



## Zmysł wzroku – ujęcie w czterech aspektach

---

Alina Goźdź<sup>1</sup>

*Narząd wzroku jest najbardziej złożonym organem spośród narządów zmysłów. Dzięki niemu odbieramy około 80% bodźców ze środowiska. Oko dostosowane jest do widzenia w różnych warunkach – widzimy w ciągu dnia i o zmierzchu, a także w nocy. Rozróżniamy szereg barw o bogatej skali odcieni, wyraźnie widzimy przedmioty położone blisko, jak i dalekie. Mamy zdolność widzenia stereoskopowego (przestrzennego), potrafimy ocenić odległość. Dzięki dużej ruchliwości gałki ocznej możemy oglądać szybko poruszające się ciała i wielkie obrazy, nie mieszczące się w jednym polu widzenia.*

*Dla tych tylko aspektów, moim zdaniem, warto zapoznać dzieci z budową i funkcjonowaniem oka oraz zasadami higieny dotyczącymi tego narządu.*

*A przecież oko jest także zwierciadłem duszy...*

### **ASPEKT BIOLOGICZNY – BUDOWA OKA**

Narząd wzroku składa się z gałki ocznej z nerwem wzrokowym oraz aparatu ochronnego i ruchowego. Gałka oczna osadzona jest w oczodole wysłanym grubą warstwą tkanki tłuszczowej.

Aparat ochronny stanowią powieki z rzęsami oraz aparat łzowy zbudowany z gruczołów łzowych i dróg odprowadzających łzy. Powieki odruchowo zamykają się przy podrażnieniu powierzchni oka. Od wewnętrznej strony powieki pokryte są błoną spojówkową, która przechodzi na gałkę oczną tworząc worek spojówkowy. Łzy rozprowadzane po powierzchni gałki zabezpieczają ją przed wyschnięciem. Łuki brwiowe i brwi od góry oraz uwypuklająca się od dołu kość jarzmowa tworzą ochronę przed urazami.

Aparat ruchowy umożliwia ruch gałki ocznej za pomocą mięśni przyczepionych do jej ścian i ścian oczodołu.

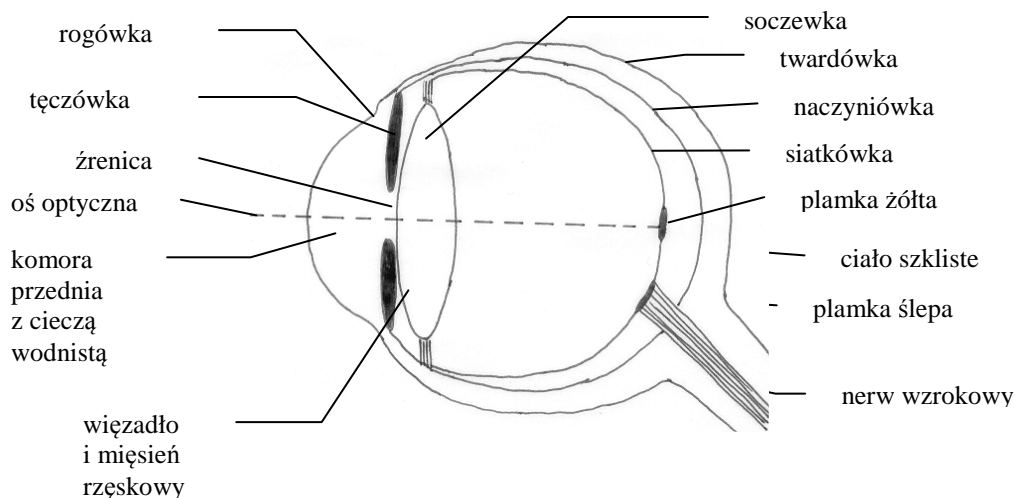
Gałka oczna jest prawie kulista, z wyjątkiem przedniej swojej części. Składa się z trzech błon. Ściana gałki zbudowana jest z mocnej tkanki włóknistej zwanej twardówką (białkówką), która utrzymuje jej kulisty kształt. Przednia część twardówki jest bardziej wypukła i pokryta przezrzystą rogówką. Twardówkę wyściela od wewnętrznej strony silnie ukrwiona naczyniówka. W okolicy rogówki błona ta tworzy tęczęwkę i ciało rzęskowe. Tęczęwka ma kształt krążka, w środku którego znajduje się otwór – źrenica, umożliwiająca przenikanie promieni świetlnych do wnętrza oka. W tęczęwce znajdują się mięśnie gładkie rozszerzające lub zwężające źrenicę. Proces ten zachodzi bez udziału naszej woli, pod wpływem nerwów układu autonomicznego. W komórkach tęczęwki gromadzi się barwnik – melanina. Zależnie od jej ilości i intensywności tęczęwka ma różne zabarwienie.

---

<sup>1</sup> Autorka jest nauczycielką w Szkole Podstawowej nr 12 w Gnieźnie.

Między tęczówką a rogówką znajduje się przestrzeń, wypełniona płynem, zwana komorą przednią oka. Za tęczówką występuje elastyczne, przezroczyste ciało o owalnym kształcie – soczewka, której zadaniem jest załamywanie promieni świetlnych przechodzących przez źrenicę. Przestrzeń między soczewką a tęczówką to tylna komora oka. Wnętrze gałki, za soczewką, wypełnia przezroczysta, galaretowata masa zwana ciałem szklanym. Odpowiada ono za kształt gałki. Błona wewnętrzna stanowi światłoczułą warstwę gałki i zwana jest siatkówką. Zawiera receptory wzrokowe przystosowane do odbierania bodźców świetlnych i zmiany ich na bodźce nerwowe. W skład siatkówki wchodzi komórki barwnikowe, komórki wzrokowe (czopki i pręciki) oraz komórki nerwowe. Czopki odbierają bodźce świetlne i mają właściwości wytwarzania podnieci odpowiadających barwie światła, natomiast pręciki reagują na światło o znacznie mniejszym natężeniu niż potrzebne do pobudzenia czopków. Widzenie zależne od pręcików jest w kolorze czarnym i białym i ich mieszaninie – szarym. Czopki i pręciki nie są ułożone równomiernie na powierzchni siatkówki. Największa liczba czopków występuje w okolicy plamki żółtej na osi optycznej oka, pręciki zaś zajmują obwodowe partie siatkówki.

Na siatkówce znajduje się także brodawka nerwu wzrokowego. Jest to miejsce niewrażliwe na światło i barwę (brak komórek wzrokowych) – plamka ślepa.



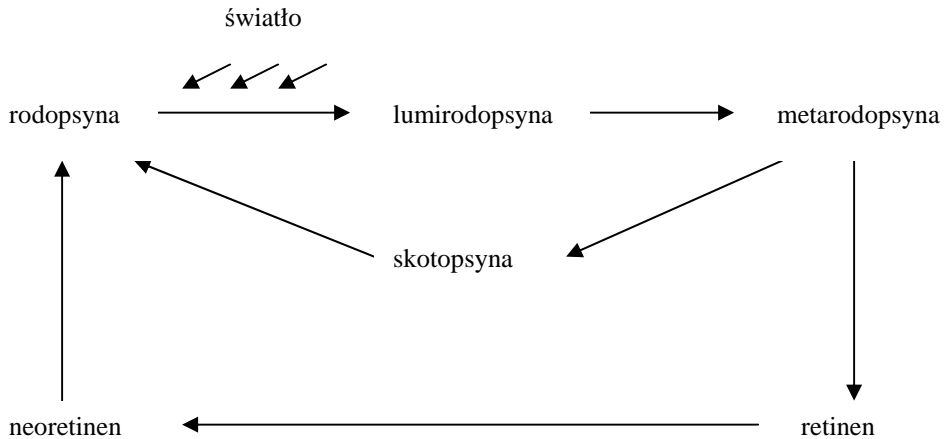
Rys. 1 Schemat budowy gałki ocznej

### ASPEKT CHEMICZNY – CHEMIZM WIDZENIA

Mechanizm przemiany bodźców świetlnych w siatkówce na podnieci nerwowe polega na zmianie struktury związków chemicznych zawartych w pręcikach i czopkach. Występują tam barwniki, które pochłaniając światło ulegają rozpadowi, zaś w ciemności zachodzi ich powrotna synteza.

Zawarta w pręcikach czerwień wzrokowa, czyli rodopsyna, składa się z białka zwanego opsyną (skotopsyną) oraz części barwnikowej – retinenu, który jest pochodną witaminy A. Pod wpływem fal świetlnych zawarta w pręcikach rodopsyna

zamienia się w lumirodopsynę, a następnie na metarodopsynę, która z kolei rozpada się na retinen i skotopsynę. Po odłączeniu się retineny od białka, to ostatnie wyzwala impuls nerwowy. Następnie retinen łączy się ponownie z opsyną tworząc rodopsynę. Część retineny jest zredukowana do witaminy A<sub>1</sub>. Przy niedoborze witaminy A nie zachodzi odnowa czerwieni wzrokowej, co objawia się zmniejszoną zdolnością przystosowywania wzroku do widzenia o zmierzchu (kurza ślepotą).



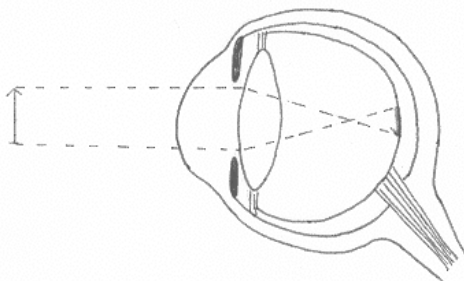
Pręciki odbierają różnice w natężeniu promieni świetlnych padających na różne miejsca siatkówki. Obraz odbierany za pomocą pręcików nie jest ostry, ponieważ jeden akson neuronu wzrokowego przewodzi impulsy wywołane pobudzeniem od 10 do 100 pręcików. Mechanizm widzenia barw jest tłumaczony różnymi teoriami, z których najbardziej prawdopodobna jest teoria Younga przyjmująca, że w siatkówce występują trzy typy czopków wrażliwych na trzy podstawowe barwy: czerwień, zieleń i fiolet. Poszczególne typy czopków zawierają odpowiednie związki fotochemiczne (podobne do rodopsyny, z tą jednak różnicą, że zamiast skotopsyny, występują trzy inne białka), które podrażnione bodźcami odpowiedniej barwy światła ulegają rozkładowi i wyzwalają odpowiednie podniety. Przy jednoczesnym podrażnieniu wszystkich trzech typów czopków odczuwa się wrażenie barwy białej. Gdy pobudzone są wyłącznie poszczególne receptory czerwieni, zieleni lub fioleto widzi się odpowiednio barwy: czerwoną, zieloną lub niebieską. Jednoczesne pobudzenie dwóch rodzajów czopków przez falę świetlną o długości pośredniej dla tych czopków pozwala odbierać barwy pośrednie. Przy braku podrażnienia czopków występuje wrażenie barwy czarnej.

Oko ludzkie odróżnia ponad 160 odcieni barw w zakresie fal o długości 390-760 mikrometrów, natomiast niewidoczne są dla niego promienie nadfioletowe i podczerwone.

### ASPEKT FIZYCZNY – OPTYKA OKA

Układ optyczny gałki ocznej jest utworzony z rogówki, cieczy wodnistej komory przedniej, soczewki i ciała szklistego, które mają różne współczynniki załamania światła. Pewna część promieni zostaje odbita od powierzchni rogówki i soczewki.

Pozostałe promienie trafiają do ośrodków o różnych właściwościach optycznych, załamując się przy każdym takim przejściu. Najważniejsze jednak jest załamanie się światła w soczewce dwuwypukłej, co powoduje skupienie wiązki na siatkówce, szczególnie na plamce żółtej. Powstały obraz jest pomniejszony i odwrócony, ale na zasadzie osobniczego doświadczenia interpretowany jest zgodnie z rzeczywistą pozycją.



Rys. 2 Schemat powstawania obrazu na siatkówce

Jeśli gałka oczna jest za krótka lub za długa obraz będzie nieostry, bo nie będzie leżał na siatkówce, lecz za nią lub przed nią. Dopiero ustawienie przed okiem odpowiedniej soczewki spowoduje powstanie ostrego obrazu na siatkówce. Przy krótkowzroczności należy użyć soczewki dwuwklęsłej (pomniejszającej), przy nadwzroczności – dwuwypukłej. Nieostrość obrazu może zależeć również od niewydolności akomodacyjnej oka.



Rys. 3 Korekta dalekowzroczności – soczewka dwuwypukła (powiększająca)



Rys. 4 Korekta krótkowzroczności – soczewka dwuwklęsła (pomniejszająca)

Ostrość wzroku czyli siła rozdzielcza oka jest oceniana na podstawie obrazu padającego na plamkę żółtą. Odróżnienie dwóch świecących punktów leżących blisko siebie zachodzi tylko wtedy, gdy dwa pobudzone czopki są przedzielone czopkiem niepobudzonym. Oko odbiera dwa punkty świecące z odległości 10m jako

niezależne, gdy są oddzielone o 1 mm. Tę zdolność rozdzielczą wyznaczają dwa parametry: kąt rozbieżności, tworzony przez osie optyczne sąsiadujących receptorów (u człowieka kąt ten w plamce żółtej równa się  $20^{\circ}$ ) określający granicę rozdzielania i kąt wejścia warunkujący dobre przekazanie kontrastu, który ustalić można mierząc udział światła wpadającego z ruchomego źródła z różnych kierunków do komórki wzrokowej.

Pole widzenia to obraz otaczającej przestrzeni, padający na siatkówkę oka i wywołujący wrażenia wzrokowe. Pole widzenia dla promieni o różnej długości fal (barwy białej) jest największe. Dla promieni monochromatycznych pole widzenia jest najmniejsze co jest spowodowane nierównomiernym rozmieszczeniem fotoreceptorów wrażliwych na poszczególne barwy w obrębie siatkówki. Pole widzenia dla prawego i lewego oka w środkowej, większej części, pokrywają się ze sobą. Widzenie stereoskopowe pozwala na ocenę odległości i wielkości (trójwymiarowości) oglądanych przedmiotów.

### **ASPEKT GEOGRAFICZNY – ZRÓŻNICOWANIE LUDZKICH OCZU**

Niektóre cechy budowy oczu wykazują wyraźne zróżnicowanie związane z kształtowaniem się odmian ludzkich w odmiennych warunkach geograficznych. Należą do nich głównie barwa oczu (zabarwienie tęczówki) oraz oprawa oczu czyli ukształtowanie części miękkich otaczających szparę oczną. Ustawienie szpary ocznej może być poziome, nieco skośne ku górze lub ku dołowi, przy czym szpara ta może być wąska lub rozwarta. Kształt wykroju może być wrzecionowaty lub migdałowaty. Uderzająca jest zmienność ukształtowania górnej powieki, której część oczodołowa może tworzyć charakterystyczny nawisający fałd skórny (fałda mongolska) zakrywający wewnętrzny lub zewnętrzny kąt oka, a niekiedy i znaczną część gałki ocznej, aż do linii rzęs.

### **WSKAZÓWKI METODYCZNE**

Budowa oka jako narządu zmysłu wzroku w ujęciu biologicznym nie powinna nasręczać większych problemów. Warto tutaj zastosować przestrzenny model budowy oka i przez ćwiczenie praktyczne poznawać jego budowę. Ułatwia to dzieciom zrozumienie roli poszczególnych elementów w odbieraniu wrażeń wzrokowych. Innym sposobem jest wspólne omawianie budowy oka z wykorzystaniem planszy.

Dużo trudniej zaaranżować proste doświadczenia przedstawiające chemizm widzenia i rozpad rodopsyny. Dlatego proponuję podejście do tego tematu nieco „okrężną” drogą. Można pobawić się z dziećmi w grę „Czy ja dobrze widzę” – test Shinobu-Ishihary (test na daltonizm) z wyjaśnieniem nauczyciela, jak widzimy barwy. Warto również zaznaczyć wpływ witaminy A na wzrok. Ciekawym doświadczeniem może być zabawa w zapalanie latarki z kolorowymi filtrami (czerwonym, zielonym i niebieskim) i bez filtra (światło białe) w zaciemnionym pomieszczeniu z wyjaśnieniem, dlaczego tak widzimy barwy i co się wtedy dzieje w czopkach siatkówki.

W aspekcie fizycznym należy określić rolę soczewki dwuwypukłej. Można zaproponować dzieciom wyjście na boisko i przedstawić szukanie ogniska skupiającego teź soczewki na kartce papieru (dzień musi być słoneczny). Wypalona dziura w kartce jest efektem skupienia wiązki światła, podobnie jak to się dzieje w oku. Dzieci mające wady wzroku mogą posłużyć jako żywe modele. Wystarczy poprosić, aby przeczytały tekst bez okularów i w okularach, a następnie wyjaśnić, w jaki sposób

następuje korekta krótko- i dalekowzroczności. Warto również wykonać doświadczenia obrazujące widzenie stereoskopowe (np. patrzenie na wysunięty ku górze palec raz jednym raz drugim okiem, a potem obuocznie).

Aspekt geograficzny – tutaj proponuję analizę zdjęć przedstawiających twarze ludzi należących do różnych odmian i dyskusję na temat różnic ze szczególnym zwróceniem uwagi na kształt szpary ocznej i powiek oraz kolor tęczówki.

### **PODSUMOWANIE**

Materiał przedstawiony w tej pracy będzie, mam nadzieję, inspiracją do przeprowadzenia zajęć, w sposób integrujący różne dziedziny nauki. Serdecznie zachęcam do takich właśnie „wariacji” wokół różnych tematów i poszukiwania ciągle nowych dróg korelacji, tak aby dzieci postrzegały otaczającą rzeczywistość jako logiczną układankę różnych zjawisk.

### **BIBLIGRAFIA**

- Z. Ewy, *Zarys fizjologii zwierząt*. PWN, Warszawa 1976.  
C. Korczak, *Biologia i higiena człowieka*. WSiP, Warszawa 1991.  
A. Kuhn, *Zoologia ogólna*.  
W. Mizerski (red.), *Tablice biologiczne*. Adamantan, Warszawa 1994.  
W. Sylwanowicz i in., *Anatomia i fizjologia człowieka*. PZWL, Warszawa 1990.  
W. Traczyk, *Fizjologia człowieka w zarysie*. PZWL, Warszawa 1978.  
C.A. Villee, *Biologia*. PWRiL, Warszawa 1978.  
*Wielka Encyklopedia Powszechna PWN*.