на стрічці по горизонталі відповідає 0,02с при швидкості руху стрічки електрокардіографа 50 мм/с.

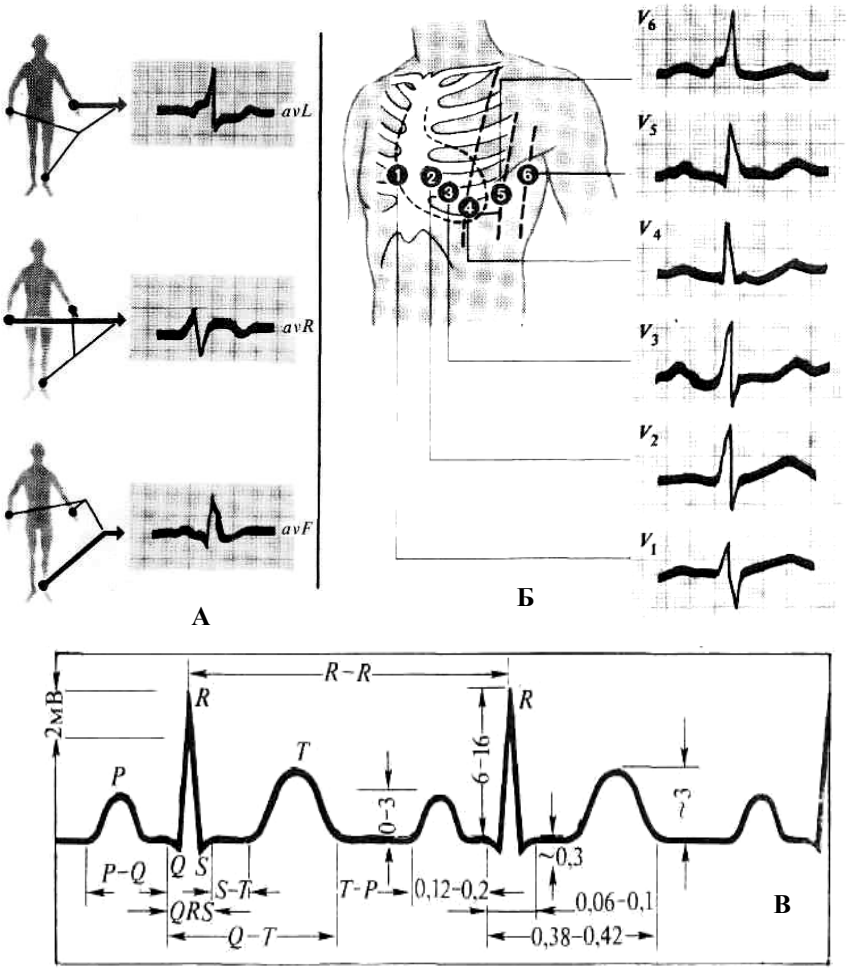


Рис. 16. **Електрокардіографія (уніполярні відведення).** А – відведення від кінцівок; Б – грудні відведення; В – схема ЕКГ

Всі зубці та інтервали складають серцевий цикл і відображають стани збудження різних відділів серця. *Зубець Р* характеризує біоелектричні процеси, що виникають при

збудженні передсердь. *Інтервал P-Q* відображає передсердно-шлуночкову провідність, тому що відповідає часу проведення імпульсу від синусового вузла по пучку Гіса до волокон Пуркіньє. *Комплекс QRST* іменується *шлуночковим*. Комплекс QRS характеризує збудження шлуночків. При завершенні збудження шлуночків з'являється *зубець Т*, що відображає їх реполяризацію і характеризує метаболічні процеси в міокарді. Сегмент ST відповідає періоду повної деполяризації обох шлуночків, лежить на ізолінії. *Інтервал Q-T* називається *електричною систолою шлуночків*, яка майже співпадає з тривалістю механічної систоли, хоча остання починається дещо пізніше. *Інтервал R-R* характеризує тривалість серцевого циклу. Цей показник використовується для визначення ЧСС.

Розрахунок ЧСС здійснюється за формулою: $ЧСС = \frac{60}{R-R}$,

де ЧСС – частота серцевих скорочень, уд./хв; R-R – середня тривалість 6-7 серцевих циклів за с.

На ЕКГ спостерігаються незначні коливання тривалості окремих інтервалів R-R, які не перебільшують 0,1с - *дихальна аритмія*. Це, як правило, пов'язано з дихальними рухами і має рефлекторний механізм походження. Серцевий ритм стає рідшим у кінці видиху і на початку наступного вдиху через підвищення тонусу блукаючого нерва. Така аритмія буває помірною (коливання R-R становить 0,1-0,15с), виразною (0,16-0,30с), різко виразною (більше 0,30с). Негативним явищем синусова аритмія вважається тоді, коли вона виразна і поєднується зі змінами ЕКГ, що вказують на значний вплив блукаючого нерва: ЧСС менше 40 уд./хв *(синусова брадикардія)*, збільшення інтервалу P-Q (більше 0,21с), екстрасистолія. Дихальну аритмію необхідно відрізняти від синусової аритмії іншого походження. Для цього аналізують ЕКГ, записану під час затримки дихання на вдиху або видиху. Якщо під час затримки дихання аритмія зникає, то це свідчить про наявність дихальної аритмії.

Якщо тривалість інтервалу P-Q у стані спокою перевищує 0,21с, то це свідчить про наявність *передсердно-шлуночкової блокади*.

Збільшення в стані спокою QRS до 0,10 свідчить про *гіпертрофію міокарду*. Бувають випадки, коли збільшення QRS (більше 0,11с) в стані спокою поєднується із зменшенням інтервалу P- Q (менше 0,12с). Таке явище носить назву *WPW-синдром* (синдром Вольфа, Паркінсона, Уайта). Більшість вчених вважають WPW-синдром нормальним явищем. Однак, в окремих випадках при його наявності застосування фізичних навантажень може викликати *пароксизмальну тахікардію*.

Тривалість інтервалу Q-T залежить від ЧСС – чим більша ЧСС, тим менший інтервал Q-T. Належна величина Q-T розраховується за формулою Базетта (1920): $Q-T=k\cdot\sqrt{R-R},$ де

Q-T – тривалість електричної систоли, с;

k – коефіцієнт (для чоловіків – 0,37; для жінок – 0,40);

R-R – тривалість серцевого циклу, с.

Відхилення інтервалу Q-T від належної величини, визначеної за формулою, повинно складати не більше 0,04с.

У нормі в стані спокою сегмент ST знаходиться на ізометричній лінії.

Серцевий цикл. Робота серця характеризується безперервною ритмічною зміною скорочень (*систола*) і розслаблень (*діастола*).

Передсердя виконують роль резервуара, який в період систоли шлуночків депонує кров, що надходить з вен; шлуночки виконують насосно-розподільну функцію, вони перекачують кров з венозної системи в артеріальну.

Виділяють дві фази серцевого циклу. Перша – *скорочення шлуночків* (кров під великим тиском виштовхується з лівого шлуночка в аорту, а з правого – в легеневу артерію), друга – *діастола шлуночків*. В цей час розслаблені і передсердя, і шлуночки.

Фази серцевого циклу

<table>
<tr><td rowspan="4">Систола шлуночків 0.33 с</td><td rowspan="2">Період напруження 0,08 с</td><td>Фаза асинхронного скорочення 0,05 с</td></tr>
<tr><td>Фаза ізометричного скорочення 0,03 с</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Період вигнання крові 0,25 с</td><td>Фаза швидкого вигнання 0,12 с</td></tr>
<tr><td>Фаза повільного вигнання 0,13 с</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Діастола шлуночків 0,47 с</td><td colspan="2">Протодіастолічний період 0,04 с
Фаза ізометричного розслаблення 0,08 с</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Фаза наповнення шлуночків 0,25 с</td><td>Фаза швидкого наповнення 0,09 с</td></tr>
<tr><td>Фаза повільного наповнення 0,16 с</td></tr>
<tr><td colspan="2">Фаза наповнення шлуночків зумовлена систолою передсердь (пресистола)-0,1 с</td></tr>
</table>

Зовнішні прояви діяльності серця – тони серця, серцевий (верхівковий) поштовх**,** артеріальний пульс.

Тони серця – це звукові явища, якими супроводжується серцева діяльність. Методом фонокардіографії можна записати *чотири тони серця* (рис. 17).

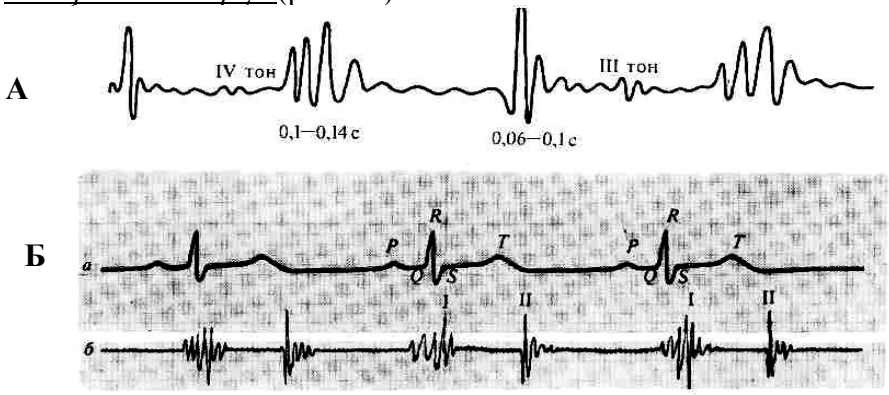


Рис. 17. **Фонокадіограма (ФКГ): А – схема; Б – одночасна реєстрація ЕКГ (а) і ФКГ (б).**

Перший і *другий* тони можна вислухати (аускультація) за допомогою фонендоскопа, стетоскопа, або приклавши вухо до грудної клітки на проекцію серця. Третій та четвертий, більш слабкі тони, реєструються методом фонокардіографії.

Перший тон (систолічний) – протяжний, низький, глухий. Зумовлений коливаннями сухожильних ниток, стулок атріовентрикулярних клапанів при їх закритті у фазу ізометричного скорочення і на самому початку фази швидкого вигнання крові із шлуночків. Деяку роль у походженні цього тону відіграють коливання стінок шлуночків і початкових відділів аорти та легеневої артерії. Цей тон краще прослуховується в області V міжребір'я зліва від грудини.

Другий тон (діастолічний) - короткий, високий, дзвінкий. Виникає внаслідок закриття півмісяцевих клапанів серця у той момент, коли по закінченню систоли шлуночків тиск в них стає нижчим, ніж в аорті і легеневій артерії. Кров, прямуючи назад до серця, зустрічає на своєму шляху півмісяцеві клапани, які із силою зачиняються, викликаючи їх коливання. Цей тон прослуховується в області II міжребір'я справа від грудини – над аортою і зліва – над легеневою артерією.

Третій тон виникає внаслідок коливань стінок шлуночків у фазу швидкого заповнення їх кров'ю під час загальної діастоли серця.

Четвертий тон пов'язаний з вібрацією стінки шлуночків у момент додаткового наповнення їх кров'ю під час систоли передсердь.

Серцевий поштовх. В момент скорочення серця в п'ятому міжребір'ї на 1-1,5 см медіальніше лівої середньо-ключичної лінії легко пропальпувати поштовх верхівки серця. Його виникнення обумовлене ритмічною (згідно з фазами серцевого циклу) зміною форми, об'єму і просторового розміщення серця в цілому і переміщенням верхівки серця зокрема.

Артеріальний пульс. Незважаючи на простоту і доступність визначення, одним із найважливіших показників серцевої діяльності є *артеріальний пульс*. У момент систоли шлуночків серця збільшується тиск крові в початковій частині

судинного русла, що викликає її розширення. Це явище через еластичність стінок артерій поширюється як хвиля коливань уздовж усієї артеріальної системи. Ці коливання називаються *пульсовими***.** Пульсові поштовхи записуються *сфігмографом* у вигляді кривої – *сфігмограми*. На сфігмографі розрізняють висхідну (анакрота) і низхідну (катакрота) частини. Остання має невеликий підйом – дикротичний зубець, який свідчить про зворотній поштовх крові при закритті півмісяцевих клапанів. Для оцінки артеріального пульсу відмічають його частоту, швидкість, напругу і ритмічність. За частотою пульсу визначають кількість серцевих скорочень за 1 хв. Швидкість поширення пульсової хвилі не залежить від швидкості руху крові. Максимальна лінійна швидкість руху крові по артеріях не перевищує 0,3-0,5 м/с, а швидкість поширення пульсової хвилі у людей молодого і середнього віку при нормальному тиску крові і добрій еластичності судин дорівнює в аорті 5,5-8,0 м/с, а в периферичних артеріях – 6,0-9,5 м/с. З віком у зв'язку зі зниженням еластичності стінок судин швидкість поширення пульсової хвилі, особливо в аорті, зростає.

Показники роботи серця. Для характеристики функцій серця як помпи, що нагнітає кров в артерії, користуються рядом показників. Умовно їх можна розділити на прямі і непрямі.

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

$W = P \bullet Q + \frac{mV^2}{2}$, де: Q - систолічний об'єм крові (мл);

P — середній тиск крові в аорті (мм рт.ст.);

m — маса крові (г);

V — швидкість руху крові (м/с).

У стані спокою середній показник роботи серця людини становить 12 кгм/хв, а при виконанні інтенсивної фізичної

роботи — 60-70 кгм/хв. Зростання частоти серцевих скорочень призводить до збільшення числа періодів ізометричної напруги, які не включаються в показник зовнішньої роботи, хоч і пов'язані з додатковим споживанням кисню. Звідси при даному артеріальному тиску ефективність роботи серця при інших рівних умовах буде тим більша, чим менша частота серцевих скорочень.

Непрямі показники роботи серця. Непрямими показниками роботи серця є показники *частоти серцевих скорочень, систолічного об'єму крові, хвилинного об'єму кровообігу*. Ці показники функціонального стану серця широко використовуються в спортивній практиці для непрямого визначення інтенсивності виконаної роботи (рівня енерговитрат), загальної реакції організму на дану роботу, рівня загальної і спеціальної підготовленості спортсменів.

Частота серцевих скорочень (ЧСС). При відсутності порушень структури кровоносних судин артеріальний пульс відтворює величину показника ЧСС. При деяких захворюваннях серця і кровоносних судин артеріальний пульс не відповідає ЧСС. Наприклад, значно збільшена швидкість поширення пульсової хвилі у гіпертоніків. В цих випадках для визначення показника ЧСС підраховується число серцевих поштовхів. Більш точно ЧСС визначається шляхом реєстрації електрокардіограми.

ЧСС змінюється під впливом дії найрізноманітніших факторів — емоцій, фізичних і хімічних подразників довкілля, м'язової і розумової праці. Висока інформативність і значна простота визначення ЧСС обумовили широке використання цього показника в спортивній практиці для визначення рівня адаптації системи кровообігу до умов м'язової діяльності.

Величина ЧСС в стані спокою залежить від віку, статі, розмірів тіла, рівня рухової активності людини. У дорослих людей ЧСС в середньому становить 65-75 ударів за хвилину (уд./хв). ЧСС менше 60 уд./хв називається *брадикардією,* а більше 90 – *тахікардією*. У жінок ЧСС дещо більша ніж у чоловіків. Зростає ЧСС при збільшенні температури оточуючого повітря, при тривалій дії на організм сильних звукових подразників, при емоціях (страх, гнів, радість тощо). ЧСС

залежить від положення тіла: у положенні сидячи вона на 10%, а в положенні стоячи – на 20% більша, ніж у положенні лежачи.

Існують добові коливання ЧСС: найменша частота пульсу о 5-6 годині ранку, а найбільша – в післяобідню пору. Рефлекторне сповільнення серцевих скорочень спостерігається при натисканні на очні яблука (рефлекс Даніні-Ашнера), повна зупинка серця — при подразненні (удар) епігастральної ділянки. Проте найбільш суттєво змінюється ЧСС у зв'язку з виконанням інтенсивної фізичної роботи.

Систолічний об'єм крові (СОК). Одним із важливих показників функціональних можливостей системи кровообігу є систолічний або ударний об’єм крові (СОК). **СОК** – це кількість крові, що виштовхується лівим шлуночком за одне скорочення в аорту (в мл). В стані спокою у дорослої нетренованої людини він дорівнює 60 - 80 мл, у тренованих 80-100 мл. Під час систоли в аорту виштовхується лише половина крові. Кров, яка залишається в шлуночку після систоли, складає резервний (30-40 мл) і залишковий (30-40 мл) об’єми. За рахунок резервного об’єму СОК збільшується під час фізичного навантаження. Величина СОК залежить від ємності шлуночків, сили скорочення міокарду, кількості крові, що надходить до серця під час діастоли.

Хвилинний об'єм кровообігу (ХОК). Другим важливим показником є хвилинний об’єм крові (ХОК).

ХОК – це кількість крові, яка виштовхується серцем за 1 хвилину. У стані спокою у дорослих людей ХОК дорівнює 3-5 л/хв. У тренованих осіб до 10 л/хв. ХОК залежить від віку, рівня тренованості, температури тіла. При фізичній роботі ХОК зростає. ХОК визначається як добуток ЧСС і СОК. В стані спокою величина ХОК складає 3-5 л/хв.

Показники систолічного і хвилинного об'ємів крові досить індивідуальні і в умовах спокою залежать від багатьох факторів, зокрема антропометричних характеристик тіла людини. Для врахування впливу цього фактора на основні показники

гемодинаміки розраховують так званий *серцевий індекс* — відношення ХОК до площі поверхні тіла. Використовуючи серцевий індекс для характеристики кровообігу.

Тиск крові у судинах (Р) – це сила, з якою циркулююча кров тисне на стінки судини. Величина тиску залежить від об'єму крові, яка надходить до них **(Q)** і від опору стінок судин **(R)** руху крові: **P = Q·R**

Тиск крові в усій системі кровообігу позитивний. Тиск крові в артеріях називається *артеріальним.* АТ під час систоли вищий, ніж під час діастоли.

Систолічний (максимальний) АТ **(СсТ)** зумовлений систолою лівого шлуночка.

Діастолічний (мінімальний) АТ **(ДТ)** – це тиск крові під час діастоли серця, підтримується завдяки тонусу судин.

Показник різниці між систолічним і діастолічним тиском називається *пульсовим тиском (ПТ).* **ПТ = СсТ – ДТ**

Чим далі від серця, тим ПТ менший. В артеріолах і капілярах коливання тиску в період систоли і діастоли виражені слабо. ПТ залежить від систолічного об'єму крові (СОК) – чим менша величина СОК, тим менше підвищується ПТ в артеріях.

Середній тиск (СТ) характеризує енергію безперервного руху крові і визначається сумою величини діастолічного тиску і ½ (для аорти) або 1/3 ПТ (для для периферичних артерій).

СТ = ДТ + 1/3ПТ

Нормальними величинами АТ для осіб молодого віку вважають:

105-138 мм рт.ст. (14,-15,9 кПа) – **СсТ;**

60-85 мм рт.ст. (9,3-10,6 кПа) – **ДТ.**

З віком тиск крові дещо зростає.

ПТ у великих артеріях складає 40-60 мм рт.ст. (5,3-8,0 кПа), у легеневому стовбурі 15 мм рт.ст. (2,0 кПа).

СТ в аорті становить 90-100 мм рт.ст. (12,0-13,3 кПа), у малих артеріях – 70-90 мм рт.ст. (9,3-12,0 кПа).

Для визначення кров'яного тиску використовується сфігмоманометр. Основні його частини – це гумова манжета, нагнітальна гумова груша і ртутний або пружинний манометр.

Усі частини з'єднуються герметично системою гумових трубок. Додається фонендоскоп.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Основні прояви діяльності серця. Гемодинаміка.

Мета: Оволодіти методикою вислуховування тонів серця людини та пальпації серцевого поштовху, визначення частоти серцевих скорочень (частоти пульсу), тривалості серцевого циклу за частотою пульсу людини. Навчитися розраховувати систолічний і хвилинний об'єми крові. Засвоїти методику сфігмоманометрії (вимірювання артеріального тиску).

Матеріали та обладнання: *фонендоскопи або стетоскопи, сфігмоманометри, секундоміри, спирт, вата.*

Питання для самостійної підготовки:

1. Загальна характеристика системи кровообігу. Функціональне значення малого і великого кіл кровообігу.
2. Фізіологічні властивості серцевого м'яза. Провідна система серця. Зміни збудливості в процесі діяльності серця.
3. Електричні явища в серці. Електрокардіографія.
4. Серцевий цикл. Фази серцевого циклу.
5. Зовнішні прояви роботи серця: серцевий поштовх, тони серця, артеріальний пульс.
6. Частота серцевих скорочень (ЧСС). Фактори, що впливають на ЧСС. Серцевий ритм. Аритмія: дихальна, синусова, екстрасистолія.
7. Фактори, що забезпечують безперервність руху крові по судинах.
8. Систолічний і хвилинний об'єм крові.
9. Об'ємна і лінійна швидкості кровотоку. Фактори, які впливають на об'ємну і лінійну швидкості.
10. Артеріальний тиск, види артеріального тиску: систолічний, діастолічний, пульсовий, середній. Тиск крові в різних ділянках судинної системи.
11. Пульсова хвиля, механізм її виникнення. Артеріальний пульс. Швидкість розповсюдження пульсової хвилі.

12. Особливості кровообігу в капілярах і венах. Позасерцеві фактори руху крові.
13. Регуляція діяльності серця і судинного тонусу.

Практичне завдання 1

Вислуховування тонів серця у людини (аускультація)

Хід роботи

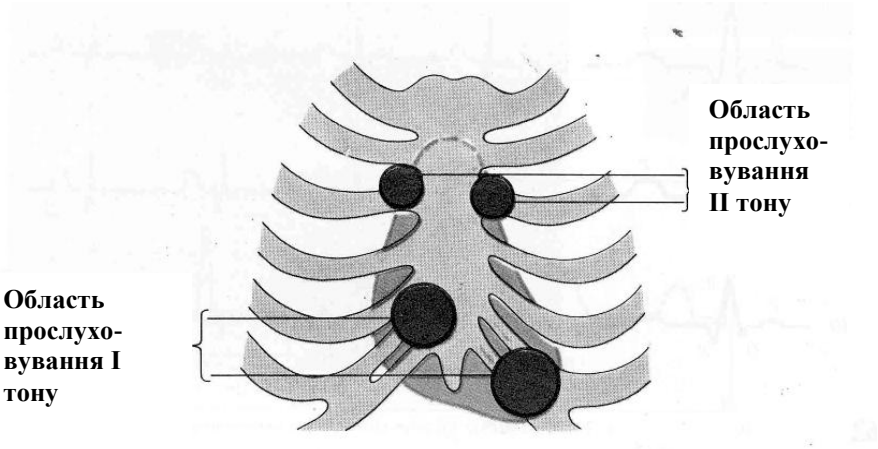


Рис. 17. **Проекція точок прослуховування тонів серця.**

Оливи фонендоскопа дезінфікують спиртом і вислуховують тони серця у досліджуваного у стані спокою і після фізичного навантаження (20 присідань). Зазначають відмінності в силі тонів. Характеризують перший і другий тони серця.

Висновки:_____
_____
_____

Практичне завдання 2

Підрахунок частоти серцевих скорочень (пульсу) пальпаторним методом

Хід роботи

Студенти діляться на бригади по дві особи і підраховують один в одного частоту пульсу за 1 хв. Пальпаторний метод

полягає у визначенні пульсації поверхнево розташованих артерій шляхом легкого притискування їх до підлеглих кісток і підрахунку пульсових хвиль, що проходять по цих артеріях.

Частота пульсу підраховується в зоні проекції променевої, сонної і скроневої артерій. В зоні проекції променевої артерії пульс нащупується другим, третім і четвертим пальцями на лівій або правій руці, шляхом притискування променевої артерії до однойменної кістки.

При підрахунку частоти пульсу в зоні проекції сонних артерій, останні притискуються другим, третім і четвертим пальцями з одного боку і великим пальцем з іншого боку до поперечних відростків шийних хребців під кутом нижньої щелепи.

Для визначення частоти пульсації скроневої артерії, вона притискується другим, третім і четвертим пальцями до однойменної кістки.

Студенти підраховують за 10 – 15 с кількість ударів пульсу в положенні лежачи, сидячи і стоячи. Потім множать кількість ударів за цей час відповідно на 6 або 4, щоб розрахувати кількість ударів за 1 хвилину. Найбільший пульс реєструється в положенні стоячи, а найменший – лежачи.

Потім підраховують частоту пульсу одразу після фізичного навантаження (20 присідань за 30 с). У здорових людей пульс після такого навантаження частішає не більше ніж на 30% від вихідної величини і повертається до неї не пізніше, ніж через 3 хв.

Усі результати реєструють і записують у зошит. Визначають різницю ЧСС в залежності від положення тіла. Знаходять величину, на яку відбулося збільшення частоти пульсу після фізичного навантаження (абсолютну і у %) і час відновлення ЧСС до вихідної величини.

Висновки:_____
_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 3

Визначення тривалості серцевого циклу за пульсом

Зміна станів скорочення (систоли) і розслаблення (діастоли) відділів серця, які повторюються циклічно, називається ***серцевим циклом.*** *При ЧСС 75 уд./хв тривалість циклу складає 0,8с (систола шлуночків – 0,33с, діастола шлуночків – 0,47с).*

Хід роботи

Знаходять пульс на променевій артерії. Підраховують кількість пульсових ударів за 5с кілька разів протягом 3 хвилин. 5 ділять на кожне знайдене число, визначаючи тим самим тривалість одного серцевого циклу. Розраховують середню тривалість серцевого циклу в кожні 5с підрахунку. Потім визначають кількість пульсових ударів за 1хв. 60 ділять на знайдене число і знаходять середню тривалість серцевого циклу.

Висновки:_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 4

Визначення артеріального тиску крові методом сфігмоманометрії

Хід роботи

Студенти діляться на групи по два чоловіки і визначають один в одного величину артеріального тиску методом сфігмоманометрії.

Манометр встановлюють на горизонтальній поверхні. Манжету накладають на оголене плече на 2 см вище ліктьової ямки. Нижче краю манжети, в ліктьовій ямці, визначають точку, де найкраще пальпується пульс. На це місце розміщують мембрану фонендоскопа. Грушею в манжету нагнітають повітря до зниження пульсу. Потім, за допомогою гвинтового клапана повільно випускають повітря з манжети. Слідкують, коли в певний момент з'являється добре чутний через фонендоскоп перший пульсовий удар (тон Короткова). Тиск в манжеті в цей

момент відповідає величині СсТ, яку реєструють на шкалі манометра. По мірі зниження тиску в манжеті, пульсові удари спочатку підсилюються, а потім послаблюються і зникають. Фіксують момент їх зникнення, тиск у манжеті у цей момент відповідає ДТ.

Вимірювання тиску виконують не довше 1хв, тому що тривале стиснення судин веде до порушення кровообігу кінцівки.

Визначення АТ здійснюють у стані спокою в положенні сидячи і стоячи, також одразу і через 3 хв після дозованого фізичного навантаження (20 присідань за 30с).

При нормальній реакції організму на таке фізичне навантаження СсТ підвищується на 10-20 мм рт.ст., ДТ або не змінюється, або знижується на 5-10 мм рт.ст. Ці показники повертаються до вихідних даних через 3-5 хв.

Розраховують належні величини тиску за формулами Волинського:

СсТ = 102 мм рт.ст. + (0,6 · вік); ДТ = 63 мм рт.ст. + (0,4 · вік).

Визначають нижню межу "норми" СсТ за формулою:

для чоловіків – 65 мм рт.ст. + вік; для жінок – 55 мм рт.ст + вік.

Заповнюють таблицю. Для розрахунків пульсового і середнього артеріального тиску використовують відповідні формули (див. стор. 69).

Таблиця

Стан досліджуваного		Артеріальний тиск, мм рт.ст.			
		СсТ	ДТ	ПТ	СТ
Спокій	Сидячи				
	Стоячи				
Після фіз. навантаження	Одразу				
	через 3 хв.				

Висновки:_____

_____

_____

_____

Практичне завдання 5

Розрахунок непрямих показників роботи серця – систолічного і хвилинного об'ємів крові

Хід роботи

Використовуючи дані, отримані при виконанні практичних завдань 2 і 4, визначити систолічний (СОК) і хвилинний (ХОК) об'єми крові в стані спокою і при фізичному навантаженні. СОК в мл визначають за формулою Старра:

СОК = 100 + 0,5 ▪ ПТ – 0,6 ▪ ДТ - 0,6 ▪ В,

де **ПТ** – пульсовий тиск; **ДТ** – діастолічний тиск; **В** – вік в роках.

ХОК в л/хв розраховують за формулою:

ХОК = СОК ▪ ЧСС,

або використовують формулу Лілієстранда і Цандера:

ХОК = (ПТ▪100):СТ,

де **ПТ** – пульсовий тиск, мм рт. ст., **СТ** – середній тиск, мм рт.ст.

Розраховують належний хвилинний об'єм крові (НХОК) у л/хв, який використовують як стандарт для порівняння з фактичним показником ХОК.

НХОК = 2,2 · S,

де 2,2 – *стандартний серцевий індекс* – це кількість крові, яка приходиться на одиницю поверхні тіла в одиницю часу, тобто 2,2 л/хв/м^2;

S – площа поверхні тіла (м^2), яку знаходять за допомогою формули: $S = K \cdot \sqrt{P \cdot h},$

де **P** – маса тіла в кг; **h** – зріст в см; **К** – математичний коефіцієнт, який для жінок становить 0,0162; для чоловіків – 0,167.

Висновки:_____

_____

_____

Тема 6. ФІЗІОЛОГІЯ ДИХАННЯ

Основні теоретичні положення

Дихання – це сукупність безперервних процесів, які забезпечують надходження O_2 і його споживання організмом, а також виведення CO_2 , який утворюється в результаті метаболізму.

Система дихання тісно пов'язана з іншими функціональними системами організму, тому виконує ряд не дихальних функцій. Легені відіграють важливу роль у діяльності системи зсідання крові, у синтезі білків та жирів, приймають участь у терморегуляції, підтримці водно-сольового обміну та кислотно-лужної рівноваги внутрішнього середовища організму.

Етапи дихання

I. *Зовнішнє дихання* або вентиляція легень – це обмін газів між зовнішнім середовищем і альвеолами легень;

II. *Дифузія газів у легенях* – обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю легеневих капілярів;

III. Транспорт газів кров'ю – це перенесення кисню артеріальною кров'ю від легень до тканин, а вуглекислого газу від тканин до легень венозною кров'ю.

IV. Дифузія газів у тканинах – обмін газів між кров'ю і тканинами на рівні тканинних капілярів.

V. Клітинне дихання – поглинання кисню і виділення вуглекислого газу клітинами.

Дихальний апарат людини складається з повітроносних шляхів і легень (Рис. 18). Легені розташовані в герметично замкнутій грудній порожнині. Права легеня складається з трьох часток: верхня, середня, нижня. Ліва – з двох часток: верхня, нижня. Ззовні легені покриті *вісцеральним* листком плеври, який в області основи легень переходить в *парієнтальний* листок, що вистилає внутрішню поверхню ребер. Між листками плеври є так звана „***плевральна щілина"*** - це простір, який містить 1-2 мл серозної рідини, що полегшує ковзання листків плеври під час дихальних рухів.

Легені завжди знаходяться в розтягнутому стані. Тиск у плевральній щілині нижчий за атмосферний.

Альвеоли легень представлені напівкулястими заглибленнями стінок альвеолярних ходів і дихальних бронхіол, діаметром – 150-300 мкм.

Із альвеол кисень дифундує у кровоносні капіляри, які густою сіткою покривають альвеоли ззовні, а вуглекислий газ з крові у просвіт альвеол. Альвеол нараховують близько 400 млн.

в одній легені. Загальна дифузійна поверхня альвеол становить 90-120 м^2.

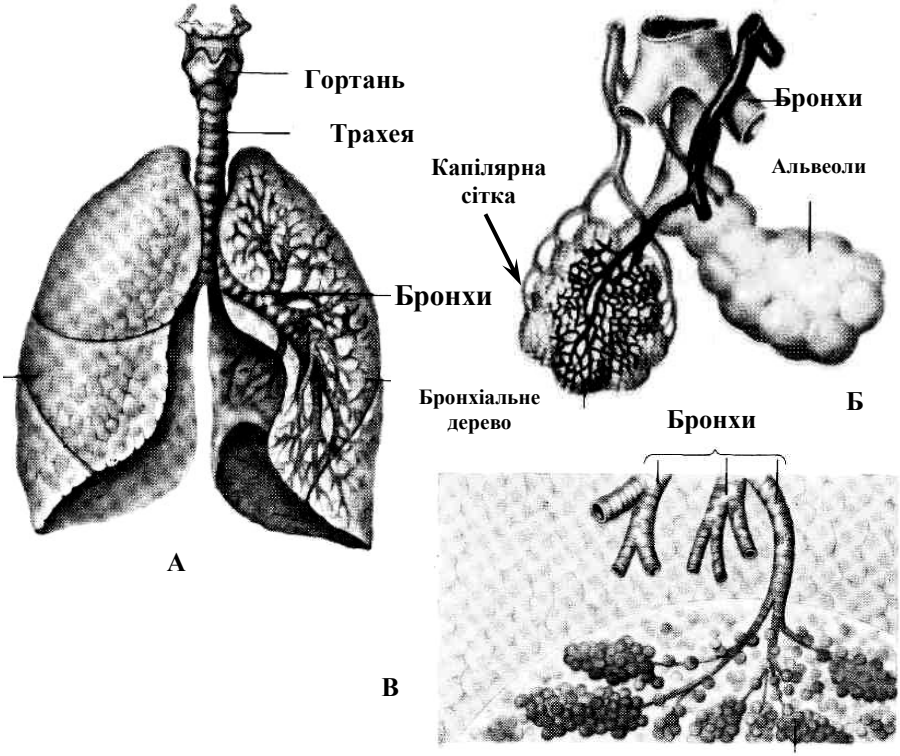


Рис. 18. **Будова легень.**
А – повітроносні шляхи і респіраторні відділи, Б – легеневі альвеоли і їх кровопостачання, В – частка легені.

Зовнішнє дихання, тобто обмін газів між атмосферним і альвеолярним повітрям здійснюється в результаті ритмічних дихальних рухів грудної клітки. Під час вдиху в альвеоли надходить повітря з великою кількістю O_2, а під час видиху з них виводиться частина повітря з підвищеним вмістом CO_2. Таким чином склад повітря в альвеолах постійно оновлюється внаслідок дихання. Під час вдиху об'єм грудної порожнини збільшується, а під час видиху – зменшується. Фаза вдиху – це *інспірація*, і фаза видиху – це *експірація*, складають *дихальний*

цикл. За хвилину в спокійному стані людина здійснює в середньому 16-20 дихальних циклів. У спортсменів частота дихання меша – 8- 14 дихальних циклів за хв.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) – це максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального вдиху. У жінок в середньому ЖЄЛ становить 3,0-3,5л, у чоловіків (не тренованих) – 3,5-4,5л. У тренованих осіб – від 5,0 до 8,0-9,0л. ЖЄЛ складають такі об'єми, як дихальний, резервний об'єм вдиху і резервний об'єм видиху.

Об'єми легеневого повітря.

Дихальний об'єм (ДО) – об'єм повітря, який людина вдихає і видихає при спокійному диханні. ДО у дорослих нетренованих людей дорівнює в середньому 500 мл.

Резервний об'єм вдиху (РОВд) – максимальний об'єм повітря, який можна вдихнути зверх спокійного вдиху (1500-2500мл).

Резервний об'єм видиху (РОВид) – максимальний об'єм повітря, який можна видихнути зверх спокійного видиху (близько 1300мл).

У легенях навіть при глибокому видиху завжди залишається певна кількість повітря. Це **залишковий об'єм (ЗО)**, який складає близько 1200 мл, що у нормі становить 25-30% від величини ЖЄЛ.

Об'єм повітря, яке міститься у повітроносних шляхах, не приймає участі у газообміні і називається **об'ємом "мертвого" простору (ОМП)** і становить близько 150 мл.

Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ) – об'єм повітря в легенях, що залишається після спокійного видиху. Дорівнює сумі залишкового і резервного об'ємів і становить близько 2000-2500 мл.

Загальну ємність легень (ЗЄЛ) складає об'єм повітря у легенях після максимального вдиху. В нормі становить 4500-7000 мл.

Об'єм повітря, який проходить через легені за 1хв називається **хвилинним об'ємом дихання (ХОД)** у мл/хв, де

ЧД – частота дихання (кількість дихальних рухів за 1хв), ДО – дихальний об'єм (мл).

У нетренованих осіб у стані спокою ЧД становить 16-20 дихальних рухів за 1 хв, у тренованих осіб 8-14, при фізичних навантаженнях може збільшуватися до 30-40.

ХОД у стані спокою дорівнює 6-8 л/хв. При фізичній роботі ХОД наближається до рівня максимальної вентиляції легень і може становити у дорослих нетренованих осіб 60-80 л/хв, у тренованих – 150-180 л/хв.

Максимальна вентиляція легень (МВЛ) – об'єм повітря, яке проходить через дихальну систему протягом 1хв при максимально інтенсивному і глибокому диханні (60-180 л/хв у дорослих нетренованих людей і 150-200 л/хв у спортсменів).

Коефіцієнт вентиляції легень (КВЛ) показує, яка частина альвеолярного повітря вентилюється за один дихальний цикл. Велике значення має для КВЛ величина ДО, чим більший ДО, тим кращій КВЛ. КВЛ у нетренованих складає 1/7 або 1/6, а у тренованих 1/3 або 1/4.

Відношення величини показника ЖЄЛ до маси тіла становить так званий *життєвий показник* (ЖП). Його середня величина у юнаків – 60-70 мл/кг, у дівчат 50-60 мл/кг. Високі величини життєвого показника свідчать про більші функціональні можливості дихальної системи.

Склад вдихуваного, видихуваного і альвеолярного повітря має різне відсоткове співвідношення CO_2 і O_2. Найменше CO_2 і найбільше O_2 у вдихуваному атмосферному повітрі. Склад видихуваного повітря пояснюється тим, що він є сумішшю альвеолярного повітря і повітря з повітроносних шляхів.

Склад сухого повітря (вміст кисню і вуглекислого газу у %)

Атмосферне	***Видихуване повітря:***	***Альвеолярне повітря: (вдихуване) повітря***
O_2 -20,93%; CO_2 – 0,03%;	O_2 – 16,0%; CO_2 – 4,5%.	O_2 – 14,0%; CO_2 – 5,5%.

Транспорт кисню (O_2) кров'ю.

O_2, який розчиняється в плазмі крові капілярів малого кола одразу дифундує в еритроцити, де зв'язується з гемоглобіном (Нв) і утворює фізіологічну сполуку $НвO_2$ – *оксигемоглобін*. Тому в 100 мл крові при температурі тіла розчиняється всього 0,3 мл O_2, а в зв'язаному вигляді з Нв, кисню міститься 190 мл/л. Одна молекула гемоглобіну приєднує 4 молекули кисню. O_2 дуже швидко зв'язується з Нв. Час напівнасичення Нв киснем – 3 мс. В капілярах альвеол при стабільних нормальних умовах (тобто при належній перфузії і вентиляції) практично весь Нв перетворюється на $НвO_2$ – це нетривка, легкодисоціююча сполука. Перетворення Нв в $НвO_2$ визначається напругою розчинного O_2 у крові. Графічно ця залежність виражається кривою дисоціації $НвO_2$ (розщеплення), яка має форму гіперболи, а це значить що між парціальним тиском O_2 і кількістю утвореного НвО немає прямо пропорційної залежності.

Фактори, які сприяють дисоціації $НвO_2$:

1). Збільшення в крові концентрації H^+ і CO_2.

2). Підвищення температури ($37 – 38^o$).

3) Кількість 2,3-дифосфогліцерату еритроцитів збільшується при зменшенні напруги O_2 в крові. Занурюється в центр *$НвO_2$* і розщеплює його.

Це умови при фізичному навантаженні в скелетних м'язах, міокарді та в нервових тканинах, нирках, печінці, де поглинається багато O_2 під час їх роботи (тобто зростає інтенсивність окисних процесів). Збільшення вмісту молочної кислоти в крові також сприяє дисоціації *НвО*.

Показник, який виражає вміст O_2 в крові – називається **кисневою ємністю крові (КЄК)** – це максимальна кількість O_2, яку може зв'язати кров при повному насиченні Нв киснем.

КЄК виражається кількістю НвО в 100 мл крові, тому залежить від вмісту Нв в крові.

1г Нв може приєднати 1,34 мл O_2. Якщо у 100 мл крові міститься 14 г Нв (14% Нв в крові), то КЄК = 14▪1,34=19 мг(об.%) – це середня КЄК крові.

КЄК коливається у межах – 17,4 – 24,1 (об.%) O_2. При фізичній роботі КЄК зростає на 10-15%. Якщо вважати, що вся кров людини містить ≈750 г Нв, то загальна КЄК складає 1000 мл O_2, що достатньо для використання O_2 протягом 5-6 хв. роботи. Але, по-перше, фактично тільки частина крові приймає участь у кровообігу. По-друге, навіть при парціальному тиску кисню в альвеолярному повітрі 100 мм рт.ст. тільки 96% гемоглобіну зв'язується з O_2. При фізичному навантаженні – 97 – 99 %.

Транспорт вуглекислого газу кров'ю.

Вміст вуглекислого газу у венозній крові складає близько 58 об.%. Він транспортується кров'ю трьома шляхами:

1). У зв'язаному вигляді в складі солей вугільної кислоти, які містяться у плазмі і еритроцитах. Ці сполуки входять до складу білків крові. Це $NaHCO_3$ – бікарбонат натрію. У легенях дисоціює і CO_2 виходить в альвеоли. Таким чином транспортується 51% CO_2.

2). 4-5 об.% CO_2 у вигляді карбогемоглобіну: $CO_2 + Нв \rightarrow НвCO_2$ (фізіологічна легкодисоційована сполука).

3). 2,5 об.% CO_2 – у стані фізичного розчинення в крові $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

Дифузія кисню у тканини відбувається за рахунок різниці напруги O_2 між артеріальною кров'ю (96-100 мм рт.ст.) і міжклітинною рідиною (20-40 мм рт.ст.). У протоплазмі клітин, які енергійно споживають O_2, його напруга зменшується до 0. Не весь кисень крові віддається тканинам, а близько 40%, тому напруга O_2 у венозній крові нижча (40 мм рт.ст).

Той відсоток кисню, від загального вмісту його в артеріальній крові, який отримують тканини називається **коефіцієнт утилізації кисню.** Його можна розрахувати за формулою:

$$КУК = \frac{АВРО_2}{КЄКарт} \cdot 100\%,$$

де $АВРО_2$ – це артеріо-венозна різниця за киснем, яка визначається як різниця між КЄК артеріальної і КЄК венозної.

У зв'язку з обміном речовин в клітинах вміст газів в артеріальній і венозній крові різний. Показники вмісту кисню і

вуглекислого газу в артеріальній і венозній крові приведені у таблиці.

Таблиця

Місце знаходження газу	Вміст газів в об.%		
	O_2	CO_2	N_2
В артеріальній крові	18-20	50-52	1
У венозній крові	11-12	55-58	1

Азот в газообміні не приймає участі, а кисень відіграє велике значення, тому враховують величину **артеріо-венозної різниці за O_2** – АВР(O_2), вона складає: КЄКарт. – КЄКвен. = 19-11 = **8 об.%**

При фізичній роботі АВРO_2 зростає до 10-11 об.%

У стані спокою коефіцієнт утилізації кисню складає 30-40%. При важкій м'язовій роботі зростає до 50-60%, за рахунок зменшення КЄКвен. до 8 об.% Це відбувається завдяки ряду причин:

1). відкриття нутрітивних капілярів, які не функціонують в стані спокою.

2). Активізація міоглобіну.

3). Підвищення температури працюючих м'язів до +38^oC в .

4).Посилення ферментативних процесів у м'язах.

5). Посилене утворення кислот-молочної, вугільної, що сприяє дисоціації *НвО*.

Вплив фізичної роботи на дихання. Максимальне споживання кисню (МСК). У стані спокою людина споживає 200-300 мл O_2, що забезпечується величиною хвилинного об'єму крові. Під час фізичного навантаження споживання кисню (СК) зростає, що забезпечується включенням в роботу інших факторів кардіо-респіраторної системи.

Але фізична працездатність людини тобто її здатність виконувати фізичну роботу залежить від величини „кисневої стелі" – це межа можливого збільшення СК при зростанні інтенсивності м'язової роботи. Цей показник називається МСК. Отже, **максимальне споживання кисню** це показник здатності організму до енергозабезпечення за рахунок аеробних процесів,

максимально посилених м'язовою роботою, що триває близько 3 хв. МСК виражають в л/хв.

МСК чітко відображає загальну фізичну працездатність людини і залежить від активної маси тіла. Так як люди мають різні антропометричні показники (зріст, вагу), то МСК виражають не просто в л/хв., а в мл/хв·кг$^{-1}$.

Величина МСК – це інтегральний показник, який характеризує сумарну потужність як аеробних, так і анаеробних систем енергозабезпечення під час максимального фізичного навантаження. Такому навантаженню відповідає максимальне значення ЧСС, тому існує пряма залежність між МСК і максимальною частотою серцевих скорочень..

Абсолютна величина МСК нетренованої людини становить 2500-3500 мл/хв, а відносна МСК складає 28-40 мл/хв▪ кг$^{-1}$. Середні показники МСК у студентської молоді – 39-42 мл/хв.·кг$^{-1}$. Середній показник МСК у нетренованих чоловіків 25-30 років – 40-45 мл/хв.·кг$^{-1}$. У спортсменів, які займаються циклічними видами спорту (велоспорт, біг, гребля, плавання, ковзанярський, лижний спорт) показники МСК найвищі. У елітних спортсменів-легкоатлетів МСК близько 80 мл/хв·кг$^{-1}$.

Найвищі зареєстровані показники МСК:

Бьєрн Делі (лижні гонки) : МСК = 90 мл/хв·кг$^{-1}$.

Індурайн (велоспорт), Морселлі (біг на середні дистанції): МСК перевищує 90 мл/хв·кг$^{-1}$.

Для порівняння: у скакового коня МСК більше 150 мл/хв·кг$^{-1}$.

Регулярні заняття спортом викликають достатньо швидке зростання величини МСК протягом перших 6 місяців, після чого його значення стабілізується, що відображає достатньо високий рівень адаптації серцево-судинної системи у практично здорових людей до регулярних фізичних навантажень.

Величина МСК залежить від інтенсивності механізмів поглинання кисню у легенях кров'ю легеневих капілярів, транспортування його до активних органів і поглинання O_2 клітинами. Тому основні фактори, які лімітують МСК, це **фактори аеробного енергозабезпечення** роботи.

Перша група: Фактори киснево-транспортної системи:

a) Функціональна можливість зовнішнього дихання – величина МВЛ, КВЛ, ДО, ЖЄЛ.

b) Дифузійна здатність альвеолярно-капілярного бар'єру (зростання за рахунок попередніх факторів + розширення альвеолярної мережі капілярів).

c) Апарат кровообігу: хвилинний об'єм крові, тонус артеріальних судин, ефективність повернення крові до серця (дихальний і м'язовий насоси); швидкість капілярного кровотоку, кількість нутрітивних капілярів. СОК – зона зростання 100-110 – 170-180 уд.хв$^{-1}$ у нетринованих і 110-200 уд.хв$^{-1}$ у тренованих осіб.

d) Киснева ємність крові (КЄК). Загальний вміст в крові еритроцитів і Нв.

Друга група: Здатність скелетних м'язів утилізувати O_2, який надходить з кров'ю:

a) ПС – волокна м'язів: з великим вмістом міоглобіну, великою кількістю мітохондрій (у них відіграє велику роль щільність і загальна площа мітохондріальних крист.); висока активність окислювальних ферментів (АТФ-ази, глікокінази).

b) Вміст у м'язах глікогену.

c) Вміст глікогену в печінці.

Велику роль у збільшенні величини МСК відіграють фактори, що визначають анаеробну енергопродуктивність.

Анаеробна продуктивність організму – це здатність організму функціонувати за рахунок **безкисневих** біохімічних процесів енергозабезпечення. Анаеробна продуктивність організму обумовлена такими факторами:

1. Запаси макроергічних сполук (АТФ і креатинфосфату) у м'язах.
2. Активних ферментів анаеробного розщеплення.
3. Буферні властивості крові.
4. Адаптація тканин до зниження pH крові (лужний резерв крові).
5. Наявність у м'язах швидко-скоротливих (ШС) волокон.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1

Зовнішнє дихання. Транспорт газів кров'ю. Газообмін у тканинах.

Мета: Оволодіти методами спірометрії і пневмотахометрії; навчитись оцінювати функціональний стан дихальної системи за допомогою функціональних проб; ознайомитися з розрахунками показників транспорту кисню кров'ю та його дифузії у тканинах.

Матеріали та обладнання: *спірометр, пневмотахометр, ростомір, медичні ваги, секундомір, спирт, вата.*

Питання для самостійної підготовки

1. Поняття про дихання, його значення для організму. Етапи дихання.
2. Загальний план будови дихального апарату. Значення верхніх дихальних шляхів.
3. Механізм вдиху і видиху. Вентиляція легень.
4. Зовнішнє дихання, його показники. Частота дихання.
5. Газообмін у легенях і тканинах.
6. Транспорт газів кров'ю. Киснева ємність крові (КЄК). Артеріо-венозна різниця (АВР). Коефіцієнт утилізації кисню тканинами (КУК). Крива дисоціації гемоглобіну.
7. Дихальний центр, його локалізація. Нейрогуморальна регуляція дихання. Рефлекторна регуляція дихання. Вплив фізичного тренування на дихальну систему.
8. Вплив фізичної роботи на дихання. Кисневий запит (сумарний, хвилинний). Максимальне споживання кисню (МСК).

Практичне завдання 1

Дослідження показників зовнішнього дихання. Визначення життєвої ємності легень (ЖЄЛ) та її складових об'ємів (спірометрія)

Метод спірометрії передбачає вимірювання дихальних об'ємів спірометром. Є водяний і сухий (повітряний) спірометри.

Хід роботи

Визначення ЖЄЛ здійснюється в положенні стоячи. Мундштук спірометра протирають змоченою у спирті ватою. Досліджуваний виконує кілька дихальних рухів, встановлює стрілку спірометра на нульову позначку вимірювальної шкали. Потім робить глибокий максимальний вдих і максимально видихує повітря з легень через спірометр. Видих не повинен бути форсованим. Спроби повторюють кілька разів, щоразу встановлюючи стрілку спірометра у вихідне положення. Знаходять середнє значення ЖЄЛ.

ЖЄЛ визначають у положенні стоячи та лежачи, а також після фізичного навантаження (20 присідань). Зазначають різницю у результатах.

Оцінюють виміряний показник, зіставляючи його з теоретично розрахованою нормою – належною величиною. Належну життєву ємкість легень (НЖЄЛ) визначають за номограмою (Рис. 19.).

Або розраховують за формулами Людвіга:

- **для чоловіків:** ***НЖЄЛ = 40 · зріст (см) + 30 · маса тіла (кг) - 4400***
- **для жінок:** ***НЖЄЛ = 40 · зріст (см) + 10 · маса тіла (кг) – 3800***

Отриману під час дослідження фактичну ЖЄЛ **(ФЖЄЛ)** виражають у відсотках до належної**:** $\frac{ФЖЄЛ}{НЖЄЛ} \cdot 100\%$.

Відхилення ФЖЄЛ від НЖЄЛ у здорових людей, як правило, не перевищує ±10-15%. У тренованих осіб, зокрема у тих, котрі займаються циклічними видами спорту, особливо плаванням, греблею, ФЖЄЛ більша за належну.

Визначення дихального об'єму (ДО). Шкалу спірометра встановлюють у вихідне положення. Виконують 4-5 спокійних видихи у спірометр (після спокійних вдихів із зовнішнього повітря). Показник на шкалі у л ділять на кількість видихів і знаходять середнє значення ДО.

Належну величину ДО (НДО) розраховують за формулою:

НДО = 0,2 · НЖЄЛ

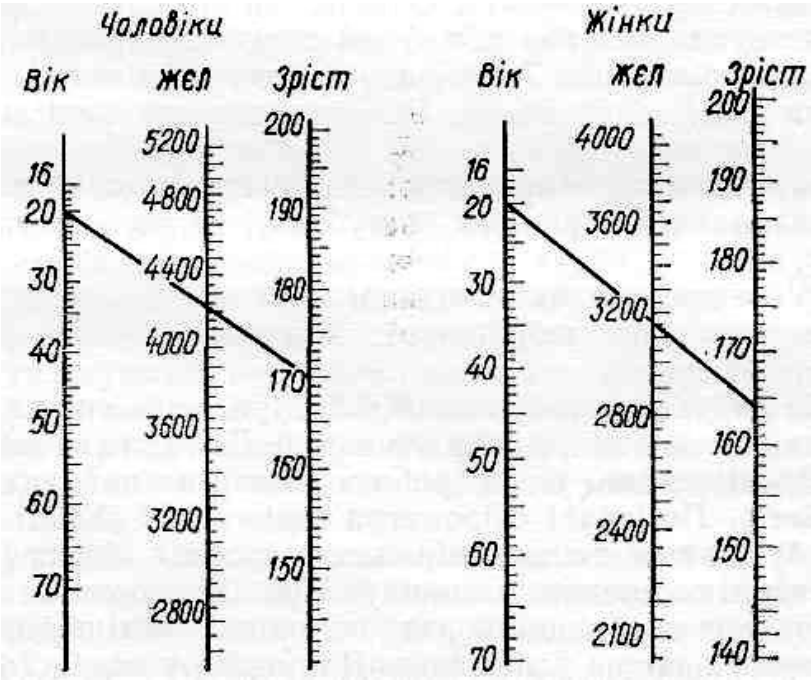


Рис. 19. **Номограма для визначення показників ЖЄЛ**

Визначення резервного об'єму видиху (РОВид). Досліджуваний після чергового спокійного видиху робить максимальний видих у спірометр. По шкалі визначають величину РОВид. Повторюють спроби кілька разів і знаходять середнє арифметичне. Належну величину РОВид (НРОВид) розраховують за формулою: ***НРОВид = 0,3 · НЖЄЛ***

Визначення резервного об'єму вдиху (РОВд). При обчисленні РОВд від величини ЖЄЛ віднімають суму дихального об'єму і резервного об'єму видиху: $РОВд = ЖЄЛ - (ДО + РОВид)$.

Розрахунок ФЗЄ, ЗЄЛ і КВЛ здійснюють за відповідними формулами:

Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ):

$ФЗЄ = ЗО + РОВид$ **,** де ЗО – залишковий об'єм легень (1100-1500 мл).

Для розрахунку належної величини ЗО використовують формулу:

для чоловіків: ***НЗО = 1,98·Н +0,22·В – 0,015· Р – 1,54***

для жінок: ***НЗО = 2,68·Н +0,007·В – 0,015· Р – 3,42,***

де: ***Н*** – зріст, м; ***В***- вік; ***Р*** – маса тіла, кг.

Загальна ємність легень (ЗЄЛ): $ЗЄЛ = ЖЄЛ + ЗО.$

Належну величину ЗЄЛ розраховують за формулами:

для чоловіків: ***НЗЄЛ = 6,92·Н +0,017· Р – 4,3***

для жінок: ***НЗЄЛ = 6,71·Н +0,015· Р – 5,77***

Коефіцієнт вентиляції легень (КВЛ) обчислюється за формулою: $КВЛ = \frac{ДО - ОМП}{ЗО + РОВид}.$ і виражається дробовим числом.

ОМП („об'єм мертвого простору") – в середньому становить 150 мл

Розрахунок хвилинного об'єму дихання (ХОД у мл/хв) у стані спокою виконують за формулою: $ХОД = ЧД \cdot ДО.$, де: ЧД – частота дихальних циклів за хв.

У досліджуваного у положенні сидячи визначають ЧД. При цьому руку розташовують на грудній клітці досліджуваного і підраховують число дихальних рухів протягом 1хв.

Таблиця

Показники зовнішнього дихання

Досліджувані показники		Нормальні величини		Результати дослідження
		неспортсмени	спортсмени	
ДО, мл		300-800	1000 і >	
РОвид.,мл		800-1200	1300 і >	
ЖЄЛ, мл	чол.	3500-4500	5000-9000	
	жін.	3000-3500	4000-5000	
РОвд., мл		1200-1500	> 1500	
НЖЄЛ, мл		Розраховується за формулам або номограмами		

Оцінка ФЖЄЛ,%	85-100	> 100	
КВЛ, ум. од	1/7	1/4 - 1/3	
ФЗЄ, мл	2000-2500	2500-3000	
ЗЄЛ, мл	4000-5000	6000 і >	
ЖП, мл/кг	40-50	70-100	

Висновки:_____
_____
_____
_____
_____

Практичне завдання 2

Оцінка функціонального стану дихальної системи за допомогою функціональних проб

Проби із затримкою дихання дозволяють оцінити стан дихальної системи, збудливість дихального центру, роль гуморальної регуляції дихання.

Внаслідок гіпервентиляції виникає ***гіпокапнія*** *– зниження парціального тиску вуглекислого газу в альвеолах і артеріальній крові, що сприяє зниженню збудливості дихального центру і виникненню* ***гіпервентиляційного апное*** *– збільшення тривалості затримки дихання.*

Хід роботи

1. Проба Штанге з максимальною затримкою дихання на вдиху. Після нормального вдиху і видиху досліджуваний виконує глибокий вдих і на висоті його затримує дихання, затуливши носа. Повторює операцію 3-4 рази. Фіксується максимальний показник затримки дихання. Результат записують у таблицю.

2. Проба Генчі з максимальною затримкою дихання на видиху. Досліджуваний робить видих, затримує дихання. Повторює пробу 3-4 рази. Пробу оцінюють за максимальним показником, використовуючи таблицю.

3.Проба із затримкою дихання після глибокого вдиху, зробленого після гіпервентиляції. Досліджуваний 20 с посилено

дихає (дихання максимально глибоке і часте) після чого робить глибокий вдих і затримує дихання. Реєструють і оцінюють результат, використовуючи таблицю.

3. Проба Вотчала. Досліджуваний за допомогою спірометра визначає ЖЄЛ (при цьому максимальний видих повинен бути тривалим). Повторно вимірює ЖЄЛ, але при максимально швидкому (форсованому) видиху. Результати порівнюють і аналізують, використовуючи таблицю. Проба дає змогу судити про ширину просвіту мілких бронхів, про тонус бронхіальних м'язів. Результат записують у таблицю.

4. Проба Шафрановського. У досліджуваного визначають ЖЄЛ у стані спокою, а потім після фізичного навантаження (20 присідань за 30 с). Порівнюють і аналізують отримані результати, використовуючи таблицю. ЖЄЛ повинна збільшитися або залишитися незмінною. Зменшення ЖЄЛ внаслідок фізичного навантаження є результатом підвищеної стомлюваності.

Таблиця

Оцінка дихальної системи за допомогою функціональних проб

Функціональні проби	Норма реакції	Результат
Штанге, с	40-60	
Генчі, с	30-40	
Проба із затримкою дихання після глибокого вдиху, с	90-100	
Вотчала, мл	Не >200-300	
Шафрановського, мл	Збільшення або без змін	

Висновки:

_____

_____

Практичне завдання 4

Розрахунок кисневої ємності крові, артеріо-венозної різниці та коефіцієнту утилізації кисню.

Киснева ємність крові (КЄК) – це максимальна кількість кисню, яку може зв'язати кров при повному насиченні

гемоглобіну киснем. КЄК залежить від вмісту в крові гемоглобіну (Hb).

Один моль O_2 займає об'єм 22,4л. Грам-молекула Hb здатна приєднати 22400 х 4 = 89600мл O_2 (4 – число гемів в молекулі Hb). Молекулярна маса Hb – 66800. Значить, 1г Hb здатний приєднати 89600 : 66800 = 1,34мл O_2.

У крові здорових чоловіків міститься в середньому 14,5г% Hb (145г/л), а в крові жінок близько 13г% (130г/л) за системою СІ.

При вмісту в крові 140г/л Hb, КЄК буде 1,34 х 140 = 187,6мл, або ≈ 19об.% (без врахування 0,3об.% O_2 розчиненого в плазмі).

У нормі КЄК артеріальної складає 180-200мл/л або 18-20об.%. А КЄК венозної – 120мл/л (12об.%).

Приклад.

У спортсмена під час тренування вміст Hb в крові зріс до 16,8г%. Чому дорівнює КЄК?

З урахуванням того, що 1г Hb приєднує в середньому 1,34мл O_2, 16,8г% Hb, який міститься у 100мл крові приєднує Х мл O_2. За пропорцією:

1г – 1,34мл
(Hb) (O_2)
16,8г% – Х мл; отже,

$X = 16,8 \cdot 1,34$; X = 22,51 – мл O_2.

Отже, у спортсмена КЄК становить 22,5 об.%.

Коефіцієнтом утилізації кисню (КУК) рахується частина кисню, яка поглинається тканинами з артеріальної крові.

КУК розраховують за формулою:

$$КУК = \frac{АВРО_2}{КЄКартер.} \cdot 100\%,$$ де

$АВРО_2$ – артеріо-венозна різниця крові за киснем. Розраховується так: $АВРО_2$ = КЄКартер.– КЄКвеноз.

В спокої КУК коливається від 30 до 40%. При важкій м'язовій роботі він збільшується до 50-60%.

ВИКОРИСТАНА І РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Физиология человека / Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. – М.: Медицинская книга; Н. Новгород, 2003. – 528с.
2. Вільям Ф. Ганонґ. Фізіологія людини: [підручник] / Вільям Ф. Ганонґ; [переклад з англ. наук. ред. перекладу М. Гжегодцький, В. Шевчук, О. Заячківська]. – Львів: БаК, 2002. – 784 с. ISBN 966-7065-38-3.
3. Кучеров І.С. Фізіологія людини: навч. посібник [для студентів ф-тів фіз. виховання пед. ін-тів] / Кучеров І.С., Шабатура М.Н., Давиденко І.М. – К.: Вища школа,1981. – 405 с.
4. Плахтій П. Фізіологія людини: [практикум] / Петро Плахтій (Навч. посібн.: в 3-х частинах / П. Плахтій; Ч. ІІ).– Кам'ян.-Подільський, 2005. – 240 с.
5. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Тестові завдання з загальної фізіології і фізіологічних основ фізичного виховання школярів: навч. посіб. / П.Д. Плахтій. – Кам'ян.-Под., 2001.–176 с.
6. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Ч. ІІ. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності: навч. посібн. / П. Д. Плахтій. – Кам'ян.- Подільський, 2000. – 25,3 ум. друк. арк.
7. Смирнов В. М. Физиология физического воспитания и спорта: учебник [для сред. и высш. учебн. заведений по физкультуре] / В. М. Смирнов, В. И. Дубровский – М.: ВЛАДОС–Пресс, 2002. – 608 с.
8. Физиология человека: в 4-х томах. [пер. с англ.] / [под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса]. – М.: Мир, 1985;1986.
9. Физиология человека / [Васильева В.В., Волков В.М., Степочкина Н.А., Трунин В.В.]; под ред. В.В.Васильевой. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 319 с.
10. Фомин Н.А. Физиология человека: учебное пособие [для фак. физ воспитания пед. ин-тов] – М.: Просвещение, 1982.–320 с.
11. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин. / Чайченко Г.М., Цибенко В.О., Сокур В.Д. ; за ред. проф. Цибенка В.О. – К.: Вища школа. – 2003. – 463 с.

ПРОГРАМНІ ПИТАННЯ
з навчальної дисципліни „Фізіологія людини”

1. Предмет фізіології, її зміст. Класифікація. Зв’язки фізіології з іншими науками. Методи досліджень у фізіології. Основні фізіологічні поняття. Рівні організації живого організму.
2. Функціональна активність живого організму. Подразливість. Подразнення. Подразники. Класифікація подразників.
3. Стан спокою. Визначення. Мембранний потенціал. Характеристика, величина, механізм. Мембранно-іонна теорія.
4. Збудження. Визначення. Потенціал дії. Характеристика, величина, тривалість, фази, механізм.
5. Збудливість. Визначення. Характеристика фаз збудливості при збудженні. Значення.
6. Параметри збудливості. Класифікація сили подразника. Залежність між силою і часом дії подразника. Реобаза, корисний час, хронаксія. Градієнт крутизни сили подразника. Акомодація. Характеристика цих показників і їх значення.
7. Вчення Н.Е.Введенського і О.О. Ухтомського про лабільність. Прямий і непрямі показники лабільності, їх характеристика. Реакції засвоєння та трансформації ритму. Оптимум та песимум частоти подразнення.
8. Поняття про руховий апарат. Функціональна рухова одиниця, її компоненти. Класифікація. Мотонейрон. Визначення. Структура.
9. Нервово-м’язовий синапс. Визначення. Структура. Механізм і закони проведення збудження через синапс.
10. Класифікація і властивості м’язів. Структура поперечносмугастого м’яза скелету.
11. Механізм м’язового скорочення. Теорія ковзання. Енергетика м’язового скорочення.
12. Поодиноке м’язове скорочення. Визначення. Характеристика періодів скорочення. Значення поодинокого скорочення в організмі.
13. Тетанічне скорочення. Визначення. Види, їх особливості. Значення тетанусу в організмі. Контрактура, види, механізм.
14. Тонічне скорочення. Визначення. Механізм. Значення тонічного скорочення.
15. Режими м’язових скорочень. Види, їх характеристика.
16. Сила м’язів. Визначення. Класифікація сили. Фактори, які впливають на силу м’язів.

17. Морфологічні фактори. Види гіпертрофії.
18. Біохімічні та функціональні (координаційні) фактори. Втома на рівні м'яза, ознаки, механізм.
19. Робота м'язів. Статична та динамічна робота. Вимірювання роботи. Форми і режими м'язових скорочень при різних видах роботи. Коефіцієнт корисної дії (ККД).
20. Нервова система. Класифікація, функції. Нейрони. Класифікація. Особливості обміну і кровопостачання у ЦНС. Нейроглія.
21. Міжнейронні синапси. Класифікація. Механізм і закони проведення збудження через синапс.
22. Нервові волокна. Визначення. Структура. Класифікація. Механізм і закони проведення збудження.
23. Рефлекс. Визначення. Класифікація рефлексів. Приклади.
24. Рефлекторна дуга. Визначення. Склад рефлекторної дуги. Класифікація.
25. Нервові центри. Визначення. Засоби вивчення функцій нервових центрів. Сегментарні і надсегментарні нервові центри. Соматотопічна організація нервових центрів. Особливості проведення збудження.
26. Сумація збудження. Види. Іррадіація, концентрація збудження у ЦНС. Приклади. Конвергенція, дивергенція.
27. Реакції засвоєння і трансформації ритму подразнення у ЦНС. Слідові процеси. Пам'ять. Види. Механізм. Реверберація. Індукція. Визначення. Види. Приклади.
28. Домінанта (О.О. Ухтомський). Визначення. Ознаки. Значення домінанти. Реципрокна діяльність центрів. Тонус нервових центрів.
29. Гальмування. Визначення. Роль І.М. Сєченова. Значення гальмування. Класифікація гальмування.
30. Пресинаптичне і післясинаптичне (пряме і зворотне) гальмування. Визначення. Механізм. Песимальне гальмування. Механізм.
31. Спинний мозок. Структура. Функції. Спинальний шок, механізм.
32. Провідні шляхи спинного мозку (висхідні), їх характеристика.
33. Пірамідна і екстрапірамідна рухові системи мозку, характеристика.
34. Задній мозок (довгастий мозок, варолієв міст). Структура, функції. Життєво важливі центри.
35. Середній мозок. Структура, функції. Орієнтувальний рефлекс. Децеребраційна ригідність.

36. Таламус. Структура. Класифікація ядер. Функції таламуса. Гіпоталамус. Функції. Гіпоталамо-гіпофазарна система. Гіпоталамічна нейросекреція.
37. Мозочок. Структура. Функції. Наслідки пошкодження мозочка.
38. Підкіркові ядра (базальні ганглії). Структура. Функції.
39. Кора великих півкуль. Цитоархітектоніка кори. Нейрони, волокна кори, їх класифікація. Функції, поля кори.
40. Ретикулярна формація. Структура, функції. Висхідні, низхідні шляхи. Впливи. Зміни електричної активності кори.
41. Парасимпатична вегетативна нервова система. Структура. Характеристика гангліїв, волокон, медіаторів. Функції. Вплив парасимпатичної нервової системи.
42. Симпатична вегетативна нервова система. Структура. Характеристика гангліїв, волокон, медіаторів, рецепторів. Функції. Вплив симпатичної нервової системи.
43. Поняття про вищу і нижчу нервову діяльність. Роль І.М.Сєченова і І.П. Павлова у розробці вчення про вищу нервову діяльність. Різниця між умовними і безумовними рефлексами. Умови і механізм утворення умовних рефлексів.
44. Класифікація умовних рефлексів, їх біологічне значення.
45. Гальмування у корі головного мозку. Безумовне гальмування. Види. Умовне гальмування. Види. Значення.
46. Вчення І.П.Павлова про типи вищої нервової діяльності і сигнальної системи. Класифікація. Характеристика і практичне значення типів вищої нервової діяльності.
47. Аналізатори. Визначення. Загальна структура аналізаторів. Класифікація. Загальні властивості аналізаторів (пороги подразнення, адаптація, сенсибілізація, індукція, іррадіація, сумація, слідові процеси).
48. Структура ока. Рефракція, аномалії рефракції. Акомодація. Механізм. Вікові особливості зорового аналізатора. Сприймання простору.
49. Зіничний рефлекс. Адаптація зорового аналізатора. Види, механізм. Поле зору. Кольоровий зір. Порушення кольорового зору.
50. Структура зовнішнього, середнього, внутрішнього вуха. Функції. Структура слухового аналізатора.

51. Механізм сприймання звуку. Види провідності звуку. Діапазон сприймання частоти і сили звуку. Точність визначення направлення звуку.
52. Внутрішнє середовище організму. Особливості. Система крові. Функції крові. Органи кровотворення і руйнування крові. Депо крові.
53. Кількість і склад крові, значення її складових частин.
54. Фізико-хімічні властивості крові: густина, в'язкість, ШОЕ, осмотичний тиск, онкотичний тиск.
55. Активна реакція крові (pH крові). Ацидози, алкалози. Характеристика.
56. Класифікація (компенсовані, декомпенсовані, газові – вентиляційні, негазові – обмінні, метаболічні). Приклади. Регуляція pH крові. Показники регуляції pH крові.
57. Групи крові. Класифікація, характеристика. Резус-фактор. Резус-конфлікт. Переливання крові (малої, великої порцій). Функції перелитої крові.
58. Еритроцити. Кількість, функції, тривалість життя, структура. Еритроцитоз, еритропенія. Гемоглобін. Склад, функції, кількість. З'єднання гемоглобіну (фізіологічні, патологічні).
59. Лейкоцити. Кількість, функції. Лейкоцитоз, лейкопенія. Лейкоцитарна формула. Характеристика. Значення різних форм лейкоцитів.
60. Тромбоцити. Кількість, функції. Зсідання крові, фази. Зміни зсідання крові. Антизсідальна система. Консервація крові.
61. Вікові особливості системи крові. Регуляція кровотворення (нервова, гуморальна).
62. Вплив фізичної роботи на систему крові. Міогенні лейкоцитоз, еритроцитоз. Фази. Значення.
63. Загальна характеристика системи кровообігу. Велике і мале кола кровообігу.
64. Структура серця. Властивості м'язів серця.
65. Автоматія і провідність серця. Характеристика провідної системи серця. Збудливість. Фазові особливості. Скоротливість міокарду.
66. Серцевий цикл. Фази. Характеристика. Зміни серцевого циклу при фізичній роботі.
67. Тони серця. Серцевий поштовх. Характеристика. Частота серцевих скорочень (ЧСС). Фактори, які впливають на ЧСС.

68. Систолічний і хвилинний об’єми крові (СОК, ХОК). Характеристика. Величини у стані спокою і при фізичній роботі. Електрокардіограма (ЕКГ). Відведення, характеристика, зміни ЕКГ при фізичній роботі.
69. Гемодинаміка. Поняття. Об’ємна (загальна і місцева) і лінійна швидкості кровообігу. Визначення. Величини.
70. Артеріальний тиск. Види тиску. Характеристика. Типи реакцій артеріального тиску на фізичне навантаження.
71. Артеріальний пульс. Швидкість розповсюдження пульсової хвилі. Час кровообігу крові. Особливості кровообігу у капілярах, венах, малому колі.
72. Регуляція діяльності серця, судин (нервова, гуморальна).
73. Вплив фізичної роботи на кровообіг. Вікові особливості діяльності серця, судин.
74. Дихання. Визначення, функції. Етапи дихання. Зовнішнє дихання. Механізм вдиху і видиху (рефлекс Герінга-Брейєра).
75. Показники зовнішнього дихання: дихальний об’єм, життєва ємність легень, частота дихання, хвилинний об’єм дихання, максимальна вентиляція легень, коефіцієнт вентиляції легень. Залежність показників від рівня тренованості, стану спокою, фізичної діяльності.
76. Склад атмосферного, видихуваного і альвеолярного повітря. Поняття про парціальний тиск газів. Показники.
77. Дифузія у легенях (O_2 і CO_2), механізм.
78. Транспорт газів кров’ю (O_2 і CO_2), механізм. Киснева ємність крові (КЕК).
79. Дифузія газів у тканинах (O_2 і CO_2), механізм. Артеріо-венозна різниця (АВР). Коефіцієнт утилізації кисню (КУК).
80. Регуляція дихання (нервова, гуморальні). Вікові особливості дихання.
81. Вплив фізичної роботи на дихання. Кисневий запит (сумарний, хвилинний). Максимальне споживання кисню (МСК). Кисневий борг.
82. Травлення. Визначення. Значення травлення. Класифікація травлення, ферментів. Функції травного тракту. Функції харчування. Методи дослідження функцій травного тракту, роль І.П. Павлова.

83. Травлення у ротовій порожнині. Кількість, склад слини, її травна дія. Механізм утворення слини (нервовий, гуморальний). Ковтання. Механізм.
84. Травлення у шлунку. Структура шлунку. Кількість, склад шлункового соку, його дія. Значення соляної кислоти, слизи.
85. Механізм регуляції виділення шлункового соку. Фази. Вплив складу харчів на секрецію у шлунку.
86. Моторна діяльність шлунку. Характеристика м'язів шлунку. Види скорочення. Рефлекс Сердюкова.
87. Травлення у дванадцятипалій кишці. Кількість, склад соку, його дія. Механізм секреції (нервовий, гуморальний).
88. Секреторна функція підшлункової залози (внутрішньо секреторна, зовнішньо секреторна). Характеристика гормонів.
89. Жовч. Утворення, депонування жовчі. Кількість, склад жовчі. Значення жовчі для травлення. Механізм регуляції (нервовий, гуморальний). Функції печінки.
90. Травлення у тонких кишках. Особливості структури. Кількість, склад соку. Механізм регуляції. Вплив фізичної роботи на травлення.
91. Травлення у товстих кишках. Процес усмоктування поживних речовин у різних відділах травного тракту. Рухова діяльність кишок. Вікові особливості.
92. Суть і значення обміну речовин. Процес обміну, етапи. Регуляція обміну речовин. Роль харчових речовин. Зміни обміну речовин при фізичній роботі.
93. Обмін білків. Значення білків в організмі, їх перетворення. Проміжні і кінцеві речовини, їх виділення. Незамінні амінокислоти, їх значення. Біологічно цінний білок.
94. Азотистий баланс. Характеристика. Білковий мінімум, оптимум. Норми білків на 1 кг ваги для дорослих, дітей, спортсменів. Регуляція обміну білків (нервова, гуморальна).
95. Обмін вуглеводів. Роль вуглеводів для організму. Перетворення вуглеводів. Проміжні і кінцеві речовини. Гіперглікемія, гіпоглікемія. Потреба у постачанні вуглеводів. Регуляція вуглеводного обміну (нервова, гуморальна).
96. Обмін жирів. Класифікація жирів, їх перетворення. Проміжні і кінцеві речовини. Ненасичені жирні кислоти, їх роль. Потреба у постачанні жирів. Регуляція обміну жирів (нервова, гуморальна).

97. Обмін води. Роль води в організмі. Класифікація води. Водний баланс. Регуляція обміну води (нервова, гуморальна).
98. Обмін солей. Роль солей в організмі. Класифікація солей, їх розподіл, потреба. Регуляція обміну солей (нервова, гуморальна).
99. Вітаміни. Визначення. Значення праць Луніна, Функа. Гіпервітаміноз, гіповітаміноз, авітаміноз. Класифікація вітамінів.
100. Характеристика водорозчинних вітамінів: B_1, B_2, B_6, B_9, B_{12}, РР, С. Роль вітамінів, ознаки їх недостачі, розподіл вітамінів у різних харчових продуктах, потреба.
101. Характеристика жиророзчинних вітамінів: А, Д, Е, К. Роль вітамінів, ознаки їх недостачі, розподіл вітамінів у різних харчових продуктах, потреба.
102. Обмін енергії в організмі. Розподіл енергії. Калориметрія, її значення. Методи. Пряма калориметрія, характеристика. Методи непрямої калориметрії. Дихальний коефіцієнт. Калоричний еквівалент. Ці показники для вуглеводів, білків, жирів.
103. Основний енергетичний обмін. Поняття. Залежність від різних факторів. Регуляція основного обміну (нервова, гуморальна). Відносний енергетичний обмін. Робочий додаток. Сумарний енергообмін. Витрачення енергії при різних формах діяльності.
104. Пойкілотермні і гомойотермні організми. Ізотермія. Температурні “оболонка” і “ядро”. Вимірювання температури у різних частинах тіла.
105. Хімічна і фізична регуляція тепла. Види, характеристика.
106. Теплорегуляція при різних температурних умовах. Гіпертермія, гіпотермія. Характеристика.
107. Механізм регуляції тепла в організмі (нервовий, гуморальний). Особливості теплорегуляції при фізичній роботі.
108. Екскреція. Визначення. Екскреторні органи, їх роль. Нирки. Структура, функції. Особливості кровообігу у нирках.
109. Фільтраційно-реабсорбційна теорія утворення сечі. Первинна, вторинна сеча.
110. Склад сечі. Порогові, непорогові речовини. Регуляція сечоутворення.
111. Механізм виділення сечі. Вікові особливості сечоутворення і сечо- виділення. Вплив фізичної роботи на діяльність нирок.

ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ І НАПИСАННЯ РЕФЕРАТІВ

1. Фізіологія нервової системи. Фізіологія вищої нервової діяльності.
2. Фізіологія травлення.
3. Обмін речовин та енергії. Терморегуляція.
4. Фізіологія органів виділення.