



Ірина Кук

"ЗІРКОВІ" МОЛЕКУЛИ

Наші очі бачать усе: маленьке і велике, чорно-біле і кольорове, радісне і сумне. Вони бувають лагідні, сердиті, глибокі, рідні, байдужі, чужі. Від поглядубрих очей хочеться посміхнутися і дарувати людям тепло. Очима можна «ловити», «обіймати», «поглинати», «спопеляти», «впитися», «прикипіти». Зір – це дивовижне відчуття, дароване нам природою. За допомогою зору ми отримуємо величезну кількість інформації про навколишній світ, можемо насолоджуватися красою природи і творіннями рук людини.

Сітківка

Око – це сфера, заповнена скловидним тілом. Його задню внутрішню поверхню вистилає сітківка. Відомий іспанський лікар та гістолог кінця XIX століття Сантьяго Рамон-і-Кахаль вважав, що «сітківка – це частина мозку, розміщена в оці».

Сітківка складається з кількох шарів. На зовнішньому шарі розташовані 120 міль-



Сітківка людини в офтальмоскопі (прилад для дослідження ока)





йонів паличок і 4–7 мільйонів колбочок. Це – фоторецепторні клітини.

Фоторецептори палички справді подібні на палички, точніше – на циліндри. Вони відповідають за зір в умовах слабкого сутінкового освітлення, дуже чутливі до світла, але не здатні розрізняти кольори. Ось чому з'явилася приказка: «Вночі всі кішки сірі». А вдень око сприймає всі кольори видимого спектра. Але відповідають за це вже не палички, а колбочки сітківки ока.

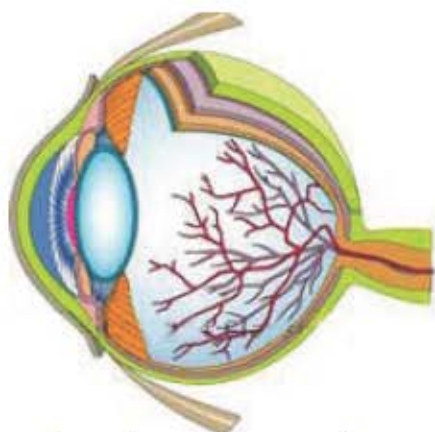
У ході біологічної еволюції зорова клітина досягла дуже високої чутливості. Палички можуть відповісти сигналом на одну поглинуту частинку світла – фотон. Таким чином, наша зорова сенсорна система (очі та мозок) можуть працювати у великому діапазоні освітлення – від зоряної ночі до яскравого сонячного дня.

Відкриття родопсину

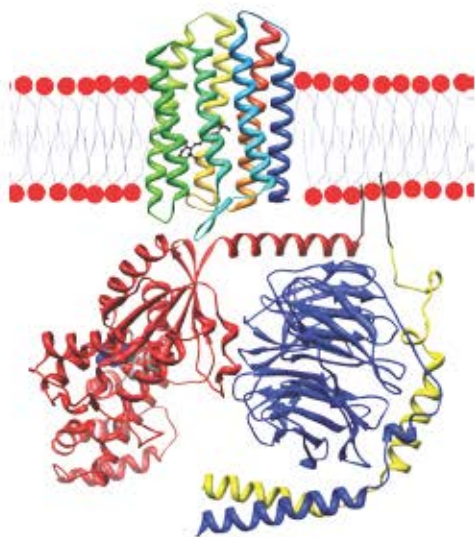
Пурпур – колір величний і урочистий, колір сходу Сонця і кардинальських мантії. У Древньому Римі пурпуровий колір був символом могутності та знатності. Але ніхто ще тоді не підозрював, що пурпур – це колір унікальної світлочутливої речовини, що дарує здатність бачити. Це зоровий пігмент, якому першовідкривачі дали звучну назву – «зоровий пурпур». Сьогодні він має наукову назву – родопсин.

Досліджуючи сітківку ока жаби, німецький фізіолог Генріх Мюллер 1851 року відкрив червоне забарвлення клітин паличок. Мюллер вважав, що таке забарвлення паличкам надає червоний пігмент – гемоглобін (білок крові).

Австрійський біолог Франц Болл 1876 року виявив, що після того, як в око жаби потрапляє світло, її сітківка вицвітає, змінюючи забарвлення на жовте. Вченому вдалося довести, що



Внутрішня будова ока людини



Зміна молекули родопсину під впливом світла



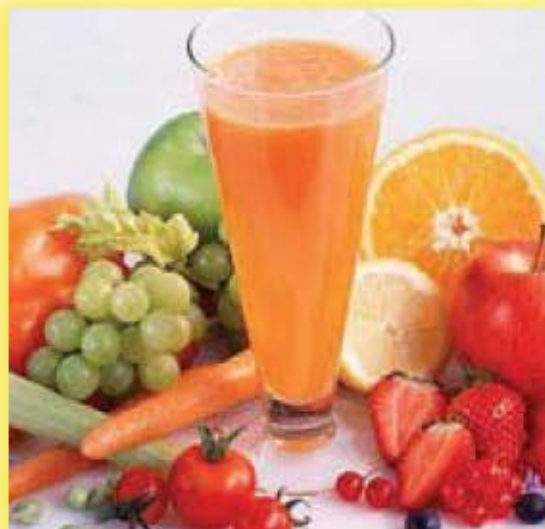
колір сітківки відновлюється, якщо тварина впродовж певного часу перебуває у темряві. Роботи Болла продовжив Вільгельм Кюхн. Він з'ясував, що за колір сітківки відповідає білок паличок і назвав цей пігмент зоровим пурпуром (родопсином). Роботи цього вченого лягли в основу розуміння молекулярних механізмів зору.

Американський біохімік Джордж Уолд і його колеги з Гарвардського



університету встановили, що родопсин складається з двох компонентів – безколірного білка опсину і ретиналю – хромофора, що поглинає світло. В 1933 році Уолд виділив із препарату сітківки речовину, і назвав її вітаміном А. Згодом з'ясувалося, що ретиналь справді відповідає окисленому вітаміну А.

Уолд і колеги продемонстрували, що ретиналь, доданий у



темряві до вицвілого родопсину, відновлює пігмент. У 1967 році Уолд отримав Нобелівську премію з фізіології людини і медицини «за дослідження в галузі фізіології та біохімії зору», а також за відкриття біохімічної ролі вітаміну А.

Тепер вам зрозуміло, що нестача вітаміну А в організмі людини зумовлює порушення сутінкового зору або курячу сліпоту (нікталопію).





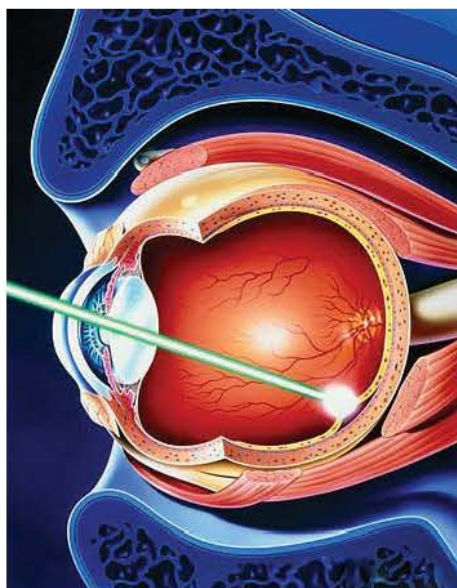
Таке захворювання призводить до втрати людиною здатності бачити в умовах поганої освітленості.

Подальші дослідження родопсину можуть стати у нагоді для лікування вад зору і запобігання його біохімічних порушень.

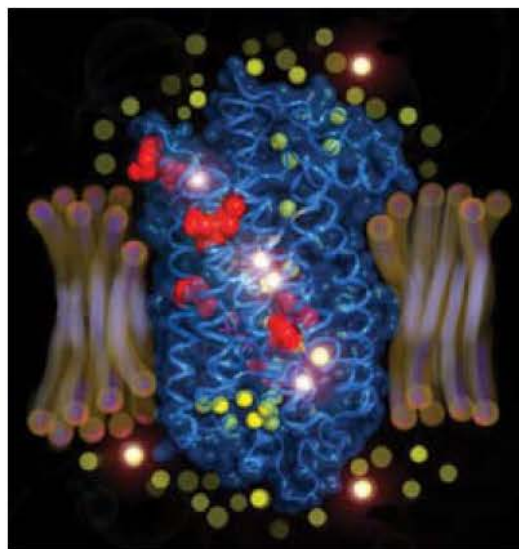
Механізм гії родопсину

Уявіть, що двоє людей знаходяться на певній відстані. Незважаючи на те, що вони добре знайомі, люди здалеку не впізнають один одного. Й ось настає момент, коли їхні погляди зустрічаються, і вони вітаються. Цей короткий момент спілкування насправді має довгу передісторію складних біохімічних реакцій у клітинах сітківки.

Око знаходиться під постійним потоком світлових частинок – фотонів. Ланцюг хімічних реакцій, що відбуваються у сітківці, можна порівняти з доміно-шоу, описані в Книзі світових рекордів Гіннеса. Тисячі костей або камінців доміно розташовують так, щоб легкий дотик до першої з них призвів у дію всю систему.



Промінь світла потрапляє на сітківку

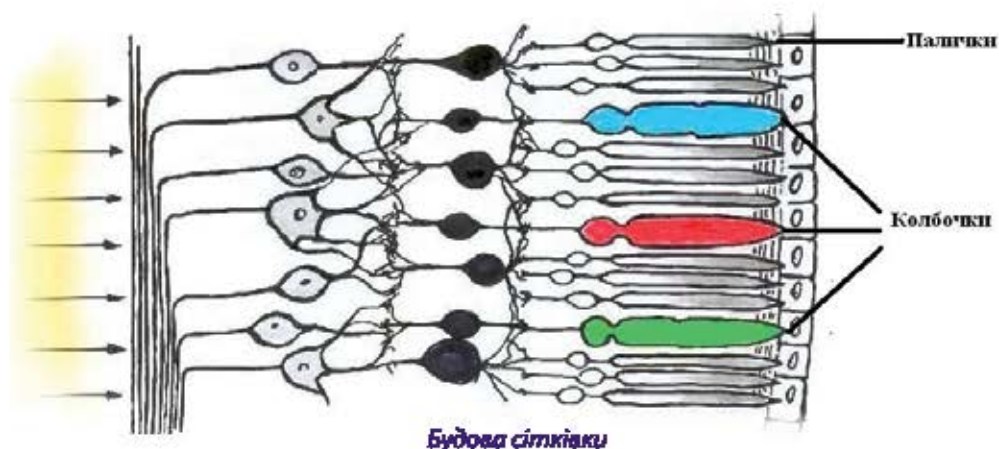


Модель білка родопсину

Першим камінцем цього „зорового доміно“ є молекула ретиналю. Вона дуже чутлива до фотонів. Під впливом фотонів ця молекула змінює форму, внаслідок чого змінюється і форма білка родопсину*.

Унаслідок цих змін родопсин набуває здатності взаємодіяти з сусіднім білком, а той – із наступним. Ланцюг реакцій запускає поглинута ретиналем світлова частинка – квант світла. Цей процес називається біохімічним каскадом зору. В ньому беруть участь мільйони білків клітини.

*Див. „КОЛОСОК“, № 3/2006.



Джордж Уолд пояснив, що єдиною фотохімічною реакцією в зоровому процесі (реакцією, що відбувається під впливом світла) є ізомеризація хромофорної групи родопсину – ретиналю. Ізомеризація – це зміна конфігурації (просторового розташування частин) молекули. Під впливом світла молекула вітаміну А може змінювати свою форму. Всі інші процеси, що відбуваються в оці, можуть протікати в темряві.

Унаслідок таких змін фотопігменту відбувається багато складних процесів: активуються або вивільняються певні речовини, закриваються канали мембрани та змінюється її заряд. Цикл реакцій відбувається дуже

швидко і посилює дію світлового сигналу. Ефект підсилення дає змогу пояснити надзвичайно високу чутливість паличкових фоторецепторів. Найважливішу роль у цих перетвореннях відіграє „ЗРкова“ білкова молекула, що міститься у паличках – родопсин.



Паличка і колбочка

Пігменти колбочок

У сітківці людини є три види колбочок. Ці рецептори забезпечують кольорове сприйняття навколишнього світу. В колбочках є зоровий пігмент йодопсин. Реакція колбочок на світлове подразнення така ж, як і паличок. Йодопсин має пігменти, що поглинають випромінювання синьої, червоної і зеленої області спектра.

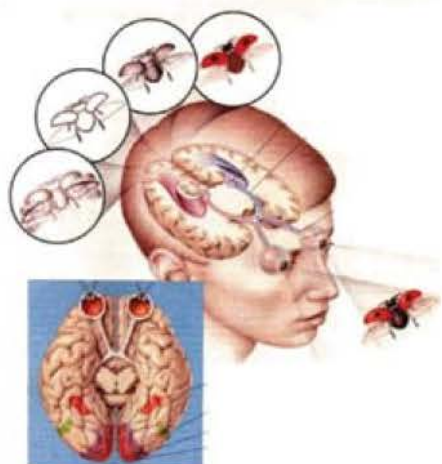




Око дивиться, а мозок бачить

Процес бачення – справжнє диво. Знання про зір – це сплетіння законів фізіології, фізики, хімії. Але процес зору був би неможливим без цих дивовижних „ЗРкових” молекул – родопсину і йодопсину.

Насправді біохімія зору набагато складніша, ніж описано в цій короткій статті. У процесі бачення задіяні й електричні явища. Електричний імпульс, що утворюється у нервових клітинах сітківки вздовж нервових закінчень передається в мозок. Саме він аналізує інформацію, яку сприймає око. Отож, усі предмети та явища ми бачимо мозком, а очі – це лише зорове вікно у світ. Око дивиться, а мозок бачить!



Мозок аналізує інформацію, яку сприймає око

