



Oko - diagnostyka

mgr inż. Łukasz Kosikowski



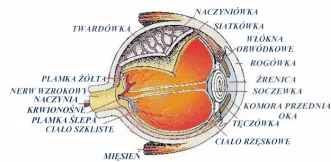
Spis treści

- Własności widzenia
 - Obraz optyczny i siatkówkowy
 - Krążki rozproszenia
 - Akomodacja
 - Głębina ostrości i głębina pola
 - Ostrość wzroku
- Wady wzroku
- Badanie wzroku
- Badanie widzenia stereoskopowego

Własności widzenia

Refrakcja

- Gałkę oczną można porównać do aparatu fotograficznego, gdzie obiektywem jest układ łamiący (optyczny) oka, a błoną, na której powstają obrazy, jest siatkówka.
- Zdolność i siła (określana w dioptriach) załamывania promieni świetlnych przez układ optyczny oka nazywa się łamliwością lub refrakcją.



Refrakcja

- Wiązka promieni wpadająca do oka i dążąca do siatkówki musi przejść przez cały układ optyczny oka (rogówka, komora przednia, soczewka i ciało szkliste) i na poszczególnych jego elementach ulega załamaniu.
- W układzie tym rogówka najsilniej załamuje światło i na nią przypada $\frac{2}{3}$ mocy optycznej. Drugim ważnym elementem jest soczewka, która w spoczynku ma $\frac{1}{3}$ mocy optycznej. Pozostałe ośrodki optyczne oka nie mają tak istotnego znaczenia w refrakcji oka.



Miarowość (emetropia)

- Prawidłowe załamwanie światła w oku nazywa się miarowością.
- Promienie równoległe wpadają do oka i po załamaniu przez układ optyczny ogniskują się na siatkówce.
- Tylko w takim przypadku obraz będzie ostro i wyraźnie widziany przez człowieka.



Obrazowanie przedmiotów

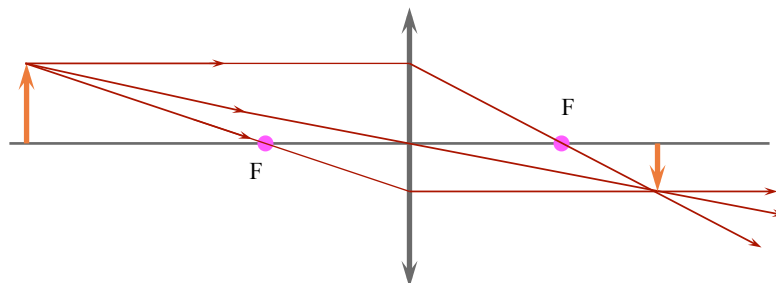


- W oku rozróżniamy dwa typy obrazów:
 - Obraz optyczny
 - Jest zazwyczaj ostro zogniskowany i może ale nie musi pokrywać się z siatkówką.
 - Obraz siatkówkowy
 - Jest to obraz powstający na siatkówce.
 - Może być albo wyraźny, albo nieostry.
- Jeśli obraz optyczny jest ostro zogniskowany na siatkówce, to obraz optyczny i siatkówkowy stanowią jedno.
- Jeśli obraz optyczny przedmiotu punktowego nie jest ostro zogniskowany na siatkówce, to obraz siatkówkowy tego punktu będzie *krążkiem rozproszenia*.

Obraz optyczny - cechy

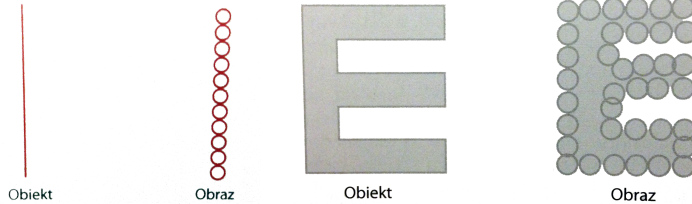


- rzeczywisty
- pomniejszony
- odwrócony



Krążki rozproszenia

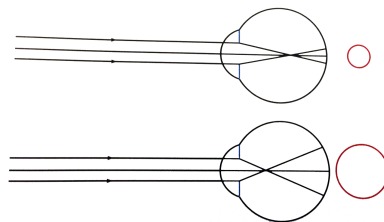
- Krążek rozproszenia dotyczy tylko i wyłącznie przedmiotu punktowego.
- Dla przedmiotu liniowego uważa się, że każdy punkt na linii tworzy krążek rozproszenia.
- Dla przedmiotu dwuwymiarowego każdy jego punkt tworzy krążek rozproszenia



Krążki rozproszenia

– stała szerokość źrenicy

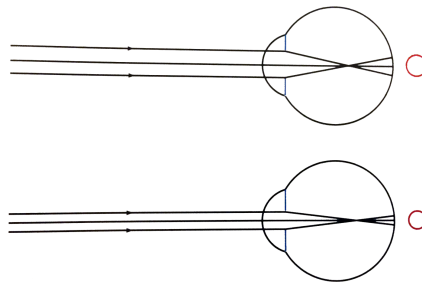
- W przypadku źrenicy o określonych wymiarach, rozmiar krążka rozproszenia zmienia się w zależności od odległości obrazu optycznego od siatkówki:
 - Obraz optyczny bliżej siatkówki, to mniejszy krążek rozproszenia.
 - Obraz optyczny dalej od siatkówki, to większy krążek rozproszenia.



Krążki rozproszenia

– zmienna szerokość źrenicy

- W przypadku gdy zmienia się rozmiar źrenicy, a odległość obrazu optycznego od siatkówki pozostaje bez zmian:
 - Mniejsza szerokość źrenicy, to mniejszy krążek rozproszenia.
 - Większa szerokość, to większy krążek rozproszenia.



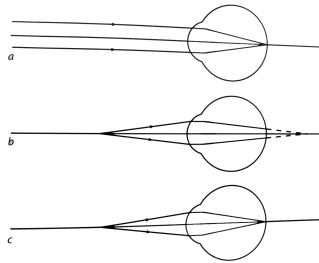
Akomodacja

- Definiuje się jako proces, za pomocą którego soczewka różnicuje długość swojej ogniskowej w odpowiedzi na zmiany w zbieżności padającego światła.
- Istnienie akomodacji zademonstrował w 1619r. Christopher Scheiner, korzystając z karty z dwoma otworami stenopeicznymi (obecnie znanej jako dysk Sheinera)
 - Gdy badany patrzy przez dysk Sheinera na odległy przedmiot, będzie widział ten przedmiot wyraźnie i pojedynczo, jeśli mały przedmiot zostanie ustawiony na linii wzroku blisko oka, to będzie on widziany nieostro i podwójnie.
 - Jeśli badany skoncentruje się na małym przedmiocie, staje się on wyraźny i pojedynczy, a odległy przedmiot niewyraźny i podwójny.



Akomodacja

- a. Odległy przedmiot przy rozluźnionej akomodacji.
- b. Bliski przedmiot przy rozluźnionej akomodacji.
- c. Bliski przedmiot przy włączonej akomodacji.

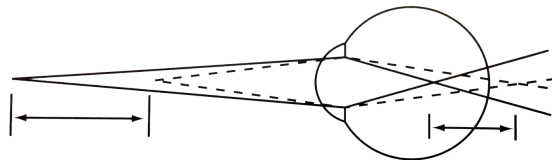


Punkt daleki i bliski akomodacji

- Punkt daleki - najdalszy punkt, dla którego oko może utworzyć ostry obraz na siatkówce na skutek akomodacji.
- Punktu bliski – najbliższy punkt dla którego oko może utworzyć ostry obraz na siatkówce na skutek akomodacji.

Głębia ostrości i głębia pola oka

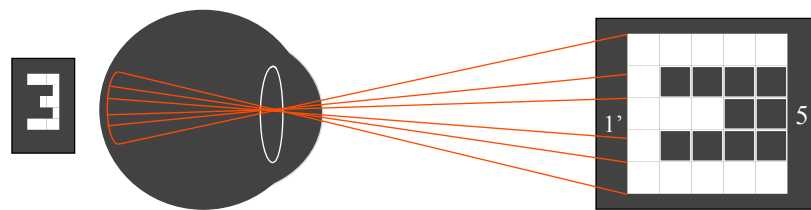
- Zakres, w którym obraz może być usytuowany przed lub za siatkówką, a mimo to wydawać się wyraźny, określa się *głębią ostrości oka*
- Zakres, w którym tablica do badania ostrości wzroku może być przesuwana w kierunku do lub od pacjenta (rozpoczynając od punktu, w którym obraz optyczny jest ostro zogniskowany na siatkówce), określa się jako *głębię pola oka*.



Ostrość wzroku

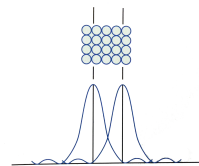
- To zdolność rozdzielcza oka lub zdolność do postrzegania dwóch punktów jako oddzielne.
- Często określana jest jako minimum rozdzielczości (w przeciwieństwie do minimum widzialnego). Ostrość wzroku to zdolność do postrzegania przerwy między dwoma obiektami.
- Dawni astronomowie odkryli, że możliwe jest analizowanie dwóch gwiazd jako oddzielnych, jeśli dystans pomiędzy nimi wyznaczał kąt wielkości przynajmniej 1 minuty, gdy kąt między gwiazdami wynosił mniej niż 1 minutę, większość z obserwatorów widziały je raczej jako 1 niż dwa obiekty.
- Prawidłowa rozdzielczość oka została wówczas określona jako zdolność do wykrycia przerwy o szerokości 1 minuty kątowej.

Rozdzielczość wzroku



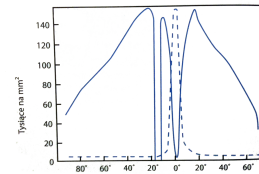
Obraz dyfrakcyjny - dwa punkty rozsunięte o $1'$

- Obraz dyfrakcyjny utworzony na siatkówce przez dwa przedmioty punktowe rozsunięte o odległość kątową równą $1'$.
- W przypadku światła o długości fali wynoszącej 555nm oraz dla źrenicy 3mm promień r pierwszego ciemnego pierścienia wynosi $47''$, czyli niecałą $1'$.
 - Jest to zgodne z teorią wyprowadzoną na podstawie obserwacji dwóch ciał niebieskich oddzielonych od siebie o $1'$.

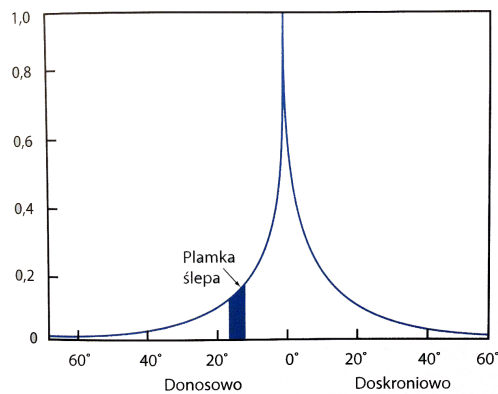


Rozmieszczenie czopków i pręcików siatkówki

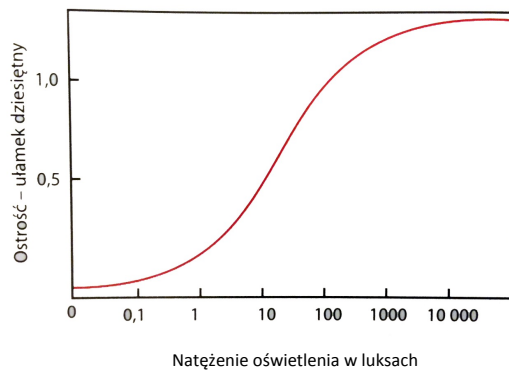
- Pręciki znajdują się głównie na obwodzie siatkówki, a w miarę zbliżania się do plamki wzrasta liczba czopków.
- W obrębie dołka środkowego znajdują się tylko same czopki. Czynnością czopków jest widzenie kształtu i barw przedmiotów w jasnym oświetleniu.
- Czynnością pręcików jest przystosowanie oka do słabego oświetlenia i rozróżnianie zarysów przedmiotów.



Ostrość wzroku jako funkcja położenia na siatkówce



Ostrość wzroku jako funkcja oświetlenia



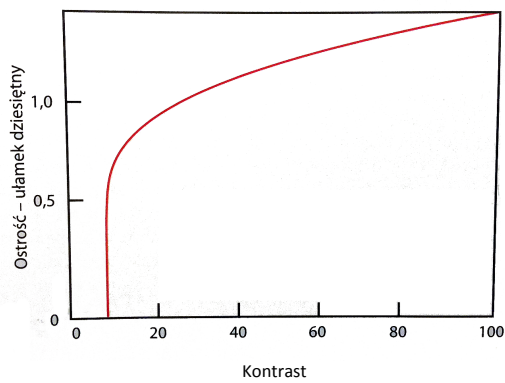
Luks (lx) – jednostka natężenia oświetlenia E w układzie SI

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} / \text{m}^2$$

Ostrość wzroku jako funkcja oświetlenia

- Wg normy PN-EN 12 464-1: 2004 zalecane natężenie oświetlenia:
 - rozpoznanie rysów twarzy – 20 lx
 - wykonywanie prostych czynności – 50 lx
 - kuźnia (kucie swobodne) – 200 lx
 - obsługa komputera, prace biurowe – 500 lx

Ostrość wzroku jako funkcja kontrastu



Wady wzroku

Wada refrakcji

- Jest to wada wzroku nie pozwalająca promieniom świetlnym na skupianie się w pojedynczym ognisku na siatkówce.
- Do tego typu wad wzroku zalicza się:
 - krótkowzroczność,
 - dalekowzroczność,
 - Astygmatyzmem.
- Wady refrakcji ocenia się wykonując m.in. skiaskopię lub autorefraktometrię (komputerową).

Krótkowzroczność

- To stan w którym po rozluźnieniu akomodacji równoległe promienia światła ogniskują przed siatkówką.
- Przy założeniu, że istnieje prawidłowa długość osiowa oka i prawidłowa długość ogniskowa systemu optycznego oka, krótkowzroczność może przebrać dwie krańcowe formy:
 - Długość osiowa oka prawidłowa, a ogniskowa systemu optycznego oka krótsza niż prawidłowa.
 - Długości osiowa oka może być większa niż prawidłowa a ogniskowa systemu optycznego prawidłowa.

Krótkowzroczność - korekcja



- Można korygować za pomocą soczewek ujemnych, czyli rozpraszających.
- Podczas badania dobiera się najłabszą soczewkę ujemną, która pozwala na uzyskanie najlepszej ostrości widzenia do dali.
- Progresja krótkowzroczności:
 - Jeśli ktoś staje się krótkowzroczny, co zazwyczaj ma miejsca w dzieciństwie, wielkość jego krótkowzroczności zazwyczaj będzie się stopniowo zwiększać z upływem czasu, stabilizując się z końcem wieku nastoletniego lub niebawem po 20 r. ż.
 - Kiedy krótkowzroczność postępuje, przyjmuje się zazwyczaj, że jest to wynikiem wzrostu długości osiowej gałki ocznej.

Nadwzroczność



- Hipermetropia to stan, w którym przy rozluźnionej akomodacji równoległe promienie wpadające do oka ogniskują się za siatkówką.
- Przy założeniu, że istnieje prawidłowa długość osiowa gałki ocznej i prawidłowa ogniskowa systemu optycznego oka, nadwzroczność może przybrać dwie krańcowe formy:
 - Długość osiowa oka może być prawidłowa, a ogniskowa systemu optycznego dłuższa niż prawidłowa.
 - Długość osiowa oka może być krótsza niż prawidłowa, a ogniskowa systemu optycznego oka prawidłowa.

Nadwzroczność - korekcja



- Można korygować za pomocą soczewek dodatnich, czyli skupiających.
- Podczas badania ustala się moc najmocniejszej soczewki skupiającej, która zapewni najlepszą ostrość wzroku.

Astygmatyzm



- Oznacza stan refrakcji oka, w którym system optyczny nie jest zdolny do odwzorowania punktowego przedmiotu w postaci punktowego obrazu.
- Moc refrakcyjna systemu optycznego jest różna w poszczególnych jego przekrojach **południkowych**.
- Astygzmatyzm regularny (w większości przypadków), charakteryzuje się tym, że przekroje o największej i najmniejszej mocy tworzą ze sobą kąt prosty.
- Wielkość astygzmatyzmu jest równa różnicy w mocy refrakcyjnej pomiędzy dwoma przekrojami głównymi.

Astygmatyzm

- Za astygmatazizm o znacznej wielkości klinicznej odpowiada zwykle rogówka, chociaż soczewka również może być przyczyną niewielkiego astygmatazizmu.
- Większość rogówek jest bardziej stroma w przekroju pionowym niż poziomym, co powoduje, że załamanie światła jest większe w przekroju pionowym niż poziomym. Jest to tzw. astygmatazizm prosty (zgodny z regułą).
- W przeciwnym przypadku mamy do czynienia z tzw. astygmatazizmem odwrotnym (przeciwny regule).
- Przyjęta została zasada, że jeżeli położenie 2 przekrojów głównych odbiega od kąta 90 lub 180 stopni o więcej niż 30 stopni, to mamy do czynienia z astygmatazizmem skośnym.



Anizometropia

- W zdecydowanej większości przypadków sferyczna wada refrakcji (wartość krótkowzroczności lub nadwzroczności) jest jednakowa dla obu oczu.
- Jeżeli jednak występuje znacząca różnica w sferycznej wadzie refrakcji między oczami, zjawisko to określa się mianem anizometropii.
- O anizometropii mówi się wówczas, gdy różnica wady refrakcji w obu oczach wynosi co najmniej 1,00 D.



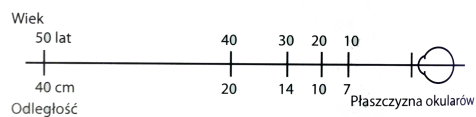
Antymetropia

- Oznacza sytuację w której jedno oko jest krótkowzroczne a drugie nadwzroczne.



Prezbiopia

- Inaczej starczowzroczność, pojawia się wtedy, kiedy punkt bliski akomodacji cofa się do miejsca, w którym akomodacja niezbędna do czytania lub innej pracy z bliska staje się trudna lub wręcz niemożliwa.
- Stosuje się wówczas soczewki dodatnie do pracy z bliska w postaci okularów do czytania lub okularów dwuogniskowych.
- Punkt bliski akomodacji odsuwa się wraz z wiekiem.



Amblyopia

- To stan, gdy występuje obniżona wzroku – nawet z najlepszymi soczewkami korygującymi – bez oczywistej przyczyny.
- Do niedowidzenia mogą prowadzić różne postacie zatruć, czy ekstremalne niedożywienia, ale termin amblyopia jest używany przez specjalistów tylko w przypadku gdy mają na myśli niedowidzenie czynnościowe.
- Mózg może nauczyć się ignorować obraz siatkówkowy z jednego z oczu prowadząc do jego tłumienia w przypadku gdy mamy do czynienia z:
 - Dużą różnicą w wadzie refrakcji między oczyma.
 - Ustawieniem się jednego oka w zezie (lewo, prawo, góra lub dół).

Amblyopia

- Długotrwałe tłumienie może ostatecznie skutkować obniżeniem ostrości wzroku w oku bardziej ametropijnym lub zezującym.

Zez (strabismus)

- Można wyróżnić dwa typy zez:
 - Jawny
 - Widoczne odchylenie jednej lub obu gałek ocznych od osi optycznej.
 - Ukryty
 - Pewna grupa mięśni jest silniejsza od swoich antagonistów i ujawnia się w momencie wyłączenia obuocznego widzenia.
- Przyczyną zezu mogą być zmiany w rozwoju ośrodków kojarzeniowych kory mózgowej.
- Zez może spowodować powstanie amblyopii („leniwego oka”).



Zez

- Ze względu na kierunek odchylenia oka, możemy wyróżnić zez:
 - zbieżny (*strabismus convergens esotropia*),
 - rozbieżny (*strabismus divergens exotropia*),
 - ku górze (*strabismus sursumvergens hypertropia*),
 - ku dołowi (*strabismus deorsum vergens hypotropia*),
 - skośny (*strabismus obliquus*).



Ślepotą barw



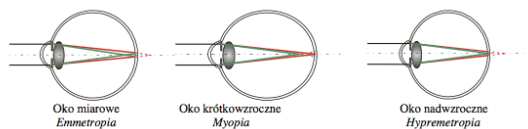
- Oko ludzkie przystosowane jest do widzenia barw światła o długości fali w zakresie od około 400nm (barwa fioletowa) do około 700nm (barwa czerwona).
- Jedną z wad wzroku jest daltonizm polegający na złym rozpoznawaniu barw. Nazwa wady pochodzi od nazwiska angielskiego fizyka i chemika J. Daltona, który jako pierwszy opisał ślepotę na barwy zieloną i czerwoną.
 - Może być to wada wrodzona lub nabyta.
 - Ostrość wzroku jest zwykle prawidłowa.
 - Całkowita ślepotą na barwy jest wynikiem niedorozwoju czopków siatkówki i łączy się ze znacznym obniżeniem ostrości wzroku i trudnością przystosowania się do światła.

Badanie wzroku



Tablica Snellena - i jej odmiany

Odległość w m	Ostrość wzroku			
50	0.1	E	D-50 V-0,1	50 0,10
25	0.2	F H	D-25 V-0,2	35 0,14
16.5	0.3	E N T	D-16,6 V-0,4	25 0,20
12.5	0.4	T N H L	D-12,5 V-0,5	20 0,25
10	0.5	L E F N H	D-10,0 V-0,5	15 0,33
8.3	0.6	Z L P O H F	D-8,3 V-0,6	10 0,50
7.1	0.7	H L A E Z T P T	D-6,25 V-0,8	7,5 0,66
6.2	0.8	N Z E P L P F N	D-5,0 V-1,0	5 1,00
5.5	0.9	F P Z H T L E Z		
5.0	1.0	P N P Z H T L E Z		



Tablice czerwono-zielony

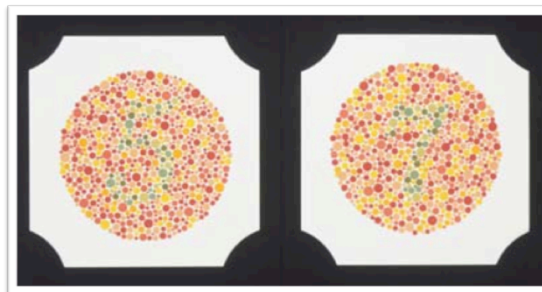
- Metoda testu czerwono-zielonego jest metodą różnicową subiektywną.
- Charakteryzuje się dużą dokładnością.
- Procedura:
 - Przystępujemy badaniem jedno (np. lewe) oko
 - Stawiamy pytanie: „Na jakim tle znak ma kolor bardziej czarny?” Nie należy pytać, który jest wyraźniejszy, ani jaki widać znak.
 - W przypadku odpowiedzi „Na czerwonym tle” dokładamy soczewkę ujemną; Gdy odpowiedź brzmi „Na zielonym tle” dokładamy soczewkę dodatnią.



Tablice Ishihary



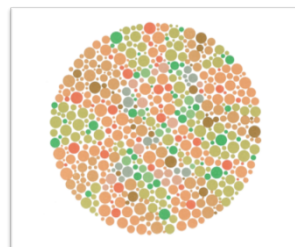
- Tablice pseudoizochromatyczne Ishihary.
- Tablice używane do sprawdzenia zdolności rozróżniania kolorów czerwonego i zielonego.
- Ich nazwa pochodzi od pomysłodawcy, japońskiego okulisty, Shinobu Ishihary.



Tablice Ishihary



- Pełny test Ishihary polega na pokazaniu pacjentowi 36 tablic;
- Wersje przesiewowe liczą 14 lub 24 tablice.
- Wersja dla dzieci i osób niepiśmiennych liczy 10 tablic.



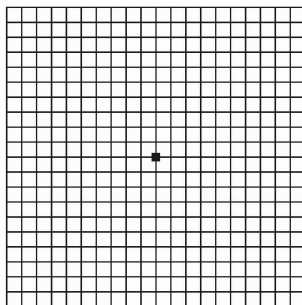
Test Amslera

- Zaprojektowany przez Marca Amslera.
- Składa się z 7 tablic przypominających siatkę, opracowanych w celu oceny centralnego pola widzenia.
- Badanie powinno zostać wykonane zawsze, gdy zachodzi podejrzenie zmian w plamce w związku z:
 - Niewyjaśnionym obniżeniem ostrości wzroku.
 - Zgłoszeniem zniekształconego widzenia w obszarze fiksacji lub blisko niego (metamorfopsja – deformacja kształtu obrazu).
 - Budzącym wątpliwości wyglądem plamki.

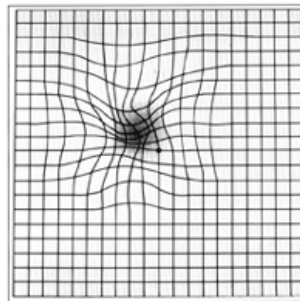


Test Amslera

- Pomimo że test składa się z 7 tablic, zazwyczaj 1 tablica stosowana w każdym przypadku jest wystarczająca.



Tablica 1



Przykład, jak widzi pacjent z zaburzeniami mrocznymi.



Test Wortha

- Testowanie widzenia obuocznego.
- Detekcja supresji (tłumienia).
- Możliwe odpowiedzi:
 - Widzi 4 symbole, jeśli działa fuzja.
 - Jeśli górny symbol nie jest równo pomiędzy zielonymi symbolami i nie jest dokładnie ponad dolnym symbolem, świadczy to o różnicach fiksacji.
 - Widzi 2 symbole, jeśli tłumione jest oko lewe.
 - Widzi 3 symbole, jeśli prawe oko jest tłumione.
 - W wyraźnej nierównowadze mięśniowej, jeśli zawodzi fuzja, a nie występuje tłumienie, widzi 5 symboli.



Rzutnik optotypów HCP-7000

- Zawiera zbiór różnych testów.
 - Schobera
 - Wortha
 - Snellena
 - Landolta
 - Lustro astygmatyczne
 - ...
- Sterowany pilotem.
- Kalibrowana odległość pomiaru.
- Podświetlenie diodą LED.



Badanie widzenia stereoskopowego

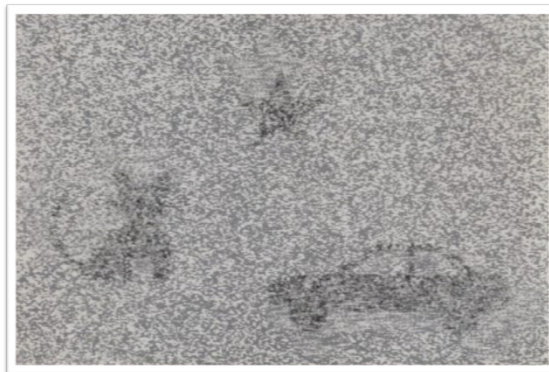
Stereo test Lang I

- Test został opracowany w celu ułatwienia badania widzenia przestrzennego u dzieci (w tym również u małych dzieci). Bazuje na:
 - stereopsji punktów przypadkowych,
 - druku mikrocylicylnym.
- Stereogramy utworzone przy pomocy druku mikrocylicylnego widoczne są jedynie podczas obserwacji obuocznej, przy zachowaniu prawidłowego widzenia obuocznego. Obszary z przesunięciem dysparacyjnym widziane są jako przesunięte w przestrzeni.
- Druk mikrocylicylny, został wynaleziony przez szwajcarskiego okulistę i fizjologa W.R. Hessa, który opatentował go w 1912 roku.



Stereo test Lang I

- Tablica testowa z zamarkowanymi obrazami testowymi



Test muchy z symbolami Lea

- Test został opracowany i zaprojektowany do szybkiej identyfikacji takich zaburzeń jak amblyopia oraz strabismus (zez) oraz oceny głębokości percepcji stereoskopowej u osób w każdym wieku.
- Głębokość percepcji to umiejętność dostrzegania zależności przestrzennych w szczególności odległości między obiektami i ich trójwymiarowości.

Test muchy z symbolami Lea

- Symbole Lea: 4 symbole (dom, koło, kwadrat i jabłko), wymyślone przez Lea Hyvarinena do oceny ogólnego rozwoju dziecka.



Mucha	Kąt stereopsji z odl. 40 cm
Prawe skrzydło	4800"
Lewe skrzydło	3500"
Tułów	3200"
Oczy	3000"

Test TNO

- Test TNO został opracowany do prowadzenia badań przesiewowych, przede wszystkim, dzieci w wieku przedszkolnym (od 2,5 do 5 lat) pod kątem defektów w widzeniu obuocznym. Test składa się z 7 tablic, które należy oglądać przez czerwono-zielone okulary. Na tablicach znajdują się figury widoczne jedynie w czerwono - zielonych okularach przy poprawnej percepcji obrazu stereoskopowego przez osobę badaną.
- Tablice I-III pozwalają na szybką ocenę, czy występuje widzenie stereoskopowe, następnie można wykorzystać tablice V-VII do ilościowej oceny wrażliwości przestrzennej.



Test TNO

- W przypadku tablic przesiewowych (I-III), każda z nich zwiera przynajmniej jedną figurę widzianą również jednoocznie. Tak, aby osoba badana całkowicie pozbawiona widzenia stereoskopowego miała poczucie uczestniczenia w teście (wykrywając chociaż część figur). Dzięki temu również osoba badająca uzyska istotną informację, że brak odpowiedzi nie wynika z niezrozumienia poleceń.



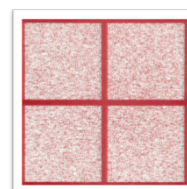
Test TNO

- Po wykryciu, przy użyciu tablic I-III, braku widzenia przestrzennego dodatkowych informacji do diagnozy dostarcza tablica IV.
- Test ten wykrywa zarówno obecność tłumienia jak i wskazuje na konkretne oko, w którym występuje tłumienie.
- Dane oko może zobaczyć tylko jedno duże koło gdyż każdy z filtrów zastosowany w czerwono-zielonych okularach transmituje jedynie jedno, czerwone lub zielone tło otaczające skrajne duże krążki.
- Tło drugiego koła jest absorbowane, przez co staje się niewidzialne dla danego oka.



Test TNO

- Tablice V-VII zawierają wyłącznie figury widziane obuocznie – okręgi z wyciętymi fragmentami ustawione w czterech możliwych pozycjach.
- Zalecane jest przestrzeganie rekomendowanej odległości 40 cm od oczu osoby badanej. W innym przypadku podane dysparacje siatkówkowe nie mają zastosowania – zmniejszają się wraz ze wzrastającą odległością.
- Wartość dysparacji siatkówkowej dla danego dystansu można obliczyć mnożąc oryginalną wartość przez $40/d$ (gdzie d oznacza zastosowaną odległość liczoną w cm)



Literatura

- [1] *Okulistyka pediatryczna i zez*, Basic and Clinical Science Course, Wydanie I polskie, red. Mirosław Gałek, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2004.
- [2] T. Grosvenor, *Optometria*, red. Wydania I polskiego T. Tokarzewski, M. Ożóg, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2011.
- [3] Instrukcja do testu Lang I.
- [4] Instrukcja do testu Muchy z symbolami Lea.
- [5] Instrukcja do testu TNO.



Dziękuję za uwagę.

