

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ  
імені Івана Боберського

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Нормальна фізіологія людини”

ЛЕКЦІЯ № 9

Тема лекції:

ФІЗІОЛОГІЯ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

План.

1. Загальне уявлення про сенсорні системи
2. Зорова сенсорна система
3. Слухова сенсорна система
4. Вестибулярна сенсорна система
5. Рухова сенсорна система.

Тривалість лекції: 2 академічні години

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні

кафедри анатомії і фізіології

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Вовканич Л.С.

Львів – 2020

## 1. Загальне уявлення про сенсорні системи.

Координаційна діяльність організму заснована на безперервному потоці інформації з зовнішнього середовища. Саме життя залежить від того, наскільки успішно ми відчуваємо світ, в якому рухаємось, і на скільки точно ці відчуття керують нашими рухами.

У сенсорній фізіології ключовими поняттями є *рецептор*, *орган чуття*, *сенсорна система*.

*Спеціальні органи або клітини, які сприймають навколишні подразники (стимули) називають рецепторами*. Рецептори здійснюють перетворення енергії різноманітних подразників у специфічну активність нервової системи.

*Орган чуття* – це комплекс рецепторних та нерепторних клітин, які виконують допоміжні функції, покращуючи сприйняття подразників.

І.М.Сеченов в своїй праці “Рефлекси головного мозку”, писав, що “психічний акт не може з’явитись в свідомості без зовнішнього відчутливого збудження”. *Вся сукупність клітин, які приймають участь в сприйнятті подразнень і проведенні збудження, а також сенсорні клітини кори великих півкуль головного мозку, І.П. Павлов вважав єдиною системою, яку він позначив терміном “аналізатор”*. *Рецептори* – це периферична ланка аналізатора. *Аферентні нейрони і провідні шляхи* складають провідниковий відділ аналізатора. *Зони кори великих півкуль мозку, що сприймають збудження від рецепторів, представляють собою центральні закінчення аналізаторів*.

Але назва “аналізатор” лише частково відображає функції, що вони виконують, бо крім сприйняття зовнішніх і внутрішніх подразнень і їх аналізом здійснюються складні процеси синтезу і тому більш точніше відображає суть термін “сенсорні системи”. Тому ці терміни “аналізатор” і “сенсорна система” використовують як синоніми.

Структура і діяльність сенсорних систем досить складна. Подразники викликають збудження відповідного рецептора, яке передається в вищі

відділи ЦНС декількома шляхами. Це *специфічний* та *неспецифічний шляхи* проведення збудження. Специфічний шлях проведення збудження включає:

1. рецептор
2. перший чутливий нейрон (розміщений поза ЦНС у спинномозкових гангліях, півмісяцевому, яремному, спіральному та інших гангліях нервів головного мозку, сітківці ока)
3. другий нейрон (спинний, довгастий або середній мозок)
4. третій нейрон – в зоровому горбі (проміжний мозок)
5. четвертий нейрон – проекційна зона даної сенсорної системи у корі великих півкуль.

Крім цього, в середньому, спинному і довгастому мозку проходить переключення на шляхи, що ведуть в інші відділи головного мозку, зокрема, в мозочок, ретикулярну формацію та інші. Із ретикулярної формації збудження по неспецифічних шляхах надходить у всі відділи кори великих півкуль.

Аналіз подразнень проходить у всіх ланках сенсорної системи. Первинний аналіз відбувається уже у рецепторах, які реагують лише на певні подразники. Більш складний аналіз відбувається на рівні спинного, проміжного мозку. Найбільш складний аналіз відбувається у коркових відділах сенсорних систем, у проекційних зонах кори великих півкуль. Сигнали, що надходять у ЦНС через сенсорні системи, використовуються для регуляції функцій в організмі, в одних випадках, викликаючи нові відповіді, в других – корегуючи протікання діяльності, яка здійснюється в даний момент.

## **2. Зорова сенсорна система**

Зорова сенсорна система служить для сприйняття і аналізу видимої частини спектру (380 – 760 нм) світлових подразнень. Периферичним відділом цієї системи є *очне яблуко*. Очне яблуко – це сферична камера

діаметром близько 2,5 см. Стінки очного яблука складаються з *трьох оболонок*:

- ♦ зовнішня волокниста (фіброзна) – складається з білкової оболонки або склери, яка спереду переходить в прозору рогівку,
- ♦ судинна – вистеляє очне яблуко, містить кровоносні судини, переходить у війкове тіло і райдужну оболонку, з отвором – зіницею,
- ♦ внутрішня – сітківка, на якій знаходяться фоторецептори (палички і колбочки).

*Ядро очного яблука складається із кристалика, склистого тіла, передньої та задньої камер.*

Інтенсивність паралельного світлового пучка променів, який проникає в очне яблуко, регулює зіниця, далі промені проходять *через заломлюючу систему* очного яблука (рогівка і кристалик), фокусуються на сітківці і викликають збудження рецепторів (паличок і колбочок). Основними заломлюючими середовищами ока є *рогівка* і *кристалик*. За нормальної заломлюючої сили світлові промені фокусуються на сітківці, що забезпечує ясне бачення об'єктів. При вродженій *короткозорості* око виявляється видовженим у поздовжньому напрямі, зображення фокусується перед сітківкою. Вроджена *далекозорість* спостерігається у випадку, коли зображення фокусується позаду сітківки. Явище *астигматизму* спостерігається у випадку, коли рефракція неодинакова у різних меридіанах ока, тоді на сітківці виникають круги світлорозсіювання у формі еліпсів і ліній.

Рефлекторний механізм з допомогою якого промені світла, які виходять із об'єкта, фокусуються на сітківці називають акомодацією. Цей механізм включає заломлення (рефракцію) світла. Нормальне око людини точно фокусує світло від об'єктів, що знаходяться на відстані від 25 см до безмежності. З віком ця здатність зменшується. Зміна заломлюючої сили кристалика досягається за допомогою зміни його кривизни. Збільшення заломлюючої сили спостерігається внаслідок збільшення випуклості

кришталіка при скороченні *війкового м'яза*, який ослаблює *війкову зв'язку*. Акомодация є рефлекторним процесом, який здійснюється за допомогою ядер окорухового нерва.

Регуляція інтенсивності світлового потоку здійснюється з допомогою зміни діаметру *зіниці* – отвору у райдужній оболонці. У райдужній оболонці наявні кругові (циркулярні) і радіальні м'язові волокна. При скороченні циркулярних нервових волокон, що іннервуються парасимпатичними волокнами окорухового нерва, зіниця звужується. При скороченні радіальних м'язових волокон, що іннервуються симпатичними нервами, відбувається розширення зіниці. Діаметр зіниці регулюється рефлекторно в залежності від інтенсивності зовнішнього освітлення.

Рецептори зорової сенсорної системи (*палички і колбочки*) розміщені на сітківці. Паличок на сітківці міститься більше, ніж колбочок (120 млн. проти 6-7 млн.), крім цього вони розміщені нерівномірно. Тонкі витягнуті палички рівномірно розподілені на всій сітківці, крім *центральної ямки (жовтої плями)*, де переважають видовжені конічні колбочки. Так, в центральній ямці колбочки дуже щільно упаковані (150000 на  $\text{мм}^2$ ), ця частина сітківки відрізняється максимально високою гостротою зору.

Фото сенсорний білок – *родопсин*, тісно зв'язаний з мембраною дисків паличок. Він складається з білка *опсину* та хромофора – 11-цис-ретиналю. Під час освітлення відбувається ізомеризація хромофора та розщеплення родопсину на опсин і транс-ретиналь. Лише у темновій фазі відновлюється попередня структура білка. Колбочки містять білок родопсин, що об'єднує три пігменти.

Гострота зору визначається найменшою відстанню між двома крапками, при якій вони сприймаються окремо. Нормальне око людини розрізняє дві крапки під кутом в 30-40 кутових секунд. Гострота зору, визначена за спеціальною таблицею, позначається відносними величинами, і нормальна гострота зору прийнята за одиницю (означає відстань досліджуваного від таблиці в 5 метрів, при якій гострота зору буде складати

одну кутову хвилину). Максимальна гострота зору забезпечується у випадку, коли зображення об'єкта потрапляє у центральну ямку.

Поряд з гостротою зору важливе значення має периферичний зір або поле зору. Поле зору – це границі видимого простору, які сприймаються нерухомим очним яблуком. Дослідження поля зору проводиться за допомогою периметра Ерстеда і визначається в градусах. Найбільше поле зору для білого кольору. Межі поля зору для білого кольору в середньому складають: верхня –  $65^{\circ}$ , нижня –  $75^{\circ}$ , внутрішня –  $65^{\circ}$ , зовнішня –  $90^{\circ}$ . Поле зору для кольорових об'єктів значно менше, ніж для білих. Це зумовлено тим, що кольорові об'єкти сприймаються виключно колбочками, які на периферії сітківки відсутні.

Кольорове бачення. В той же час палички володіють більшою чутливістю до світла і збуджуються при більш слабкому освітленні. Палички містять тільки один зоровий пігмент, не здатні розрізняти колір, і використовуються переважно в нічному баченні. Сприйняття паличками відрізняється меншою гостротою, оскільки палички розміщені менш щільно і імпульси від них піддаються конвергенції, що забезпечує високу чутливість, необхідну для нічного бачення. При зменшенні кількості світла, що надходить в очне яблуко, чутливість рецепторів зорової сенсорної системи зростає і очі *адаптуються* до темноти. Це явище називається “темною” адаптацією. Тому людина, потрапивши зі світлого в темне приміщення, спочатку нічого не бачить, а лише згодом (30-40 хвилин) починає розрізняти предмети.

Колбочки містять три зорові пігменти і це дозволяє їм сприймати колір. Вони збуджуються головним чином при денному світлі. Існує три типи колбочок – “червоні”, “зелені” і “сині”, які вміщують різні пігменти і за даними електрофізіологічних досліджень збуджується при поглинанні видимого світла з різною довжиною хвиль. Кольоровий зір пояснюють з позиції *трьохкомпонентної* теорії, згідно якої відчуття різних кольорів і відтінків визначається ступеню подразнення кожного типу колбочок світлом, що відбивається від об'єкта. Так, наприклад, при одночасному збудженні всіх

типів колбочок і з однаковою силою виникає відчуття білого кольору. Первинне розрізнення кольорів здійснюється в сітківці, але кінцеве відчуття кольору, який буде сприйнято, визначається інтегральними функціями головного мозку. Перевірка кольорового зору здійснюється за допомогою хроматичних таблиць, де цифри нанесені різними кольорами тієї ж інтенсивності.

Повна відсутність або недостатність колбочок будь-якого типу може приводити до різних форм кольорової сліпоти або аномального кольорового відчуття. Кольорова сліпота передається спадково як рецесивна ознака, зв'язана із X-хромосою. Серед чоловіків близько 2 % не розрізняють червоний колір і 6 % - зелений, у той час як серед жінок аномалії кольорового зору зустрічається тільки у 0,4 %.

*Просторове сприйняття.* Відстань до предметів визначається як *монокулярно*, так і *бінокулярно*. Бінокулярний механізм має більше значення при сприйнятті відстаней до 5 м.

На сітківці об'єкт відображений в зменшеному і перевернутому вигляді, але це не заважає правильному сприйняттю, оскільки кінцеве формування зображення відбувається у корі головного мозку. Імпульс, який виникає в рецепторах передається в кору великих півкуль специфічним нервовим шляхом проведення імпульсу. Перші два нейрони зорової сенсорної системи знаходяться в сітківці. Нервові волокна другого нейрона в складі зорового нерву виходять з очного яблука і проходять до бічного (латерального) колінчастого тіла (третій нейрон), звідки інформація може надходити до кори великих півкуль (четвертий нейрон), верхніх горбиків чотиригорбкового тіла проміжного мозку. Четвертий нейрон знаходиться в потиличній долі кори великих півкуль.

Методи: визначення гостроти зору, кольорового бачення, поля зору.

### **3. Слухова і вестибулярна сенсорна система**

Вухо ссавців представляє собою орган відчуття, що містить механорецептори, які чутливі до сили земного тяжіння, до переміщення в просторі і до звукових коливань. Рух і положення голови відносно напрямку сили земного тяжіння фіксується *вестибулярним апаратом*, який складається з півколових каналів і двох невеликих мішечків – кругового і овального. *Слуховий апарат* розміщений у завитку.

Вухо людини складається з трьох відділів – *зовнішнього, середнього і внутрішнього вуха*. Зовнішнє вухо складається з вушної раковини, яка фокусує і направляє звукові хвилі, та зовнішнього слухового ходу. Звукові хвилі викликають коливання барабанної перетинки, яка відділяє зовнішнє вухо від середнього. В середньому вусі знаходяться три слухові кісточки – *молоточок, ковадло і стремінце*, які передають коливання *барабанної перетинки* на перетинку *овального вікна*, яка відділяє середнє вухо від внутрішнього. При цьому звукові коливання, проходячи через середнє вухо підсилюються у 50 разів завдяки системи важелів, що утворюється слуховими кісточками. Внутрішнє вухо включає складну систему каналів і порожнин, що утворюють *кістковий лабіринт*, і заповнених рідиною – *перилімфою*; всередині кісткового лабіринту знаходиться *перетинчатий лабіринт* заповнений *ендолімфою* і містяться чутливі рецептори. Рецептори слухової сенсорної системи (волоскові клітини) знаходяться в *кортієвому органі*, який розміщений *на основній мембрані* в порожнині середньої сходини, а рецептори вестибулярної сенсорної системи – в *овальному і круглому мішечках (мішечку і маточці)* та *ампулах* півколових каналів.

### **Слухова сенсорна система**

Механізм передачі звукових коливань. Звукові коливання надходять через вушну раковину і зовнішній слуховий прохід на барабанну перетинку, яка передає їх на слухові кісточки, а вони, діючи як важелі, передають коливання на мембрану *овального вікна*. Звідтіля коливання передаються перилімфі нижніх (барабанних) сходів і відповідно *основній мембрані*. Основна мембрана коливаючись викликає збудження розміщених в ній



волоскових клітин (рецепторів) кортієвого органу. Збудження виникає, коли вони волосинки торкаються покровної мембрани. Це збудження передається в ЦНС. Описаний шлях передачі звукових коливань називають повітряною провідністю. Звук може надходити до завитка безпосередньо через вібрацію кісток черепа. Таке явище називають кістковою провідністю.

Специфічний нервовий шлях слухового аналізатора. Клітини перших нейронів слухової сенсорної системи розміщені в спіральному вузлі, другого – в довгастому мозку, третього – в медіальних колінчастих тілах, четвертого – у нижніх горбиках чотиригорбкового тіла, чи у скроневій частці кори великих півкуль головного мозку.

Сприйняття звуку пояснюється на основі резонансної теорії Г. Гемгольца. Звукові коливання різної частоти, що передаються в завитку через звукопровідний апарат, викликають в наслідок резонансу коливання різних волокон основної мембрани. На сьогодні вважають, що резонують не волокна основної мембрани, а стовбур рідини, що знаходиться в завитці, і ці коливання передаються до волоскових клітин основної мембрани.

Вухом людини сприймає звукові коливання з частотою від 10 до 20 тис. Гц, собака – 40 тис Гц, летючі миші – 100 тис. Гц. Частота звукових коливань людської мови складає від 500 до 3000 Гц. Сила звуку визначається в белах або децибелах (0.1 бела). Діапазон сили звуків, що сприймається людиною складає від 1 до 140 децибел (хід механічного годинника 20 дБ, шум при русі трамвая 70-75 дБ, сила звуку грому 120 дБ). Поріг відчуття звуку для різних звукових частот неоднаковий і найкращий в діапазоні від 1000 до 5000 Гц. Слухова сенсорна система досить добре адаптується, змінюючи порогові чутливості в сотні і навіть мільйони раз. Чутливість вуха людини до звуків різних частот визначають методом аудиометрії.

Точність визначення місця знаходження джерела звуку досить висока ( $1-2^0$ ) при бінауральному сприйнятті звуку і значно менша ( $5-10^0$ ) при моноуральному.

#### 4. Вестибулярна сенсорна система.

Функції вестибулярної сенсорної системи пов'язані з впливом на організм механічних подразників: дії сили земного тяжіння та прискорення прямолінійного і колового характеру при зміні положення голови або всього тіла. В апараті присінку на дні маточки і на внутрішній стінці мішечка присутні так звані статичні горбки в області яких розміщені рецептори (волоскові клітини), що переплітаються з опорними клітинами. Важливою частиною сприймаючого апарату присінка є отолітовий прилад. В ньому волоски опорних клітин переплітаються разом і склеюються, утворюючи щільну пластинку – отолітову мембрану, на поверхні якої знаходяться отолітові кристали (солі вуглекислого і фосфорнокислого кальцію).

Під дією сили тяжіння при переміщенні тіла або рухів голови отолітова мембрана може вільно переміщатись в ендолімфі мішечка або маточки і здійснює різний тиск на рецепторні клітини (волоскові клітини) в різних частинах статичного горбка. Тим самим змінюється характер сигналізації від апарату присінка в центральну нервову систему.

Півколові канали розташовані у трьох площинах: боковий – у горизонтальній, верхній – у фронтальній і задній – у сагітальній. На кожному каналі розміщене розширення – *ампула*. У ділянці ампули розташовані *ампулярні гребінці*, до складу яких входять чутливі волоскові клітини. Волокни цих клітин оточені в'язкою речовиною, яка формує ампулярний (драглистий) купол, що здатний коливатись при зміні тиску ендолімфи у півколових каналах. Під впливом кутового прискорення (обертання голови) у ампулах змінюється тиск ендолімфи, що і викликає подразнення рецепторів півколових каналів.

Перший нейрон специфічного нервового шляху проведення імпульсів вестибулярної сенсорної системи розміщений в вестибулярних гангліях. Вестибулярний нерв приєднується до слухового і в його складі входить в довгастий мозок, де знаходиться другий нейрон. Далі імпульс іде до третього нейрона, який знаходиться в зорових горбах. Четвертий нейрон розміщений в

скроневій частці кори великих півкуль. Вестибулярна сенсорна система тісно пов'язана з мозочком, який регулює її функціональний стан.

Рефлекси, які викликані подразненням рецепторів вестибулярної сенсорної системи, мають важливе значення для аналізу положення і переміщення тіла в просторі, для підтримання рівноваги і зміни тону м'язів (вестибулоспинальні), а також впливають на вегетативні функції (вестибуло-вегетативні). При подразненні силою тяжіння чи присконенням прямолінійного руху рецепторів мішечка і маточки спостерігаються "ліфтні рефлекси", виявлені при швидкому підйомі і спуску. При цьому спостерігається рефлекторне підвищення тону згиначів кінцівок, тулуба і шиї, крім того знижується тонус їх розгиначів. На початку підйому і при закінченні спуску проходить згинання кінцівок, шиї і тулуба, а при закінченні підйому і на початку спуску - їх розгинання.

При кутовому і прискоренні Коріоліса подразнюються рецептори півколових каналів, виникає ністагм очних яблук і голови. Крім ністагму очей і голови під час і після обертання спостерігається зміна і перерозподіл тону м'язів і, як наслідок, людина не завжди може йти прямолінійно і відхиляється в сторону на якій зменшується тонус м'язів. Також при подразненні рецепторів вестибулярної сенсорної системи в організмі можуть спостерігатися вегетативні рефлекторні зрушення: запаморочення, нудота, почервоніння шкіри, виділення поту.

## **5. Рухова сенсорна система**

Рухова сенсорна система безпосередньо відображає роботу різних ланок опорно-рухового апарату, вона інформує, за типом зворотного зв'язку, ЦНС про степінь скорочення чи розслаблення м'язів, про кут згинання ланок тіла у суглобах, про міру натягу зв'язок і сухожиль. Незначна імпульсація від рецепторів рухової сенсорної системи в стані спокою забезпечує підтримання тону м'язів. При відсутності зворотних зв'язків через рухову сенсорну систему різко порушується координація рухів. Про роль м'язової чутливості

(“темного м’язового відчуття”) для координації рухів та його значення для просторового сприйняття навколишнього світу звертав увагу іще І.Сеченов.

Механорецептори (пропріорецептори) рухової сенсорної системи знаходяться в сухожилках, суглобово-зв’язковому апараті і м’язах. Усіх їх поділяють на три типи: *нервово-сухожилкові веретена (тільця Гольджі), тільця Паччіні та нервово-м’язові веретена* з внутрішніми (інтрафузальними) м’язовими волокнами. *Тільця Гольджі* – це просте розгалуження закінчень аферентних нервових волокон, які розміщені в сухожилках і частково в м’язових волокнах. *Тільця Паччіні* – це нервові закінчення, які розміщені в фасціях, на суглобових поверхнях і суглобових сумках та сухожилках. Особливі м’язові волокна – *нервово-м’язові веретена*, які містять інтрафузальні волокна, які відрізняються від звичайних (*екстрафузальних*) м’язових волокон менш вираженою посмугованістю, одним кінцем прикріплюються до перимізію звичайного м’язового волокна, другим – до сухожилка. Така фіксація забезпечує напруження і зміну товщини центральної частини інтрафузального волокна при розтягненні (розслабленні) екстрафузального волокна.

Тільця Гольджі і Паччіні збуджуються при скороченні м’язів, зміні кута згинання у суглобах, а інтрафузальні волокна – переважно при розслабленні (розтягуванні) м’язів. Отже, в ЦНС поступає інформація при будь-якому стані скелетних м’язів.

Адаптація в м’язових волокнах рухового апарату виражена досить слабо. Така особливість рухової сенсорної системи (до незначної адаптації) має певне біологічне значення, оскільки ряд м’язів безперервно функціонують на протязі багатьох хвилин і навіть годин. Якщо б рухова сенсорна система легко адаптувалась, то зниження порогів чутливості порушувало б нормальне здійснення зворотних зв’язків і координацію рухів.

Поріг збудливості інтрафузальних веретен регулюється ЦНС. До скелетних м’язів підходять два типи аферентних нервових волокон: альфа-волокна (їх ~ 70 %) і гама-волокна (їх ~ 30 %). Імпульси, що надходять від

мотонейронів по альфа-волокнах (діаметр 9-13 мкм) , викликають скорочення м'язу; імпульси від гама- волокон (діаметр 3-6 мкм) не викликають загального скорочення м'язів, а викликають скорочення тільки інтрафузальних веретен, пригнічуючи збудливість рецепторів рухової сенсорної системи.

Збудження рецепторів рухової сенсорної системи передається по аферентних волокнах специфічним нервовим шляхом до першого нейрона, який розміщений в спинальних гангліях. Другий нейрон може знаходитись в спинному, довгастому або середньому мозку. Третій нейрон розміщений в зорових горбах і четвертий нейрон - в передній центральній закрутці кори великих півкуль.

## Література

1. Вовканич Л.С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л.С.Вовканич, Д.І.Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.
2. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр": у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л.: ЛДУФК, 2011. – Ч. 1. – 344 с. Режим доступу: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/10059>
3. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БАК, 2002. – 784 с.
4. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.
5. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.
6. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. – К.: Здоров'я, 1994. – 608 с.
7. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.
8. Физиология человека: учебник / под. ред. В.М.Покровскогго, Г.Ф.Коротько. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2003. – 656 с.
9. Физиология человека: Учебник/Под ред. В.М. Смирнова.— М.: Медицина, 2002. — 608 с: ил.
10. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Л. : ЛДУФК, 2013. – 208 с. Режим доступу: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/9261>
11. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків та ін. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с.

12. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Белан [та ін.] ; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.

13. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.