

Лекція №5
з курсу «Фізіологічна екологія»
на тему:
«Еколого-фізіологічна характеристика
зорового аналізатора»

**Викладач курсу: доцент кафедри фізіології,
імунології і біохімії з курсом цивільного
захисту та медицини**

Григорова Наталя Володимирівна

ПЛАН

1. Поняття аналізатора та рецептора. Вчення І.П. Павлова про аналізатори.
2. Еволюція зорового аналізатора.
3. Оптична системи ока ссавців.
4. Акомодація ока, її механізм. Рефракція ока, її аномалії.
5. Гострота зору. Сприйняття простору та величини предмета.
6. Сприйняття кольору. Трикомпонентна теорія колірного зору.
7. Роль зорового аналізатора в формуванні реакцій на зовнішнє середовище.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : підручник. Суми : Університетська книга. 2023. 400 с.
2. Екологічна фізіологія людини : навч. посіб. для студентів спеціальності 091 Біологія, освітньо-професійних програм Біологія, Лабораторна діагностика / укладачі : Т. Ф. Поручинська, І. Ф. Пасичнюк, А. І. Поручинський. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2021. 272 с.
3. Мазуркевич А. Й., Карповський В. І., Камбург М. Д., Федорук І. С. Фізіологія тварин. Вінниця : Нова книга, 2012. 424 с.
4. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом [Текст = Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology : підруч.: пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл ; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
5. Пашко К. О., Кашуба М. О., Лотоцька О. В. Гігієна та екологія : підручник. Тернопіль : Укрмедкнига, 2022. 528 с.
6. Фізіологія : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.
7. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М. Ю. Клевець та ін. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 304 с.

1. Поняття аналізатора та рецептора.

Вчення І.П. Павлова про аналізатори

Для забезпечення нормальної життєдіяльності організму необхідні сталість його внутрішнього середовища, зв'язок і пристосування до умов довкілля, що постійно змінюються.

Інформацію про стан внутрішнього та зовнішнього середовища організм отримує за допомогою сенсорних систем, які аналізують (розрізняють) цю інформацію, забезпечують формування уявлень та образів, а також специфічних форм пристосувальної поведінки.

Сенсорна система, або **аналізатор** (термін був уведений І.П. Павловим) – це анатомо-фізіологічний утвір, який складається з 3 частин: **периферичного, сприймаючого апарату** (рецептори), **провідникової частини** (периферичні нерви та провідникові центри) та **центральної частини** (нервові центри кори головного мозку), функція яких сприймати, передавати, трансформувати, аналізувати інформацію та утворювати специфічні відчуття.

Рецептори – це кінцеві спеціалізовані, нервові, нейроепітеліальні або епітеліальні утвори, що трансформують різні види енергії – світлову, механічну, теплову в нервовий імпульс.

Розрізняють зоровий, слуховий, нюховий, смаковий, сомато-сенсорний (шкірний, пропріорецептивний), присінковий (аналізатори положення тіла) й інтероцептивний аналізатори.

2. Еволюція зорового аналізатора

У процесі еволюції розвинулись різноманітні світлосприймальні системи. Вже одноклітинні здібні реагувати на світло (амеба, евглена зелена). Світлочутливі клітини є на поверхні тіла у кишковопорожнинних і плоских червив, а у голкошкірих світло сприймають підшкірні нервові волокна. Проте око як окремий орган виникає лише у кільчастих червив і значно вдосконалюється у членистоногих.

У головоногих молюсків вже існує зорове сприйняття, короткочасна зорова пам'ять, чітке розпізнавання предметів – предметне бачення.

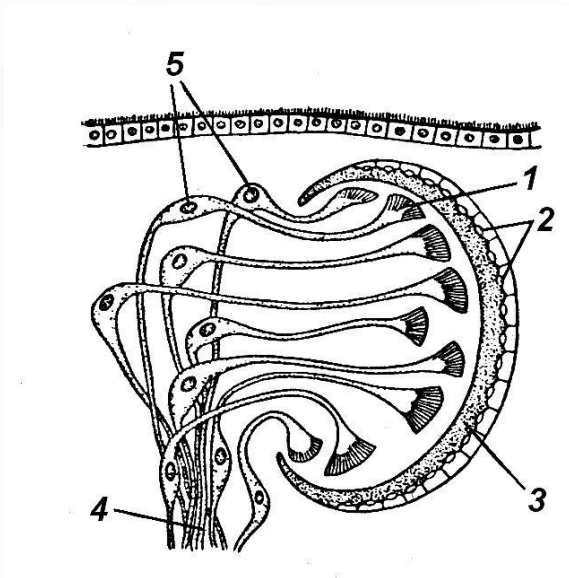
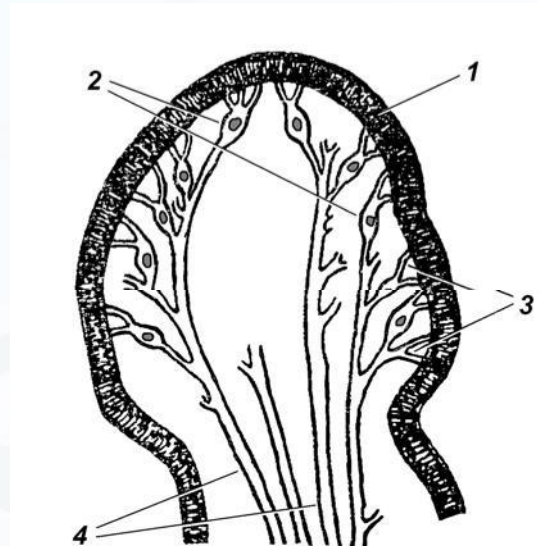


Схема будови ока планарії
(тип Плоскі черви):

1 – світлочутлива частина рецепторних клітин, 2 – ядра клітин пігментного бокала, 3 – пігментний бокал, 4 – нервові відростки рецепторних клітин (утворюють зоровий нерв), 5 – ядра рецепторних клітин.



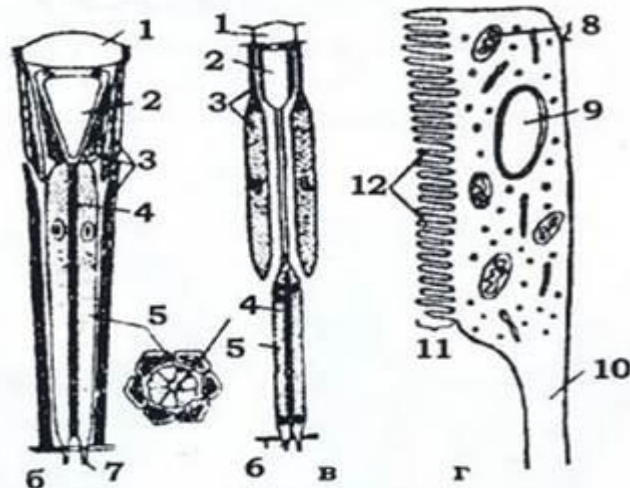
Скупчення світлочутливих клітин
на нервах першого сегмента
дощового черв'яка
(тип Кільчасті черви):

1 – епідерміс, 2 – світлочутливі клітини, 3 – світлочутливі відростки, 4 – нервові волокна.

Фасеткове око вищих комах – це мозаїчний утвір, що складається з 5-50 тис. окремих фасеток – *оматидіїв*. Таке око добре сприймає кольори, деталі, є чудовим детектором руху, хоча його здатність до розпізнавання образів обмежена дуже низькою гостротою зору. На відміну від комах у павуків є близько 10 простих очок для розпізнавання інтенсивності освітлення.



Схема будови фасеткового ока комах (а), омаїдій денної (б) та нічної комах (в), окрема світлочутлива клітина (г):

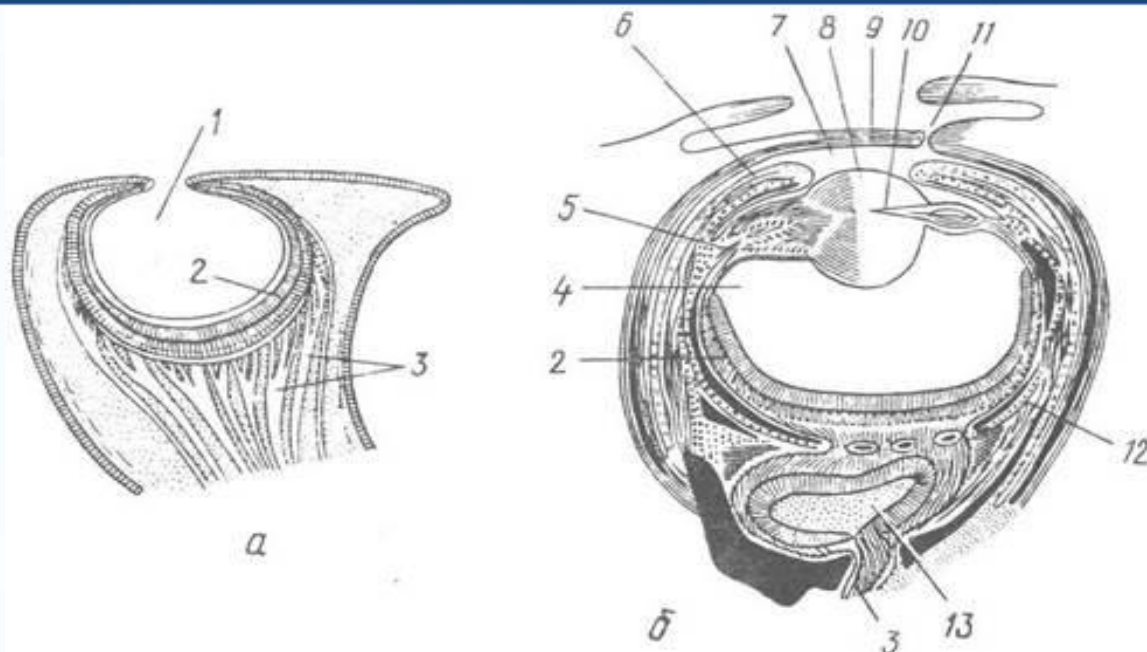


1 – кришталік, що входить до складу рогівки; 2 – кристалічний конус; 3 – пігментні клітини; 4 – рабдом; 5 – чутливі клітини; 6 – базальна мембрана; 7 – аксони чутливих клітин; 8 – мітохондрія; 9 – ядро; 10 – аксон; 11 – рабдомер; 12 – мікроворсинки.



У головоногих молюсків з`являються камерні очі, подібні до хребетних тварин. Вони містять рогівку, зіницю, кришталик і сітківку, яка забезпечує образний зір. Але в сітківці немає нейронів, а тільки пігментні клітини з фоторецепторами, які сприймають світло (**неінвертоване око**).

У головоногих молюсків вже існує зорове сприйняття, короткочасна зорова пам`ять, чітке розпізнавання предметів – предметне бачення.



Очі головоногих:

а, б – розріз ока Nautilus та Sepia officinalis:

1 – порожнина очної ямки, яка сполучається із зовнішнім середовищем;
 2 – сітківка; 3 – зоровий нерв; 4 – склоподібне тіло; 5 – війковий м'яз;
 6 – райдужка; 7 – передня камера ока; 8 – кришталик; 9 – рогівка;
 10 – епітеліальне тіло; 11 – зовнішній отвір камери ока; 12 – склера
 (хрящова оболонка ока); 13 – оптичний ганглії.

У хребетних тварин у сітківці крім фоторецепторів знаходяться також всі інші її нейрони.

В еволюції зорової системи хребетних простежуються дві тенденції, які доповнюють одна одну.

1. У риб, земноводних, плазунів і більшості птахів сітківка аналізує значно більше інформації про параметри зорового сигналу, ніж у ссавців. Отже, в процесі еволюції у ссавців спостерігається деяке зниження функцій сітківки за рахунок зростання їх у центральній частині зорового аналізатора.

2. Зір нижчих хребетних керує переважно автоматичними рефлекторними реакціями: у них добре розвинена вроджена здатність до аналізу розмірів і напрямку руху об'єкта, але погано розвинене сприйняття цілісних предметів, оскільки бракує первинної кори, яка розвивається згодом у птахів і ссавців. У них більш досконала форма зору використовує елементи навчання для оцінки зорової інформації, вдосконалення рухової реакції, а у ссавців ще зір здатний до аналізу зовнішніх деталей об'єкта та довготривалої пам'яті.



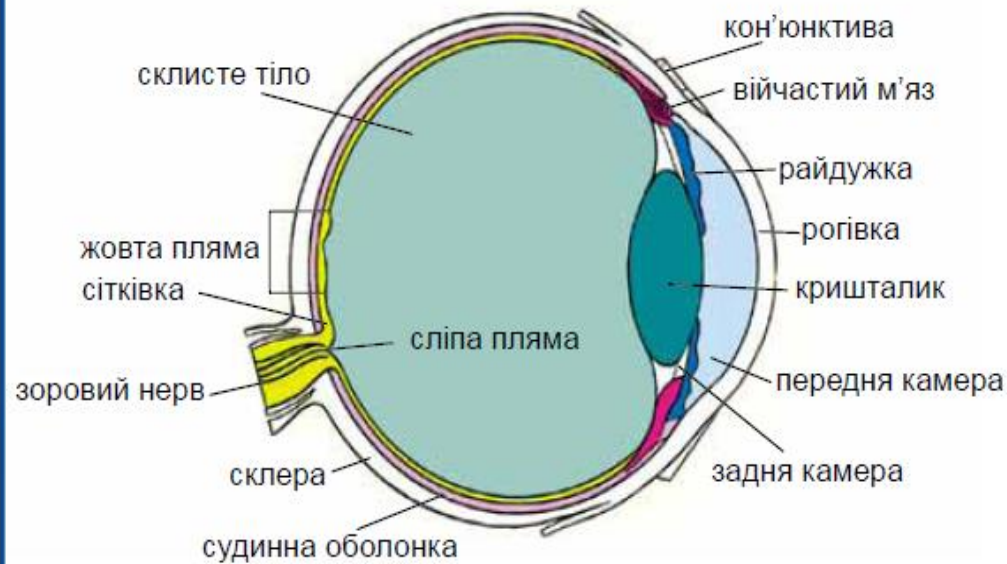
3. Оптична система ока ссавців

Периферична частина зорового аналізатора у ссавців представлена оком. Воно складається з очного яблука, де знаходяться фоторецептори, та додаткових органів ока: м'язів, повік, оболонок, слізного апарату.

Очне яблуко складається з оболонок: волокнистої (фіброзної), судинної і внутрішньої сітківки. Волокниста оболонка складається зі склери та прозорої рогівки. У судинній оболонці розрізняють власне судинну оболонку, війчасте тіло й райдужку, що має різне забарвлення.

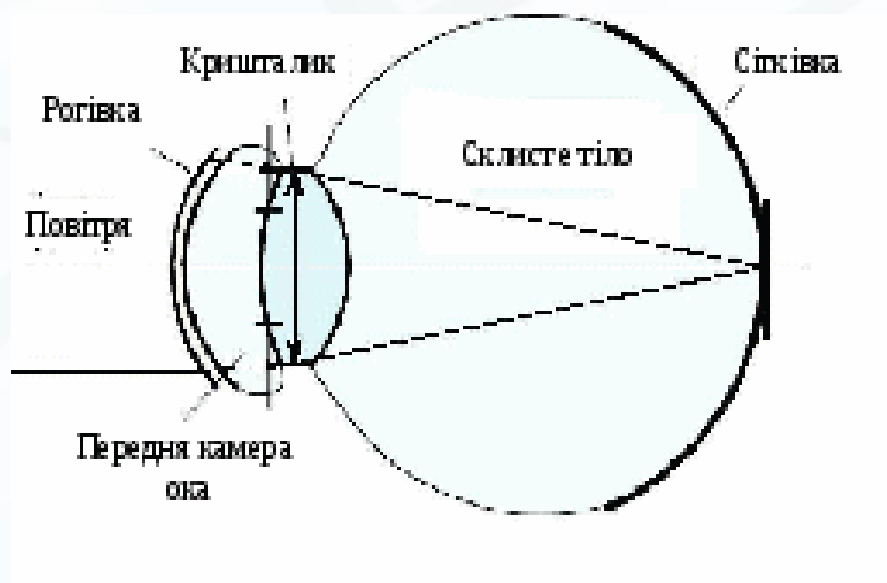
У центрі райдужки є отвір – зіниця, через який промені світла надходять на внутрішню оболонку, що складається зі світлочутливих нервових клітин, аксони яких утворюють зоровий нерв. У місці виходу зорового нерва з очного яблука на сітківці відсутні світлочутливі клітини, тому й це місце звуть **сліпою плямою**. Поруч з виходом зорового нерва поблизу вісі кола світлочутливих клітин більш усього (**жовта пляма**). Це місце найкращого бачення.

Будова ока людини



Оптична система ока складається з рогівки, водянистої вологи передньої і задньої камер, кришталіка та склоподібного (склистого) тіла. Їх загальна заломлювальна сила складає 60-70 діоптрій (дптр).

Діоптрія – це заломлювальна сила лінз із фокусною відстанню 1 м.



4. Акомодація ока, її механізм. Рефракція ока, її аномалії

Пристосування ока до ясного бачення віддалених на різну відстань предметів зветься **акомодацією**. Основний механізм акомодації полягає мимовільній зміні кривини кришталика ока, а отже його заломлювальної здібності. Око риб у спокої акомодований на коротку відстань, тому акомодація ока для них полягає у відновленні його для бачення в далечінь. Це досягається тим, що кулястий кришталик спеціалізованим м'язом підтягується ближче до сітківки. У земноводних форма кришталика також не змінюється при акомодації і спеціальним м'язовим апаратом підтягується трохи вперед, встановлюючи око для дуже близького бачення (на відстань викидання язика), що необхідно для полювання комах. У плазунів і птахів акомодація ока для близького бачення здійснюється через зміни форми кришталика. У ссавців цей процес також здійснюється пластичною зміною кривини кришталика.

Заломлювальна сила ока без явища акомодації дорівнює 58-60 дптр і зветься **рефракцією ока**.

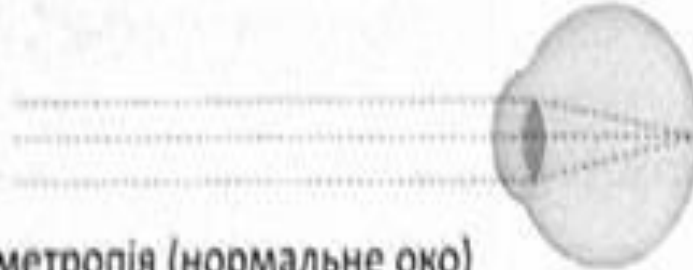
При нормальній рефракції паралельні промені від далеко розташованих предметів збираються на сітківці в центральній ямці, таке око зветься **еметропним**.

Спостерігаються аномалії нормальної рефракції.

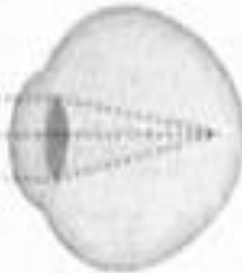
Міопія (короткозорість) – вид порушення рефракції, при якому паралельні промені фокусуються не на сітківці, а спереду неї. Це виникає при надто великій довжині очного яблука, або заломлювальній силі ока. Близькі предмети короткозорий бачить гарно, а віддалені розпливчасто. Корекція міопії – використання розсіюючих двовогнутих лінз.

Гіперметропія (далекозорість) – це таке порушення рефракції, коли паралельні промені від далеко розташованих предметів через малу довжину очного яблука або слабку заломлювальну здібність ока будуть фокусуватися за сітківкою. Для корекції гіперметропії використовуються двоопуклі, збираючі лінзи.

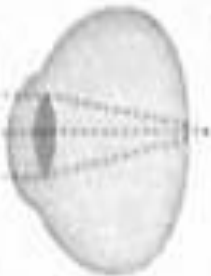
Еметропія (нормальне око)



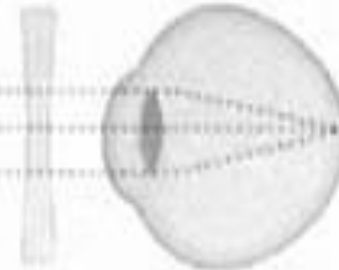
Міопія



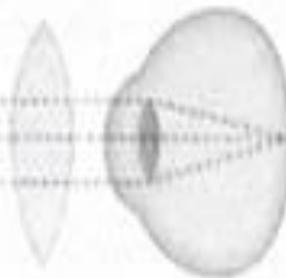
Гіперметропія



Корекція



Корекція

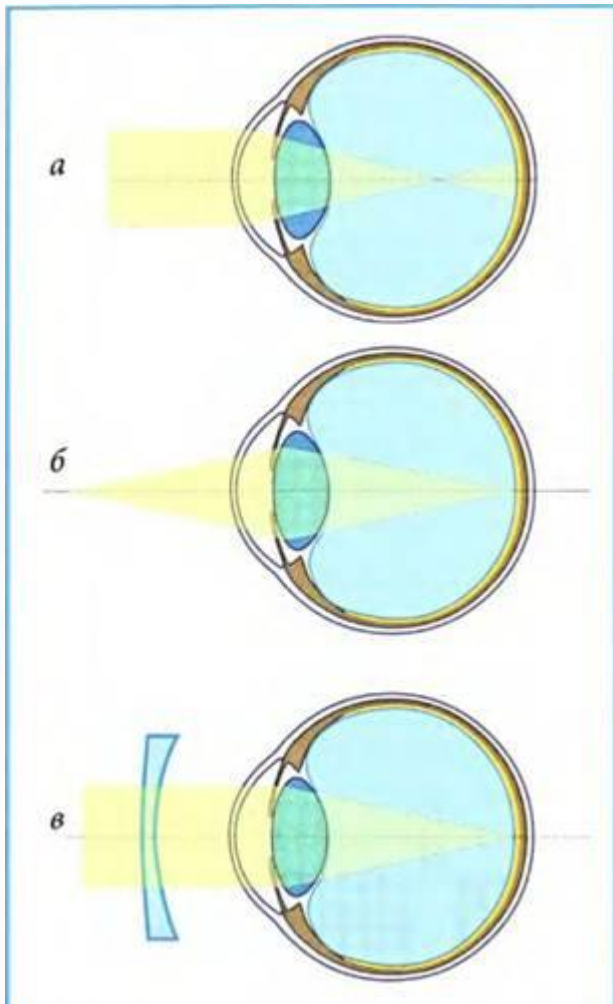


Міопія:

а – зір вдаличнь, нечітка картина;

б – зір із близької відстані, чітка картина;

в – корекція окулярами.

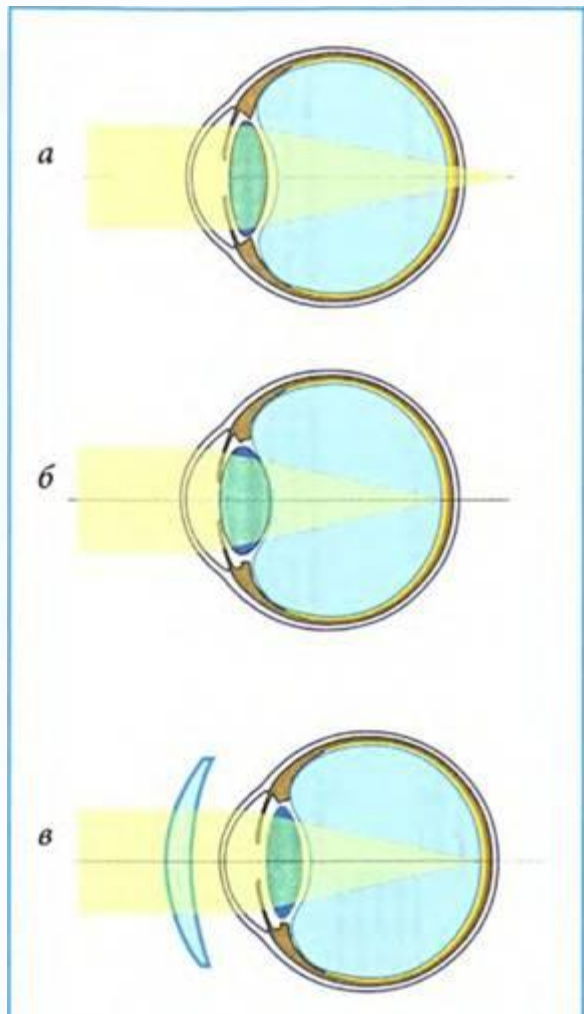


Гіперметропія:

а – зір удалину, нечітка картина;

б – напруження акомодації, чітка картина вдалину;

в – корекція окулярами.



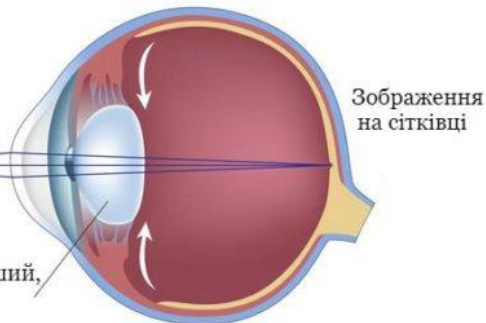
Існує **стареча далекозорість (пресбіопія)**, пов'язана з втратою кришталиком еластичності, який погано змінює свою кривину при натяжінні цинових зв'язок. Тому точка ясного бачення знаходиться не на відстані 10 см від ока, а відсувається від нього й близько розташовані предмети видні розпливчасто. Для корекції пресбіопії використовують двоопуклі лінзи.

Астигматизм – вид порушення рефракції, при якому відсутня можливість сходження променів в одній точці, в фокусі. Він обумовлений різною кривиною рогівки та кришталика в різних меридіанах (площинах). При астигматизмі предмети здаються сплюсненими або витягнутими, його корекцію здійснюють циліндричними лінзами.



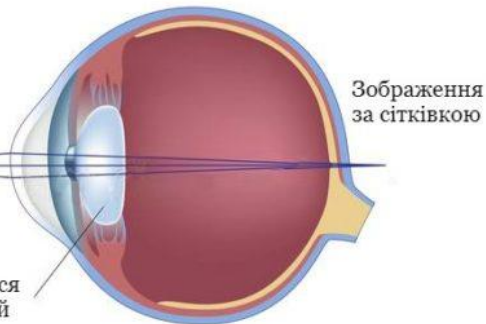
Норма

Кришталік стає опукліший,
щоб сфокусувати
близькі предмети

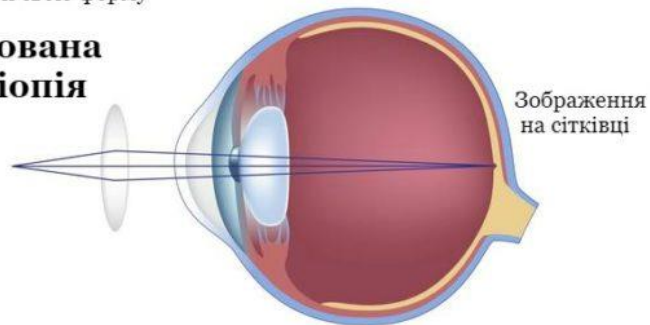


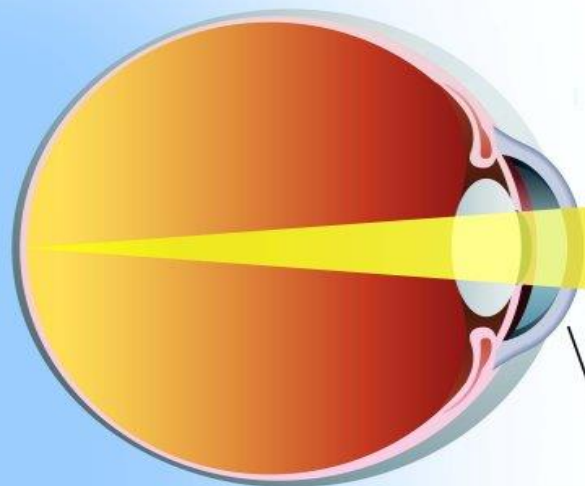
Пресбіопія

Кришталік ущільнюється
з віком і стає не здатний
міняти свою форму

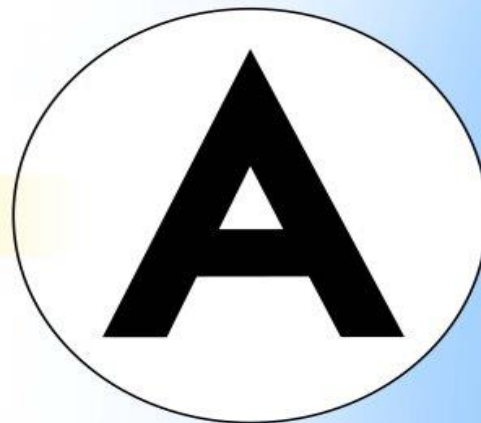


Коригована пресбіопія

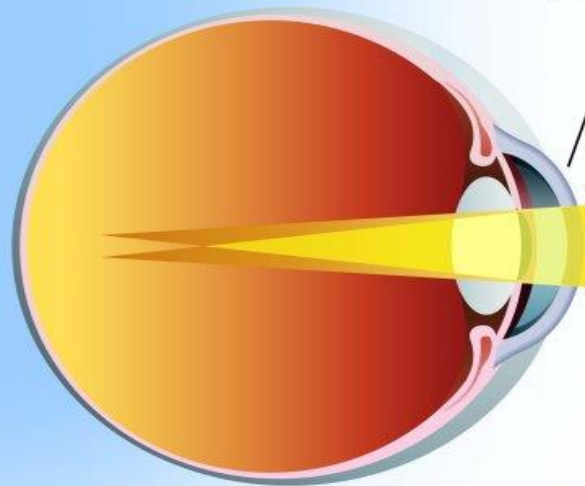




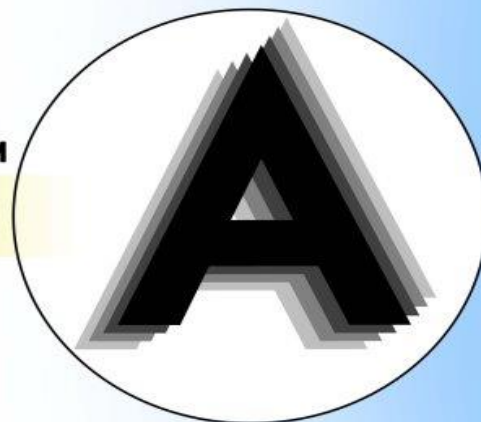
Зір в нормальному оці



РОГІВКА



Зір в оці з астигматизмом

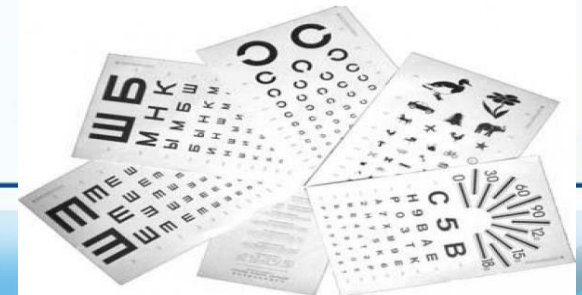


5. Гострота зору. Сприйняття простору та величини предмета

Гострота зору визначається найменшим кутом зору, під яким око ще здібне бачити окремо дві точки. Нормальне око здібне розрізняти дві точки, що світяться, під кутом зору в 1 хвилину. Гострота зору такого ока приймається за одиницю.

Поле зору – простір, який сприймається оком при фіксованому зорі в одній точці. Коли поле зору потрапляє на жовту пляму в ділянці центральної ямки, де зосереджені колбочки, то виникає центральний зір, якщо на інші місця сітківки – **периферичний**.

Центральний зір – ділянка чіткого розпізнавання деталей предмета, а периферичне розпливчасто окреслює тільки лише контури. Великі об'єкти в цілому та оточуючий простір сприймаються в основному за рахунок периферичного зору, що забезпечує велике поле зору.



6. Сприйняття кольору. Трикомпонентна теорія колірного зору

Колірний зір – здібність зорового аналізатора реагувати на зміни довжини світлової хвилі з формуванням відчуття кольору.

Згідно **трикомпонентної теорії кольоровідчуття Гельмгольца**, що користується найбільшим визнанням, у сітківці є три види колбочок, окремо сприймаючих червоний, зелений і синьо-фіолетовий кольори. Різні сполучення збудження колбочок призводять до відчуття проміжних кольорів. Рівномірне збудження всіх трьох видів колбочок дає відчуття білого кольору. Чорний колір відчувається в тому випадку, якщо колбочки не збуджуються.

Розрізняють три типи порушень колірного зору:

Протанопія, або дальтонізм – сліпота на червоний і зелений кольори, відтінки цих кольорів не розрізняються, синьо-блакитні промені здаються безкольоровими.

Дейтеранопія – сліпота на червоний і зелений кольори. Немає відмінностей зеленого кольору від темно-червоного та блакитного.

Тританопія – аномалія, що рідко зустрічається, не розрізняються синій і фіолетовий кольори.

Ахромазія – повна кольорова сліпота при ураженні ковбачкового апарату сітківки. Всі кольори сприймаються як відтінки сірого.



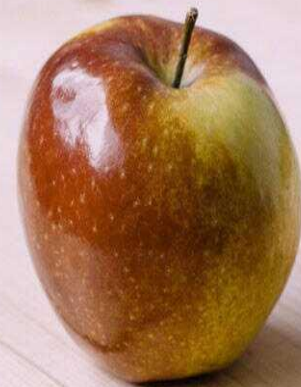
Норма



Дейтеранопия



Нормальное зрение



Дейтераномалия



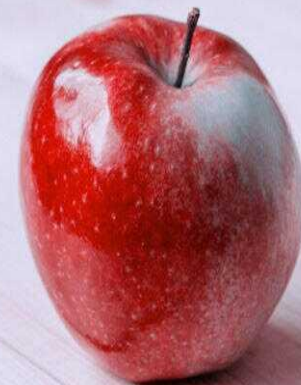
Протанопия



Тританопия



Протанопия



Тританопия

7. Роль зорового аналізатора в формуванні реакцій на зовнішнє середовище

Реакції із зорового аналізатора при зміні умов освітлення добре ілюструє існування загальної для тварин закономірності в залежності від того, чи є дана тварина денною, присмерковою або нічною, інтенсивність освітлення буде здійснювати збуджуючий або гальмівний вплив на його фізіологічні функції і насамперед на його рухову активність.

Денний чи нічний спосіб життя знаходить своє відображення в морфологічних особливостях організму, будови його аналізаторів. Найбільш ярко вираженими виявляються анатомічні особливості будови ока у ссавців з різним способом життя. Ці особливості носять характер екологічної спеціалізації зорового аналізатора, тому що однаково виражені у нижчих ссавців, хижаків і людини.

Залежність від будови ока та інтенсивності освітлення, при котрій протікає активна діяльність тварин, проявляється і в особливому розподілу чутливості сітківки. Так, у ховраха ділянка з високою щільністю фоторецепторів поширюється на вентральну поверхню сітківки. Екологічна спеціалізація стосується не тільки рецептора зору, але й центрального кінця аналізатора. Він більш розвинений у денних форм (велика піщанка), ніж у нічних (червонохвоста піщанка).

Велике значення для протікання фізіологічних реакцій при подразненні зорового аналізатора має положення очей у спокої і їх анатомічні особливості у зв'язку з реакціями захисту, нападу та добування їжі. У всіх тварин при дії оборонного подразника виникає реакція самозахисту, що сприймає одну з двох форм – або усунення від подразника, втеча, або гальмівну форму, коли тварина залишається нерухомою, вдаючи себе мертвою. Утікаючи, вона відвертається від погрозливого для нього об'єкту, і таким чином зображення цього об'єкта проходить по сітківці в назальному напрямку, перше ніж зовсім замкнути поля зору. Для початку цієї реакції дуже важлива наявність великого та повного поля зору.

Реакція на об'єкт, який приваблює, або об'єкт нападу, полягає в тому, що тварина наближується до об'єкта. При цьому зображення на сітківці переміщується в темпоральному напрямку й, нарешті, стає видимим обома очима в бінокулярній ділянці.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!