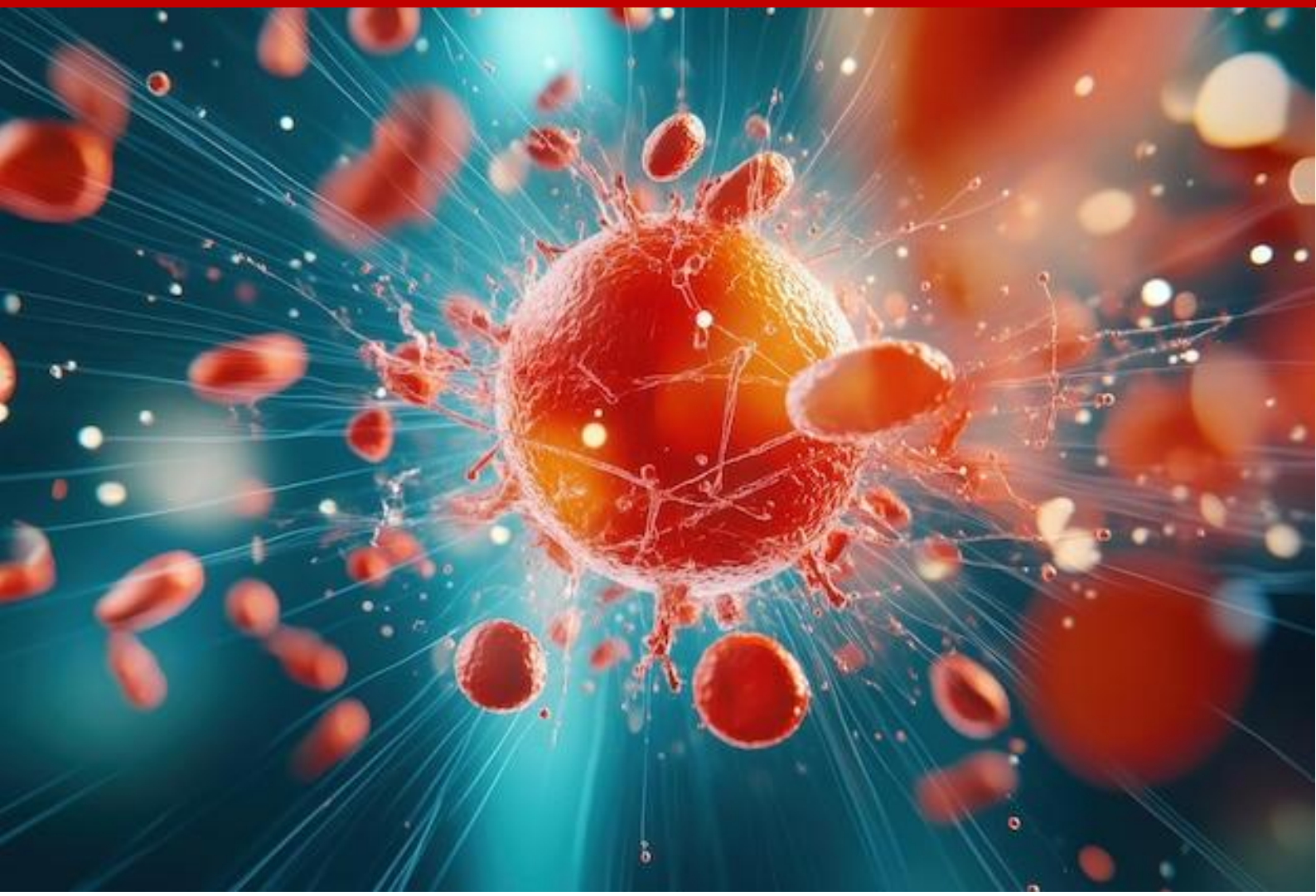


**Москальов В. Б.  
Юнов І. А.**

**Лабораторний  
практикум  
з фізіології**



Міністерство освіти і науки України

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ХАРКІВСЬКА ГУМАНІТАРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ»  
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ

# **Лабораторний практикум з фізіології**

для здобувачів вищої освіти

Харків  
2024

**УДК 591.1+612(075.8+371.388)**

**Укладачі:**

**Москальов В. Б.**, доктор філософії (біологія), старший викладач кафедри природничих дисциплін Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія» Харківської обласної ради.

**Іонов І. А.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, професор кафедри анатомії та фізіології людини імені доктора медичних наук, професора Я. Р. Синельникова Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди.

**Рецензенти:**

**Упатова І. П.**, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри природничих дисциплін Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія» Харківської обласної ради.

**Нікольченко О. А.**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу трансплантології та експериментального моделювання з експериментально-біологічною клінікою Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України».

**Лабораторний практикум з фізіології / уклад. В. Б. Москальов, І. А. Іонов. – Харків, 2024. – 97 с.**

Лабораторний практикум з фізіології призначений для опанування практичних навичок фізіологічного експерименту та допомагає вивченню механізмів функціонування органів та їх систем у людини та вищих тварин.

Практикум рекомендований здобувачам вищої освіти біологічної та суміжних спеціальностей (спортивні, медичні, сільськогосподарські, лісознавчі), для учителів закладів загальної середньої освіти та самоосвіти.

Практикум передбачає використання віртуальної фізіологічної лабораторії «LuPraFi-Sim».

УДК 591.1+612(075.8+371.388)

*Затверджено на засіданні кафедри природничих дисциплін Комунального закладу «Харківська гуманітарно-педагогічна академія» Харківської обласної ради (Протокол №1 від 27.08.2024 р.)*

© ХГПА, 2024  
© Москальов В. Б.,  
Іонов І. А.

# ЗМІСТ

<b>Передмова</b>		<b>4</b>
<b>Розділ I. Нервова регуляція і рух</b>		
<b>Тема 1</b>	Мембранні потенціали	<b>6</b>
<b>Тема 2</b>	Скорочення скелетних м'язів	<b>9</b>
<b>Тема 3</b>	Вивчення рефлексів	<b>15</b>
<b>Розділ II. Робота аналізаторів</b>		
<b>Тема 4</b>	Вивчення рухового аналізатора	<b>20</b>
<b>Тема 5</b>	Вивчення смакового аналізатора	<b>23</b>
<b>Тема 6</b>	Вивчення зорового аналізатора	<b>28</b>
<b>Розділ III. Фізіологія крові та кровообігу</b>		
<b>Тема 7</b>	Визначення гематокриту	<b>38</b>
<b>Тема 8</b>	Типування крові за групою та резусом	<b>43</b>
<b>Тема 9</b>	Об'ємна швидкість крові в судинах	<b>50</b>
<b>Тема 10</b>	Вивчення серцевого циклу	<b>54</b>
<b>Тема 11</b>	Автоматія серця	<b>57</b>
<b>Тема 12</b>	Регуляція роботи серця	<b>61</b>
<b>Тема 13</b>	Артеріальний тиск	<b>65</b>
<b>Розділ IV. Фізіологія вісцеральних систем</b>		
<b>Тема 14</b>	Вивчення механізму дихання	<b>73</b>
<b>Тема 15</b>	Дослідження травних ферментів	<b>79</b>
<b>Тема 16</b>	Вивчення діурезу	<b>83</b>
<b>Тема 17</b>	Гуморальна регуляція метаболізму	<b>91</b>

# Передмова

## *Шановний читачу!*

Опанування знань про функціонування організму людини та тварин не може бути повністю успішним без **практичного закріплення** – без виконання лабораторних робіт. Саме лабораторні дослідження, що виконують на хребетних тваринах, допомагають повноцінно засвоїти матеріал з фізіології.

Разом з тим, на сьогодні законодавство багатьох країн світу враховує біоетичні міркування у науковій та освітній діяльності. Одним з ключових положень біоетики є **концепція 3R**:

- ❖ **заміна** (Replacement) – використання замість високоорганізованих тварин низькоорганізованих або альтернативних методів дослідження;
- ❖ **скорочення** (Reduction) – використання методів, які дозволяють дослідникам отримувати інформацію від меншої кількості тварин;
- ❖ **удосконалення** (Refinement) – використання методів та схем дослідження, які полегшують або мінімізують потенційний біль, страждання або дистрес, а також покращують добробут дослідних тварин.

Реалізація концепції 3R передбачає, зокрема, використання комп'ютерних симуляцій, які відтворюють експерименти на хребетних тваринах, але не вимагають завдавати їм шкоди. Знання, що здобуваються в освітньому процесі не є новими в загальнонауковому сенсі, тому можуть формуватися з використанням таких технологій.

Пропонований **«Лабораторний практикум з фізіології»** містить настанови щодо виконання лабораторних робіт з тем **«Нервова регуляція і рух»**, **«Робота аналізаторів»**, **«Фізіологія крові та кровообігу»** та **«Фізіологія вісцеральних систем»**.

Переважна більшість робіт виконується з використанням віртуальної фізіологічної лабораторії **«LuPraFi-Sim»**, яку можна безкоштовно завантажити за **посиланням**.

Використання віртуальної фізіологічної лабораторії **«LuPraFi-Sim»** здійснюють на персональному комп'ютері або ноутбуку із підтримкою виконавчих файлів **«.exe»** та флеш-плеєра та може відбуватися в оффлайн-режимі (за умови попереднього завантаження програми). Деякі з лабораторних робіт теми **«Фізіологія крові та кровообігу»** виконуються на онлайн-симуляторах. Усі лабораторні роботи розділу **«Робота аналізаторів»** виконуються на самих здобувачах освіти.

***Бажаємо успіхів у вивченні фізіології!***





# **Розділ І.**

## **Нервова регуляція і рух**



## Тема 1. Мембранні потенціали

- Мета роботи** ознайомитися із загальними техніками електрофізіології, виміряти потенціал спокою мембрани збудливої тканини та спостерігати за його змінами під час збудження
- Обладнання** персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор «*LuPraFi-Sim*».

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### *Клітинна мембрана – заряджена структура*

У стані спокою, коли на збудливу тканину не діють подразники, її мембрана все одно поляризована. Внутрішня поверхня клітинної мембрани має негативний, а зовнішня – позитивний заряди. Причиною цього є різне співвідношення іонів всередині клітини та поза її межами (в першу чергу –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , органічних аніонів). Різниця концентрацій іонів, а відтак і потенціалів по різні боки мембрани, забезпечується механізмами транспорту крізь мембрану (активний транспорт, проти градієнту концентрації, насоси), ключову роль відіграє *Na-K-насос* (обмінює 3 іони  $\text{Na}^+$  з клітини на 2 іони  $\text{K}^+$  до клітини). За рахунок роботи насосу створюється різна проникність для різних іонів, що дає змогу розрахувати заряд мембрани за формулою Гольдмана-Ходжкіна-Катца:

$$E = -6,1 \cdot \lg \frac{[\text{K}^+]_i \cdot P_K + [\text{Na}^+]_i \cdot P_{\text{Na}} + [\text{Cl}^-]_o \cdot P_{\text{Cl}}}{[\text{K}^+]_o \cdot P_K + [\text{Na}^+]_o \cdot P_{\text{Na}} + [\text{Cl}^-]_i \cdot P_{\text{Cl}}}$$

де  $P$  – проникність мембрани для іону,  $[\ ]_i$  – концентрація іону всередині клітини,  $[\ ]_o$  – концентрація іону поза клітиною.

Різниця зарядів мембрани з її боків разом називається мембранним потенціалом спокою. Його можна виміряти за допомогою вольтметра, електроди якого занурюють у середину збудливої тканини (аксон кальмара, м'язове волокно) та до її поверхні. Величина мембранного потенціалу спокою залежить від типу тканини та її стану і звичайно знаходиться в межах -50...-100 мВ.

#### Нервова регуляція і рух

### **Генерація імпульсів – механізм швидкої передачі інформації**

Подразники порогової та надпорогової сили викликають відповідь мембрани збудливої тканини, яка полягає у деполяризації (зміні заряду) з наступною реполяризацією (відновленням вихідного заряду). Така швидка зміна заряду називається потенціалом дії. Потенціал дії (ПД) не здатний до сумачії, але може поширюватися вздовж мембрани без затухання, тому використовується нервовою тканиною для регуляції функції інших збудливих тканин (нервової, м'язової та залозистого епітелію).

Якщо подразник не досягає одразу порогової сили, він викликає не потенціал дії, а локальну відповідь. Вона не здатна до поширення, швидко затухає, але може сумуватися (тобто кілька підпорогових подразників, що діють через невеликі проміжки часу, викликають критичний рівень деполяризації мембрани (тобто таку зміну її заряду, що відповідає дії порогового стимулу) та призводять до генерації ПД.

Механізм генерації потенціалу дії заснований на швидкому відкриванні натрієвих каналів, їх блокуванні та відкритті калієвих каналів, їх блокуванні, та поверненні мембрани у початковий стан за допомогою насосів.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. МЕМБРАННИЙ ПОТЕНЦІАЛ СПОКОЮ**

Принцип методу: Електроди вольтметра підключають до внутрішнього середовища м'язового волокна та його поверхні.

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Перейдіть до розділів «М'ЯЗОВА СИСТЕМА» – «МЕМБРАННИЙ ПОТЕНЦІАЛ СПОКОЮ» («MUSCLES» – «RESTING MEMBRANE POTENTIAL»)
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Натисніть кнопку «ВВЕСТИ ЕЛЕКТРОДИ» («THRUST THE ELECRODE»)
- 1.4. Спостерігайте за шкалою вольтметра.
- 1.5. Визначте величину різниці потенціалів за шкалою вольтметра.
- 1.6. Для повторення досліду натисніть кнопку «ВИТЯГНУТИ ЕЛЕКТРОДИ» («PULL OUT ELECRODE»).
- 1.7. Зафіксуйте величину мембранного потенціалу спокою збудливої тканини.





## ЗАВДАННЯ 2. МЕМБРАННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДІЇ

**Принцип методу:** Два електроди вольтметра підключають до поверхні м'язового волокна та надсилають електричний стимул.

### Перебіг роботи:

- 2.1. Перейдіть до розділів «М'ЯЗОВА СИСТЕМА» – «МЕМБРАННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДІЇ» («MUSCLES» – «ACTION MEMBRANE POTENTIAL»).
- 2.2. Натисніть кнопку «СТИМУЛ» («STIMULUS»)
- 2.3. Зверніть увагу, як формується деполяризаційна хвиля, як вона рухається.
- 2.4. Спостерігайте за шкалою вольтметра, зверніть увагу на зміни потенціалу мембрани.
- 2.5. Визначте величини потенціалу дії.
- 2.6. Для повторення досліду натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТА» («RESTART EXPERIMENT»).
- 2.7. Замалюйте зміни заряду мембрани під час розвитку потенціалу дії.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо заряду мембрани збудливої тканини у стані спокою та під час розвитку потенціалу дії.

### ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Як заряджені зовнішня та внутрішня поверхні мембрани збудливої тканини? Які механізми підтримують заряд?
2. Поясніть сенс формули Гольдмана-Ходжкіна-Катца.
3. На яких тканинах вивчають мембранний потенціал спокою? Чому для цього часто використовують аксон саме кальмара?
4. Поміркуйте, чому дія електричного стимулу на нерв швидше викликає м'язове скорочення, ніж безпосередня дія на м'яз.
5. Дайте визначення потенціалу дії.
6. Порівняйте локальну відповідь та потенціал дії.
7. Які механізми лежать в основі потенціалу дії? Які іони забезпечують висхідну та низхідну частини потенціалу дії?
8. Для чого організм використовує потенціал дії?
9. Опишіть слідові потенціали.
10. Поміркуйте, як змінюється збудливість мембрани під час розвитку потенціалу дії та чому.

## Тема 2. Скорочення скелетних м'язів

### Мета роботи

поглибити знайомство з електрофізіологічними техніками; візуалізувати фази поодинокого м'язового скорочення та визначити зв'язок між силою стимулу та м'язового скорочення; дослідити вплив низької температури на м'язову збудливість і скорочення; вивчити види складних м'язових скорочень та проаналізувати міограми; визначити роль синапсів у розвитку м'язової втоми

### Обладнання

персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор «*LuPraFi-Sim*».

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### Поодиноке м'язове скорочення

Поодиноке м'язове скорочення – це реакція м'яза на одиночний нервовий імпульс. Воно характеризується швидким зростанням сили, досягненням піку і повільним розслабленням.

Для вимірювання поодинокого м'язового скорочення використовують різноманітні методи, які дозволяють реєструвати зміни довжини або сили м'яза у відповідь на електричну стимуляцію. Основні методи вимірювання: **ізометричне** скорочення (м'яз фіксується в нерухомому стані, і реєструється сила, яку він розвиває) та **ізотонічне** скорочення (м'яз скорочується при постійному навантаженні, і реєструється зміна його довжини). За **ауксотонічного** скорочення змінюються і довжина, й напруження м'яза – важко вимірювати.

Крива поодинокого скорочення включає такі етапи:

- ❖ Латентний період (час від моменту стимуляції до початку скорочення)
- ❖ Фаза скорочення (швидке зростання сили до максимального значення)
- ❖ Фаза розслаблення (повільне зниження сили до вихідного рівня)

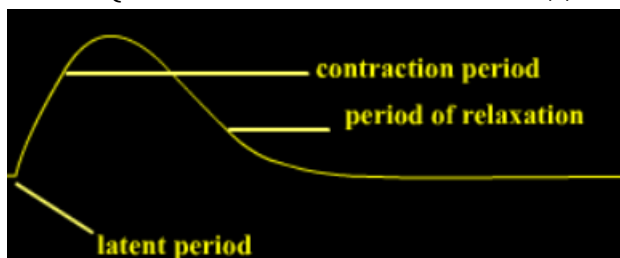


Рис. 1. Періоди поодинокого м'язового скорочення



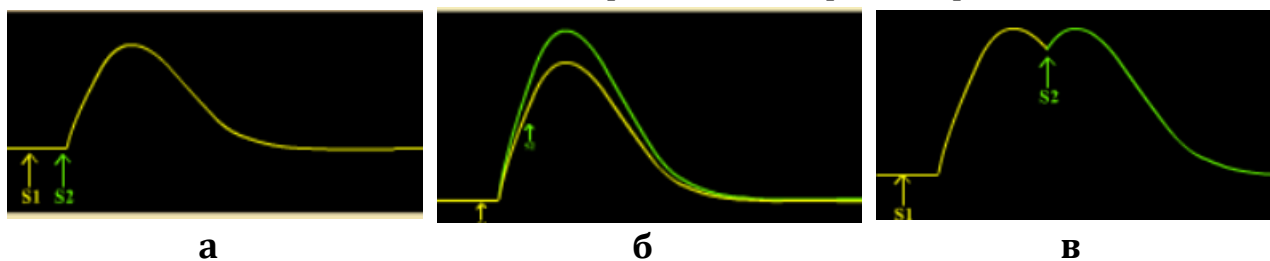
### Сумація м'язових скорочень

Сумація м'язових скорочень виникає у відповідь на мінімум два стимули, що надходять до того, як завершиться скорочення викликане першим стимулом (15-20 мс).

Враховуючи те, що другий стимул може подіяти на м'яз в одну з трьох фаз (латентна, скорочення, розслаблення), то можуть спостерігатися різні ефекти.

#### Можливі ситуації:

- 1) Другий стимул припадає на латентну фазу – нема ефекту, бо м'яз у цей час незбудливий (абсолютна рефрактерність);
- 2) Другий стимул припадає на фазу скорочення – відбувається повна сумація, на міограмі скорочення зливаються в одну криву;
- 3) Другий стимул припадає на фазу розслаблення – скорочення зливаються частково – на міограмі двопагорбова крива.



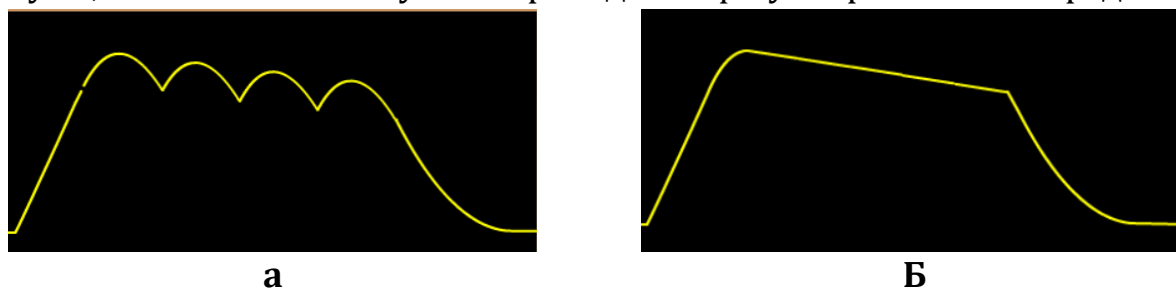
**Рис. 2. Міограми м'язових скорочень від двох стимулів:**

- а – сумація відсутня, другий стимул припадає на латентний період;  
 б – повна сумація, другий стимул надходить у фазу скорочення;  
 в – неповна сумація, другий стимул надходить у фазу розслаблення

Залежно від стану м'язу на момент наступного стимулу, сумарне скорочення може проходити по одному з двох варіантів:

**Неповна сумація («зубчастий тетанус»)** виникає, коли наступні стимули надходять у фазу розслаблення. Це відбувається за відносно низької частоти стимуляції та не дає змогу розвинути максимальну силу.

**Повна сумація («гладкий тетанус»)** характеризується високою частотою стимулів, за якої кожен наступний припадає на фазу скорочення попереднього.



**Рис. 3. Сумація м'язових скорочень:**

- а – неповна сумація («зубчастий тетанус»);  
 б – повна сумація («гладкий тетанус»)

### ***Роль нервово-м'язового синапсу в розвитку втоми***

М'язове скорочення забезпечується трьома структурами:

- ❖ руховий нейрон;
- ❖ нейром'язовий синапс (кінцева пластинка);
- ❖ волокно скелетного м'яза.

З перелічених структур лише **мотонейрон (руховий нейрон)** не піддається втомі, інші структури можуть її зазнавати.

#### **Основні механізми розвитку втоми у синапсах:**

**Виснаження запасу медіатора.** Кожен синапс використовує певний нейромедіатор (наприклад, ацетилхолін, норадреналін) для передачі сигналу. При тривалій активності синапсу запаси нейромедіатора можуть виснажитися. Зменшення кількості нейромедіатора призводить до зниження ефективності передачі сигналу і, як наслідок, до зниження сили м'язового скорочення та розвитку втоми.

**Зміна чутливості постсинаптичних рецепторів.** Постійна стимуляція постсинаптичних рецепторів може призвести до їх десенсибілізації (зниження чутливості). Це означає, що навіть якщо кількість нейромедіатора в синаптичній щілині не зміниться, постсинаптична клітина буде менш чутливою до нього.

**Накопичення метаболітів.** При активній роботі в синапсі накопичуються продукти метаболізму, які можуть впливати на функціонування синапсу і знижувати ефективність передачі сигналу.

**Зміна іонного балансу.** Тривала активність синапсу може призвести до зміни концентрації іонів (натрію, калію, кальцію) всередині клітини, що, в свою чергу, може вплинути на збудливість нейронів і м'язових волокон.

*Дві останні причини разом із виснаженням енергетичного субстрату є причинами втоми м'язових волокон.*

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. ПООДИНОКЕ М'ЯЗОВЕ СКОРОЧЕННЯ**

Принцип методу: Скелетний м'яз піддається дії одиничного електричного стимулу, яке фіксується графічно (міограма) в нормальних умовах та в умовах штучного охолодження м'яза.

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Перейдіть до розділів «М'ЯЗОВА СИСТЕМА» – «ПООДИНОКЕ М'ЯЗОВЕ СКОРОЧЕННЯ» («MUSCLES» – «THE SIMPLE CONTRACTION OF THE SKELETAL MUSCLE»)





- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Натисніть кнопки «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ТЕХНОЛОГІЯ – КРОК I» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («PRINCIPLE – «TECHNIQUE – STEP I» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.4. Збільшуйте за допомогою клавіш силу стимулу та направляйте по одному стимулу – кнопка «СТИМУЛ» / «STIMULUS» (спочатку збільшуйте на 0,1 В, потім на 0,5 В).
- 1.5. Зверніть увагу на зв'язок між силою стимулу та амплітудою одержаного скорочення. Цей зв'язок прямий чи зворотний?
- 1.6. Встановіть величину сили стимулу, за якої припиняється змінюватися амплітуда м'язового скорочення.
- 1.7. Виміряйте тривалість трьох фаз поодинокого (простого) скорочення, натискаючи на кнопки-стрілки вікна «ЧАС» («TIME»). Зафіксуйте ці величини.
- 1.8. Вийдіть з розділу «ТЕХНОЛОГІЯ – КРОК I» (TECHNIQUE – STEP I»), натиснувши двічі кнопку «НАЗАД» («BACK»).
- 1.9. Натисніть кнопки – «ТЕХНОЛОГІЯ – КРОК II» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («PRINCIPLE – «TECHNIQUE – STEP II» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.10. Збільшуйте силу стимулу до досягнення максимальної амплітуди. Надійшліть одиночний стимул та виміряйте амплітуду скорочення й тривалість трьох фаз скорочення за допомогою відповідних клавіш.
- 1.11. Покладіть на м'яз кілька льодинок та знову піддайте м'яз дії електричного стимулу. Виміряйте амплітуду скорочення й тривалість трьох фаз скорочення за допомогою відповідних клавіш.
- 1.12. Змийте лід фізіологічним розчином та знову піддайте м'яз дії електричного стимулу. Виміряйте амплітуду скорочення й тривалість трьох фаз скорочення за допомогою відповідних клавіш. Ці величини відповідають виміряним у п. 1.10 чи 1.11?

## **ЗАВДАННЯ 2. СУМАЦІЯ М'ЯЗОВИХ СКОРОЧЕНЬ**

Принцип методу: Застосуйте кілька стимулів різної частоти до скелетних м'язів та зареєструйте скорочення на міограмах.

### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «М'ЯЗОВА СИСТЕМА» – «СУМАЦІЯ М'ЯЗОВИХ СКОРОЧЕНЬ» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «МЕТА» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («MUSCLES» – «THE COMPOSED CONTRACTION OF THE

- SKELETAL MUSCLE» – «NEXT PAGE» – «OBJECTIVE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.2. Збільшуйте за допомогою клавіш-стрілок частоту стимулів та направляйте їх на м'яз за допомогою кнопки «ПОДАТИ КОМПЛЕКС СТИМУЛІВ» / «APPLY THE COMPLEX OF STIMULI».
  - 2.3. Зафіксуйте, з якої частоти починається часткова сумація, та замалюйте зубчастий тетанус. Зафіксуйте частоту досягнення повної сумації та замалюйте гладкий тетанус.

### **ЗАВДАННЯ 3. РОЛЬ СИНАПСУ У РОЗВИТКУ ВТОМИ**

Принцип методу: Два електроди вольтметра підключають до поверхні м'язового волокна та надсилають електричний стимул.

#### **Перебіг роботи:**

- 3.1. Перейдіть до розділів «М'ЯЗОВА СИСТЕМА» – «РОЛЬ НЕЙРОМ'ЯЗОВОГО СИНАПСУ В РОЗВИТКУ ВТОМИ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («MUSCLES» – «THE ROLE OF THE MOTOR END PLATE IN INITIALIZING TIREDNESS» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»)
- 3.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 3.3. За допомогою кнопки оберіть «НЕПРЯМИЙ СТИМУЛ» / «INDERECT STIMULI» (стимул буде діяти через руховий нерв, а не безпосередньо через м'яз).
- 3.4. Натисніть на кнопку «ПОДАТИ КОМПЛЕКС СТИМУЛІВ» / «APPLY THE COMPLEX OF STIMULI» та почніть діяти на м'яз. Спостерігайте за зміною міограми протягом часу. На що вказують ці зміни?
- 3.5. Замалюйте одержану міограму.
- 3.6. Після припинення м'язових скорочень змініть спосіб дії на «ПРЯМИЙ СТИМУЛ» / «DERECT STIMULI» (тобто безпосередня стимуляція м'яза) та натисніть на кнопку «ПОДАТИ КОМПЛЕКС СТИМУЛІВ» / «APPLY THE COMPLEX OF STIMULI». Чи починає м'яз знову скорочуватися? З чим пов'язана зміна амплітуди скорочень?
- 3.7. Замалюйте одержану міограму.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо механізмів простих та складних м'язових скорочень, впливу холоду на цей фізіологічний процес, розвиток втоми у нервово-м'язовому синапсі та м'язі.

**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Які фази можна виділити поодинокому м'язовому скороченні? Що відбувається під час них?
- 2.** Поясніть, що відбувається з м'язом, коли другий стимул надходить у різні фази попереднього скорочення.
- 3.** Як частота стимулу впливає на силу скорочення, з чим це пов'язано?
- 4.** Чому ауксотонічний режим скорочень зазвичай не використовують для оцінки інтенсивності роботи м'яза?
- 5.** Які структури забезпечують м'язову втому?
- 6.** Опишіть можливі причини втоми нейром'язового синапсу.
- 7.** Опишіть можливі причини втоми м'язового волокна.
- 8.** Поміркуйте, чому руховий нейрон змінює частоту нервового імпульсу порівняно із вхідним каскадом рефлексорної дуги.
- 9.** Поміркуйте, чому між руховим нервом та м'язовим волокном не утворюється електричний синапс.
- 10.** Що таке нейромедіатори? Назвіть основні нейромедіатори та поясніть, як вони діють.

## Тема 3. Вивчення рефлексів

### Мета роботи

поглибити знання з електрофізіологічних технік; дослідити гальмування та поширення рефлексів

### Обладнання

персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор «*LuPraFi-Sim*».

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### Гальмування рефлексів

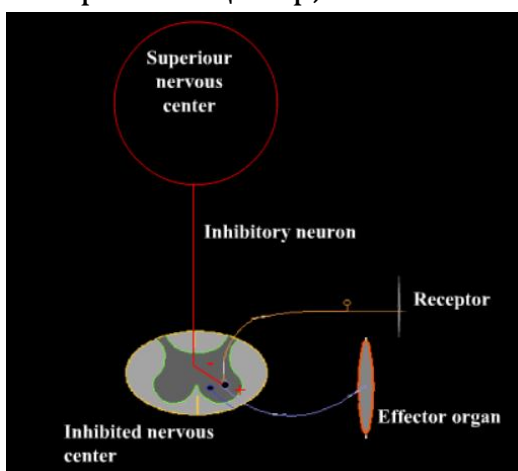
Активність нейронів може виявлятися у двох формах:

- ❖ **збудження** – дія, що обумовлює поширення нервового імпульсу та зародження відповідної реакції органа-ефектора;
- ❖ **гальмування** – дія, що затримує поширення нервового імпульсу та появу відповідної реакції органа-ефектора.

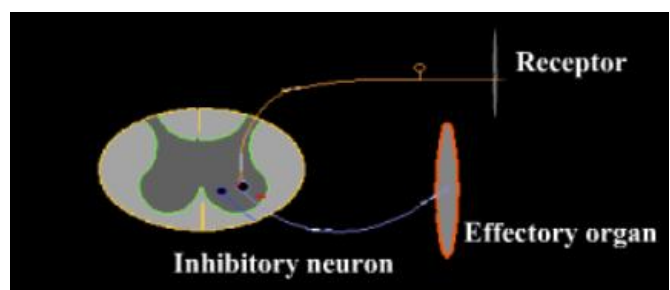
Затримка відповідної реакції ефектора організму відбувається через гальмівний нейрон, який діє на синапс з мотонейроном або органом-ефектором. Ці синапси є гальмівними, бо викликають гіперполяризацію постсинаптичної мембрани, яка гальмує збудливий постсинаптичний потенціал.

### Гальмування, в свою чергу, може виявлятися у двох формах:

- ❖ **периферичне** (гальмівний нейрон – у нервовому центрі рефлекторної дуги, що гальмується);
- ❖ **центральне** (дія на нервовий центр більш високого рівня, ніж нервовий центр, який гальмується).



а



б

Рис. 4. Схема центрального (а) та периферичного (б) гальмування



## *Закони Пфлюгера*

Пфлюгер продемонстрував наявність кореляції між інтенсивністю подразника та площею, на яку поширюється реакція у відповідь на його дію (тобто числом м'язів, які реагують на подразник). Чим вище інтенсивність подразника на рецептори, тим більша кількість медулярних нервових центрів, що задіяні у рефлекторній реакції. Це пояснюється дією проміжних нейронів, які з'єднують між собою нервові центри.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. ЦЕНТРАЛЬНЕ ГАЛЬМУВАННЯ РЕФЛЕКСІВ**

Принцип методу: Лапа декапітованої жаби (голова видалена за виключенням зорових часток мозку) піддається дії електричного стимулу спочатку перед розміщенням кристалів солі на зорові частки та після цього.

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Перейдіть до розділів «НЕРВОВА СИСТЕМА» – «ЦЕНТРАЛЬНЕ ГАЛЬМУВАННЯ» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «МЕТА» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» («NERVOUS SYSTEM» – «CENTRAL INHIBITION» – «NEXT PAGE» – «OBJECTIVE» – «NEXT PAGE» – «NEXT PAGE»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Подійте стимулом на лапку децереброваної жаби (видалено головний мозок, але зорові частки залишилися з'єднаними з тілом). Спостерігайте та схематично зобразіть рефлекторну реакцію.
- 1.4. Покладіть кристалики солі на зорові частки мозку (нервовий центр більш високого порядку) та знову подійте стимулом на лапку. Що спостерігається при цьому?
- 1.5. Промийте зорові частки мозку розчином Рінгера від кристаликів солі та знову подійте стимулом на лапку. Що спостерігається цього разу?
- 1.6. Опишіть спостережені процеси центрального гальмування.

### **ЗАВДАННЯ 2. ПЕРИФЕРИЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ РЕФЛЕКСІВ**

Принцип методу: Сегмент кишечника декапітованої жаби піддається дії електричного стимулу в той час, як спостерігаються зміни її серцевої діяльності.

#### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «НЕРВОВА СИСТЕМА» – «ПЕРИФЕРИЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «МЕТА» – «НАСТУПНА

СТОПІНКА» – «НАСТУПНА СТОПІНКА» («NERVOUS SYSTEM» – «PERIPHERAL INHIBITION» – «NEXT PAGE» – «OBJECTIVE» – «NEXT PAGE» – «NEXT PAGE»).

- 2.2. Встановіть частоту серцевих скорочень на відкритому серці декапітованої жаби.
- 2.3. Подійте електричним стимулом на сегмент кишечника. Як змінюється при цьому частота серцевих скорочень?
- 2.1. Дія стимулу на сегмент кишечника продовжується – спостерігайте за змінами у роботі серця. Схематично замалюйте спостереження.

### **ЗАВДАННЯ 3. ЗАКОНИ ПОШИРЕННЯ РЕФЛЕКСІВ**

Принцип методу: Декапітовану жабу (жаба, в якій видалена голова) піддають дії електричного стимулу зростаючої сили та спостерігають за змінами радіусу відповіді.

#### **Перебіг роботи:**

- 2.2. Перейдіть до розділів «НЕРВОВА СИСТЕМА» – «ЗАКОНИ ПОШИРЕННЯ РЕФЛЕКСІВ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («NERVOUS SYSTEM» – «LAWS OF RADIATION OF REFLEXES (PFLUGER'S LAWS)» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.3. Дійте електричним стимулом на децеребровану жабу електричним стимулом, збільшуючи його за допомогою кнопок-стрілок (1 – 5 – 10 – 15).
- 2.4. Опишіть, як змінюється реакція жаби залежно від інтенсивності подразника. Схематично замалюйте спостереження.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** про значення рефлексів для регуляції рухових функцій, будову рефлекторних дуг, а також про механізми гальмування та поширення рефлексів.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Опишіть будову та функціонування рефлекторної дуги.
- 2.** Наведіть приклади сухожильних рефлексів.
- 3.** Поясніть, як здійснюється більш плавна регуляція рефлексів за допомогою вище розташованих нервових центрів.
- 4.** Чим відрізняються вісцеральні рефлекси від соматичних?
- 5.** Чим відрізняються процеси гальмування від процесів збудження?



6. Порівняйте центральне та периферичне гальмування рефлексів.
7. Де був розташований нервовий центр, який гальмував перший рефлекс? Які функції цієї ділянки мозку?
8. Який черепно-мозковий нерв забезпечив уповільнення серця у другому досліді? Як серце змогло «уникнути» його подальшого впливу?
9. Про що йдеться у законі Пфлюгера?
10. Опишіть явища дивергенції та конвергенції нервових шляхів.



## **Розділ II.**

# **Робота аналізаторів**





## Тема 4. Вивчення рухового аналізатора

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися роботою кінеститичного (рухового) аналізатора; визначити його диференційну чутливість
<b>Обладнання</b>	саморобний кінестезіометр

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Рухова сенсорна система (руховий аналізатор) служить для аналізу стану рухової системи. Інформація про ступінь скорочення скелетних м'язів, натяг сухожилків, зміну суглобових кутів необхідна для регуляції рухових актів і поз.

**Периферичний відділ** рухової сенсорної системи представлений пропріорецепторами, розташованими в м'язах, сухожилках і суглобових сумках. Пропріорецептори є механорецепторами, специфічним подразником для яких є розтягнення. Розтягнення призводить до утворення рецептивного потенціалу, який стимулює вироблення потенціалу дії.

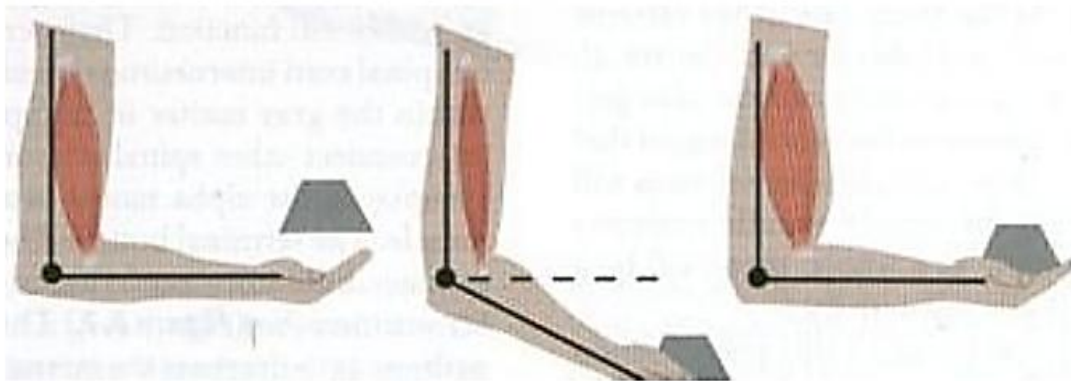


Рис. 5. Відповідна реакція дії навантаження на пропріорецептори

Обробка інформації рухової сенсорної системи послідовно відбувається в аферентних нейронах у спинномозкових вузлах, у довгастому мозку та на ядрах-перемикачах таламуса (проміжний мозок). Кірковими центрами обробки є задня центральна звивина і передня центральна звивина кори великих півкуль. Частина шляхів від пропріорецепторів направляєється до кори мозочка. Зазначені елементи складають **центральный відділ** рухового аналізатора.

Від периферичного до центрального відділу сигнал рухається по чутливих пропріоцептивних волокнах, висхідним спинномозковим

### Робота аналізаторів

шляхам та у висхідному напрямі через різні відділи мозку. Ці частини є компонентами **провідникового відділу** рухової сенсорної системи.

Частота пропріорецептивної імпульсації (тобто генерації потенціалів дії) зростає зі збільшенням розтягування м'яза, а також при збільшенні швидкості розтягування. Тож пропріорецептори інформують нервові центри про довжину м'яза і швидкість його зміни.

Сигнали, що йдуть від рецепторів м'язових волокон, сухожильних органів, сухожильних сумок і тактильних рецепторів шкіри називаються **кінестетичними**, тобто інформують про рух тіла.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ЧУТЛИВОСТІ КІНЕСТЕТИЧНОГО (РУХОВОГО) АНАЛІЗАТОРА

Принцип методу: Електроди вольтметра підключають до внутрішнього середовища м'язового волокна та його поверхні. Дослід виконують в парі.

#### Перебіг роботи:

1. Підготувати саморобний кінестезіометр, прикріпивши пінопластову кульку до пластикової мірної посудини.
2. Піддослідному взяти правою рукою саморобний кінестезіометр і тримати його на вису.
3. Через 3-5 сек. експериментатор починає крапати у посудину воду.
4. Як тільки у піддослідного сформується відчуття збільшення ваги, він інформує про це експериментатора.
5. Останній припиняє надходження води в посудину.
6. За позначками на мірній посудині визначають об'єм та масу воду, яка викликали відповідь рухового аналізатора.
7. Вимірювання повторюють 10 разів.
8. Результати вимірювань заносять в протокол дослідження.
9. Обчислюють середню арифметичну величину досліджуваного показника (вираховують суму результатів вимірювань та ділять на кількість спостережень – 10).

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо результатів вимірів диференціальної чутливості кінестетичного (рухового) аналізатора, а також значення цієї сенсорної системи для виконання фізичних вправ.

**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Опишіть, чим представлений периферичний відділ рухової сенсорної системи.
- 2.** З чого складається провідниковий відділ рухового аналізатора?
- 3.** У яких ділянках мозку здійснюється обробка сенсорної інформації від рухового аналізатора?
- 4.** Що означає термін «диференційна чутливість»? Навіщо її визначати?
- 5.** Який тип інформації сприймають механорецептори? У яких сенсорних системах вони представлені?
- 6.** Опишіть регуляцію рухів.
- 7.** Визначте роль мозочка та кори великих півкуль у регуляції рухів.
- 8.** Чим відрізняються специфічні ядра таламуса від неспецифічних?
- 9.** Поміркуйте, як змінились би рухи у разі пошкодження кінестетичної чутливості.
- 10.** Опишіть роль кінестетичної чутливості у формуванні рухових навичок.

## Тема 5. Вивчення смакового аналізатора

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися роботою смакового аналізатора; визначити порогову смакову чутливість, вивчити смаковий контраст і змішування смаків
<b>Обладнання</b>	1%-ний розчин солянокислого хініну або гіркої полину (гірке), 2%-ий розчин лимонної кислоти (кисле), 10%-ий розчин хлориду натрію (солоне), 40%-ий розчин сахарози (солодке), штатив з бюксами, скляні або дерев'яні палички, склянка з дистильованою або кип'яченою водою, склянки, очні піпетки

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Смакові рецептори відіграють важливу роль у житті організму, визначаючи разом з нюховими рецепторами харчові поведінкові акти. Збудження смакових рецепторів призводить до рефлекторного виділення травних секретів. Рецептори смаку представлені смаковими цибулинами. Це утворення овальної форми, в яких містяться рецепторні (смакові) клітини. Вершина смакової цибулини відкривається у смакову ямку. Смакові клітини несуть на апікальному кінці численні тонкі вирости – **мікрівілли**, занурені в рідину смакової ямки. Мікрівіллам рецепторних клітин надають основне значення в сприйнятті смакового подразнення, так як їх мембрана містить специфічні рецептори та іонні канали.

Приєднання до специфічних рецепторів молекул із солодким смаком, активує систему вторинних посередників аденілатциклази – циклічного аденозинмонофосфату (цАМФ), які закривають мембранні канали іонів калію, і тому мембрана рецепторної клітини деполяризується.

Речовини, що мають гіркий смак, активують одну з двох систем вторинних посередників:

1) фосфоліпазу С-інозитол-3-фосфат, що призводить до виходу з внутрішньоклітинного депо іонів кальцію з наступним виділенням медіатора з рецепторної клітини;

2) специфічний O-білок гаструцин, який регулює внутрішньоклітинну концентрацію цАМФ, яка управляє катіонними каналами мембрани і цим визначає виникнення рецепторного потенціалу.



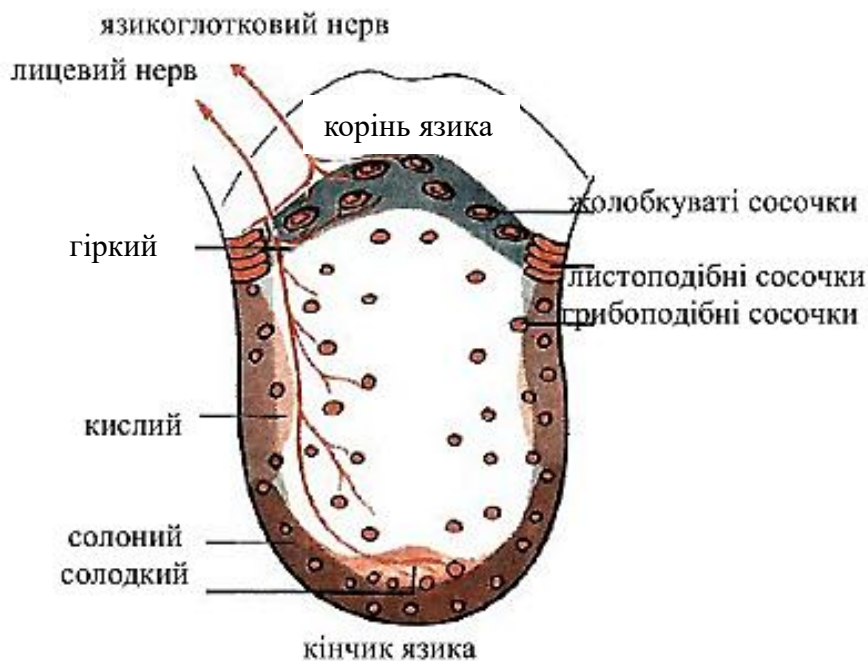


Дія на рецептори молекул, що мають солоний смак, супроводжується відкриттям керованих натрієвих каналів і деполяризації смакової клітини. Речовини, які мають кислий смак, закривають мембранні канали для іонів калію, що веде до деполяризації рецепторної клітини.

Показано, що приблизно 25-30 % сосочків чутливі до одного з 4 основних смакових стимулів (солодкого, кислого, солоного або гіркого), решта – до двох, трьох або навіть чотирьох стимулів.

Всі смакові сосочки язика та смакові рецептори рота можуть відчувати смак «умами» (смак м'яса), це не залежить від їхнього розташування. В результаті біохімічних досліджень було виявлено рецептори умами; це модифіковані метаботропні глутаматні рецептори mGluR4, mGluR1 та смакові рецептори I типу (T1R1 та T1R3), вони знаходяться у всіх смакових сосочках.

Різні ділянки язика мають неоднакову здатність сприймати смакові подразнення. Так, кінчик язика найбільш чутливий до солодкого, його краї - до кислого і солоного, корінь - до гіркого. Середня частина спинки язика не володіє високою чутливістю по відношенню до всіх смакових подразнень.



**Рис. 6. Схема будови язика**

Виникнення рецепторного потенціалу призводить до виділення медіатора з синаптичної області і генерації потенціалу дії в закінченнях аферентних волокон і передачі інформації в **центральної відділи** смакового аналізатора (проміжний мозок, таламус, а також кіркові центри – острівцева та передня кришечка, що прилягає до нижньої лобної звивини. Іннервація смакової області проходить в складі VII, IX та X пари черепно-мозкових нервів (**провідниковий відділ**).

## Робота аналізаторів

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВОЇ СМАКОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ

Принцип методу: Визначити порогову чутливість окремих ділянок язика до різних смакових подразників. Дослід виконують в парі.

#### Перебіг роботи:

1.1. Підготувати розчини:

- ❖ гірко-солянокислого хініну 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 %;
- ❖ кислого - лимонної кислоти 1; 0,1; 0,01; 0,001 %;
- ❖ солоного - хлориду натрію 1, 0,1, 0,01, 0,001 %;
- ❖ солодкого - сахарози 20, 10, 1, 0,1 %.

1.2. Експериментатор наносить піддослідному на різні ділянки язика різні концентрації еталонів смаку, починаючи з найменшої, не називаючи що саме. Після кожного нанесення піддослідний ополіскує рот чистою водою.

1.3. Експериментатор зі слів піддослідного фіксує порогові концентрації та ділянки язика, на яких вони були розпізнані, складаючи карту: наносить спеціальні позначки смаку (наприклад, хрестик – солодкий смак, ромб – гіркий, кружечок – кислий, квадратик – солоний) та порогову концентрацію в цій точці.

1.4. Перевести порогові концентрації у моль/л та порівняти із табличними значеннями.

**Таблиця 1. Нормативні показники порогів смакової чутливості**

Тип смаку	Речовина	Поріг сприйняття (ммоль/л)
Гіркий	Сульфат хініну	0,000008
Кислий	Лимонна кислота	0,0023
Солодкий	Глюкоза	0,08
	Сахарин (замінник цукру)	0,000023
Солоний	Хлорид натрію	0,01



## ЗАВДАННЯ 2. ВИЗНАЧЕННЯ СМАКОВОГО КОНТРАСТУ І ЗМІШУВАННЯ СМАКІВ

Принцип методу: Визначити як відчуються смаки на фоні інших можна, зробивши відповідні суміші еталонів смаків. Смаковий контраст визначається за послідовним додаванням смаків. Дослід виконують у парі.

### Перебіг роботи:

- 2.1. Підготувати суміші еталонів смаків:
  - 1) 2 мл 40-%ого розчину сахарози + 2 мл 2-%ого розчину лимонної кислоти;
  - 2) 1 мл 40-%ого розчину сахарози + 2 мл 2-%ого розчину лимонної кислоти;
  - 3) 3 мл 40-%ого розчину сахарози + 1 мл 2-%ого розчину лимонної кислоти;
  - 4) 1 мл 40-%ого розчину сахарози + 3 мл 2-%ого розчину лимонної кислоти.
- 2.2. Визначити смак одержаних сумішей. Після кожного випробування рот слід ополіскувати чистою водою та робити інтервал між вимірами – 4 хв.
- 2.3. Для дослідження смакового контрасту у дві пробірки налити по 0,5 мл 40-%ого розчину сахарози і 10 мл дистильованої води. Потім в одну з пробірок додати 1 краплю розчину кухонної солі. Визначити смак розчину в обох пробірках.
- 2.4. Для дослідження смакового контрасту піддослідному на язик капнути 2 % розчин лимонної кислоти. Через 1-2 с піддослідний повинен взяти в рот дистильовану воду і визначити її смак.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** про порогові значення різних смаків, розташування зон, що відповідають за сприйняття різних смаків та аналіз суміші смаків сенсорною системою.

### ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Опишіть, чим представлений периферичний відділ смакової сенсорної системи.
2. Які механізми рецепції солодкого та гіркого смаків?
3. Які механізми рецепції кислого та солоного смаків?

- 4.** Опишіть розташування зон максимальної чутливості (щільності рецепторів) до різних смаків. Яке еволюційне значення такого розташування?
- 5.** Опишіть провідниковий відділ смакового аналізатора.
- 6.** Чим представлений центральний відділ смакової сенсорної системи?
- 7.** Як сприймається інформація про змішані смаки? Що таке смаковий контраст?
- 8.** Що таке «смак умамі»?
- 9.** У 2015 р. було відкрито новий смак – «масляний». Опишіть, як відчувається смак неетерифікованих жирних кислот. З яким смаком він частково перекривається?
- 10.** Яке значення смакового аналізатора у житті людини?



## Тема 6. Вивчення зорового аналізатора

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися роботою зорового аналізатора; визначити гостроту зору, спостерігати сліпу пляму, бінокулярний зір
<b>Обладнання</b>	таблиці для визначення гостроти зору, рулетка на 5 м, вказівка, рисунок для проведення тесту Маріота, аркуш щільного паперу

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### *Зорова сенсорна система*

Зір постачає до 90 % інформації про зовнішній світ. Адекватним подразником для ока є світло – електромагнітні хвилі довжиною 400-750 нм. Більш короткі (ультрафіолетові) і довші (інфрачервоні) промені оком людини не сприймаються.

#### **Основними характеристиками зорового аналізатора є:**

***Гострота зору*** визначається здатністю ока розрізняти найменшу відстань між двома точками, розрізняти окремі деталі об'єктів і її визначають найменшим кутом зору, при якому дві точки, що світяться, розрізняються окремо.

***Бінокулярний зір*** (бачення обома очима) зумовлює сприймання ширини (поле зору) і глибини простору, оцінку відстані до предметів та їх розміри. Зображення кожної точки предмету попадає на відповідні ділянки 2-х сітківки, і у сприйнятті людини 2 зображення зливаються в одне.

***Оцінка відстані до предмета*** відбувається при потраплянні зображення точки одного предмету на неідентичні точки сітківки обох очей. Елементи об'єктів, які потрапляють на такі точки й зміщені до скроневої частини сітківки, сприймаються як такі, що розташовані ближче, а ті елементи, які зміщені на сітківці ближче до її носової частини, — далі.

***Оцінка розмірів предметів*** досягається завдяки автоматичному аналізу розмірів зображення предмету на сітківці, знанню його реальних розмірів та інформації про відстань щодо цього предмета або інших предметів, що перебувають у полі зору разом з ним (для порівняння).

***Сприймання форми.*** Для того щоб виникло зорове сприйняття форми, об'єкт повинен мати певну організацію і структуру. Відсутність розчленування може викликати галюцинації, наприклад міраж, який можна

### Робота аналізаторів



побачити на плоских рівнинах чи в пустелі, де однотонність ландшафту й неба призводить до виникнення галюцинацій.

**Сприймання глибини простору** залежить від наявності на сітківці обох очей кореспондуючих (ідентичних) точок, тобто точок, на які падає зображення однієї й тієї самої точки предмета. При цьому зображення від обох очей зливаються (фузія) і виникає відчуття плоскої фігури. Коли зображення однієї точки об'єкта падає на диспартні (неідентичні) точки обох очей, інформація про зображення, яка передається до кори великого мозку від обох очей, не зовсім однакова, злиття зображень є неповним, і виникає об'ємне, тобто стереоскопічне, бачення.

**Сприймання руху** ґрунтується на переробці інформації у нейронах зорової зони кори, які є вибірково чутливими до руху. При цьому не тільки аналізується зображення на сітківці, а й враховуються рухи голови, очей і всього тіла. Більшість тварин бачать і реагують лише на ті об'єкти, що рухаються в полі зору. Вищі хребетні для того, щоб бачити більш-менш тривалий час якийсь нерухомий об'єкт, мають постійно рухати очима, переміщуючи при цьому його зображення на інші елементи сітківки. Це **сакадичні рухи** очей.

**Поле зору** – це простір, який око людини бачить при фіксації зору в одній точці. У цьому випадку центр поля зору проектується на жовту пляму, і людина сприймає його центральним зором, а решта сприймається периферією сітківки, переважно паличковими фоторецепторами, і тому бачиться нечітко.

**Акомодація.** Око людини володіє не тільки здатністю бачити те, що знаходиться далеко, але й добре бачити довколишні предмети. Для цього заломлювальна здатність ока (його рефракція) повинна бути посилена. Здатність ока посилювати свою властивість заломлення для зору поблизу називається акомодацією.

### **Будова зорового аналізатора та механізм фоторецепції**

**Периферичний відділ** зорового аналізатора представлений оком.

#### **Око складається з трьох оболонок:**

- ❖ зовнішня (волокниста) називається **склерою**, або білковою оболонкою, являє собою непрозору тканину білого кольору, товщиною біля 1 мм. В передній частині вона переходить в прозору **роговіку** – тонку вигнуту прозору оболонку, з якої починається процес фокусування світлових променів;

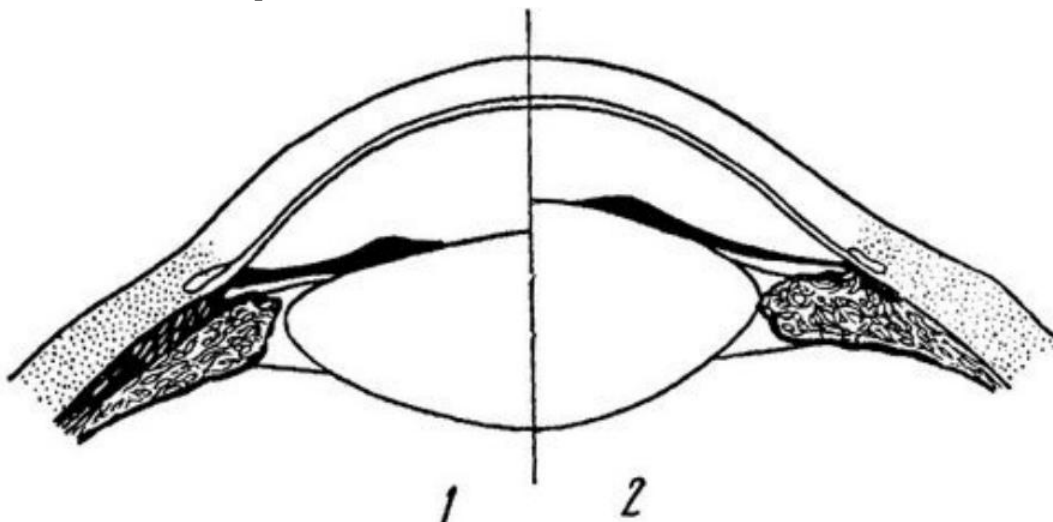


- ❖ середня (*судинна*) має товщину 0,2-0,4 мм та містить велику кількість кровоносних судин. В передній частині вона переходить у *війчасте* (циліарне) *тіло* і *райдужну оболонку* (райдужка – колові м'язи, що змінюють кількість світла, що надходить до ока, регулюючи діаметр отвору). Райдужка має різне забарвлення, яке залежить від пігментації. Основним пігментом є меланін, який існує у формі *еумеланіна* (коричневий) або *феомеланіну* (жовто-червоний);
- ❖ внутрішня – безпосередньо *сітківка*, рецептивний апарат ока.

**Функціонально у складі ока можна виділити три підсистеми:**

**Світлозаломлювальний апарат** є складною системою лінз, що формує на сітківці зменшене і перевернуте зображення зовнішнього світу, включає рогівку (діаметр рогівки — близько 12 мм, середній радіус кривизни — 8 мм), камерну вологу — рідини передньої та задньої камер ока (кут передньої камери (область райдужно-рогівкового кута передньої камери), має важливе значення в циркуляції внутрішньоочної рідини), кришталик, а також склоподібне тіло.

**Акомодаційний апарат** ока забезпечує фокусування зображення на сітківці, а також пристрій ока до інтенсивності освітлення. Він включає райдужку з отвором у центрі — зіницею — і війне тіло з війковим пояском кришталика. Фокусування зображення забезпечується за рахунок зміни кривизни кришталика, що регулюється циліарним м'язом. При збільшенні кривизни кришталик стає опуклішим і сильніше заломлює світло, налаштовуючись на бачення близько розташованих об'єктів. При розслабленні м'яза кришталик стає більш плоским, і око пристосовується бачення віддалених предметів.



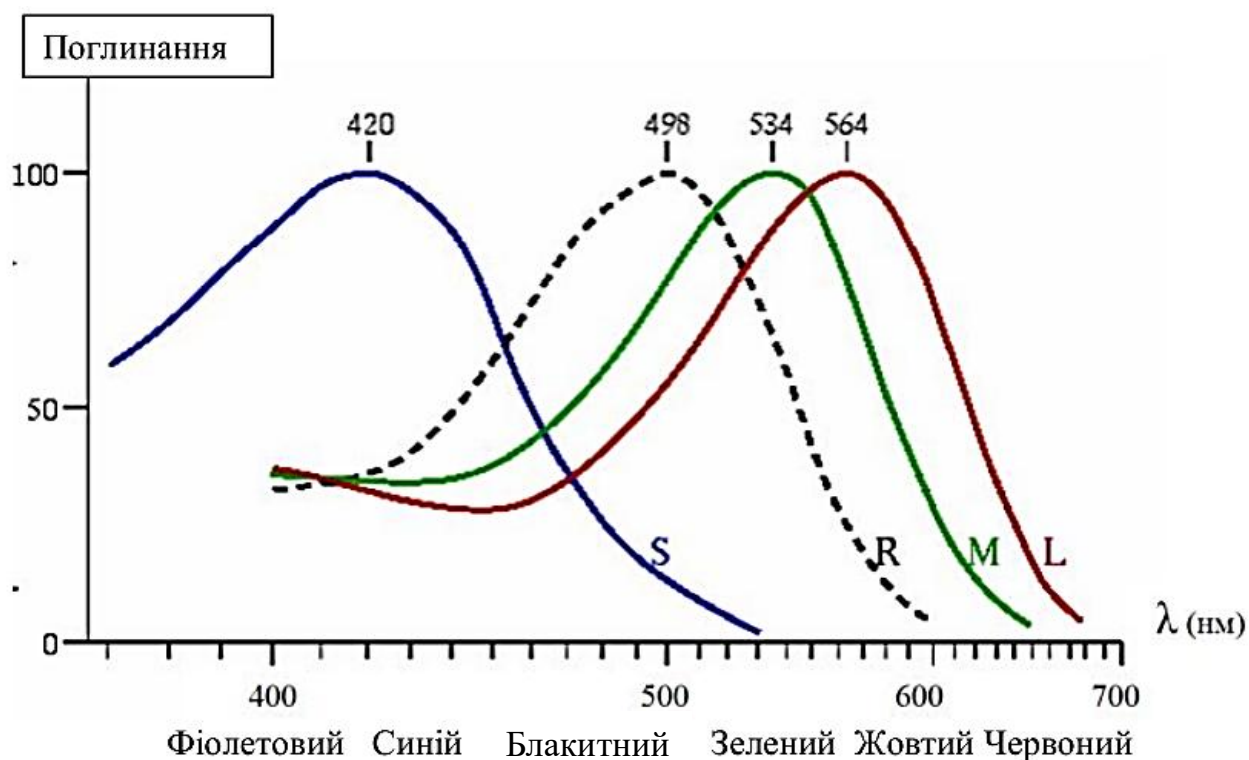
**Рис. 7. Схема акомодації:**

- 1 – кришталик в стані акомодації;
- 2 – кришталик в напруженому стані

**Рецепторний апарат** представлений зоровою частиною сітківки, що містить фоторецепторні клітини (високодиференційовані нейрони), а також тіла та аксони нейронів (що проводять нервові подразнення клітини і нервові волокна), розташованих над сітківкою, що з'єднуються в **сіній плямі** (ділянці, що не містить рецепторів) в зоровий нерв.

У сітківці налічують близько 7 млн. колбочок і приблизно 130 млн. паличок. Більш чутливі до світла палички, їх називають апаратом сутінкового зору. Колбочки, чутливість до світла яких в 500 разів менша, являють собою апарат денного і кольорового бачення. Здатність до кольорового (хроматичного) зору є у риб, амфібій, рептилій і птахів, а серед ссавців – у котів, вищих приматів та людини. Інші тварини бачать світ ахроматично (без розрізнення кольорів).

Вважається, що в сітківці ока людини є три види колбочок, максимуми чутливості яких припадають на червоний, зелений і синій ділянки спектра, тобто відповідають трьом «основним кольорам». Вони забезпечують розпізнавання тисяч кольорів і відтінків. Криві спектральної чутливості трьох видів колбочок частково перекриваються.



**Рис. 8. Залежність сприйняття кольору від довжини хвилі:**

**Колбочки:** S ( $\beta$ ) сприймають 400–500 нм за максимуму 420–440 нм;

M ( $\gamma$ ) сприймають 450–630 нм за максимуму 534–545 нм;

L ( $\rho$ ) сприймають 500–700 нм за максимуму 564–580 нм;

**Палички:** R



**Механізм фоторецепції.** Кванти світла (фотон) поглинаються в рецепторах спеціалізованими молекулами каротиноїдами – хромопротеїнами. Однак спектр поглинання молекули обумовлюється не всією молекулою в цілому, а групою атомів (хромофором). В якості хромофора, що визначає максимум і інтенсивність поглинання світла в зорових пігментах, виступають альдегіди вітаміну А, або ретиналь. У всіх зорових пігментах ретиналь завжди знаходиться в 11-цисформі, у вигляді цис-ретиналю. У нормі 11-цисретиналь пов'язаний з безколірним білком опсином, утворюючи зоровий пігмент родопсин з максимумом поглинання 500 нм, який служить універсальним медіатором фоторецепції у тварин. При поглинанні фотона відбувається реакція цис-трансізомерізації ретиналю, яка через ряд проміжних стадій призводить до відщеплення ретиналю від опсину з виділенням вільної енергії. При цьому молекула втрачає колір, і цей ефект називають вицвітанням, або знебарвленням. Це перший ступінь вицвітання родопсину, що приводить до утворення інтенсивно забарвленого прелюміродопсину. При подальших перетвореннях утворюються люміродопсин і темно-оранжевий метародопсин I. Останній переходить у світло-жовтий метародопсин II. Процес зорового збудження запускається в період між утворенням метародопсину II. Відновлення родопсину хребетних здійснюється шляхом ферментативного ресинтезу.

**Провідниковий відділ** зорового аналізатора представлений: зорові нерви, хіазму, зоровий тракт, зорові шляхи – II пара черепних нервів, окоруховий нерв – III пара, блоковий нерв – IV пара і відвідний нерв - VI пара.

Центральний відділ зорового аналізатора складається з первинного зорового центру (латеральне колінчасте тіло проміжного мозку (з підкірковими зоровими центрами), передні горби четверогір'я середнього мозку (первинні зорові центри) та вищого кіркового (потиличні зони кори великих півкуль).

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ

**Принцип методу:** Для визначення гостроти зору використовують стандартні таблиці з літерами, які розташовані в 12 рядків. Величина літер в кожному рядку зменшується зверху вниз. Збоку кожного рядка знаходиться цифра, яка вказує відстань, з якої нормальне око розрізняє літери даного рядка під кутом зору 1°. Дослід виконують в парі.

### Робота аналізаторів



### Перебіг роботи:

- 1.1. Таблиці розташовують на добре освітленій стіні (освітленість повинна бути не нижче 100 лк) чи додатково освітлюють електричною лампою.



**Рис. 9. Таблиці Головина (праворуч) та Сівцева (ліворуч) для визначення гостроти зору**

- 1.2. Піддослідного саджають на стілець на відстані 5 м від таблиці й пропонують закрити одне око спеціальним щитком.
- 1.3. Експериментатор указкою показує досліджуваному літери й просить їх називати. Визначення починають з верхнього рядка й, опускаючись вниз, знаходять найнижчий рядок, всі літери якого досліджуваний чітко бачить й вірно називає протягом 2-3 секунд.
- 1.4. Розраховують гостроту зору за формулою:

$$V = d/D,$$

де:  $V$  – гострота зору,  $d$  – відстань досліджуваного від таблиці (5 м),  $D$  – відстань, з якої нормальне око повинно чітко бачити цей рядок.





- 1.5. Таким же чином визначають гостроту зору другого ока.
- 1.6. Отримані результати записують до зошита.

**Таблиця 2. Гострота зору при дослідженні за таблицею Д. А. Сівцева з різних відстаней**

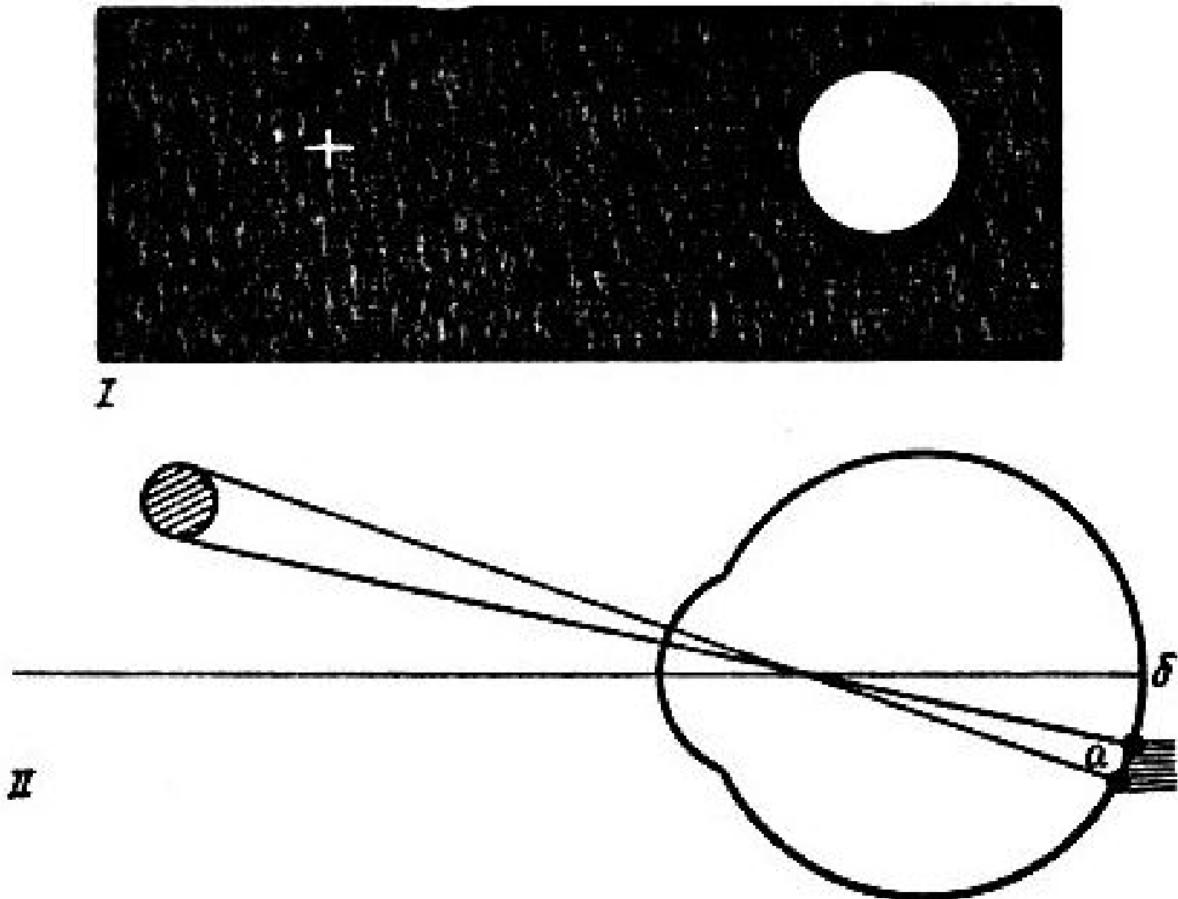
Рядок	Відстань від таблиці, м										Відстань, при якій нормальне око бачить даний ряд, м
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
1	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	50
2	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	25
3	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3	16
4	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.4	12.5
5	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	10
6	0.06	0.12	0.18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.54	0.6	8
7	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7	7
8	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8	6
9	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.9	5.5
10	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	5.0
11	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75	0.9	0.05	1.2	1.35	1.5	3.3
12	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5

## ЗАВДАННЯ 2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ СЛІПОЇ ПЛЯМИ

Принцип методу: Метод побудований на зникненні мітки на рисунку для тесту Маріота в разі потрапляння цієї відмітини в область сліпої плями сітківки Дослід виконують в парі.

### Перебіг роботи:

- 2.1. На відстані 20-25 см від ока розміщують малюнок Маріотта.
- 2.2. Піддослідний закриває праве око, а лівим розглядає праве зображення.
- 2.3. Віддаляючи та наближаючи малюнок, відмічають, що на певній відстані від ока ліве зображення зникає.
- 2.4. Експеримент повторюють, закриваючи ліве око і розглядаючи правим оком ліве зображення. В цьому випадку зникає праве зображення.
- 2.5. Зафіксувати у зошиті відстань (см) появи сліпої плями.



**Рис. 10. Рисунок для проведення тесту Маріотта (I)  
та схема променів при цьому(II):**

- а – місце виходу зорового нерву;
- б – центральна ямка, місце найкращого бачення

### **ЗАВДАННЯ 3. ПЕРЕВІРКА БІНОКУЛЯРНОГО ЗОРУ**

Принцип методу: Найпростішим способом встановлення бінокулярного зору є проба з появою двоїння в результаті зсуву ока пальцем. На око не сильно натискають пальцем через повіку.

#### **Перебіг роботи:**

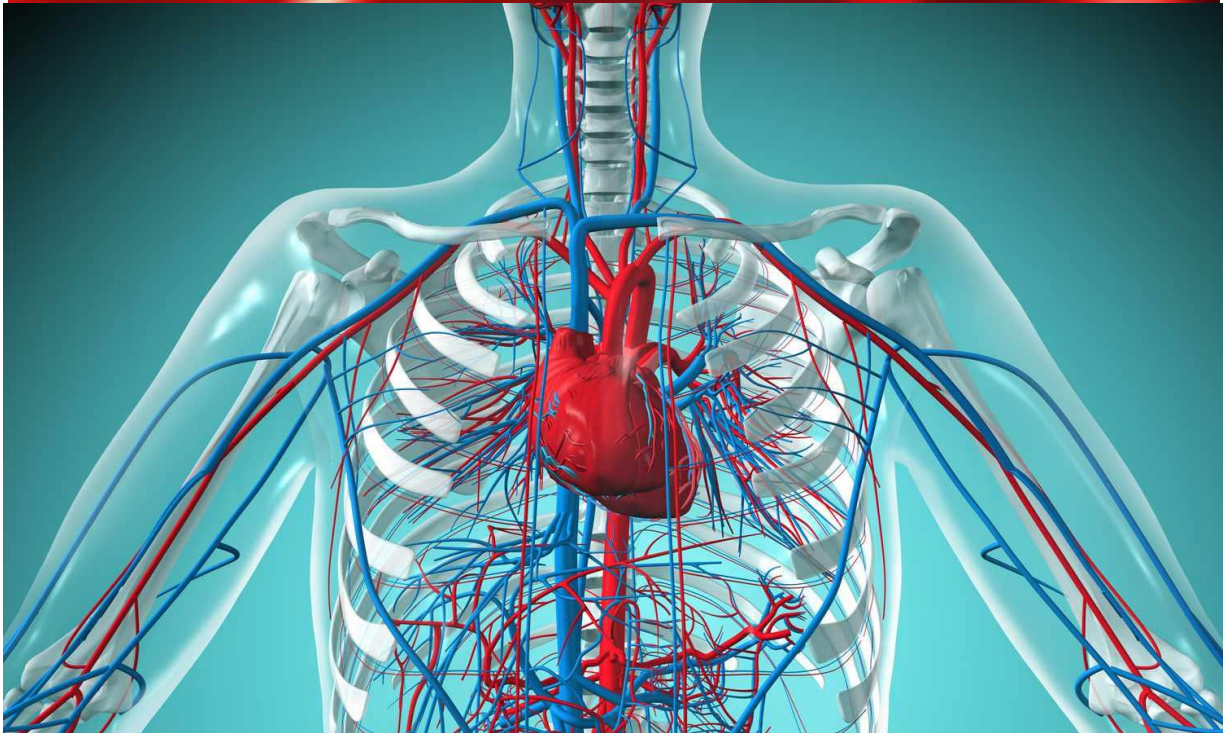
- 3.1. До ока піддослідного приставлена трубка (згорнута з щільного паперу), через яку він дивиться вдалину.
- 3.2. З боку розплющеного (відкритого) ока до кінця трубки піддослідний приставляє свою долоню.
- 3.3. У разі нормального бінокулярного зору випробуваний побачить в центрі долоні отвір, через який видно те, що бачить око, котре дивиться через трубку.



**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо гостроти зору та причин її зміни, відстані фокусування на сліпій плямі та її значення у роботі зорового аналізатора, значення бінокулярного зору та роль зорової сенсорної системи у житті людини.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Дайте визначення гостроти зору?
- 2.** Чим характеризується гострота зору? Чому дорівнює величина цього критерію в нормі?
- 3.** За допомогою якої таблиці визначають і за якою формулою розраховують гостроту зору? Поясніть значення елементів формули.
- 4.** Як змінюється гострота зору з віком? Які чинники впливають на гостроту зору?
- 5.** Дайте пояснення терміну «акомодація».
- 6.** Які фізіологічні причини виникнення короткозорості та далекозорості і як їх можна виправити?
- 7.** Як можна пояснити ефект зникнення зображення при проведенні тесту Маріотта?
- 8.** Дайте визначення терміну «поле зору» і поясніть його фізіологічне значення?
- 9.** Поясніть механізм визначення кольору.
- 10.** Що таке сакадичні рухи і яке їх фізіологічне значення?



## **Розділ III. Фізіологія крові та кровообігу**



## Тема 7. Визначення гематокриту

**Мета роботи** ознайомитися із загальними гематологічними

техніками, навчитися визначати гематокрит

**Обладнання** персональний комп'ютер або ноутбук із доступом до мережі Інтернет, онлайн-симулятор за посиланням:

<https://www.humanbiomedia.org/hematocrit-lab-simulation/>

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### *Гематокрит – співвідношення еритроцитів до плазми*

**Тест на гематокрит** (НСТ) визначає відсоток еритроцитів в об'ємі зразка крові. Оскільки функція еритроцитів полягає в тому, щоб переносити кисень від легень до тканин організму, гематокрит зразка крові можна розцінювати як мірило її здатності доставляти кисень. Занадто високий або занадто низький рівень гематокриту може свідчити про захворювання крові, зневоднення або інші захворювання.

**У нормі** цей показник у **дорослих жінок** становить 35-47%, у **дорослих чоловіків** – 39-50%.

Таблиця 3. Умови, які можуть знизити значення гематокриту

Низька кількість еритроцитів	Високий об'єм плазми
❖ Кровотеча	❖ Водна інтоксикація
❖ Залізодефіцитна анемія	❖ Затримка рідини внаслідок вагітності
❖ Анемія дефіциту вітаміну B12	❖ Затримка рідини через застійну серцеву недостатність
❖ Фолієвокислотодефіцитна анемія	❖ Затримка рідини через захворювання нирок
❖ Лейкемія або лімфома	❖ Затримка рідини через високе споживання натрію
❖ Захворювання нирок	❖ Затримка рідини через катаболічні стероїди
❖ Захворювання щитовидної залози	
❖ Імунне руйнування еритроцитів	



Таблиця 4 Умови, які можуть підвищити значення гематокриту

Висока кількість еритроцитів	Низький об'єм плазми
❖ Гіпоксія (низький рівень кисню в крові) через життя на великій висоті	❖ Зневоднення через діарею
❖ Гіпоксія внаслідок хронічного обструктивного захворювання легень (ХОЗЛ)	❖ Зневоднення через блювоту
❖ Гіпоксія внаслідок емфіземи та інших захворювань легенів	❖ Зневоднення через потовиділення
❖ Гіпоксія внаслідок вродженого пороку серця	❖ Зневоднення через почастішання сечовипускання
❖ Терапія добавками тестостерону	❖ Синдром капілярного витоку
❖ Кров'яний допінг або еритропоетин	
❖ Анаболічні стероїди	
❖ Справжня поліцитемія – аномалія кісткового мозку	

### Компоненти крові

Як правило, кров складається в основному об'ємі з **плазми** (приблизно 55%) і **еритроцитів** (приблизно 45%), інші компоненти містяться у мінорних кількостях.

Червоні кров'яні тільця (або еритроцити) транспортують **кисень** ( $O_2$ ) у зв'язаному з транспортним білком **гемоглобіном** вигляді (**оксигемоглобін**) до клітин тканини з легень. У клітинах мітохондрії використовують кисень для перетворення молекул палива в енергію для виробництва АТФ (аденозинтрифосфату). Процес, званий **аеробним** диханням, також утворює воду ( $H_2O$ ) і вуглекислий газ ( $CO_2$ ). Кінцеві продукти виходять із мітохондрій, а енергія, що зберігається в АТФ, запускає клітинні реакції. В **анаеробних** умовах утворюється набагато менше АТФ, а кінцевим продуктом обміну є молочна кислота (або лактат). Такий процес відбувається при інтенсивних м'язових навантаженнях, але не здатний довго підтримувати нормальний рівень метаболізму організму.

**Вуглекислий газ** дифундує з клітин тканин і транспортується назад у легені еритроцитами. Еритроцити вивільняють  $CO_2$  в легені, звідки він викидається в атмосферу. Значна частка  $CO_2$  переноситься не у зв'язаному з гемоглобіном еритроцитів (**карбгемоглобін**) вигляді, а у розчиненому вигляді в плазмі або у формі карбонатів.

У разі неповного згоряння палива утворюється **чадний газ** (CO). Це прозора речовина без запаху, яка утворює набагато міцніші зв'язки з гемоглобіном (**карбоскигемоглобін**), ніж кисень чи вуглекислий газ. Поступово чадний газ забирає на себе весь гемоглобін, перетворюючи його на карбоскигемоглобін. Через зв'язування гемоглобіну, який міг би зв'язатися з киснем та перенести його, людина гине від задухи (**асфіксії**).

**Плазма** частина крові в основному (92%) складається з **води** і транспортує кілька типів розчинених і зважених речовин. Ці речовини включають білки, електроліти, гази та поживні речовини. У крові також знаходяться **лейкоцити** і **тромбоцити**. Однак зазвичай вони складають лише 1% або менше від об'єму цільної крові. Лейкоцити є частиною імунної системи організму, а тромбоцити беруть участь у зсіданні крові.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕМАТОКРИТУ

**Принцип методу:** Дослід називається «центрифугувий гематокрит». Зразок крові беруть з пальця піддослідного та поміщають до центрифугу. Радіальна (гравітаційна) сила, створювана обертовою центрифугою, розділить компоненти зразка крові на шари залежно від їх щільності. Після розділення відсоток еритроцитів буде визначено за допомогою сітки картки зчитувача.

**Інформація про піддослідного:** Чоловік 27 років, який нещодавно переїхав з Міссурі до Денвера, штат Колорадо (більш високогірна місцина). Він здоровий, добре харчується, регулярно займається спортом, однак після прибуття до Денвера часто почувається дещо втомленим. Піддослідний хоче зробити аналіз крові, щоб визначити, чи він у порядку.

#### Перебіг роботи:

1. **Перейдіть за посиланням:**  
<https://www.humanbiomedia.org/hematocrit-lab-simulation/>
2. **Прокол пальця.** За допомогою одноразового скарифікатора проткніть шкіру вказівного пальця. Дозвольте великій краплі крові накопичитися на поверхні пальця. *Перегляньте анімацію.*
3. **Забір крові до капіляра.** Помістіть один кінець скляного капіляра в краплю крові на поверхні вказівного пальця. Кров буде надходити в капіляр завдяки сили поверхневого натягу. Покриття з гепарину, антикоагулянту, запобігає згортанню крові після контакту зі скляною трубкою. Перенесіть кров у пробірку, поки вона не буде заповнена приблизно на 3/4. *Перегляньте анімацію.*

4. **Закупорка кінця капіляра.** Вставте наповнений кров'ю кінець мікрогематокритного капіляра до глиняного герметика. Глина запобігатиме витіканню крові з мікрогематокритного капіляра під час її центрифугування. *Перегляньте анімацію.*
5. **Розміщення пробірки в центрифугі.** Помістіть наповнений кров'ю мікрогематокритний капіляр до центрифуги. Розмістіть капіляри так, щоб їх запечатані кінці були спрямовані до зовнішнього краю ротора. Потім накрийте пробірки кришкою, щоб закріпити їх положення під час обертання ротора центрифуги. *Перегляньте анімацію.*
6. **Налаштування центрифуги.** Закривши кришку, увімкніть центрифугу. Налаштуйте індикатор швидкості на 10000 об./хв., а індикатор тривалості (часу) на 5 хв. *Перегляньте анімацію.*
7. **Запуск центрифуги.** Запустіть центрифугу та дайте ротору покрутитися протягом визначеного часу. Поки пробірки обертаються, спостерігайте, як компоненти крові розділяються на шари. Коли час обертання закінчиться, натисніть кнопку, щоб зупинити ротор. *Перегляньте анімацію.*
8. **Огляд шарів крові.** Вийміть пробірки з мікрогематокритом із центрифуги та перевірте якість шарів компонентів крові. Стовпчик крові слід розділити на три окремі шари, щоб отримати найточніші результати аналізу. *Перегляньте анімацію.*
  - 1) *Темно-червоний стовпчик* повинен заповнити нижню частину капіляра. Ця область містить еритроцити, найважчі компоненти крові.
  - 2) Безпосередньо над еритроцитами має бути *тонкий білий шар*, який містить лейкоцити і тромбоцити.
  - 3) Над лейкоцитами та тромбоцитами повинна з'явитися *бліда рідина солом'яного кольору* – плазма крові.
9. **Облік результатів.** Використовуйте картку для зчитування гематокриту, щоб визначити відсоток еритроцитів у зразку крові. Розташуйте скляну трубку з лівого боку картки зчитувача та вирівняйте нижню частину стовпця еритроцитів (RBC) на лінії 0%. Перетягніть трубку через картку зчитувача, доки верхня частина плазмового стовпчика не досягне лінії 100%.
10. Встановіть значення гематокриту піддослідного та запишіть його до зошита. Чи відповідає це значення нормі?

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо методу визначення гематокриту, його значення для оцінювання стану здоров'я та фізіологічних станів, що його змінюють.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** З чого складається кров? Яких компонентів у крові найбільше?
- 2.** Які функції виконують формені елементи крові – еритроцити, лейкоцити та тромбоцити?
- 3.** Як називаються сполуки гемоглобіну з киснем, вуглекислим та чадним газом? Чому чадний газ є отруйним?
- 4.** Дайте визначення гематокриту та опишіть, що можна оцінити за результатами його визначення.
- 5.** На якому принципі базується визначення гематокриту, виконане у лабораторній роботі?
- 6.** Які умови сприяють зниженню гематокриту?
- 7.** За яких умов гематокрит підвищується?
- 8.** Зробіть припущення, чому піддослідний, який переїхав з Міссурі до Денвера, штат Колорадо (більш високогірна місцина), має скарги на самопочуття, враховуючи результати визначеного гематокриту.
- 9.** Зробіть припущення, як зміниться гематокрит піддослідного через три місяці проживання у Денвері?
- 10.** Опишіть процеси енергетичного обміну в м'язах за достатньої кількості кисню (аеробні умови) та в умовах його дефіциту (анаеробні умови).

## Тема 8. Типування крові за групою та резусом

**Мета роботи** ознайомитися із загальними гематологічними техніками, з'ясувати поняття гемаглютиногенів, гемаглютининів, навчитися визначати групу крові

**Обладнання** персональний комп'ютер або ноутбук із доступом до мережі Інтернет, онлайн-симулятор за посиланнями:

<https://www.humanbiomedia.org/blood-typing-lab-simulation/>

Інтерактивне завдання

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### *Групи крові та резус-фактор*

**Типування** групи крові визначає, які **поверхневі антигени** (молекули, що розпізнаються імунною системою) присутні на еритроцитах. На сьогодні ідентифіковано понад 50 поверхневих антигенів еритроцитів. За структурою вони можуть бути вуглеводами або білками та мати певні назви або аббревіатури, такі як *ABO, Rh, MNS, Kell, Duffy, Kidd* і *Lewis*.

**Групи крові** ABO та Rh (**резус**) є клінічно значущими, оскільки вони можуть завдати найбільшої шкоди у разі переливання несумісному реципієнту. Якщо перелити кров від несумісного **донора** (той, хто надав кров), в організмі **реципієнта** (того, кому перелили) виникнуть антитіла – **гемаглютиніни**, що утворюються у відповідь на контакт з антигенами A, B або Rh, якщо вони відсутні у реципієнта. Гемаглютеніни «склеюють» та руйнують несумісні донорські еритроцити, бо організм розпізнає їх як чужорідні. З'єднані або зруйновані еритроцити можуть завдавати шкоди печінці та ниркам, закупорювати дрібні судини, інколи викликати поліорганну недостатність. Антигени A, B або Rh називають **гемаглютиногенами**, тому що вони викликають утворення гемаглютининів на себе.

Хоча назва групи крові ABO складається з трьох літер, проявляються лише два антигени, які називаються A та B, тому вони є **домінантними** алелями. Алель 0 є **рецесивною**, вона не несе функціонального антигену. Таке явище називається «множинний алелізм». В природі існує три



варіанти алеля цього гена, але в нормі від батьків індивід одержує лише два з них.

Антиген(и) на поверхні еритроцитів людини, визначають її групу крові АВ0.

- ❖ I група – тип 0: немає ні антигенів А, ні В.
- ❖ II група – тип А: тільки антиген А.
- ❖ III група – тип В: тільки антиген В.
- ❖ IV група – тип АВ: антигени А і В.

У людей з IV групою крові спостерігається явище **кодомінування**, коли два домінуючих алелі виявляються одночасно у фенотипі (на поверхні еритроцитів).

Інша клінічно значуща група поверхневих антигенів еритроцитів – Rh (**резус**) також може завдати великої шкоди у разі переливання несумісному реципієнту. Дослідники застосували позначення Rh після виявлення групи антигенів у приматів макаки-резус, звідки й походить назва.

### **Успадкування груп крові та резус-конфлікт**

Для I та IV груп крові існує лише по одній можливій комбінації поверхневих антигенів – 00 (рецесивна гомозигота) та АВ відповідно. II та III групи крові можуть виявлятися як у формі гомозигот (тобто два однакові алелі) – AA та BB, або у формі гетерозигот (домінуючий та рецесивний алелі) – A0 та B0.

**Таблиця 5. Варіанти груп крові нащадків залежно від групи крові батьків**

Група крові батька	Група крові матері					
	I (00)	II (AA) / (A0)		III (BB) / (B0)		IV (AB)
I (00)	I (00)	II (A0)	II (A0) / I (00)	III (B0)	III (B0) / I (00)	II (A0) / III (B0)
II (AA)/(A0)	II (A0)	II (AA)	II (A0) / (AA)	IV (AB)	II (A0) / IV (AB)	II (AA) / IV (AB)
	I (00) / II (A0)	II (A0) / (AA)	I (00) / II (A0) / (AA)	III (B0) / IV (AB)	<b>будь-яка</b>	II (AA) / (A0) / III (B0) / IV (AB)
III (BB) / (B0)	III (B0)	IV (AB)	III (B0) / IV (AB)	III (BB)	III (BB) / (B0)	III (BB) / IV (AB)
	I (00) / III (B0)	II (A0) / IV (AB)	<b>будь-яка</b>	III (BB) / (B0)	I (00) / III (BB) / (B0)	II (A0) / III (B0) / (BB) / IV (AB)
IV (AB)	II (A0) / / III (B0)	II (AA) / IV (AB)	II (AA) / (A0) / III (B0) / IV (AB)	III (BB) / IV (AB)	II (A0) / III (B0) / (BB) / IV (AB)	II (AA) / III (BB) / IV (AB)

**Примітка:** Визначити за фенотипом (групою крові) генотип батьків з другою або третьою групою можливо тільки з використанням складних та дорогих молекулярних тестів. Інколи, якщо дідусь або бабуся мали I групи, можна припустити гетерозиготність такого з батьків (крім винятків – бомбейського феномену).

Інколи відбувається народження дітей з першою групою крові у родинах, де за розрахунками мала би бути будь-яка інша. Наприклад, якщо один з батьків має IV. Таке явище досить рідкісне, зустрічається у 0,0004 %, окрім околиць індійського міста Мумбаї (колишній Бомбей), де частка таких людей складає – 0,01 %. Це явище здобуло назву **бомбейського феномену** та пояснюється наявністю рецесивного гену-модифікатора, який пригнічує виявлення поверхневих антигенів А та/або В на поверхні еритроцитів.

Резус-фактор успадковується як звичайна ознака з повним домінуванням, тобто існує два варіанти фенотипу – Rh<sup>+</sup> та Rh<sup>-</sup>; Якщо в індивіда є хоча б один домінуючий алель D (DD або Dd), тобто ген резусу він одержав хоча б від одного з батьків, він буде резус-позитивним за фенотипом (Rh<sup>+</sup>), в іншому випадку – резус-негативним (Rh<sup>-</sup>), бо немає жодного алеля D (генотип – dd).

**Таблиця 6. Вірогідності резус-фактору крові нащадків залежно від резус-фактору крові батьків**

Резус-фактор батька	Резус фактор матері		
		Rh <sup>+</sup>	Rh <sup>-</sup>
Rh <sup>+</sup>	100 % Rh <sup>+</sup> (DD)	100 % Rh <sup>+</sup> (50 % DD / 50 % Dd)	100 % Rh <sup>+</sup> (Dd)
	100 % Rh <sup>+</sup> (50 % DD / 50 % Dd)	75 % Rh <sup>+</sup> (25 % DD / 50 % Dd) / 25 % Rh <sup>-</sup> (dd)	50 % Rh <sup>+</sup> (Dd) / 50 % Rh <sup>-</sup> (dd)
Rh <sup>-</sup>	100 % Rh <sup>+</sup> (Dd)	50 % Rh <sup>+</sup> (Dd) / 50 % Rh <sup>-</sup> (dd)	100 % Rh <sup>-</sup> (dd)

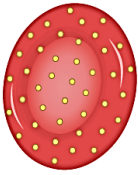

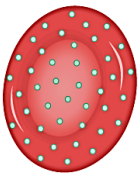

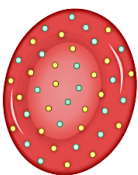
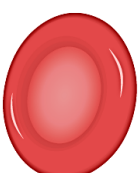


У разі вагітності резус-негативної жінки резус-позитивною дитиною може виникнути досить небезпечно для плоду явище під назвою **«резус-конфлікт»**. Як бачимо з таблиці 6, резус-конфлікт виникає у 100 % випадків, якщо батько є гомозиготним за геном резус-фактору (Rh<sup>+</sup>Rh<sup>+</sup>) або у 50 % вагітностей, якщо він – гетерозигота (Rh<sup>+</sup>Rh<sup>-</sup>). Сутність явища полягає в тому, що в організмі жінки починають вироблятися антитіла (гемаглютиніни) до резус-фактору на еритроцитах плоду. Якщо вагітність резус-позитивною дитиною перша та не було помилкового переливання резус-позитивної крові, то антитіла виробляються наприкінці вагітності, **гемолітична хвороба новонародженого** (ГХН, хвороба аналогічна стану від переливання несумісної крові) розвивається наприкінці вагітності та не протікає у важкій формі. У разі сенсibiliзації (вже була вагітність резус-позитивною дитиною, відбувалось переливання резус-позитивної крові)

гемаглютиніни до резус-фактору на еритроцитах плоду починають вироблятися раніше та в більшій кількості. Це загрожує здоров'ю плоду, а в деяких випадках може призводити до зриву вагітності. В такому разі необхідно, щоб вагітна жінка знаходилась під наглядом лікаря, який може проводити десенсибілізуючу терапію.

Препарат, що містить анти-резус-антитіла, називається RhoGAM (резус-імуноглобулін), може тимчасово запобігти розвитку резус-антитіл у матері, тим самим запобігаючи цьому потенційно важкому захворюванню для плода. Антитіла RhoGAM руйнують будь-які Rh+ еритроцити плоду, які можуть подолати плацентарний бар'єр. Введення RhoGAM зазвичай відбувається протягом 26-28 тижнів вагітності та протягом 72 годин після пологів. Він довів дивовижну ефективність у зниженні захворюваності на ГХН.

### **Сумісність груп крові при переливанні**

Реципієнтам з першою групою крові негативного резусу не можна переливати жодної іншої, але, в той же час, їх кров можна переливати будь-кому (**універсальний донор**). Кров від донорів з четвертою резус-позитивною групою можна переливати лише реципієнтам з таким самим фенотипом, але їм можна переливати будь-яку кров (**універсальний реципієнт**). В інших випадках намагаються переливати кров такого ж типу та резусу або кров першої групи відповідного резусу.

<b>A</b>	 A	 Anti-B
<b>B</b>	 B	 Anti-A
<b>AB</b>	 AB	Neither Anti-A nor Anti-B
<b>O</b>	 None	 Anti-A  Anti-B

**Рис. 11. Утворення гемаглютениногенів (антитіл)  
до несумісних груп крові**

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ТИПУВАННЯ КРОВІ ЗА ГРУПОЮ ТА РЕЗУСОМ

**Принцип методу:** Метод заснований на реакції преципітації (гемаглютинації) еритроцитів зразка крові сироваткою, що містить антитіла до антигену А (анти-А), антигену В (анти-В) та резусу (анти-D). Якщо еритроцити пацієнта містять вказані антигени на поверхні, то після додавання реактиву утворюється видимий осад. За складом антигенів визначають групу крові та резус-статус.

**Інформація про піддослідних:** Це пара – чоловік і дружина та майбутні батьки. Народження дитини буде першим для обох батьків. Пара хоче визначити, чи можуть їхні різні групи крові завдати будь-якої потенційної шкоди плоду чи майбутнім нащадкам.

#### Перебіг роботи:

1. Перейдіть за посиланням:  
<https://www.humanbiomedia.org/blood-typing-lab-simulation/>
2. **Підготовка скла.** Розділіть предметне скло на три частини за допомогою маркера та позначте їх як «А», «В» і «D». Підпишіть дані пацієнта або шифр. *Перегляньте анімацію.*
3. **Прокол пальця.** За допомогою одноразового скарифікатора проткніть шкіру вказівного пальця. Дозвольте великій краплі крові накопичитися на поверхні пальця. *Перегляньте анімацію.*
4. **Перенесення крові на предметне скло.** Помістіть краплю крові в кожную позначену ділянку, обережно торкнувшись предметного скла проколотим пальцем. *Перегляньте анімацію.*
5. **Додавання антисироваток до крові.** Додайте невелику краплю сироватки анти-А до першого зразка крові, сироватки анти-В до другого зразка та анти-D (Rh) до третього зразка. Анти-А та анти-В сироватки містять моноклональні антитіла IgM, а анти-D сироватка зазвичай містить суміш моноклональних антитіл IgG та IgM. *Перегляньте анімацію.*
6. **Перемішування.** Перемішайте антисироватки з кров'ю, **використовуючи окрему паличку для перемішування для кожного зразка!** Це посилить контакт антигенів і антитіл і прискорить реакції аглютинації. *Перегляньте анімацію.*
7. **Розміщення скла у полі перегляду.** Перемістіть зразки крові в камеру для перегляду з підігрівом. Обережно покачайте оглядову камеру, щоб продовжити змішування зразків крові та антисироваток.

Якщо поверхневі антигени еритроцитів присутні, тепло камери прискорить реакції аглютинації, які відбуваються протягом кількох хвилин. Позитивна резус-реакція зазвичай триває довше і є менш вираженою, оскільки антитіла в антисироватці менші (IgG), ніж антитіла (IgM), виявлені в сироватках анти-А та анти-В. *Перегляньте анімацію.*

8. **Облік результатів.** Перегляньте анімації щодо обліку результатів типування для чоловіка та жінки. Встановіть групу крові та резус-статус кожного. Чи можливий резус-конфлікт, у разі вагітності жінки?

## ЗАВДАННЯ 2. ІНТЕРАКТИВ

Перейдіть за посиланням:

<https://www.sciencefromscientists.org/game/bloodtype.html>

Встановіть групи крові та резус статус піддослідних (Міс Браун, Містера Гріна, Містера Джонса та Містера Сміта).

За результатами визначення заповніть таблицю:

Параметр	Міс Браун	Містер Грін	Містер Джонс	Містер Сміт
Група крові				
Резус				
Група крові та резус потенційних дітей, якщо міс Браун вийде заміж				
Вірогідність резус-конфлікту, якщо міс Браун вийде заміж				
Статус реципієнта (які групи крові та резус можна переливати)				
Статус донора (яким групам крові та резусу можна переливати)				

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо методу типування крові за групою та резус-фактором, його ролі для визначення донорів та реципієнтів при переливанні крові, запобігання негативних станів під час вагітності.



**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Що являють собою гемаглютиногени та гемаглютеніни?
- 2.** Які поверхневі антигени еритроцитів є клінічно значущими? Які виділяють типи крові?
- 3.** Опишіть ситуацію, в якій від батька з четвертою групою крові може народитися дитина з першою. В якому регіоні світу такі випадки частіші?
- 4.** Дайте визначення та поясніть фізіологічний сенс резус-конфлікту.
- 5.** Які засоби застосовуються для десенсибілізації вагітної жінки в разі резус-конфлікту?
- 6.** Поясніть сутність термінів «універсальний донор» та «універсальний реципієнт».
- 7.** Чи можливий резус конфлікт для жінки в інтерактивному завданні? Чому? Який з трьох чоловіків за типуванням групи крові найбільш підходить Міс Браун?
- 8.** До лікарні надійшов поранений Містер Потер. У лікарні закінчились антисироватки, група крові Містера Потера достеменно невідома. Від кого з піддослідних інтерактивного завдання можна перелити йому кров, щоб уникнути негативних наслідків?
- 9.** Якщо містер Потер одужає та захоче стати донором крові, кому з піддослідних інтерактивного завдання можна перелити його кров, якщо свіжі партії антисироваток досі не завезуть, а містер Потер не впевнений в тому, яка в нього група крові.
- 10.** Від батьків з якими групами крові можуть народитися діти з будь-якою групою? Чи завжди можна встановити достеменно генотип цих батьків? Чому?

## Тема 9. Об'ємна швидкість крові в судинах

### Мета роботи

ознайомитися із гідродинамікою руху крові по судинах, визначити показники, які на нього впливають, та характер впливу

### Обладнання

персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор «*LuPraFi-Sim*»

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### Основний закон гемодинаміки

Кількість рідини  $Q$ , що протікає через будь-яку трубу, прямо пропорційно різниці тисків на початку ( $P_1$ ) і в кінці ( $P_2$ ) труби і обернено пропорційно опору ( $R$ ) стуму рідини:

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

Сила, що визначає рух крові по судинах - різниця тисків ( $\Delta P$ ) на початку судинного русла ( $P_1$  - аорта і легенева артерія) і в його кінці ( $P_2$  - вени передсердь):  $\Delta P = P_1 - P_2$

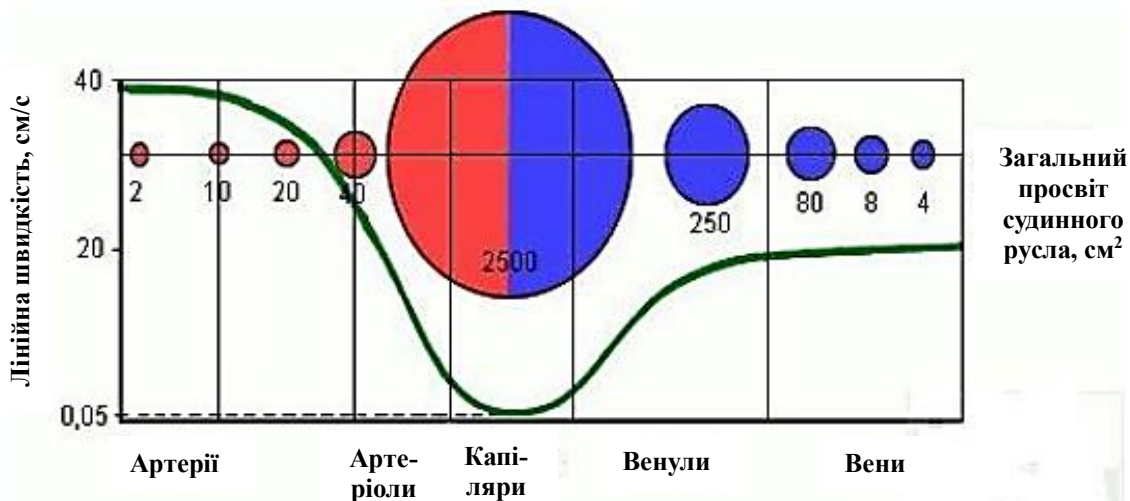


Рис. 12. Лінійна швидкість руху крові та загальна площа просвіту всіх судин різних типів

Тиск в кінці судинної системи, тобто в місці впадання порожнистих вен у серці, близький до нуля, тому кількість рідини:

$$Q = \frac{P}{R}$$

Опір току рідини ( $R$ ) залежить від її в'язкості ( $\eta$ ), довжини судини ( $l$ ) та її радіусу ( $r$ ):

$$R = \frac{8l\eta}{\pi r^4}$$

Сформулюємо таким чином:

**Основний закон гемодинаміки** – кількість крові, що протікає за одиницю часу через кровоносну систему тим більша, чим вища різниця тисків в її артеріальному та венозному кінцях та чим менший опір току крові з боку судин.

#### У гемодинаміці застосовують такі величини:

**Об'ємна швидкість руху** – кількість крові, яка проходить через поперечний переріз судин за одиницю часу. Об'єм крові за одиницю часу через всю артеріальну і венозну систему великого і малого кола кровообігу однаковий.

**Лінійна швидкість руху** – швидкість переміщення крові судинами за ламінарного потоку (відношення об'ємної швидкості до площі перерізу). В артеріях 20 см/с, у капілярах – 0,5 мм/с, у венах – 10-15 см/с.

**Час кровообігу** за який кров проходить велике і мале коло кровообігу. Повний час кровообігу складає 20-23 секунди (для малого кола - 1/5 часу, великого – 4/5).

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ШВИДКІСТЬ РУХУ КРОВІ ПО СУДИНАХ

Принцип методу: Симуляція дозволяє моделювати вплив основних гемодинамічних показників на швидкість руху крові, дослідити гемодинамічні явища.

#### Перебіг роботи:

1. Перейдіть до розділів «КРОВОНОСНІ СУДИНИ» – «ВПЛИВ ТИСКУ ТА В'ЯЗКОСТІ РІДИНИ, А ТАКОЖ РАДІУСА ТА ДОВЖИНИ СУДИНИ НА РУХ РІДИНИ ПО СУДИНІ» («BLOOD VESSELS» – «THE INFLUENCE OF PRESSURE AND VISCOSITY OF A FLUID AND THE RADIUS AND LENGTH OF THE VESSEL ON A FLOW OF A FLUID THROUGH THIS VESSEL»)
2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.

3. Виставити усі показники за допомогою кнопок стрілок по «5» та натиснути «СТАРТ» («START»). Спостерігати за наповненням посудини, зафіксувати швидкість руху крові («Flow (ml/min)»).
4. Почергово збільшуйте усі показники за допомогою кнопок стрілок на «5» (до «10», попередній вивчений показник повертайте знову до «5») та натискайте «СТАРТ» («START»). Спостерігайте за наповненням посудини та фіксуйте швидкість руху крові («Flow (ml/min)»). ТРУБКУ» («REFILL TUBE») для перезапуску експерименту. Від яких показників швидкість руху крові залежить прямо пропорційно, від яких – обернено?
5. Виставити за допомогою кнопок стрілок «РАДІУС (мм)» («RADIUS (mm)») та «В'ЯЗКІСТЬ» («VISCOSITY») по «20» «ТИСК (мм рт. ст.)» («PRESSURE (mmHg)») – 100, а «ДОВЖИНУ (мм)» («LENTGH (mm)») – «200» та натиснути «СТАРТ» («START»). Спостерігати за наповненням посудини, зафіксувати швидкість руху крові («Flow (ml/min)») в умовах максимальних значень показників.
6. Якщо посудина заповнилась, натиснути кнопку «СПУСТОШИТИ ПОСУДИНУ» («REFILL TUBE») для перезапуску експерименту.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо впливу різних показників на швидкість руху крові по судинах, значення цих знань для оцінювання стану серцево-судинної системи, планування фізичних навантажень.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

1. Чим розрізняються лінійна та об'ємна швидкості руху крові по судинах?
2. Перелічіть показники, від яких об'ємна швидкість руху крові залежить прямо пропорційно. Поясніть причини цього.
3. Перелічіть показники, від яких об'ємна швидкість руху крові залежить обернено пропорційно. Поясніть причини цього.
4. Від яких показників залежить в'язкість крові? Які компоненти крові роблять найбільш значний внесок до в'язкості?
5. Які судини мають найбільшу загальну площу просвіту та характеризуються найменшою швидкістю руху крові? Який фізіологічний сенс цього?
6. Порівняйте системну, регіональну та мікроциркуляційну гемодинаміку.

- 7.** Опишіть рух крові по малому та великому колам кровообігу, починаючи від легень. Який фізіологічний сенс розділення кровообігу на два кола?
- 8.** Що таке «шунтуючі судини» (або артеріовенозні анастомози)? Навіщо вони потрібні?
- 9.** Встановіть відповідність між типами судин за будовою та функціями.
- 10.** Порівняйте за будовою артерії, вени та капіляри. Який функціональний сенс розглянутих відмінностей?



## Тема 10. Вивчення серцевого циклу

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками електрокардіофізіології, спостерігати за збудливістю серця на різних етапах серцевого циклу
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Механічна діяльність серця, відома також як «*цикл серцевої діяльності*», складається з ритмічної послідовної зміни двох фаз:

- ❖ *Систола* (S) – фаза скорочення серцевого м'яза;
- ❖ *Діастола* (D) – фаза розслаблення серцевого м'яза.

*Збудливість* серцевого м'яза (міокарда) розвивається циклічно відповідно до фази серцевої діяльності (рефлекс Меррея або закон періодичної незбудливості серця):

- ❖ У систолі *відсутня збудливість* міокарда;
- ❖ У діастолі – *максимальна збудливість* серцевого м'яза.

В роботі буде продемонстровано графік скорочень серця жаби (кардіографія) в нормальному стані та на фоні дії електричних стимулів в період систоли або діастолі.

Нормальна кардіограма синусоїдальна, на ній можна чітко виділити повторювані ділянки: висхідну (систола, S) та низхідну (діастола, D).

Дія електричного стимулу може бути різною залежно від того, на яку фазу серцевого циклу вона припадає: якщо на систолу – загальний вигляд кардіограми не змінюється (рефрактерність), а якщо на діастолу – на кардіограмі з'являється *екстрасистола* (ES), яка неминуче супроводжується *тривалим періодом спокою* (PRP).

В кожній систолі міокард є незбудливим, бо знаходиться у фазі рефрактерності. Біологічний сенс періодичної рефрактерності, що триває весь період систоли, полягає у забезпеченні регулярного скорочення міокарду. В діастолі міокард знову стає збудливим. Якщо в цей момент з'являється штучний стимул, то у відповідь виникає екстрасистола, за якою настає тривалий період спокою. Тривалий період спокою після

екстрасистоли настає через втрату фізіологічної систоли (що генерується синусо-передсердним вузлом Ремака).

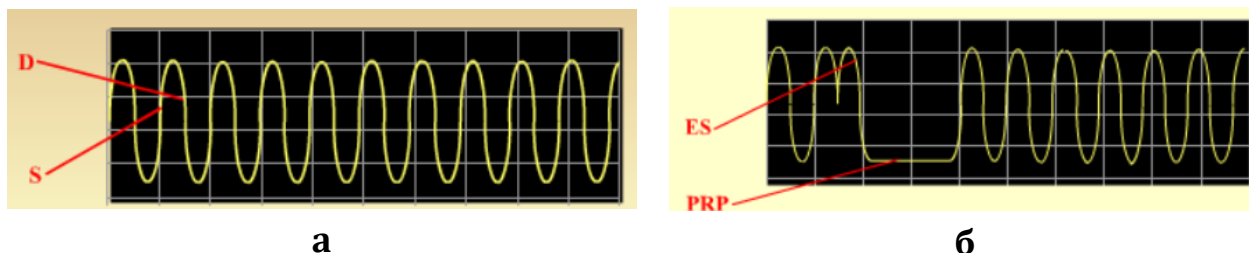


Рис. 13. Кардіограма серця жаби без дії електричного стимулу або у разі стимулу під час систоли (а) та у разі дії електричного стимулу під час діастоли (б). D – діастола, S – систола, ES – екстрасистола, RPR – тривалий період спокою

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТИМУЛІВ НА СЕРЦЕВУ ДІЯЛЬНІСТЬ

Принцип методу: демонстрація стадій серцевого циклу жаби та зміни збудливості міокарда за допомогою графічного методу.

#### Перебіг роботи:

1. Перейдіть до розділів «СЕРЦЕ» – «ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТИМУЛІВ НА СЕРЦЕВУ ДІЯЛЬНІСТЬ» («HEART» – «THE EFFECT OF ELECTRICAL STIMULI ON CARDIAC ACTIVITY»).
2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
3. Натисніть кнопки «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ПІДСУМОК» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («PRINCIPLE – «CONCLUSIONS» – «PRACTICAL SESSION»)
4. Опишіть та замалюйте схему дослідної установки.
5. Перемалюйте нормальну електрокардіограму серця жаби.
6. Періодично дійте кнопкою «СТИМУЛ» («STIMULUS»), подаючи електричний розряд на серце жаби. В яких випадках зображення змінюється, а в яких – ні.
7. Перемалюйте змінену електрокардіограму серця жаби.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо змін збудливості серцевого м'яза (міокарда) під час циклу серцевої діяльності та фізіологічний сенс таких змін.

**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** З яких шарів складається серце? Який з них виконує основну функцію?
- 2.** Опишіть фізіологічні властивості міокарда (збудливість, скоротливість, рефрактерність та автоматію).
- 3.** Опишіть загальну будову серця, перелічіть камери та клапани. Які судини надходять або виходять з кожної з камер?
- 4.** Що таке серцевий цикл (цикл діяльності серця)? Які фази в ньому виділяють? Назвіть тривалість кожної з фаз.
- 5.** Опишіть механічні та звукові прояви роботи серця, а також їх значення для оцінювання стану організму.
- 6.** Що таке електрокардіограма? Як її записують для людини? Як інтерпретують значення?
- 7.** Для вивчення роботи клапанів та провідної системи серця використовують різні методи. Поміркуйте та поясніть, для якого з компонентів оцінювання роботи серця доцільніше використовувати електрокардіографію, а для якого – ультразвукове дослідження.
- 8.** Чому дія електричного стимулу змінює кардіограму лише коли припадає на діастолу?
- 9.** Який фізіологічний сенс рефрактерності у систолу? Що відбувається, якщо систола пропущена?
- 10.** Що таке інфаркт міокарда? Чим він небезпечний? Яким чином можна зменшити ризики від цього стану?

## Тема 11. Автоматія серця

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками фізіології серця, визначити роль елементів провідної системи у регуляції роботи серця
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### *Провідна система серця*

**Автоматія серця** – властивість серцевого м'яза здійснювати ритмічні скорочувальні рухи в автономному режимі без втручання зовнішніх регуляторних факторів. Ця властивість дає серцю змогу ритмічно скорочуватися після розриву нервових та судинних зв'язків з тілом.

Автоматія серця забезпечується функціонуванням **провідної системи серця**. У ссавців ця система представлена атиповими клітинами міокарда, які формують такі структури:

- ❖ **Синоатріальний вузол** (1) (синусо-передсердний, вузол Кіса-Флака) розташований на місці впадіння порожнистих вен до правого передсердя, задає основний синусовий ритм.
- ❖ **Атріовентрикулярний вузол** (2) (передсердно-шлуночковий, вузол Ашофф-Тавара) знаходиться у нижній частині серцевої перетинки на межі передсердь та шлуночків.
- ❖ **Пучок Гісса** (3) бере початок від атріовентрикулярного вузла, проходить по верхній частині міжшлуночкової перетинки, ділиться на дві ніжки – праву та ліву, завершується субендокардіальною сіткою **волокон Пуркін'є** (4).

Клітини міокарда, що утворюють елементи провідної системи мають такі особливості:

- ❖ Мають потенціал спокою від -55 до -60 мВ (типові клітини міокарда мають МПС від -85 до -90 мВ), тобто більш швидко збуджуються.
- ❖ Мембрана має підвищену проникність до іонів натрію порівняно з типовими клітинами міокарда.
- ❖ У системі не підтримується постійний мембранний потенціал спокою (МПС), він знижується відповідно до кривої деполяризації кожної зі структур.

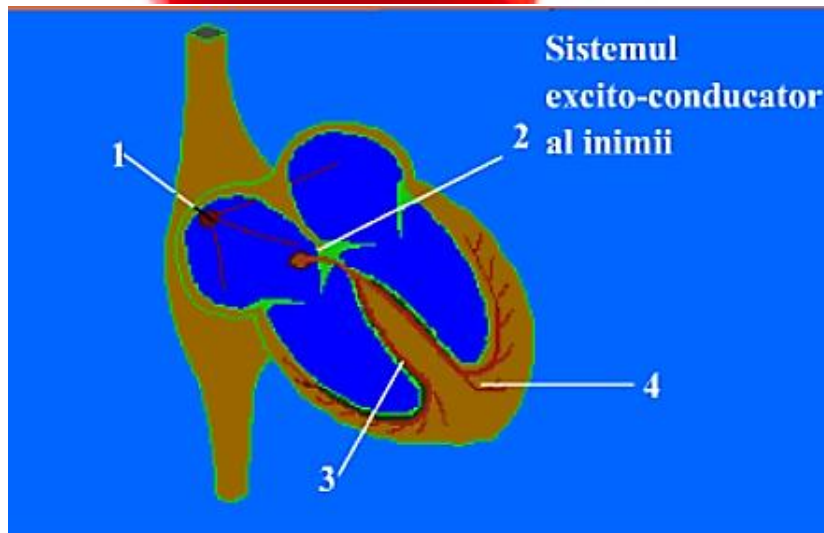


Рис. 14. Провідна система серця ссавців. Пояснення до цифр у тексті

Розглянуті властивості атипичних м'язових клітин серця визначають покрокове зменшення мембранного потенціалу спокою під час періоду діастолі до досягнення критичного рівня. Після досягнення критичного рівня зниження МПС, потенціал дії, який називається **кардіостимулювальним потенціалом**, повертається до вихідного стану. По мірі проходження через міокард кардіостимулювальний потенціал примушує його скорочуватися.

Автоматія серця може вивчатися на ізольованому серці жаби, провідна система якого складається з таких елементів:

- ❖ Ганглій Ремака (1) – кардіозбудливий ганглій, що породжує синусовий ритм, розташований у стінці венозного синуса.
- ❖ Ганглій Людвіга (2) – кардіоінгібуючий ганглій, розташований у міжпередсердній стінці.
- ❖ Ганглій Біддера (3) – кардіозбудливий ганглій, що породжує вентрикулярний ритм, розташований в атріовентрикулярній стінці.



Рис. 15. Провідна система серця жаби. Пояснення до цифр у тексті



У XIX ст. Станіус, використовуючи методику накладання лігатур на різні структури провідної системи серця жаби, встановив рівень автоматії різних відділів провідної системи — градієнт автоматії.

**I лігатуру** (ізолюючу) накладають на межі між венозним синусом та правим передсердям. Після перев'язки здатність до скорочення залишається тільки у частини передсердя, що зберігло зв'язок із венозним синусом. Передсердя та шлуночок припиняють скорочення, тому що не отримують імпульсів із венозного синусу. Через деякий час імпульси починає генерувати АВ-вузол, і скорочення виникають одночасно в передсердях та шлуночку з більш рідкісним ритмом.

**II лігатуру** (подразнювальну) накладають по атріовентрикулярній борозні після першої лігатури за серця, що зупинилося. Лігатура подразнює атріовентрикулярний вузол та викликає його автоматію. У цьому випадку передсердя та шлуночок скорочуються одночасно, але незалежно одне від одного.

**III лігатуру** накладають на нижню третину шлуночка, відокремлюючи верхівку (нижня частина серця). Верхівка не має властивості автоматії.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. НАКЛАДАННЯ ЛІГАТУР

Принцип методу: Механізм роботи провідної системи серця жаби вивчається *in situ* (на місці) шляхом накладання кількох лігатур – пов'язок, які обмежують контакт між компонентами провідної системи.

#### Перебіг роботи:

1. Перейдіть до розділів «СЕРЦЕ» – «НАКЛАДАННЯ ЛІГАТУР СТАННІУСА» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» («HEART» – «THE STANNIUS LEGATURES» – «NEXT PAGE»).
2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
3. Перегляньте анімацію про збудження у провідній системі серця, натиснувши «ПЕРЕГЛЯНУТИ» («VISUALIZE»), після чого поверніться до попередньої вкладки кнопкою «НАЗАД» («BACK»)
4. Натисніть кнопки «МЕТА» – «ТЕХНОЛОГІЯ» («OBJECTIVE» – «TECHNIQUE»).
5. Ознайомтесь з нормальною роботою серця, натиснувши першу кнопку «ПЕРЕГЛЯНУТИ» («VISUALIZE»), після чого поверніться до попередньої вкладки кнопкою «НАЗАД» («BACK»). Схематично за

допомогою стрілок або серії рисунків зобразіть та опишіть нормальні скорочення ізольованого серця.

6. Ознайомтесь з роботою серця після накладання 1, 2 та 3 лігатур, натиснувши першу кнопку «ПЕРЕГЛЯНУТИ» («VISUALIZE»), після кожного перегляду повертайтеся до попередньої вкладки кнопкою «НАЗАД» («BACK»). Схематично за допомогою стрілок або серії рисунків зобразіть та опишіть скорочення ізольованого серця після накладання кожної з лігатур.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо ролі провідної системи у регуляції роботи серця, забезпечення його автономності від організму.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Дайте визначення автоматії серця.
- 2.** Яка структури забезпечує автоматію серця? Перелічіть основні її елементи.
- 3.** Серце якої тварини використовують для вивчення автоматії серця? Які елементи провідної системи серця є у цієї тварини?
- 4.** Що таке лігатури? Як накладати лігатури?
- 5.** Опишіть лігатури Станніуса. Де вони розташовуються та для чого вони застосовуються?
- 6.** Опишіть проходження електричного імпульсу по провідній системі серця ссавців.
- 7.** Опишіть нормальне скорочення серця жаби.
- 8.** Опишіть скорочення серця жаби після накладання I лігатури.
- 9.** Опишіть скорочення серця жаби після накладання II лігатури.
- 10.** Опишіть скорочення серця жаби після накладання III лігатури.

## Тема 12. Регуляція роботи серця

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками фізіології серця, дослідити механізми регуляції його роботи
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Робота серця в ізолюваному стані підтримується в певних умовах. Для цього необхідно, щоб здійснювалась постійна перфузія (циркуляція рідини по відділах серця) з певним тиском; розчин для перфузії має містити енергетичний субстрат для нормального функціонування серця; розчин для перфузії має бути оптимальної температури. В таких умовах можна вивчати вплив різних хімічних речовин на роботу серця, тобто його гуморальну регуляцію.

#### Інтерпретація електрокардіограм (ЕКГ) ізолюваного серця жаби:

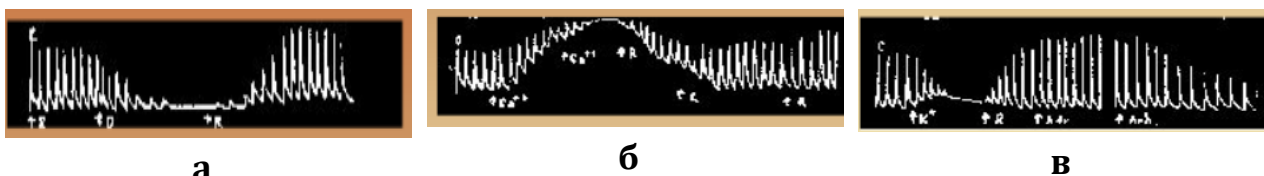
В умовах перфузії ізолюваного серця розчином, в якому відсутні іони кальцію відбувається **зменшення амплітуди скорочень**.

В умовах надлишку іонів кальцію серце **збільшує амплітуду скорочень**; якщо негайно повторити введення додаткових іонів кальцію, відбувається **кальцієва ригідність** – затримка серця в систолі.

Додавання іонів калію **зменшує амплітуду скорочень**; якщо негайно повторити введення додаткових іонів калію, відбувається **калійне інгібування** – затримка серця в діастолі.

В умовах додавання до розчину для перфузії адреналіну, **серце збільшує амплітуду та частоту** своїх скорочень.

У разі додавання до розчину для перфузії ацетилхоліну, **серце зменшує амплітуду та частоту** своїх скорочень.



**Рис. 16. Типові ЕКГ ізолюваного серця жаби у разі додавання:**

- а – оксалату амонію, який призводить до дефіциту кальцію;
- б – хлориду кальцію;
- в – хлориду калію

### Інтерпретація електрокардіограм (ЕКГ) після дії блукаючого нерва:

Після дії електричних стимулів на блукаючий нерв протягом 3-5 с. відбувається зменшення амплітуди серцевих скорочень та зупинка серця в діастолі (ефект викликаний вивільненням ацетилхоліну синапса).

Після тривалого подразнення блукаючого нерва відбувається зменшення амплітуди та частоти серцевих скорочень, зупинку серця в діастолі на кілька секунд, після чого серце поступово відновлює роботу, не дивлячись на дію блукаючого нерва, що триває («**вихід серця з-під впливу блукаючого нерва**»).

Ефект виходу серця з-під впливу блукаючого нерва може пояснюватися такими чинниками:

- ❖ розтягнення міокарда пасивною акумуляцією крові у шлуночках (ефект Старлінга);
- ❖ виснаження запасів ацетилхоліну;
- ❖ рефлекторне вироблення адреналіну.

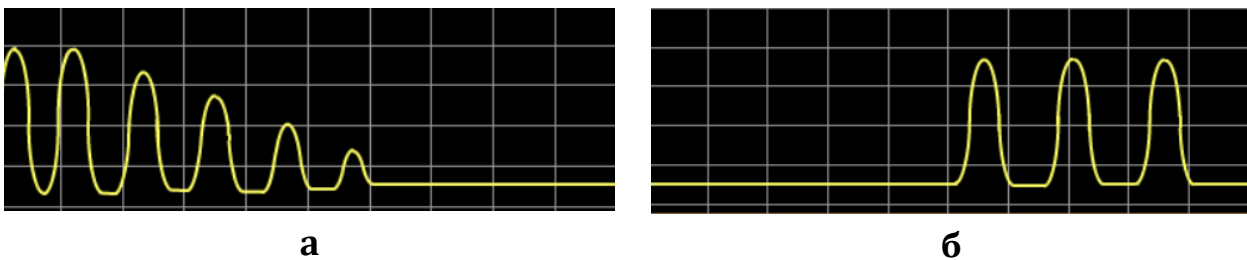


Рис. 17. Типові ЕКГ після короткочасної (а) та тривалої (б) дії блукаючого нерва

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. ГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ СЕРЦЯ**

Принцип методу: Метод заснований на одержанні графічного зображення механічної активності ізольованого серця жаби в умовах його перфузії із додаванням досліджуваних речовин.

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Перейдіть до розділів «СЕРЦЕ» – «ВПЛИВ МЕДИКАМЕНТІВ ТА ХІМІЧНИХ МЕДІАТОРІВ НА СЕРЦЕВУ ДІЯЛЬНІСТЬ» («HEART» – «THE EFFECT OF SEVERAL DRUGS AND SOME CHEMICAL MEDIATORS ON CARDIAC ACTIVITY»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.

- 1.3. Натисніть кнопки «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ІНТЕРПРИТАЦІЯ ЕКГ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («PRINCIPLE – «INTERPRITATION OF TH ECG» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.4. Додати досліджувані розчини до розчину для перфузії серця та замалювати кардіограми під їх впливом. Порядок, у якому додаються речовини до розчину для перфузії:
  - 1) розчин Рінгера (за замовчуванням);
  - 2) додавання оксалату амонію (зв'язує іони кальцію, кальцій не потрапляє до серця);
  - 3) додавання хлориду кальцію (до серця потрапляє додатковий кальцій) – введення одноразове та подвійне (для спостереження кальцієвої ригідності);
  - 4) додавання хлориду калію (надлишок іонів калію) – введення одноразове та подвійне (для спостереження калієвого інгібування);
  - 5) додавання розчину адреналіну;
  - 6) додавання розчину ацетилхоліну.
- 1.5. Дати інтерпретацію одержаним електрокардіограмам ізольованого серця жаби.

## **ЗАВДАННЯ 2. НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ СЕРЦЯ**

Принцип методу: Блукаючий нерв піддається впливу електричних стимулів, при цьому реєструється механічна діяльність серця (кардіограма).

### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «СЕРЦЕ» – «ВПЛИВ ЗБУДЖЕННЯ БЛУКАЮЧОГО НЕРВУ НА СЕРЦЕВУ ДІЯЛЬНІСТЬ» («HEART» – «THE EFFECT OF VAGAL EXCITATION ON CARDIAC ACTIVITY»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 2.3. Натисніть кнопки «ІНТЕРПРИТАЦІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («INTERPRITATION» – «PRINCIPLE – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.4. Спостерігати 8-10 с. за нормальною серцевою діяльністю. Замалювати ЕКГ.
- 2.5. Натиснути кнопку «СТИМУЛ» («STIMULUS») та через 3-5 с. натиснути «СТОП» («STOP»). Перемалювати одержану електрокардіограму (ЕКГ).



- 2.6. Натиснути кнопку «СТИМУЛ» («STIMULUS») та НЕ натискати кнопку «СТОП» («STOP»). Перемалювати одержану ЕКГ. Як називається спостережене с цього випадку явище?

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо гуморальних впливів на роботу серця навіть в умовах ізоляції від організму та щодо парасимпатичної регуляції його роботи й виходу з-під її впливу, значення розглянутих регуляторних механізмів.

#### **ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Як впливають зміни концентрацій іонів кальцію, калію та натрію на роботу серцевого м'яза?
- 2.** Опишіть впливи адреналіну та ацетилхоліну на роботу серця. Розкрийте механізми такого впливу.
- 3.** Розкрийте основні закони міогенної регуляції роботи серця.
- 4.** Опишіть нервову регуляцію серцевої діяльності.
- 5.** Які рефлекси регулюють роботу серця?
- 6.** Що таке «вихід серця з-під впливу блукаючого нерва»? Які можливі механізми цього явища?
- 7.** Опишіть явища кальцієвої ригідності та калієвого інгібування. Що відбувається під час них? Які можливі механізми до них призводять?
- 8.** Які впливи на роботу внутрішніх органів, окрім серця, має блукаючий нерв?
- 9.** Порівняйте нервову та гуморальну регуляцію роботи серця. Що спільного та відмінного в них?
- 10.** В яких умовах можна підтримувати роботу ізольованого серця протягом тривалого часу?

## Тема 13. Артеріальний тиск

### Мета роботи

ознайомитися із загальними техніками фізіології серця навчитися вимірювати артеріальний тиск за методом Короткова, дослідити механізми регуляції артеріального тиску

### Обладнання

персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів *«.exe»* та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор *«LuPraFi-Sim»*; для виконання першого завдання замість симулятора **можна скористатися неавтоматичним тонометром (сфигмоманометром) зі стетоскопом**

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Артеріальний тиск** – це тиск, з яким стовп крові давить на стінку артеріальної судини. Залежить від таких чинників:

- ❖ **серцеві:** систолічний об'єм серця, швидкість викиду крові з шлуночків, частота серцевих скорочень;
- ❖ **судинні:** еластичність компенсуючих артерій, тонус резистивних судин, об'єм ємкісних судин;
- ❖ **кров'яні:** об'єм циркулюючої крові (ОЦК), в'язкість крові, гідростатичний тиск крові.

Рушійними силами, що створюють артеріальний тиск є **скорочення шлуночків** (у систолу серце приливає порцію крові до артерій), **еластичність стінок артерій** (не дозволяє систолічному тиску перевищувати певний рівень, а діастолічному – падати нижче певного рівня), **периферичний опір судин** (створюється в артеріолах за рахунок тертя (в'язкості) крові).

### Види артеріального тиску:

**Систолічний** (100-120 мм рт. ст.) – максимальний, відображає стан міокарда лівого шлуночка.

**Діастолічний** (60-80 мм рт. ст.) – мінімальний, характеризує ступінь тону артеріальних стінок в період діастолі.

**Пульсовий тиск** (35-55мм рт. ст.) – різниця між систолічним і діастолічним тиском (відкриття півмісяцевих клапанів):

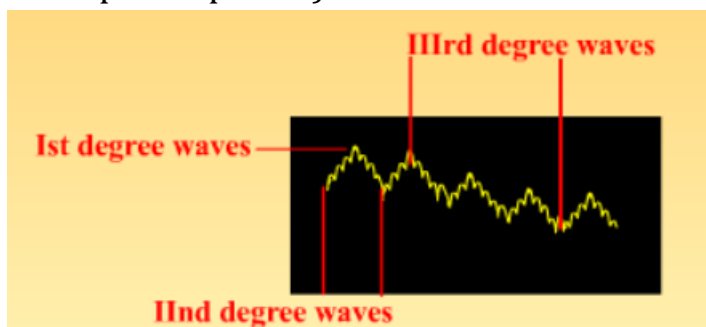
$$ПТ = АТ_{\text{сист.}} - АТ_{\text{діаст.}}$$

**Середній** (70-90 мм рт. ст.) – сума діастолічного і 1/3 пульсового (рушійна сила кровотоку):  $СрТ = АТ_{діаст.} + ПТ/3$ .

Вимірювання артеріального тиску може здійснюватися **прямим** (безпосереднє введення голки манометра до артерії) та **непрямими методами** (всі інші).

Фізіологічні коливання артеріального тиску можна реєструвати у вигляді хвиль трьох порядків:

- ❖ **Хвилі I порядку** – найменші, викликані чергування систоли (підвищення) та діастоли (зниження).
- ❖ **Хвилі II порядку** – синхронні з дихальними рухами (тиск зменшується під час вдиху та збільшується під час видиху).
- ❖ **Хвилі III порядку** – викликаються періодичними змінами тону судинорухового центру (тиск збільшується за звуження судин та підвищується за їх розширення).



**Рис. 18.** Хвилі різних порядків – коливання артеріального тиску

Непрямі методи передбачають вимірювання тиску стінок судин під напором крові всередині через розміщення манометра або проміжного компоненту до частини досліджуваної артерії, не розтинаючи шкіру.

Відомі такі основні **непрямі методи** вимірювання артеріального тиску:

- ❖ пальпаторний (Ріва-Роччі) – систолічний;
- ❖ аускультативний (Короткова) - систолічний і діастолічний;
- ❖ осцилографічний – систолічний, діастолічний, середній;

Найбільш поширеним непрямим методом вимірювання артеріального тиску є **метод Короткова** (метод вислуховування, аускультативний). За рахунок нагнітання повітря до манжети створюється тиск, який перевищує артеріальний. Потім тиск поступово знижується:

- ❖ коли він зрівнюється зі систолічним, виникають шуми від пульсації крові в сегменті артерії;
- ❖ коли він зрівнюється із діастолічним, шуми від пульсації крові в сегменті артерії зникають.

### Гуморальні впливи на артеріальний тиск

**Ацетилхолін** призводить до падіння артеріального тиску за механізмом, схожим зі збудженням блукаючого нерва. Разом з тим, механізми гіпертензії не заблоковані, тому осцилометричні показники (інтервал між максимальним та мінімальним тиском) будуть підвищені.

**Адреналін** викликає сильну гіпертензію та підвищення осцилометричних показників, бо парасимпатичні регулятори гіпотензії не вимкнені.

**Атронін** підвищує артеріальний тиск через блокування парасимпатичних впливів. Введення **адреналіну на фоні атроніну** підвищує артеріальний тиск, але осцилометричні показники залишаються незначними, бо парасимпатичні впливи заблоковані.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ ЗА МЕТОДОМ КОРОТКОВА**

Принцип методу: Суть методу полягає у піддаванні піддослідного сильному тиску, що поступово зменшується, на ділянку плечової артерії, який знаходиться під шкірою. Якщо уважно вслуховуватися до шумів за допомогою дистально прикладеного стетоскопу, то можна виявити:

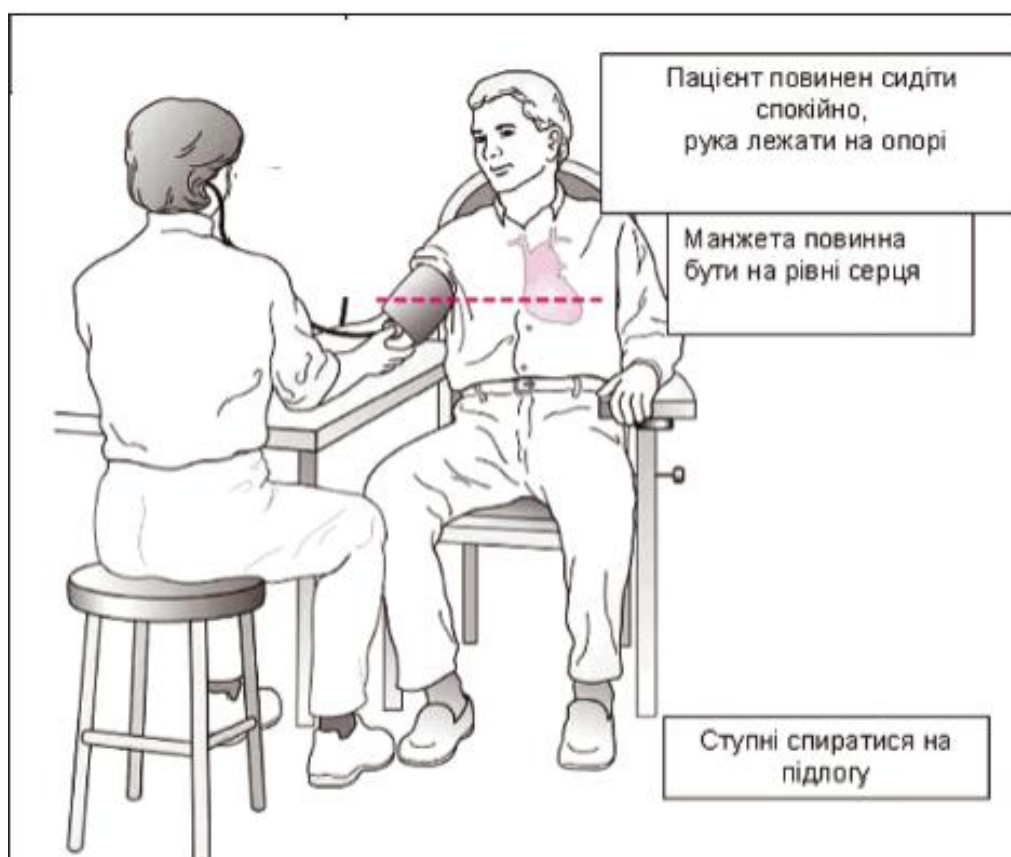
- ❖ тиск, за якого по **виникненню шумів** ми розуміємо, що циркуляція крові у сегменті артерії, який було стиснуто, відновився (дорівнює **систоличному** тиску);
- ❖ тиск, за якого по **зникненню шумів** ми розуміємо, що циркуляція крові в сегменті артерії прийшла до норми (дорівнює **діастолічному** тиску).

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Вимірювання артеріального тиску за методом Короткова включає такі операції: викачати повітря з манжети – закріпити манжету навколо передпліччя піддослідного, закрити клапан – прикласти наконечник стетоскопа до артерії на відстані від манжети – нагнати повітря до манжети, доки тиск в ній не стане вище за артеріальний тиск піддослідного – трохи відкрити клапан, щоб повітря поступово виходило з манжети, повільно зменшуючи тиск у ній – зафіксувати за стрілкою манометра тиск, за якого починаються (систоличний тиск) та припиняються (діастолічний тиск) поштовхи.

**Зверніть увагу!** Описані операції можна виконати самостійно з використанням сфїгмоманометру (неавтоматичного тонометру) або з використанням симулятора «*LuPraFi-Sim*», інструкцію до якого подано нижче. Якщо дослідження виконується без симулятора, то необхідно замалювати сфїгмоманометр (неавтоматичний тонометр) з натури.

- 1.2. Перейдіть до розділів «КРОВОНОСНІ СУДИНИ» – «ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ ЗА МЕТОДОМ КОРОТКОВА» («BLOOD VESSELS» – «MEASUREMENT OF THE ARTERIAL PRESSURE BY KOROTKOV METHOD»).
- 1.3. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.4. Натисніть кнопку «ОБЛАДНАННЯ» («EQUIPMENT») – замалюйте та запишіть, з чого складається сфїгмоманометр зі стетоскопом.
- 1.5. Натисніть кнопки «ТЕХНОЛОГІЯ» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («TECHNIQUE» – «NEXT PAGE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.6. Виконайте операції, описані у п. 1.1 та зафіксуйте значення тиску піддослідного.



**Рис. 19. Правильна поза під час вимірювання артеріального тиску за методом Короткова (за рекомендаціями ВООЗ)**



## **ЗАВДАННЯ 2. ВПЛИВ СЕРЦЯ ТА СУДИН НА АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК**

Принцип методу: Симуляція дозволяє оцінити вплив серцевого викиду, еластичності судин та їх периферичного опору на артеріальний тиск.

### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «КРОВОНОСНІ СУДИНИ» – «ВПЛИВ ХВИЛИННОГО СЕРЦЕВОГО ВИКИДУ, ПЕРИФЕРИЧНОГО ОПОРУ ТА ЕЛАСТИЧНОСТІ СУДИН НА АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК» («BLOOD VESSELS» – «THE INFLUENCE OF THE CARDIAC OUTPUT, THE PERIPHERAL RESISTANCE AND THE VASCULAR ELASTICITY ON ARTERIAL PRESSURE»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 2.3. Натисніть кнопку «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («PRACTICAL SESSION»).
- 2.4. За допомогою стрілок почергово змінюйте об'єм серцевого викиду («Cardiac Output») («80» - «100» - «120» - «140» - «160»). Зафіксуйте значення артеріального тиску. Як пов'язані ці показники – прямо чи обернено пропорційно?
- 2.5. За об'єму серцевого викиду «100» визначте артеріальний тиск за нормального опору судин (1,0) та звуженого просвіту (1,25), регулюючи кнопками-стрілками «Периферичний опір» («Peripheral resistance»). Як впливає опір судин на артеріальний тиск – прямо чи обернено пропорційно?
- 2.6. За об'єму серцевого викиду «100» та нормального опору судин (1,0) визначте артеріальний тиск за різного рівня еластичності (від 1 до 3), регулюючи кнопками-стрілками «Еластичність судин» («Vascular elasticity»). Як впливає еластичність судин на артеріальний тиск – прямо чи обернено пропорційно?

## **ЗАВДАННЯ 3. ГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ**

Принцип методу: Симуляція відтворює дію адреналіну, атропіну та ацетилхоліну на артеріальний тиск собаки за їх внутрішньовенного введення. Сонна артерія собаки виводиться на поверхню, до неї приєднується манометр Людвіга для прямого вимірювання артеріального тиску; також виводиться на поверхню підшкірна вена на лапі, в неї вводиться катетер для введення досліджуваних речовин.

### Перебіг роботи:

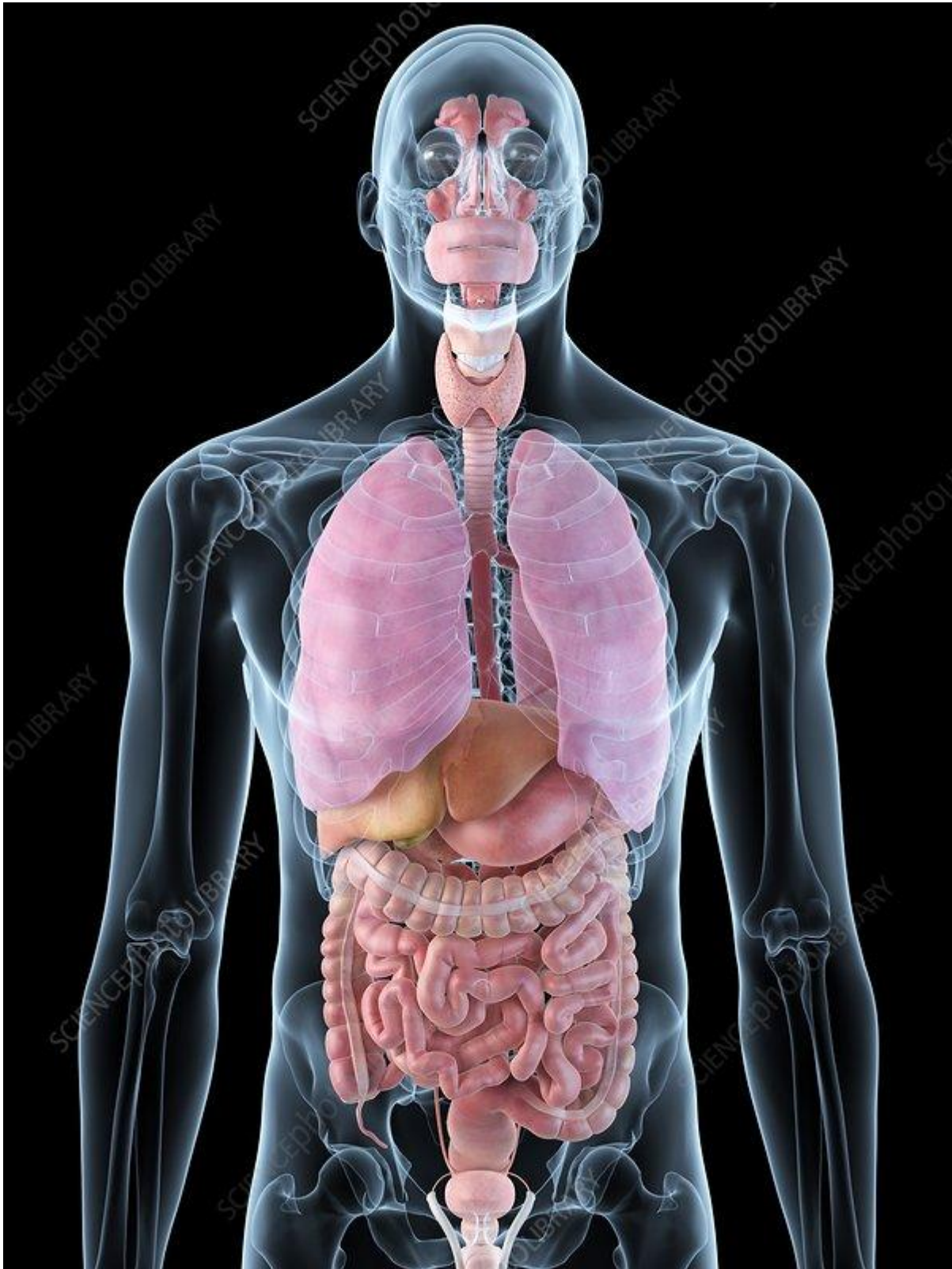
- 3.1. Перейдіть до розділів «КРОВОНОСНІ СУДИНИ» – «ВПЛИВ ХВИЛИННОГО СЕРЦЕВОГО ВИКИДУ, ПЕРИФЕРИЧНОГО ОПОРУ ТА ЕЛАСТИЧНОСТІ СУДИН НА АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК» («BLOOD VESSELS» – «THE INFLUENCE OF THE CARDIAC OUTPUT, THE PERIPHERAL RESISTANCE AND THE VASCULAR ELASTICITY ON ARTERIAL PRESSURE»).
- 3.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 3.3. Натисніть кнопки «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ЕТАПИ ЕКСПЕРИМЕНТУ» – «НАСТУПНА СТОРІНКА» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («TECHNIQUE» – «EXPERIMENTAL MOMENTS» – «NEXT PAGE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 3.4. Введіть собаці почергово: ацетилхолін – адреналін – атропін – адреналін. Після кожного введення замальовуйте осцилограму. Не вводьте наступну речовину, поки не з'явиться відповідний напис.
- 3.5. Проінтерпретуйте одержані осцилограми.

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо значення показника «артеріальний тиск» для оцінювання стану організму, чинників, що впливають на нього, методів вимірювання, зокрема методу Короткова, впливу різних хімічних речовин на цей показник.

### ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Дайте визначення артеріальному тиску та перелічіть чинники, що на нього впливають.
2. Які існують види артеріального тиску?
3. Чим розрізняються прямий та непрямі методи вимірювання артеріального тиску? Назвіть основні непрямі методи.
4. Поясніть, в чому сутність методу Короткова?
5. Опишіть нормальний артеріальний тиск. Чим небезпечні гіпо- та гіпертензія? Що таке гіпертонічна хвороба?
6. Яким чином хвилиний серцевий викиду периферичний опір та еластичність судин впливають на артеріальний тиск?
7. Опишіть модель для вивчення гуморальних впливів на артеріальний тиск. Яких тварин для цього використовували?

- 8.** Які з досліджених речовин підвищують артеріальний тиск, а які знижують? Опишіть механізми їх дії.
- 9.** Чому введення адреналіну на фоні атропіну підвищує артеріальний тиск, але не впливає на осцилометричні показники?
- 10.** Враховуючи, що ацетилхолін та адреналін є медіаторами вегетативної нервової системи, опишіть симпатичні та парасимпатичні впливи на артеріальний тиск.



## **Розділ IV. Фізіологія вісцеральних систем**

## Тема 14. Вивчення механізму дихання

### Мета роботи

ознайомитися із загальними техніками фізіології вісцеральних систем, вивчити параметри, які впливають на вентиляцію легень

### Обладнання

персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор «*LuPraFi-Sim*»

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Зовнішнє дихання** – процес вентиляції легенів, що забезпечує газообмін між організмом і навколишнім середовищем. В ньому беруть участь: дихальний центр, його аферентні та еферентні системи, дихальні м'язи.

Процес зовнішнього дихання може описуватися **статичними** (визначаються в моменті) та **динамічними** (визначаються протягом певного часу) показниками.

Таблиця 7. Статичні показники зовнішнього дихання

Легеневі об'єми та ємності	Характеристика	Об'єм, мл
Дихальний об'єм (ДО)	Об'єм повітря, який людина може вдихнути (видихнути) при спокійному диханні	500-800
Резервний об'єм вдиху (РО <sub>Вд</sub> )	Кількість повітря, яку людина може вдихнути додатково після спокійного вдиху	1500-1800
Резервний об'єм видиху (РО <sub>Вид</sub> )	Об'єм повітря, який людина може видихнути додатково після спокійного видиху	1500-1800
Залишковий об'єм (ЗО)	Об'єм повітря, який залишається в легенях після максимального видиху	1000-1500
Життєва ємність легень (ЖЄЛ)	Максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального вдиху. Залежить від загальної ємності легень, сили дихальних м'язів, грудної клітки і легень: $(ЖЄЛ) = РО_{Вд} + ДО + РО_{Вид}$	3500-5000 (чол.) 3000-3500 (жін.)





Таблиця 7. Статичні показники зовнішнього дихання (завершення)

Легеневі об'єми та ємності	Характеристика	Об'єм, мл
Загальна ємність легень(ЗЄЛ)	Найбільша кількість повітря, яка повністю заповнює легені. Характеризує ступінь анатомічного розвитку органу: $(ЗЄЛ) = ЖЄЛ + 30$	4500-7000
Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ)	Кількість повітря, яке залишається в легенях після спокійного видиху: $(ФЗЄ) = РО_{вид} + 30$	2000-2500
Ємність вдиху	Характеризує можливість наповнення легень повітрям при вдиху після спокійного видиху: $Є_{вд} = ДО + РО_{вд}$	2000-2600
Розривний об'єм	Об'єм повітря, що покидає легені під час пневмотораксу (розриву плевральної порожнини, що призводить до вирівнювання тиску плевральної порожнини з атмосферним)	від ступеню тяжкості
Мінімальний об'єм	Повітря, що залишається в легенях після пневмотораксу	

Таблиця 8. Динамічні показники зовнішнього дихання

Показник	Характеристика	Значення
<b>Хвилинний об'єм дихання</b> (ХОД) = ДО × частота дихальних рухів за 1 хв	Характеризує кількість повітря, що надійшло в легені (і що видаляється з них) при спокійному диханні за 1 хв	В нормі, при спокої ХОД складає 5-6 л/хв, при легкій фізичній роботі збільшується до 10-12 л/хв
<b>Максимальна вентиляція легень</b> (МВЛ) = ДО <sub>макс</sub> × частота дихання	Характеризує кількість повітря, що надходить у легені (і що видаляється з них) при форсованій глибині і частоті дихання	В нормі становить 60-180 л/хв (залежить від статі, віку, росту, тренуваності)

Таблиця 8. Динамічні показники зовнішнього дихання (завершення)

<b>Мертвий простір (МП)</b>	Не все повітря, що надходить в легені, доходить до альвеол і бере участь в газообміні. Це повітроносні шляхи, аж до переходу бронхіол в альвеоли, які непроникні для газів	В нормі об'єм МП – 150-180 мл. Тому говорять не про вентиляцію легенів, а про вентиляцію альвеол, яка менше на величину МП
<b>Коефіцієнт легеневої вентиляції (КЛВ)</b> $КВЛ = \frac{ДО - МП}{ФЗЄ}$	Характеризує ступінь відновлення складу повітря в легенях при кожному вдиху: наприкінці попереднього видиху в легенях залишалось повітря, рівне ФЗЄ. При новому вдиху в альвеоли надійшло (ДО – МП) нового повітря. Отже, зазначений коефіцієнт показує ступінь розведення повітря, що надійшло заново, яке побувало до того в альвеолах.	У нормі КЛВ = 1/7–1/9. Відновлення повітря дуже невелике. Це має позитивне значення і сприяє сталості газового складу повітря в альвеолах.

У **плевральній порожнині тиск завжди нижче за атмосферний**. За рахунок цього легені з моменту народження знаходяться у розправленому стані та щільно прилягають до стінок грудної клітки, повторюючи її рухи під час процесу дихання.

Під час вдиху внаслідок збільшення об'єму грудної порожнини від'ємний тиск в плевральній порожнині зростає, а під час видиху – знижується, але завжди залишається нижчим за атмосферне за винятком несподіваного формованого видиху (кашель, чихання).

Якщо у результаті патологічного процесу або травми до плевральної порожнини потрапляє повітря (пневмоторакс) або рідина (гідроторакс), легені спадаються та втрачають можливість наслідувати грудну клітку під час дихальних рухів.

Іншим чинником, що полегшує дихання є сурфактант.

**Сурфактант** – поверхнево-активна речовина, яка синтезується альвеолярними клітинами II типу та містить фосфоліпіди (зокрема, лецитин), жири, холестерин, протеїни і вуглеводи, утворює шар товщиною 50 нм всередині альвеол, альвеолярних ходів, мішечків, бронхіол



### **Значення сурфактанта:**

- ❖ Зменшує поверхневий натяг рідини альвеол (майже в 10 разів) – полегшує вдих і запобігає ателектазу (злипання) альвеол при видиху.
- ❖ Полегшує дифузію кисню з альвеол у кров.
- ❖ Виконує захисну роль (бактеріостатична активність; захищає стінки альвеол від шкідливої дії окиснювачів і перекисів; забезпечує зворотний транспорт пилу і мікробів повітроносними шляхами; зменшує проникність легеневої мембрани, що є профілактикою розвитку набряку легень у зв'язку із зменшенням випотівання рідини з крові в альвеоли).

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **ЗАВДАННЯ 1. ВПЛИВ РАДІУСУ ПРОСВІТУ ДИХАЛЬНИХ ШЛЯХІВ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ ЛЕГЕНЬ**

Принцип методу: Симуляція дозволяє отримувати графічні зображення серії спокійних вдихів та видихів, а також визначати легеневі об'єми та ємності в умовах різного радіусу просвіту дихальних шляхів.

#### **Перебіг роботи:**

- 1.1. Перейдіть до розділів «ДИХАЛЬНА СИСТЕМА» – «МЕХАНІЗМ ДИХАННЯ» – «ЛЕГЕНЕВІ ЄМНОСТІ» – «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («RESPIRATORY SYSTEM» – «THE MECHANISM OF RESPIRATION» – «PRINCIPLE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START»), визначте всі дихальні об'єми та замалюйте спірограму. Після цього перезапустіть дослід кнопкою «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»).
- 1.4. Повторіть дії п. 1.2 для значень радіусу просвіту дихальних шляхів («RADIUS, cm») «4,5» та «3,0». Опишіть залежність між досліджуваним показником та дихальними об'ємами.

### **ЗАВДАННЯ 2. ВИВЧЕННЯ ТИСКУ В ПЛЕВРАЛЬНІЙ ПОРОЖНИНІ**

Принцип методу: Симуляція дозволяє отримувати графічні зображення дихальних рухів (пневмограму) в умовах відсутності та наявності отвору, що відкриває доступ повітря до плевральної порожнини (пневмотораксу).

### Перебіг роботи:

- 2.1. Перейдіть до розділів «ДИХАЛЬНА СИСТЕМА» – «ВПЛИВ ТИСКУ В ПЛЕВРАЛЬНІЙ ПОРОЖНИНІ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ ЛЕГЕНЬ» – «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («RESPIRATORY SYSTEM» – «THE INFLUENCE OF PLEURAL SPACE PRESSURE ON PULMONARY VENTILATION» – «PRINCIPLE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 2.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START»). Спостерігайте за дихальними рухами та пневмограмою. Замалюйте пневмограму та опишіть дихальні рухи.
- 2.4. Натисніть кнопку «ВІДКРИТИ КЛАПАН» («OPEN VALVE»), поки легені рухаються. Спостерігайте, як спадаються легені та змінюється пневмограма. Опишіть спостереження та замалюйте пневмограму.

### ЗАВДАННЯ 3. ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУРФАКТАНТУ

Принцип методу: Симуляція дозволяє отримувати графічні зображення дихальних рухів (пневмограму) в умовах відсутності та наявності сурфактанту (перед та після введення).

### Перебіг роботи:

- 3.1. Перейдіть до розділів «ДИХАЛЬНА СИСТЕМА» – «ВПЛИВ СУРФАКТАНТУ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ ЛЕГЕНЬ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («RESPIRATORY SYSTEM» – «THE INFLUENCE OF SURFACTANT ON PULMONARY VENTILATION» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 3.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 3.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START»). Спостерігайте за дихальними рухами та пневмограмою. Замалюйте пневмограму та опишіть дихальні рухи, зафіксуйте величину дихального об'єму.
- 3.4. Натисніть кнопки «ОЧИСТИТИ ЕКРАН» («CLEAR SCREEN»), «СУРФАКТАНТ» («SURFACTANT»), та повторіть дії п. 3.3. Порівняйте визначені у п. 3.3 та 3.4 дихальні об'єми. Оцініть вплив об'єму сурфактанту (1, 2, 5 порцій та весь об'єм) на вентиляцію легень

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо впливу просвіту дихальних шляхів, тиску в плевральній порожнині та сурфактанту на вентиляцію легень.

**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Опишіть будову та функцію дихальної системи.
- 2.** Перелічіть етапи дихання. Що таке зовнішнє дихання?
- 3.** Розкрийте зв'язок між дихальною та кровоносною системою. Чому їх об'єднують у кардіореспіраторну систему?
- 4.** Як регулюється просвіт дихальних шляхів? Як цей показник впливає на вентиляцію легень?
- 5.** Опишіть дихальні м'язи спокійного та форсованого дихання. Чому для спокійного видиху м'язи не потрібні?
- 6.** Що таке еластичність легень? Якими механізмами вона підтримується?
- 7.** Що таке плевральна порожнина? Які її функції у підтримці вентиляції легень?
- 8.** Як змінюється дихання в умовах пневмо- або гідротораксу? Опишіть причини цього.
- 9.** Що таке сурфактант? Опишіть його склад та назвіть клітини, що його секретують.
- 10.** Які функції виконує сурфактант? Як змінюється дихання за дефіциту сурфактанту?



## Тема 15. Дослідження травних ферментів

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками фізіології вісцеральних систем, визначити оптимальні умови роботи різних травних ферментів
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Усі хімічні процеси в організмі (біохімічні процеси), які включають синтез та розпад різноманітних сполук, відбуваються виключно за участі біологічних каталізаторів. Ці речовини забезпечують і деякі фізіологічні процеси, наприклад, *травлення* або обмін речовин.

**Ферменти** (біологічні каталізатори) – майже винятково речовини білкової природи. Вони характеризуються субстратною специфічністю, тобто здатні виявляти певний субстрат та взаємодіяти лише з ним (*абсолютна субстратна специфічність*) або виявляти кілька схожих субстратів та взаємодіяти з ними (*відносна субстратна специфічність*).

**Амілаза слини** є гліколітичним ферментом (тобто ферментом, що розщеплює складні вуглеводи – *полісахариди*), основними субстратами якого є крохмаль та глікоген. Оптимальними умовами для його роботи є температура 37-38 °С, рН 7,5-8,0 та наявність іонів Cl<sup>-</sup>.

**Ліпаза підшлункової залози** є ліполітичним ферментом, який розщеплює жири до гліцерину та жирних кислот. Оптимальні умови дії ферменту: температура 37-38 °С, слабколужне середовище (рН 7,5-8,0). Ліпаза краще працює в присутності жовчі, яка має поверхнево-активні властивості та забезпечує емульгування жирів для кращої взаємодії субстрату з ферментом.

**Пепсин шлунку** – протеолітичний фермент, ендопептидаза, що синтезується основними його клітинами у вигляді неактивного пепсиногену. За рН менше 5 пепсиноген перетворюється на активну форму – пепсин. Це відбувається завдяки присутності у шлунковому соці хлоридної (соляної) кислоти. Оптимальними умовами роботи пепсину є температура 37-38 °С та рН близько 2,0.



## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТНОЇ СПЕЦИФІЧНОСТІ АМІЛАЗИ

Принцип методу: Симуляція демонструє взаємодію амілази слини з трьома вуглеводами, що мають різну структуру. Для виявлення моносахаридів застосовуються реакція Троммера, результат якої оцінюють за наявністю червоного забарвлення (ґрунтується на окисненні альдоз гідроксидом міді(II) із випадінням червоного осаду оксиду міді  $\text{Cu}_2\text{O}$ ).

#### Перебіг роботи:

- 1.1. Перейдіть до розділів «ТРАВНА СИСТЕМА» – «СУБСТРАТНА СПЕЦИФІЧНІСТЬ АМІЛАЗИ СЛИНИ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («DIGESTIVE SYSTEM» – «SUBSTRATE SPECIFICITY OF »SALIVARY AMYLASE» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Додайте до пробірки сахарозу та амілазу слини. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START») на термостаті. Після інкубаційного періода додайте до пробірки кілька крапель  $\text{NaOH}$ . Додайте до пробірки 10 % розчин  $\text{CuSO}_4$ . Натисніть кнопку «НАГРІТИ ЗРАЗОК» («WARM UP THE SAMPLE»). Визначте колір вмісту пробірки після закипання. Зафіксуйте результати спостережень.
- 1.4. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»), додайте до пробірки крохмаль та амілазу слини, повторіть дії п. 1.3.
- 1.5. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»), додайте до пробірки целюлозу та амілазу слини, повторіть дії п. 1.3.
- 1.6. Визначте до якого з досліджуваних субстратів має специфічність амілаза слини.

### ЗАВДАННЯ 2. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОВЧІ НА РОБОТУ ЛІПАЗИ

Принцип методу: Симуляція демонструє взаємодію підшлункової ліпази з рослинною олією за наявності або відсутності жовчі за температури  $38\text{ }^\circ\text{C}$ . Активність ферменту оцінюють за рН середовища (відщеплені від жирів жирні кислоти створюють кислу реакцію) шляхом додавання фенолфталеїну (стає червоним у лужному середовищі).

### Перебіг роботи:

- 2.1. Перейдіть до розділів «ТРАВНА СИСТЕМА» – «ДЕМОНСТРАЦІЯ ДІЇ ЛІПАЗИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАЯВНОСТІ АБО ВІДСУТНОСТІ ЖОВЧІ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («DIGESTIVE SYSTEM» – «DEMONSTRATION OF THE ACTION OF PANCREATIC LIPASE IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF BILE» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 2.3. Додайте до пробірки рослинну олію, жовч та ліпазу підшлункової залози. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START»). По завершенню інкубування додайте до пробірки фенолфталеїн. Визначте колір реакційної суміші та реакцію середовища.
- 2.4. Додайте до пробірки рослинну олію та ліпазу підшлункової залози (БЕЗ ЖОВЧІ) та повторіть дії п. 2.3. Визначте, в яких умовах краще працює підшлункова ліпаза – за наявності чи у відсутності жовчі?

### ЗАВДАННЯ 3. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ PH НА РОБОТУ ПЕПСИНУ

Принцип методу: Симуляція демонструє взаємодію пепсину шлунку та яєчного білка за температури 38 °С за наявності та відсутності соляної (хлоридної) кислоти. Активність ферменту визначається за зменшенням фрагментів яєчного білка.

### Перебіг роботи:

- 3.1. Перейдіть до розділів «ТРАВНА СИСТЕМА» – «ВПЛИВ РІВНЯ PH НА ДІЮ ПЕПСИНУ» – «ТЕХНОЛОГІЯ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («THE INFLUENCE OF PH ON THE ACTION OF PEPSIN» – «TECHNIQUE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 3.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 3.3. Додайте до пробірки з яєчним білком пепсин та хлоридну (соляну кислоту). Натисніть кнопку «СТАРТ» («START»). Оцініть протеолітичну активність ферменту в таких умовах.
- 3.4. Додайте до пробірки з яєчним білком пепсин та дистильовану воду та повторіть операції п. 3.3.
- 3.5. Додайте до пробірки з яєчним білком хлоридну (соляну кислоту) та дистильовану воду та повторіть операції п. 3.3.
- 3.6. Поясніть в яких умовах та чому відбувається розщеплення білків.



**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо умов роботи ферментів різних відділів шлунково-кишкового тракту та процесів, що вони забезпечують.

### ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

- 1.** Опишіть механічні, біохімічні та фізіологічні (всмоктування) процеси травлення.
- 2.** Що відбувається з їжею у ротовій порожнині? Який механізм ковтання?
- 3.** Охарактеризуйте травлення у шлунку. Які секрети виділяються різними типами клітин шлунку та яка їх роль? Чим забезпечується кисла реакція шлунку та яка її роль?
- 4.** Опишіть склад підшлункового соку. Секрет якої залози також відкривається до дванадцятипалої кишки? Яка його роль?
- 5.** Чому у людей, в яких хірургічно видалено жовчний міхур, не засвоюється жирна їжа?
- 6.** Які жири та чому розщеплюються у шлунку (передусім в дитячому віці)?
- 7.** Поясніть чому, тривале утримання чорного хліба в роті призводить до появи солодкого смаку. Який фермент слини за це відповідає?
- 8.** У якому відділі шлунково-кишкового тракту не відбувається розщеплення компонентів їжі, а лише всмоктування?
- 9.** Як склад їжі впливає на швидкість евакуації вмісту шлунку?
- 10.** Опишіть механізми всмоктування поживних речовин у різних відділах шлунково-кишкового тракту.

## Тема 16. Вивчення діурезу

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками фізіології вісцеральних систем, дослідити регуляцію діурезу
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

*Діурез* – процес утворення сечі у нирках є результатом трьох процесів:

- ❖ клубочкова фільтрація;
- ❖ канальцева реабсорбція;
- ❖ канальцева секреція.

*Клубочкова фільтрація* являє собою перенесення води та речовин з низькою молекулярною масою з плазми крові, що протікає через клубочкові капіляри, до клубочкової капсули (ультрафільтрація). На цей процес впливає вся фільтраційна поверхня мембрани клубочків, тиск у судинній сітці, де відбувається фільтрація, коефіцієнт клубочкової фільтрації. Продукт клубочкової фільтрації – *первинна сеча*.

Тиск в капілярній сітці ( $P_f$ ) є результатом гідростатичного клубочкового тиску крові ( $P_b=70$  мм рт. ст.), онкотичного (в симуляції помилково названо осмотичним тиском «osmotic») тиску крові ( $P_o=25$  мм рт. ст.) та внутрішньокапсульного тиску ( $P_i=5$  мм рт. ст.) та вираховується за формулою:

$$P_f = P_b - (P_o + P_i)$$

*Онкотичний тиск* – частина осмотичного тиску, що створюється білками. В його утворенні найбільшу роль відіграють низькомолекулярні білки альбуміни – саме від їх вмісту в плазмі залежить, перш за все, цей показник.

*Коефіцієнт клубочкової фільтрації* складає приблизно 20% серцевого коефіцієнту, його величина залежить від розширення або звуження приносящих клубочкових артеріол.





**Канальцева реабсорбція** – процес зворотного всмоктування клітинами канальців з ультрафільтрату та надходження у міжклітинну рідину та капіляри нефрону необхідних організму речовин.

**Механізми реабсорбції:**

- ❖ речовини із фільтрата переходять у клітини канальців і далі транспортними системами мембрани у міжклітинний простір;
- ❖ речовини із міжклітинних просторів дифундують у високопроникні навколосанальцеві капіляри і виводяться з нефрону.

**Канальцева секреція** – активний секреторний процес, що включає:

- ❖ переніс речовин із кровоносних капілярів в порожнину канальців у незмінному вигляді, що прискорює швидкість екскреції (пеніцилін);
- ❖ виділення із клітин канальців у кров синтезованих фізіологічно активних речовин (простагландини, брадикінін, ренін, урокіназа, серотонін та ін.);
- ❖ виділення з клітин канальців у порожнину канальця речовин, які необхідно вивести з організму (гіпурова кислота, аміак).

Наслідком канальцевих процесів (реабсорбції та секреції) є утворення **вторинної сечі**.

**Таблиця 9. Склад плазми крові, первинної та вторинної сечі у %**

<i>Складові частини</i>	<i>Плазма крові</i>	<i>Первинна сеча</i>	<i>Вторинна сеча</i>
Вода	90-92	99	95-96
Білки, жири, глікоген	7-9	–	–
Глюкоза	0,10-0,12	0,10	–
Натрій (у складі солей)	0,32	0,30	0,35-0,40
Калій (у складі солей)	0,02	0,02	0,15
Хлор (у складі солей)	0,37	0,37	0,7
Сульфати	0,002	–	0,18
Сечовина	0,03	0,03	2,0
Сечова кислота	0,004	0,004	0,05
Креатинін	0,001	0,001	0,075

**Поріг виведення** – концентрація речовини в крові, при якій вона не може бути реабсорбована повністю (для глюкози – 10 ммоль/л).

**Непорогові речовини** – ті, що не підлягають зворотному всмоктуванню в кров і повністю виводяться з сечею (продукти метаболізму азотовмісних сполук).

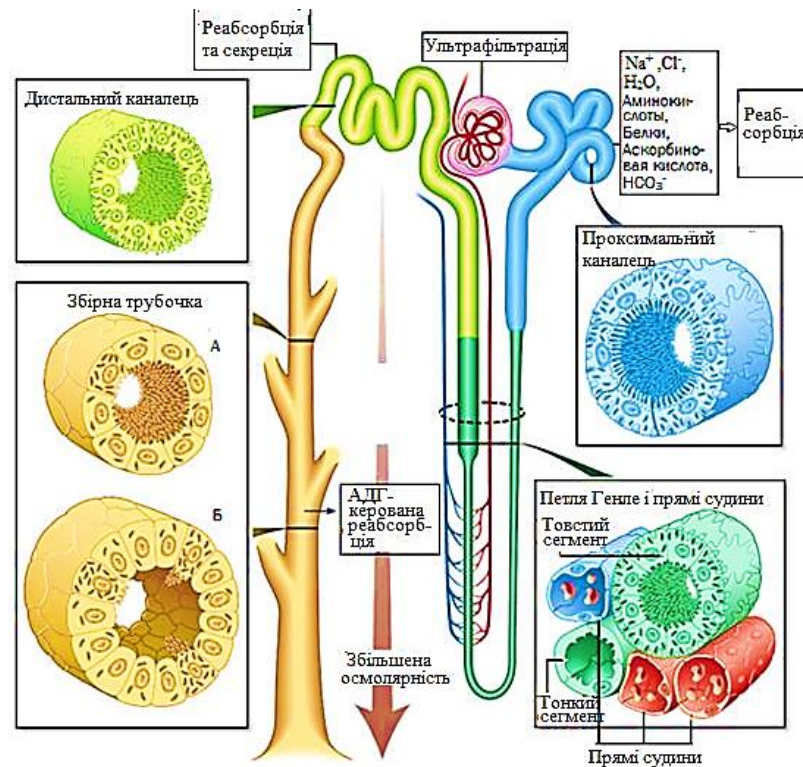


Рис. 20. Схема будови структурно-функціональної одиниці нирок – нефрону

**Нервова регуляція діурезу.** Симпатичні впливи призводять до зменшення діурезу, зменшення виведення води і збільшення виведення  $\text{Na}^+$ . Парасимпатичні впливи – збільшення виведення хлоридів. Біль призводить до зменшення діурезу (олігурія) або повністю його блокує.

### Гуморальна регуляція діурезу

Основними негативними регуляторами діурезу є **вазопресин (антидіуретичний гормон)** та **альдостерон**, які знижують його інтенсивність.

**Альдостерон** – мінералокортикоїдний гормон клубочкової зони кори наднирників. Викид альдостерону до кров'яного русла контролюється **ренін-ангіотензин-альдостеронової системою**. Зниження кров'яного тиску в клубочкових артеріолах провокує виділення з нирок протеолітичного ферменту реніну. Ренін перетворює ангіотезиноген плазми крові на ангіотензин I, який під дією ангіотензин-перетворюючого (конвертуючого) ферменту перетворюється на ангіотензин II. Ангіотензин II стимулює синтез та вивільнення альдостерону кори наднирників. Альдостерон стимулює збільшує фільтрацію, збільшує реабсорбцію  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  двовуглецевих іонів та води (стимуляція синтезу  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФази), виведення  $\text{K}^+$ , підсилює процеси секреції  $\text{K}^+$  та  $\text{H}^+$  в каналцях нефрону. Це призводить до зниження діурезу та підвищення артеріального тиску.

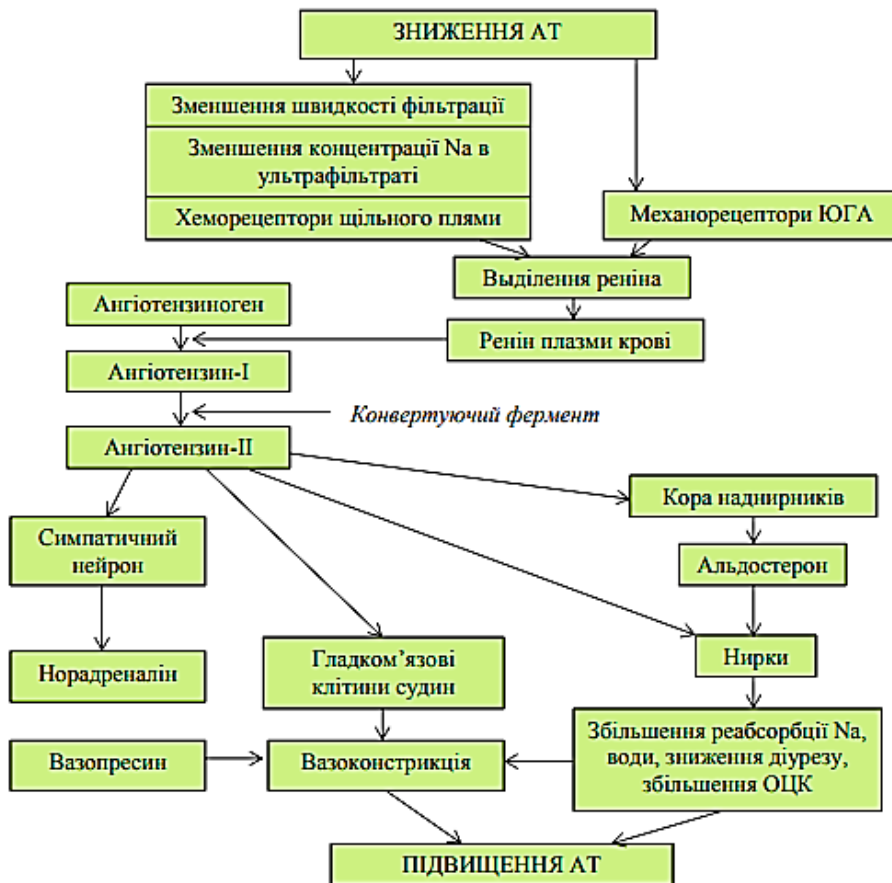


Рис. 21. Ренін-ангіотензин-альдостеронова система

**Антидіуретичний гормон (вазопресин)** – нейрогормон гіпофізу, який синтезується в гіпоталамусі та накопичується у задній частці гіпофізу. Вазопресин виділяється у кровоток, коли осморорецептори гіпоталамуса спрямають зниження кров'яного осмотичного тиску, а барорецептори аорти та сонної артерії сприймають зниження артеріального тиску. Вазопресин забезпечує збільшення реабсорбції води (утримання води, збільшує проникність дистальних звивистих каналців і збірних трубочок для води і сечовини). Це призводить до зниження діурезу та підвищення артеріального тиску.

**На діурез також мають вплив інші гормони:**

- ❖ **Адреналін** – низькі концентрації адреналіну збільшують фільтрацію (активація  $\alpha$ -адренорецепторів виносної артеріоли) і діурез, збільшує реабсорбцію  $\text{Na}^+$ .
- ❖ **На-уретичний гормон** передсердь і шлуночків – збільшує фільтрацію при розширенні судин нирок, посилює діурез, знижує реабсорбцію  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  і води.
- ❖ **Глюкагон, кортизол** – підсилює фільтрацію.
- ❖ **Окситоцин** – збільшує реабсорбцію  $\text{Na}^+$ .

- ❖ **Паратгормон** – збільшує реабсорбцію  $\text{Ca}^{2+}$ , знижує реабсорбцію фосфатів.
- ❖ **Кальцитонін** – знижує реабсорбцію  $\text{Ca}^{2+}$  та фосфатів.
- ❖ **Тироксин** – пригнічує реабсорбцію води.
- ❖ **Глюкокортикоїди** – посилюють виведення води.

**Підвищення рівня глюкози**, яке відбувається, наприклад, за цукрового діабету, впливає на діурез таким чином:

- ❖ глюкоза проходить ниркові бар'єри та потрапляє до каналців нефрону;
- ❖ осмотичний тиск в каналцях підвищується, глюкоза забирає на себе воду;
- ❖ швидкість діурезу збільшується.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ДІУРЕЗ

**Принцип методу:** Симуляція дозволяє виміряти величину діурезу (об'єм утвореної сечі за 1 хв.) в залежності від діаметрів приносних та виносних артеріол, гідростатичного та онкотичного тиску крові.

#### Перебіг роботи:

- 1.1. Перейдіть до розділів «СЕЧОВИВІДНА СИСТЕМА» – «ДЕМОНСТРАЦІЯ» – «ВПЛИВ ГІДРОСТАТИЧНОГО , ОНКОТИЧНОГО ТИСКУ ТА ДІАМЕТРУ ПРИНОСНИХ Й ВИНОСНИХ КЛУБОЧКОВИХ АРТЕРІОЛ НА УТВОРЕННЯ СЕЧІ» – «МЕТА» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («KIDNEY» – «DEMONSTRATION OF THE...» – «EFFECT OF HYDROSTATIC PRESSURE, OSMOTIC PRESSURE AND DIAMETERS OF GLOMERULAR AFFERENT AND EFFERENT ARTERIOLES ON URINE FLOW» – «OBJECTIVE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу.
- 1.4. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Збільшіть діаметр приносної артеріоли (The afferent arteriole diameter), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Зменшіть діаметр приносної артеріоли (The afferent arteriole diameter), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як діаметр приносної артерії впливає на діурез – прямо чи обернено пропорційно?





- 1.5. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Збільшіть діаметр виносної артеріоли (The efferent arteriole diameter), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Зменшіть діаметр виносної артеріоли (The efferent arteriole diameter), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як діаметр виносної артерії впливає на діурез – прямо чи обернено пропорційно?
- 1.6. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Збільшіть кров'яний тиск (Blood pressure), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Зменшіть кров'яний тиск (Blood pressure), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як кров'яний тиск впливає на діурез – прямо чи обернено пропорційно?
- 1.7. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Збільшіть онкотичний тиск (Osmotic pressure), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Зменшіть онкотичний тиск (Osmotic pressure), натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як онкотичний тиск впливає на діурез – прямо чи обернено пропорційно?

## **ЗАВДАННЯ 2. ГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ ДІУРЕЗУ**

Принцип методу: Симуляція дозволяє виміряти величину діурезу (об'єм утвореної сечі за 1 хв.) перед та після введення до організму альдостерону та антидіуретичного гормону.

### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «СЕЧОВИВІДНА СИСТЕМА» – «ДЕМОНСТРАЦІЯ» – «ВПЛИВ АЛЬДОСТЕРОНУ ТА АНТИДІУРЕТИЧНОГО ГОРМОНУ НА УТВОРЕННЯ СЕЧІ» – «АДГ» – «МЕТА» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («KIDNEY» – «DEMONSTRATION OF THE...» – «INFLUENCE OF THE ALDOSTERONE AND ANTIDIURETIC HORMONE ON THE URINE FLOW» – «ADH» – «OBJECTIVE» – «PRACTICAL SESSION»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 2.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу.



- 2.4. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Введіть до організму альдостерон, натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як введення альдостерону впливає на діурез?
- 2.5. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Введіть до організму антидіуретичний гормон натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як введення АДГ впливає на діурез?

### **ЗАВДАННЯ 3. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НАДЛИШКУ ГЛЮКОЗИ НА ДІУРЕЗ**

Принцип методу: Симуляція дозволяє виміряти величину діурезу (об'єм утвореної сечі за 1 хв.) перед та після введення до організму глюкози.

#### **Перебіг роботи:**

- 3.1. Перейдіть до розділів «СЕЧОВИВІДНА СИСТЕМА» – «ДЕМОНСТРАЦІЯ» – «ВПЛИВ ГЛЮКОЗИ НА УТВОРЕННЯ СЕЧІ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («KIDNEY» – «DEMONSTRATION OF THE...» – «INFLUENCE OF GLUCOSE ON THE URINE FLOW» – «PRACTICAL SESSION»).
- 3.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 3.3. Натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу.
- 3.4. Натисніть кнопку-стрілку «ВІДІБРАТИ ЗРАЗОК» – додайте до пробірки NaOH, CuSO<sub>4</sub> – натисніть кнопку «НАГРІТИ ЗРАЗОК» та дочекайтесь закінчення визначення. Зафіксуйте значення реакції Троммера. Чи є глюкоза у сечі?
- 3.5. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»). Введіть до організму глюкозу, натисніть кнопку «СТАРТ» («START») та визначте швидкість діурезу. Як введення глюкози впливає на діурез?
- 3.6. Натисніть кнопку-стрілку «ВІДІБРАТИ ЗРАЗОК» – додайте до пробірки NaOH, CuSO<sub>4</sub> – натисніть кнопку «НАГРІТИ ЗРАЗОК» та дочекайтесь закінчення визначення. Зафіксуйте значення реакції Троммера. Чи є тепер глюкоза у сечі?

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо фізіологічних, гуморальних чинників та показників крові, які впливають на діурез.

**ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

- 1.** Що таке діурез та які процеси лежать в його основі?
- 2.** Чим відрізняється первинна сеча від вторинної? Чому?
- 3.** Опишіть роль ренін-ангіотензин-альдостеронової системи у регуляції артеріального тиску та діурезу.
- 4.** Опишіть структуру та функціонування нефрону.
- 5.** Які ефекти на утворення сечі виявляють антидіуретичний гормон та альдостерон?
- 6.** Які ще гормони можуть впливати на інтенсивність діурезу?
- 7.** Як впливає діаметр приносячої та виносячої артеріол на швидкість утворення сечі?
- 8.** Як впливає концентрація білків (онкотичний тиск) та глюкози на діурез?
- 9.** В яких випадках спостерігається суттєве зменшення кількості білків та збільшення глюкози у крові?
- 10.** Що таке поріг виведення та непорогові величини?

## Тема 17. Гуморальна регуляція метаболізму

<b>Мета роботи</b>	ознайомитися із загальними техніками фізіології вісцеральних систем, дослідити регуляцію метаболізму
<b>Обладнання</b>	персональний комп'ютер або ноутбук із підтримкою виконавчих файлів «.exe» та флеш-плеєра, фізіологічний симулятор « <i>LuPraFi-Sim</i> »

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

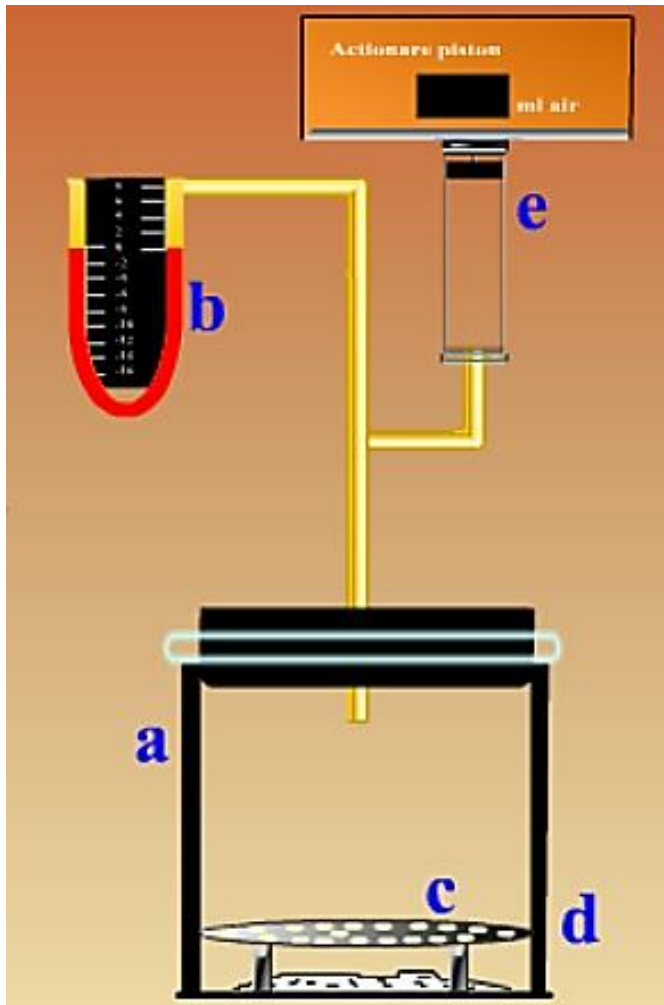
**Метаболізм** – поєднання усіх видів обміну речовин та енергії між організмом та середовищем. Він включає два взаємопротилежні, але взаємопов'язані процеси – **катаболізм** (дисиміляція, енергетичний обмін), під час якого високомолекулярні сполуки розпадаються до більш простих з вивільненням енергії, та **анаболізм** (асиміляція, пластичний обмін), під час якого організм вибудовує власні біополімери з більш простих сполук, вкладаючи в них енергію.

Інтенсивність метаболізму залежить від **виду** організму та його **розміру** (чим організм крупніше, тим повільніший обмін речовин), **статі** (у самців та чоловіків метаболізм більш інтенсивний) та **віку** (з віком обмін речовин уповільнюється).

Інтенсивність обміну речовин можна оцінити шляхом вимірювання кількості теплоти, яку віддає організм навколишньому середовищу (**калориметрія**). Цей метод існує у двох формах:

- ❖ **Пряма калориметрія** – вимірювання тепла, що виділяється у навколишнє середовище за одиницю часу. Для такого підходу необхідне складне експериментальне обладнання.
- ❖ **Непряма калориметрія** – визначення показників метаболізму простими методами без використання складних експериментальних приладів. До методів непрямой калориметрії належать **метод харчового балансу** та **метод газообміну**.

**Метод газообміну** базується на принципі, що інтенсивність метаболізму пропорційна кількості споживаного за одиницю часу кисню (коефіцієнт обміну речовин відповідає об'єму використаного кисню, мл/кг×год.).



### Елементи експериментальної установки:

- (a) – замкнена дихальна камера;
- (b) – простий манометр (U-подібна трубка з рідиною всередині);
- (c) – металева решітка;
- (d) – натрієве вапно – речовина, що поглинає вуглекислий газ у дихальній камері;
- (e) – пристрій для подачі повітря до дихальної камери

**Рис. 22. Схема експериментальної установки для непрямой калориметрії методом газообміну**

Регуляція інтенсивності метаболізму здійснюється передусім гормонами **щитоподібної залози** (тіреоїдними гормонами) – **тироксинам** та **трийодтироніном**. Вони синтезуються фолікулярними клітинами щитоподібної залози, а їх секреція посилюється під дією **тіреотропного гормону**, що виробляється **аденогіпофізом**. Речовина **пропілтіоурацил** гальмує синтез тіреоїдних гормонів.

Ключовим субстратом («паливом») для енергетичного обміну (**катаболізму**) в організмі людини та тварин є вуглевод **глюкоза**. Глюкоза потрапляє до організму з їжею (безпосередньо чи у формі полімерів, які розщеплюються амілазами під час травлення) або синтезується *de novo* (глюконеогенез у печінці) та циркулює у крові для задоволення енергетичних потреб різних органів (передусім, мозку, печінки, м'язів).

Надмірне підвищення рівня глюкози в крові (як й надмірне зниження) є досить небезпечним для організму, йому запобігає **інсулін** – білковий гормон, що синтезують бета-клітини острівців Лангерганса підшлункової залози. Інсулін зв'язується з інсуліновими рецепторами на клітинах-мішенях та запускає каскад кіназних (фосфорилувальних) реакцій через IRS білки (субстратні білки інсулінового рецептора) та фосфоінозитол-3-фосфат кіназу, які активують внутрішньоклітинний переносник (GLUT-4), що сприяє поглинанню глюкози з крові, а також посилюють її утилізацію (гліколіз, синтез глікогену у печінці та м'язах, трансформацію глюкози на білки та жири).

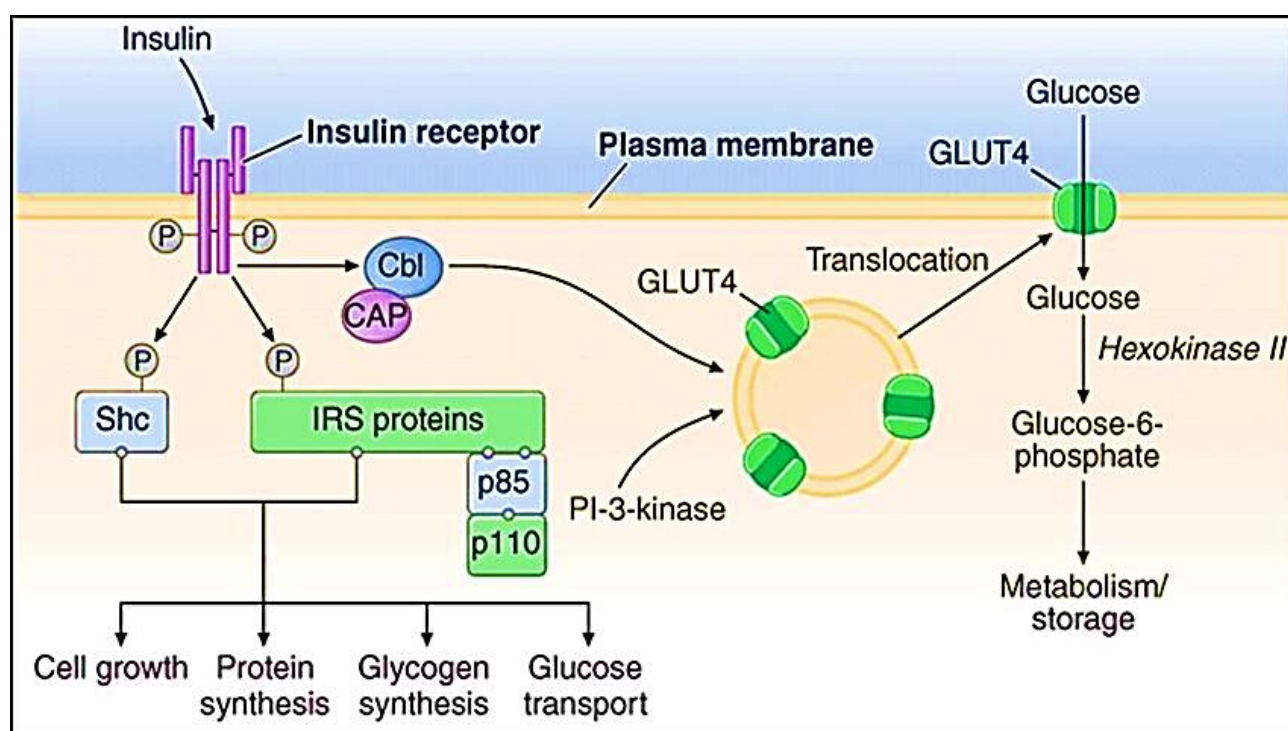


Рис. 23. Схема дії інсуліну за «Harrison's Principles of Internal Medicine», 18<sup>th</sup> ed.. New York: McGraw-Hill; 2012. Figure 344-5

Захворювання, за якого постійно підвищується рівень цукру (глюкози) в крові, називається **цукровим діабетом**. Цукровий діабет зустрічається у двох типах:

- ❖ інсулінозалежний цукровий діабет (тип I) – захворювання, спричинене недостатньою продукцією інсуліну ендокринною частиною підшлункової залози (бета-клітини острівців Лангерганса);





- ❖ інсулінонезалежний цукровий діабет (тип II) – захворювання, за якого продукується достатня кількість інсуліну, але клітини-мішені його не сприймають.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### ЗАВДАННЯ 1. ВИВЧЕННЯ РОЛІ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ У РЕГУЛЯЦІЇ МЕТАБОЛІЗМУ

Принцип методу: Симуляція дозволяє оцінити інтенсивність метаболізму перед та після введення тироксину, гормону щитоподібної залози, тиреотропного гормону (TSH), який активізує роботу щитоподібної залози, та пропілтіоурацилу (речовини, що гальмує синтез тиреоїдних гормонів, зокрема, тироксину) інтактному (здоровому) щуру, щуру з видаленою щитоподібною залозою та щуру з видаленим гіпофізом.

#### Перебіг роботи:

- 1.1. Перейдіть до розділів «ЕНДОКРИННА СИСТЕМА» – «ВПЛИВ ТИРОКСИНУ, ТИРОТРОПІНУ ТА ПРОПІЛТІОУРАЦИЛУ НА МЕТАБОЛІЗМ» – «КАЛОРИМЕТРІЯ» – «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ» – «ПРОДОВЖЕННЯ» («ENDOCRINE SYSTEM» – «THE EFFECT OF THYROXINE, TSH AND PROPYLTIOURACIL ON METABOLISM» – «CALORIMETRY» – «EXPERIMENTAL DEVICE» – «CONTINUING»).
- 1.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
- 1.3. Помістіть інтактного (здорового / нормального) щура («NORMAL RAT») до дихальної камери («INTRODUCE RAT IN THE RESPIRATORY ROOM») та натисніть кнопку «СТАРТ» («START»). Почекайте 60 с., звертаючи увагу на зменшення рівня рідини у лівій частині манометра по мірі поглинання кисню у дихальній камері (вуглекислий газ поглинається у камері натрієвим вапном). Заміряйте кількість поглинутого кисню: подавайте стрілками повітря («INTRODUCE AIR»), поки рівень рідини в трубках манометра не зрівняється. Розрахуйте коефіцієнт обміну речовин:

$$K = \frac{V(O_2, \text{мл}) \times 60 \times 1000}{m},$$

де K – коефіцієнт обміну речовин, 60 – кількість хв. в 1 год., 1000 – кількість г в 1 кг, m – маса щура в г

- 1.4. Введіть у вену інтактного (здорового / нормального) щура («NORMAL RAT») тироксин («THYROXINE») та повторіть дії п. 1.3. Як змінився коефіцієнт обміну речовин? Про що це свідчить?
- 1.5. Введіть у вену інтактного (здорового / нормального) щура («NORMAL RAT») тиротропний гормон (тиреотропін, «TSH») та повторіть дії п. 1.3. Як змінився коефіцієнт обміну речовин? Про що це свідчить?
- 1.6. Введіть у вену інтактного (здорового / нормального) щура («NORMAL RAT») пропілтіоурацил («PROPYLTIOURACIL») та повторіть дії п. 1.3. Як змінився коефіцієнт обміну речовин? Про що це свідчить?
- 1.7. Повторіть операції у пп. 1.3-1.6 для щура з видаленою щитоподібною залозою («THYROIDECTOMYZED RAT»). В яких випадках коефіцієнт обміну речовин відрізнявся? Чому?
- 1.8. Повторіть операції у пп. 1.3-1.6 для щура з видаленим гіпофізом («HYPOPHYSECTOMYZED RAT»). В яких випадках коефіцієнт обміну речовин відрізнявся? Чому?

## **ЗАВДАННЯ 2. ВИВЧЕННЯ РОЛІ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ У РЕГУЛЯЦІЇ МЕТАБОЛІЗМУ**

Принцип методу: Симуляція відтворює дію інсуліну на щура із змодельованим інсулінозалежним діабетом (введення аллоксану руйнує бета-клітини острівців Лангерганса підшлункової залози) – дозволяє визначити рівень глюкози в крові інтактного (здорового) та хворого щура перед та після введення інсуліну.

### **Перебіг роботи:**

- 2.1. Перейдіть до розділів «ЕНДОКРИННА СИСТЕМА» – «ВПЛИВ ІНСУЛІНУ ТА АЛЛОКСАНУ ТА РІВЕНЬ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ» – «ПРИНЦИП ДІЇ» – «ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ» («ENDOCRINE SYSTEM»




- «THE EFFECT OF INSULIN AND ALOXAN ON BLOOD GLUCOSE» - «PRINCIPLE - «PRACTICAL SESSION»).
- 2.2. Якщо обрали помилковий розділ, натисніть кнопку «РОЗДІЛИ» («CHAPTERS» / «CONTENT») та оберіть потрібний.
  - 2.3. Натисніть кнопки «ВЗЯТИ ЗРАЗОК КРОВІ» - «ДОДАТИ РЕАГЕНТ» - «АНАЛІЗ» («COLLECT A BLOOD SAMPLE» - «ADD A REAGENT» - «ANALYSE») та визначте рівень глюкози в крові здорового щура.
  - 2.4. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»), введіть щуру інсулін («INSULIN») та повторіть дії п. 2.3. Як змінився рівень глюкози в крові щура? Про що це свідчить?
  - 2.5. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»), введіть щуру аллоксан («ALOXAN») та повторіть дії п. 2.3. Як змінився рівень глюкози в крові щура? Про що це свідчить?
  - 2.6. Натисніть кнопку «ПЕРЕЗАПУСК ЕКСПЕРИМЕНТУ» («RESTART EXPERIMENT»), введіть щуру інсулін («INSULIN») та аллоксан («ALOXAN») повторіть дії п. 2.3. Як змінився рівень глюкози в крові щура? Про що це свідчить?

**ЗРОБИТИ ВИСНОВКИ** щодо інтенсивності метаболізму та способів її оцінювання, впливу гормонів щитоподібної залози та їх регуляторів на цей показник, а також щодо впливу інсуліну на циркуляцію ключового катаболічного субстрату глюкози у крові.

#### ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Що таке метаболізм та з яких процесів він складається? Які фактори впливають на його інтенсивність?
2. Опишіть методи визначення інтенсивності метаболізму. Проаналізуйте їх переваги та недоліки.
3. Опишіть будову експериментальної установки для непрямой калориметрії методом газообміну та принцип її роботи.
4. Охарактеризуйте роль гіпоталамусу та гіпофізу в регуляції роботи ендокринних залоз. Чому їх комплекс називають «диригентом ендокринної системи»?
5. Які гормони виробляє щитоподібна залоза та яка їх роль у регуляції функцій організму?

- 
- 6.** Які наслідки пошкодження щитоподібної залози (аутоімунне, радіаційне, ендемічний дефіцит йоду)? Як їх можна скорегувати?
  - 7.** Опишіть шляхи використання організмом глюкози. На які анаболічні та катаболічні процеси вона використовується?
  - 8.** Чому анаеробний розпад глюкози, наприклад, під час інтенсивної роботи м'язів є менш енергоефективним, ніж аеробний? Що ви знаєте про цикл Корі?
  - 9.** Опишіть ефекти гормону інсуліну. Чим розрізняються цукрові діабети першого та другого типів?
  - 10.** Опишіть механізм взаємодії інсуліну з клітинами-мішенями.

**Навчальне видання**

**Лабораторний практикум  
з фізіології**

**для здобувачів вищої освіти**

**Укладачі:**

**Москальов Віталій Борисович,  
Іонов Ігор Анатолійович**







