

Розділ 8.3. ЗОРОВИЙ АНАЛІЗАТОР

ЗОРОВИЙ АНАЛІЗАТОР – сукупність структур, що сприймають світлове випромінювання (електромагнітні хвилі довжиною 390-760 нм) і формують зорові відчуття. Через очі надходить 80-90% всієї інформації про навколишній світ.

Завдяки діяльності зорового аналізатору розрізняють освітленість предметів, їх колір, форму, величину, напрямок пересування, відстань, на яку вони віддалені від ока і один від одного. Все це дозволяє оцінювати простір, орієнтуватися в навколишньому світі, виконувати різні види цілеспрямованої діяльності.

Поряд з поняттям зорового аналізатора існує поняття органу зору.

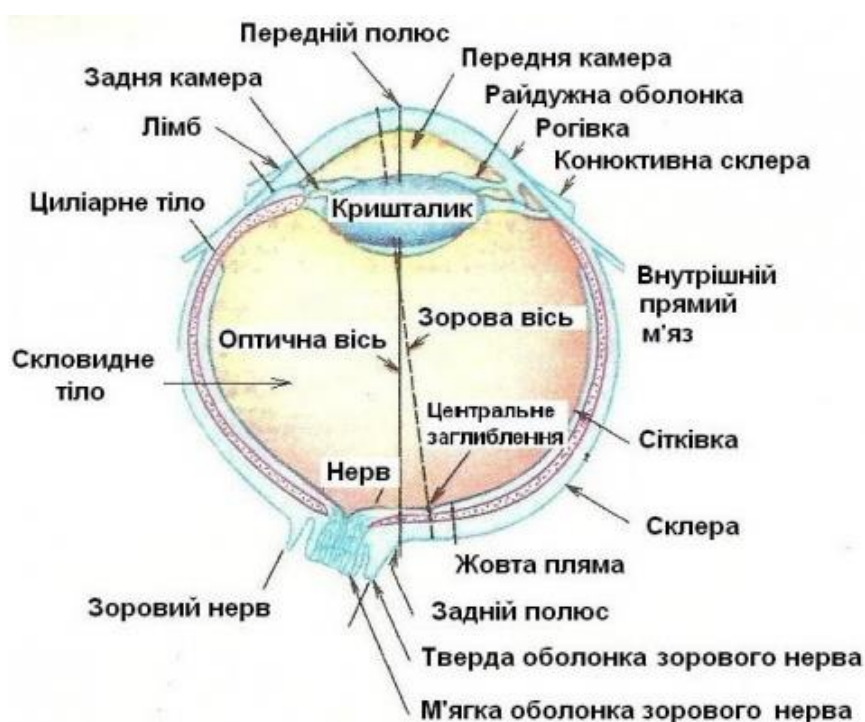


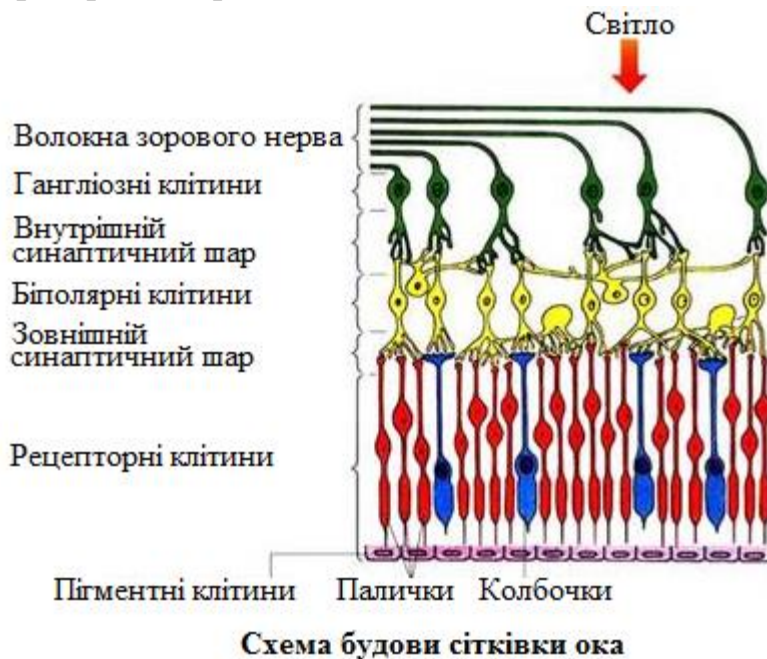
Рис. 1. Будова ока

Орган зору – око, що включає три різних в функціональному відношенні елементи:

- 1) очне яблуко, в якому розташовані світлосприймаючий, світлозаломлюючий і світлорегулюючий апарати;
- 2) захисні пристосування: зовнішні оболонки ока (склери і рогівка), слізний апарат, повіки, вії, брови;
- 3) руховий апарат, представлений трьома парами очних м'язів (зовнішня і внутрішня прямі, верхня і нижня прямі, верхня і нижня косі), які іннервуються III (окоруховий), IV (блоковий) і VI (відвідний) парами черепних нервів.



Рецепторний відділ зорового аналізатора представлений фоторецепторами сітківки ока.



Сітківка складається з десяти шарів і містить фоторецепторні клітини – палички та колбочки, біполярні, горизонтальні, амакринові й гангліонарні клітини.

1. Пігментні клітини.

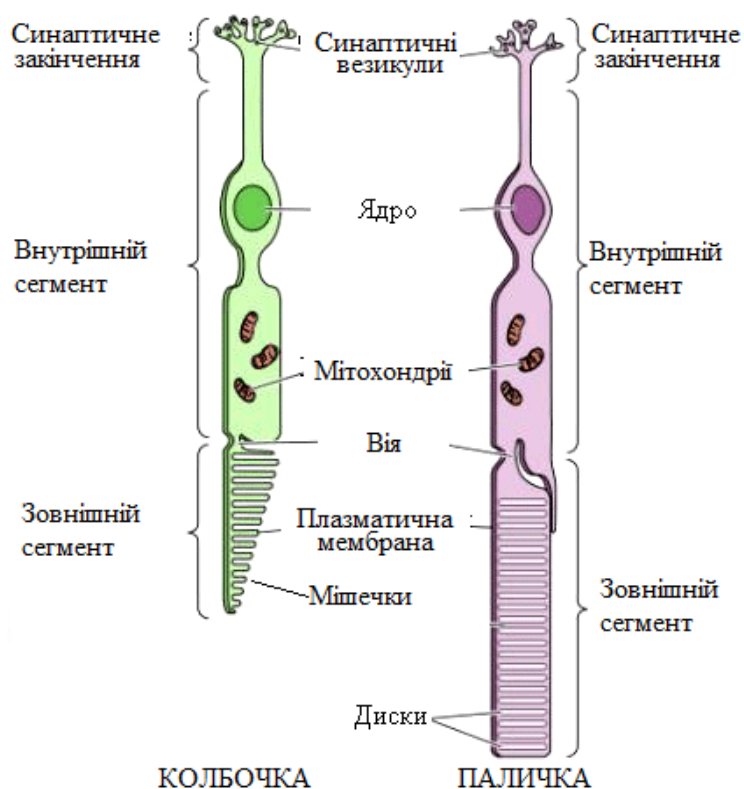
Пігментний шар сітківки формують епітеліальні клітини, що містять меланін і виконують функції поглинання світла, фагоцитозу. Вони також утворюють депо вітаміну А, що необхідний для синтезу зорового пігменту родопсину.

2. Фоторецептори: палички і колбочки розташовані у сітківці, їх зовнішні сегменти занурені у пігментний шар. У людини налічується близько 6-7 млн колбочок і 110-125 млн паличок.

Місце виходу зорового нерва з сітківки не містить фоторецепторів і називається **сліпою плямою**. Латерально від сліпої плями в області центральної ямки лежить ділянка найкращого бачення (**жовта пляма**), що містить переважно колбочки. До периферії сітківки число колбочок зменшується, а число паличок зростає, і периферія сітківки містить одні лише палички.

Різна функція колбочок і паличок лежить в основі *феномена подвійності зору*. **Палички** є рецепторами, що сприймають світлові промені в умовах слабкої освітленості – **безбарвний (ахроматичний) зір, забезпечують нічний зір**. **Колбочки** ж функціонують в умовах яскравої освітленості і сприймають кольори – **кольоровий (хроматичний) зір, забезпечують денний зір**. Фоторецептори володіють дуже високою чутливістю, що обумовлено особливістю їх будови та фізико-хімічними процесами, що лежать в основі сприйняття енергії світлового стимулу. Вважають, що фоторецептори збуджуються при дії на них 1-2 квантів світла.

Палички і колбочки складаються з двох сегментів – зовнішнього і внутрішнього, які з'єднуються між собою за допомогою вузької вії. Палички і колбочки орієнтовані в сітківці радіально, а молекули світлочутливих білків розташовані в зовнішніх сегментах таким чином, що близько 90% їх світлочутливих груп лежить у площині дисків, що входять до складу зовнішніх сегментів. Світло має найбільший збудливу дію в тому випадку, якщо напрям променя збігається з довгою віссю палички або колбочки, при цьому він спрямований перпендикулярно дискам їх зовнішніх сегментів.



Фотохімічні процеси в сітківці ока.

У рецепторних клітинах сітківки знаходяться світлочутливі пігменти – складні білкові речовини хромопротеїди, які знебарвлюються на світлі. У паличках на мембрані зовнішніх сегментів міститься родопсин, в колбочках – йодопсин та інші пігменти.

Родопсин і йодопсин складаються з ретиналю (альдегід вітаміну А,) і глікопротеїда опсина. Маючи подібність у фотохімічних процесах, вони різняться тим, що максимум поглинання знаходиться в різних областях спектру. Так, палички, що містять родопсин, мають максимум поглинання в області 500 нм, а колбочки мають три максимуму в спектрі поглинання – у синій (420 нм), зеленій (551 нм) і червоній (558 нм) частинах, що обумовлено наявністю трьох типів зорових пігментів. Червоний колбочковий пігмент отримав назву «йодопсин». Ретиналь може перебувати в різних просторових конфігураціях (ізомерні форми), але тільки одна з них (11-цис- ізомер ретиналь) виступає в якості хромоформної групи всіх відомих зорових пігментів. Джерелом ретиналю в організмі служать каротиноїди.

Фотохімічні процеси в сітківці протікають вельми ощадливо. При дії навіть яскравого світла розщеплюється тільки невелика частина (близько 0,006%) наявного в паличках родопсина.

У темряві відбувається ресинтез пігментів, який протікає з поглинанням енергії. Відновлення йодопсина відбувається в 530 разів швидше, ніж родопсина. Якщо в організмі знижується вміст вітаміну А, то процеси ресинтезу родопсину слабшають, що призводить до порушення

сутінкового зору – так званої «*курячої сліпоти*». При постійному і рівномірному освітленні встановлюється рівновага між швидкістю розпаду і ресинтезу пігментів. Коли кількість світла, що падає на сітківку, зменшується, це динамічна рівновага порушується і зсувається в бік більш високих концентрацій пігменту. Цей фотохімічний феномен лежить в основі темної адаптації.

У фоторецепторах ока при дії світла внаслідок фотохімічних процесів виникає рецепторний потенціал внаслідок гіперполяризації мембрани рецептора. Це відмінна риса зорових рецепторів, активація інших рецепторів виражається у вигляді деполяризації їх мембрани. Амплітуда зорового рецепторного потенціалу збільшується при збільшенні інтенсивності світлового стимулу. Так, при дії червоного кольору, довжина хвилі якого становить 558 нм, рецепторний потенціал більш виражений в фоторецепторах центральної частини сітківки, а синього (420 нм) – в периферичній.

Синаптичні закінчення фоторецепторів конвергують на біполярних нейронах сітківки (перший нейрон).

3. Біполярні та гангліонарні клітини. Біполярні клітини утворюють синапси з фоторецепторами і передають інформацію на гангліонарні клітини. У сітківці на 100 млн паличок і 3 млн колбочок припадає близько 1,6 млн гангліонарних клітин.

У ділянці центральної ямки містяться тільки колбочки (близько 35 000). Кількість волокон зорового нерва, що виходять з цієї області, дорівнює кількості колбочок. Це створює високий ступінь гостроти зору в центральній ямці порівняно з відносно слабкою гостротою зору на периферії сітківки.

4. Горизонтальні клітини й амакринні клітини. Горизонтальні клітини утворюють локальні мережі з біполярними клітинами на рівні їх контакту з фоторецепторами, амакринні – на рівні синаптичних контактів з гангліонарними клітинами.

Провідниковий відділ.

Аксони гангліонарних клітин утворюють зоровий нерв і зоровий тракт, який закінчується у латеральних колінчастих тілах таламуса. Аксони гангліонарних клітин забезпечують просторове відтворення сітківки у латеральному колінчастому тілі за типом освітлення центрального поля і гальмування на периферії, або навпаки. Колінчасті тіла мають зворотні зв'язки з центрами зорової кори, що використовуються у просторовій орієнтації та координації рухів.

Нервові волокна, що передають інформацію від **назальної** половини сітківки, перехрещуються, утворюючи зорове перехрестя, нервові волокна від **скроневої** – йдуть з тієї самої сторони.

Таким чином, нервові волокна від лівої назальної половини сітківки і нервові волокна від правої скроневої половини сітківки утворюють

правий зоровий тракт і синапси на нейронах правого латерального колінчастого тіла, і навпаки.

Нервові волокна від латерального колінчастого тіла утворюють колінчасто-шпорний тракт, що передає інформацію до потиличної зони кори, де інформація відтворюється так, як і у латеральному колінчастому тілі.

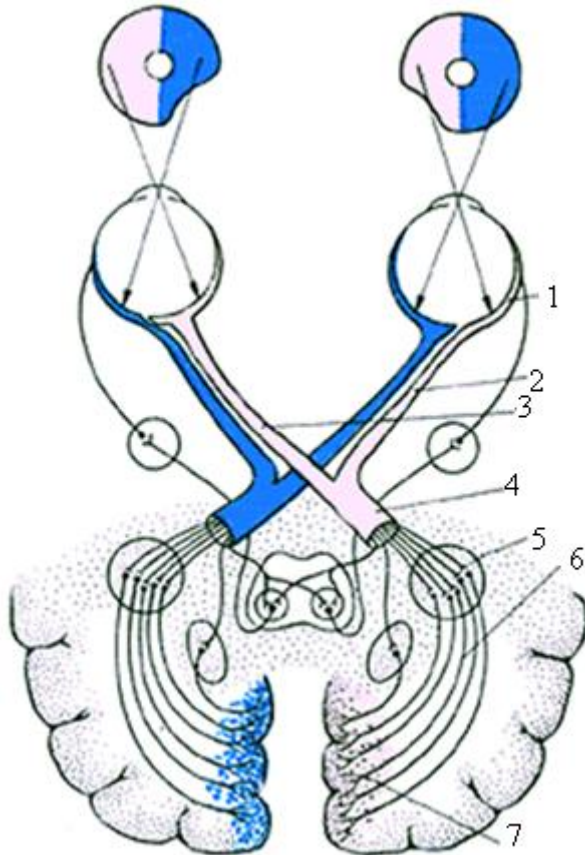


Рис. Провідниковий відділ зорового аналізатора

- 1 – сітківка
- 2 – неперехрещені волокна зорового нерва
- 3 – перехрещені волокна зорового нерва
- 4 – зоровий тракт
- 5 – зовнішнє колінчасте тіло
- 6 – зорова променевість – пучок нервових волокон в задньому мозку
- 7 – зорові центри в потиличній частці кори головного мозку

Центральний відділ. Потилична зона кори великих півкуль.