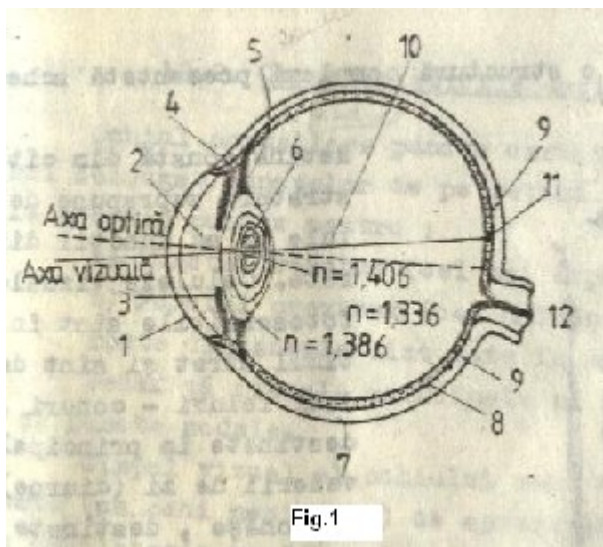


Ochiul

Organul de simț al văzului este ochiul. Ochiul este un “instrument” optic ce formează imagini reale. Înainte de a examina orice alt instrument optic Organul de simț al văzului este ochiul. Ochiul este un “instrument” optic ce formează imagini reale. Înainte de a examina orice alt instrument optic, trebuie să știm alcătuirea și modul de funcționare al ochiului.

- **Structura ochiului**

În fig.1 este prezentată o secțiune longitudinală a ochiului uman. Ochiul este alcătuit din două camere, anterioară și posterioară cristalinului 6.



Camera anterioară, delimitată de cornea transparentă 1 conține umoarea apoasă 2, un lichid transparent cu indice de refracție $n=1,336$. În cavitatea anterioară se află irisul, un mușchi ce are în centru o deschidere circulară – pupila ochiului. Cristalinul 6 este fixat într-o membrană circulară elastică formată din multe fibre, numită zonula lui Zinn 5. Aceasta se sprijină pe țesutul exterior globului ochiului (albul ochiului) 7 numit sclerotica. Zonula este acționată de mușchii ciliari 4.

Cristalinul este “lentila” ochiului și este un corp transparent, elastic ce are indice de refracție variabil, crescând de la 1,386 cât are spre margini, la 1,406 în centru.

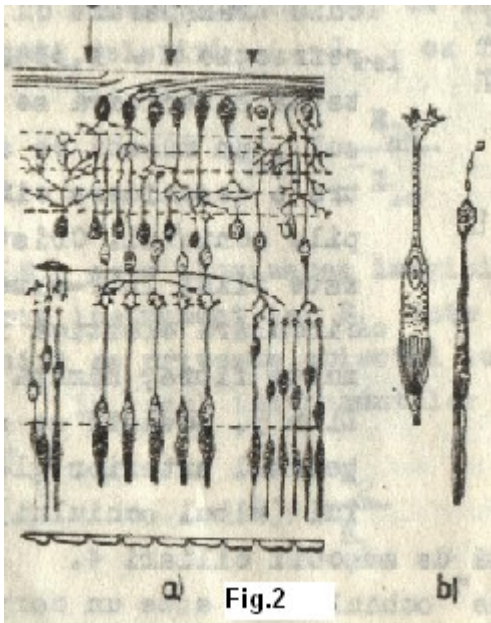
Camera posterioară are peretele format din trei straturi successive. În interiorul scleroticii 7 se află coroida 8, țesut de culoare neagră ce separă optic camera posterioară de mediul exterior. În interiorul scleroticii se află retina 9, țesutul sensibil la lumină al ochiului. Retina are o zonă 11, numită fovea sau pata galbenă unde densitatea celulelor senzitive este cea mai mare. Fibrele nervoase ale celulelor retinei se reunesc în nervul optic 12 care este inserat în globul ochiului într-un punct numit pata oarbă deoarece dacă imaginea unui obiect cade pe ea, nu este “văzută”, acolo lipsind retina.

Camera posterioară 10 conține umoarea sticloasă – un gel de indice de refracție $n=1,336$.

- **Funcționarea ochiului este următoarea:**

Când se percepe imaginea unui obiect, globul ochiului este rotit, cu ajutorul unor mușchi nefigurați în desen, până când imaginea cade pe fovea. Pupila se restrânge sau se dilată automat până când fluxul de lumină ce formează imaginea ajunge în anumite limite suportabile de retină. În același timp, printr-un alt act reflex, mușchii ciliari întind zonula lui Zinn care lasă cristalinul să se bombeze, datorită propriei elasticități, până când distanța sa focală are așa o valoare încât imaginea obiectului se formează clar pe retină.

Retina are ea însăși o structură complexă prezentată schematic în fig.2.



Retina constă din câteva straturi suprapuse de celule ce au funcții diferite. Celulele vizuale fotosensibile sânt în ultimul; strat și sânt de două feluri – conuri, destinate în principal vederii de zi (diurne) și bastonașe, destinate vederii crepusculare.

Lungimea medie a conurilor este de 0,035mm iar a bastonașelor 0,06 – 0,08mm. Diametrul mediu al unei celule conice este de circa 2,5 μ m. Distribuția acestor două tipuri de celule pe retină este diferită de la zonă la zonă. În porțiunile din apropierea cristalinului predomină bastonașele. Pe fovea, având o densitate de 180.000 celule pe mm² avem doar conuri. Pe pata oarbă nu avem nici conuri nici bastonașe. Numărul total de celule senzitive pe retină este de aproximativ 7 milioane.

La iluminări ale retinei de 0,01 lx, sau mai puțin, senzațiile luminoase sunt date exclusiv de bastonașe care însă nu sunt sensibile la diferite culori. La iluminări mai mari ca 1 lx senzația luminoasă este dată numai de conuri. Conurile dau senzația de culoare.

Probabil conurile sunt sensibile la 3 culori din spectru (roșu, verde, albastru) prin a căror recepție sesizăm diferențele de nuanțe de culoare ale obiectelor văzute. Nu există încă în lumea științifică un consens privitor la faptul dacă fiecare con simte diferențiat cele trei culori amintite sau dacă există conuri specializate pentru diferite culori.

Senzațiile luminoase sânt datorate acțiunii luminii asupra unor substanțe, idomina și rodopsina care suferă transformări fotochimice. Energia eliberată în reacția fotochimică excită nervul optic ce transmite electric informația la creier.

• Caracteristicile optice ale ochiului normal

Ochiul normal mediu are puncte cardinale a căror poziție depinde de planul conjugat punctelor de pe retină. În fig.3 sânt arătate pozițiile acestor puncte pentru:

- a) Punctul remotum (cel mai depărtat) – index inferior ∞
- b) Punctul proxim (cel mai apropiat) – 25 cm index inferior

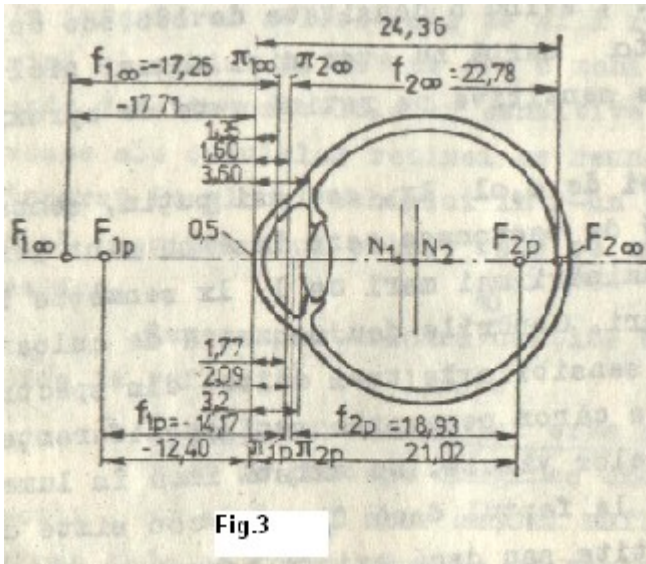
Toate distanțele sunt date în milimetri.

Se observă că planele principale nu sunt confundate și că ochiul are și puncte nodale.

Câmpul vizual al ochiului este de 150⁰. Câmpul vizual al foveei este (cu ochi nemișcat) de aproximativ 45⁰. Ochiul execută o mișcare oscilatorie rapidă prin care pe fovea ajung imaginile unor puncte aflate într-un interval unghiular de aproximativ 25-30⁰, care este câmpul de vedere clară cu ochiul mobil.

Puterea de separare a ochiului este definită ca distanța unghiulară dintre două puncte ce mai pot fi văzute distinct.

Dacă imaginea se formează pe fovea, unde diametrul mediu al unei celule (con) este de 2.5 μ m, pentru ca ochiul să perceapă distinct două puncte este necesar ca între imaginea primului punct ce cade pe o celulă și imaginea celui de-al doilea punct, ce cade pe o altă celulă, să se afle cel puțin o celulă neiluminată.



Prin urmare distanța minimă între cele două puncte imagine pe retină este de $5\mu\text{m}$, ceea ce corespunde unei diferențe unghiulare (vezi fig.3):

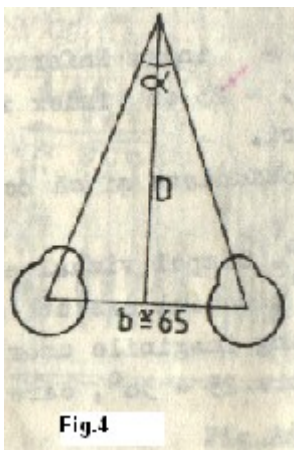
$$\varepsilon_0 = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-3}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad} = 1.1'$$

Acestei diferențe unghiulare minime îi corespunde o distanță y_0 pe obiectul luminos plasat la $\delta = 25\text{cm}$ de ochi unde

$$y_0 = \delta \cdot \varepsilon_0 = 75\mu\text{m}.$$

Ochii omului sînt simultan orientați în mod reflex astfel ca imaginea obiectului vizat să se formeze pe fovea fiecăruia din ei. În

acest fel, datorită imaginilor ușor diferite ale celor doi ochi avem senzație de relief sau de vedere stereoscopică.



Din figura 4 rezultă: $\alpha \cong \frac{b}{D}$

Unghiul α sesizabil de ochi este de $10''$ de arc, adică

$$\frac{10}{3600 \cdot 57.295} \text{ rad} \cong 4.8 \cdot 10^{-5} \text{ rad}.$$

Aceasta corespunde unei distanțe maxime la care se mai percepe senzația de relief de.

$$D_{\text{max}} = \frac{65 \cdot 10^{-3}}{4.8 \cdot 10^{-5}} = 1340\text{m}$$

Peste această distanță obiectele par a fi situate în același plan, senzația de relief fiind datorată jocurilor de umbre și experienței anterioare a privitorului.

• Defectele ochiului

Cu toate că cristalinul are o structură complexă și retina are suprafața curbă, ochiul prezintă practic toate aberațiile sistemelor optice cunoscute. Aberația de sfericitate a ochiului este redusă în părți a cristalinului dar nu este complet înlăturată. Aberația de stigmatism este prezentă, distorsia este în butoi iar câmpul are o oarecare curbură. Din cauza aberațiilor geometrice, imaginea unui punct obiect nu mai este pe retină un punct, ci o mică pată de difuzie. Acest fapt nu este însă supărător atîta vreme cît diametrul petei de difuzie nu depășește diametrul unei celule senzitive, ceea ce se întîmplă în cazul ochiului normal. La fel stau lucrurile cu aberația cromatică, care este prezentă, dar nu este supărătoare.

Dacă ochiul are însă una sau alta dintre aberații mai accentuată, defecțiunea devine supărătoare și se caută înlăturarea ei prin diverse procedee.

Astfel, dacă de la naștere sau în urma unor traumatisme globul ochiului sau suprafețele cristalinului pierd forma sferică, se manifestă puternic aberația de astigmatism. Cei cu ochiul astigmat nu pot vedea simultan clar seturi de linii reciproce

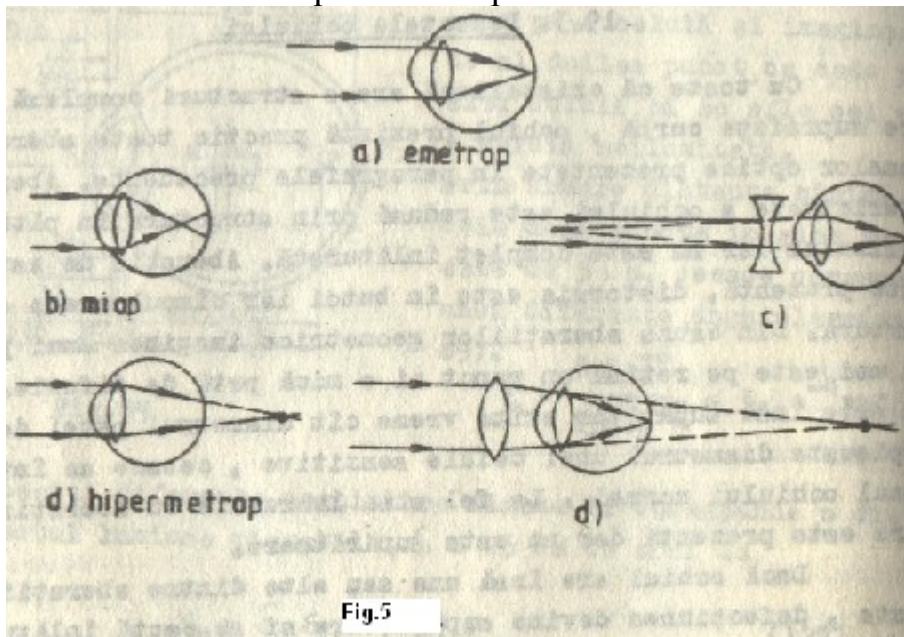
perpendiculare ale planului obiect. Astigmatismul ochiului se înlătură cu ajutorul unor ochelari cilindrici.

Dacă ochiul nu percepe una din culorile fundamentale, senzația de culoare este puternic alterată. Defecțiunea se numește daltonism și nu poate fi înlăturată.

Cele mai frecvente defecțiuni ale ochiului sunt cele determinate de acomodare ochiului. Ele se numesc defecte de refracție și sunt prezentate în figura 5. Presupunem că ochiul vizează un obiect situat la $-\infty$. Pentru un ochi emetrop (normal) imaginea obiectului se formează pe retină (fig. 5 a).

Dacă distanța focală a cristalinului este prea mică, imaginea obiectului se formează în fața retinei. Un asemenea ochi este numit miop (fig 9 b). Un ochi miop are distanța minimă de vedere clară mai mică decât a ochiului emetrop, iar punctul remotum este la câțiva metri în față și nu la $-\infty$.

Corectare miopiei se face prin asocierea ochiului cu o lentilă divergentă (fig. 5 c).



Dacă cristalinul formează imagine în spatele retinei spunem că ochiul este hipermetrop. Ochiul hipermetrop are punctul proximum mai departe decât a ochiului emetrop, iar punctul remotum este de regulă $-\infty$.

Hipermetropia este o defecțiune ce apare invariabil după vârsta de 50 de ani. Cei ce în tinerețe suferă de miopie, este posibil să nu mai

simtă această defecțiune odată cu îmbătrânirea ochiului, hipermetropia compensând uneori miopia.

Hipermetropia se înlătură prin asocierea ochiului cu o lentilă convergentă (fig 5 e).

În sfârșit, cind cristalinul pierde elasticitatea și nu se mai poate acomoda, ochiul suferă de presbitism. Un asemenea ochi percepe clar imaginile unor obiecte situate la o anumita distanță de el. Pentru ochiul presbit punctele remotum și proximum sînt confundate între ele. Corecția acestei defecțiuni se face cu două feluri de lentile, unele pentru vederea obiectelor apropiate, altele pentru vederea obiectelor îndepărtate.