

Kako deluje oko

Barbara Cvenkel

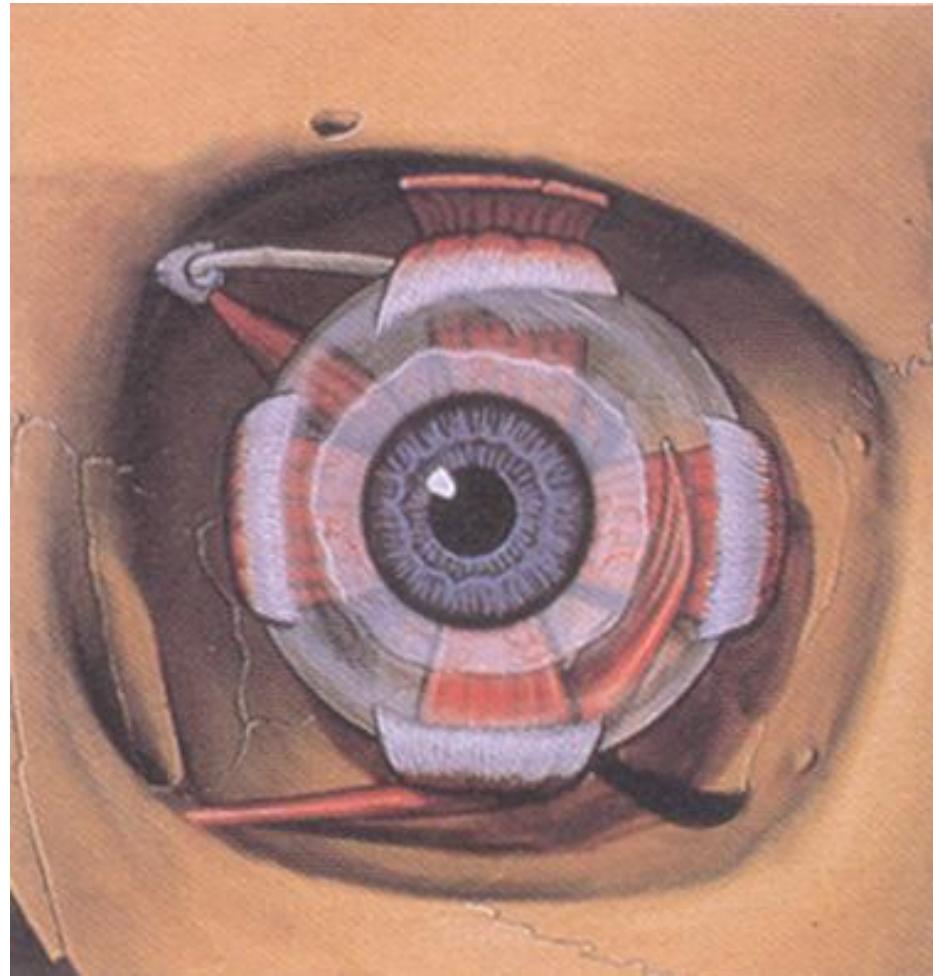
UL, Medicinska fakulteta

UKC, Očesna klinika

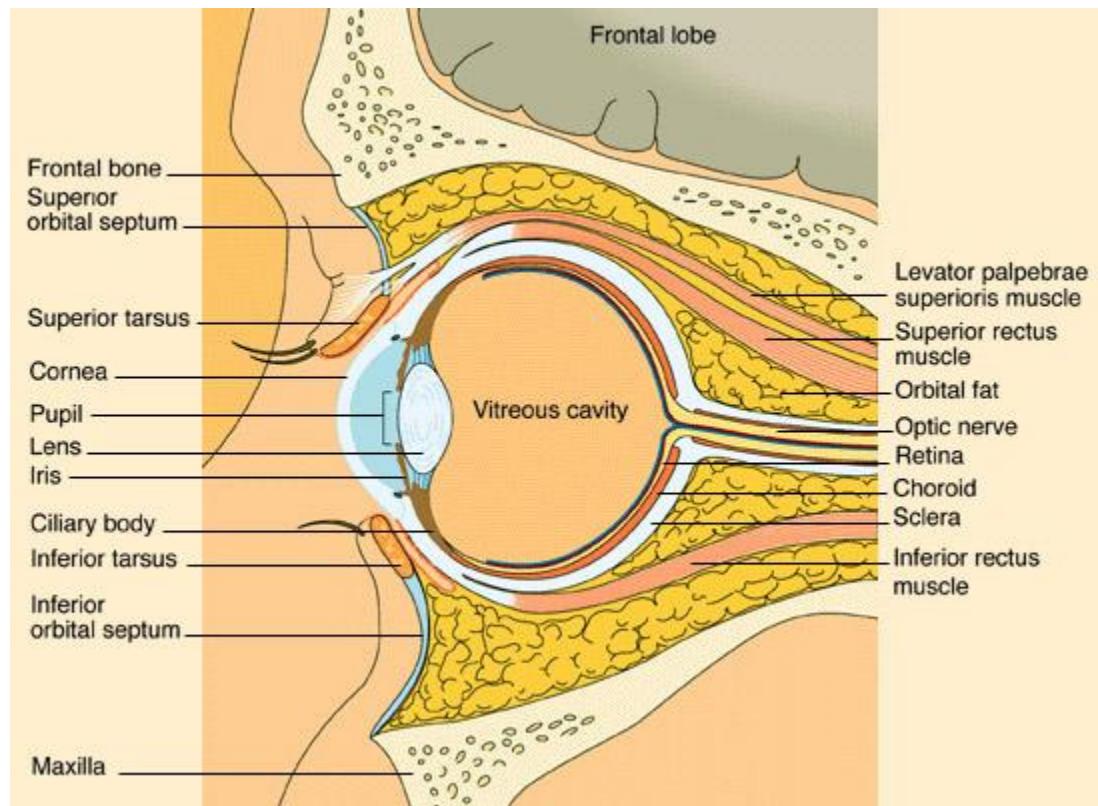
Oris predavanja

- Predstavitev delovanja očesa in napak v lomljenu svetlobe, ki jih popravimo z očali ali s kontaktnimi lečami.
- Prikaz preiskav in instrumentov, ki jih uporabljamo za odkrivanje in spremeljanje očesnih bolezni.

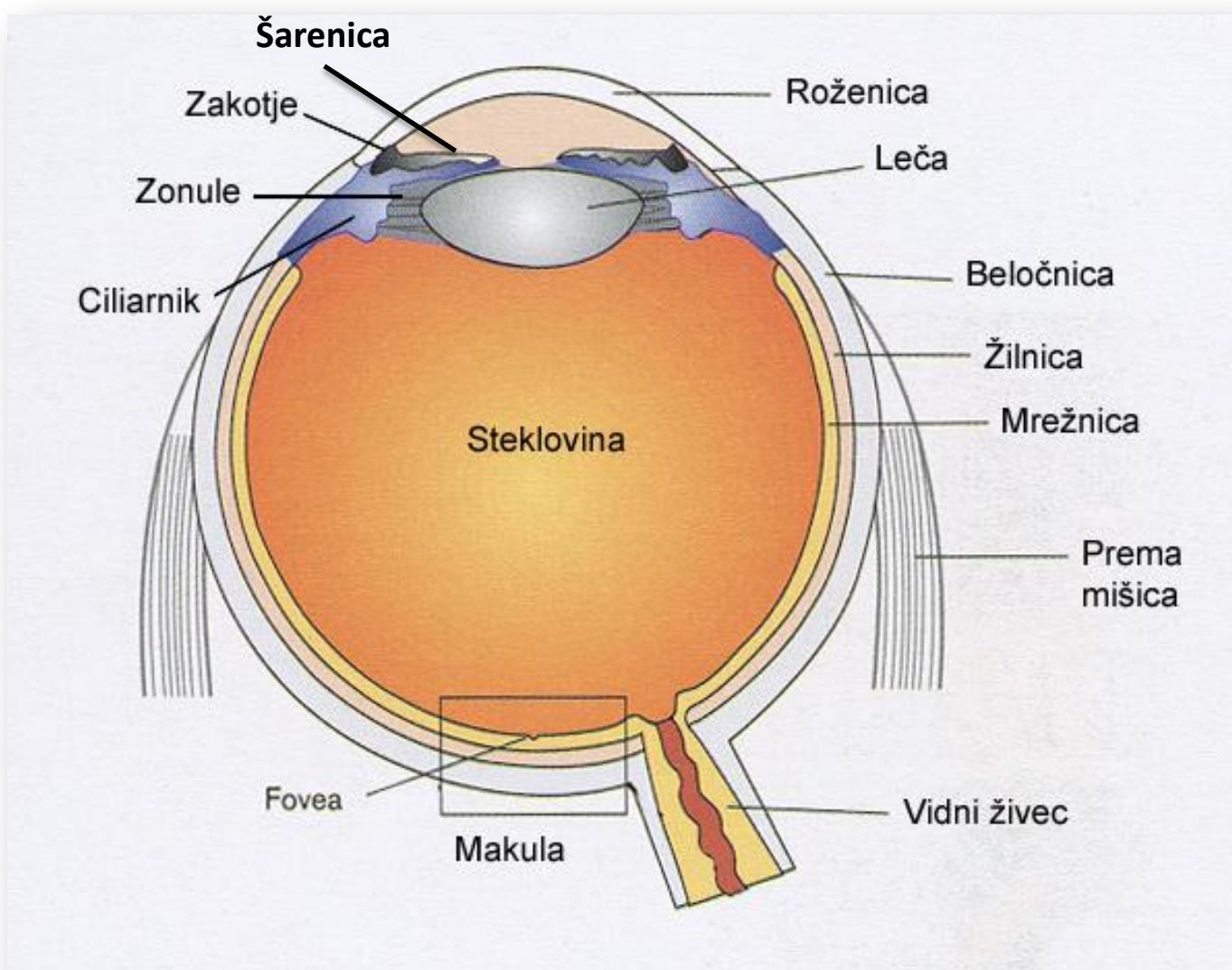
Lega očesa v očnici (orbiti)



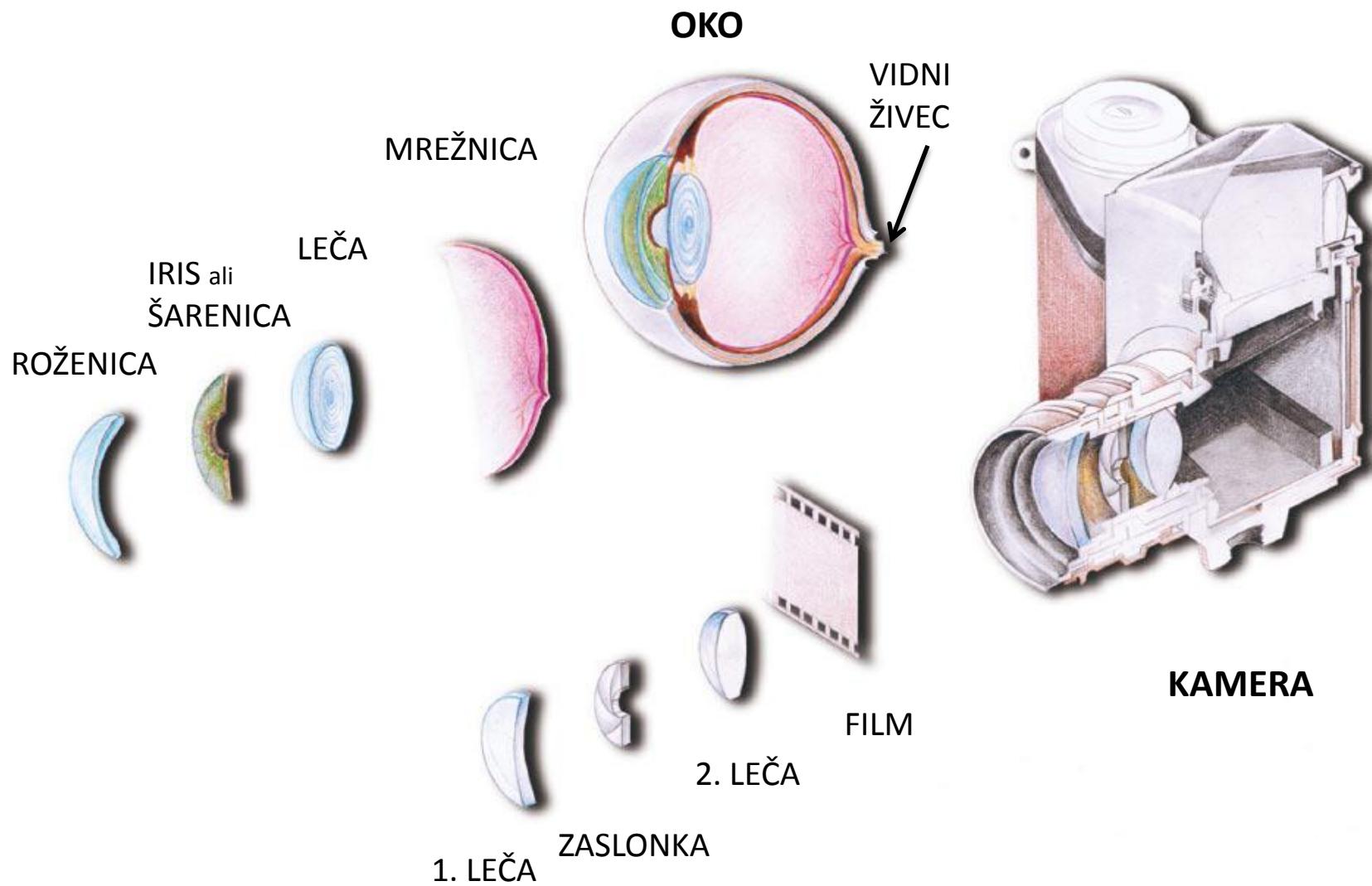
Lega očesa v očnici (orbiti)



Oko - anatomija



Delovanje očesa

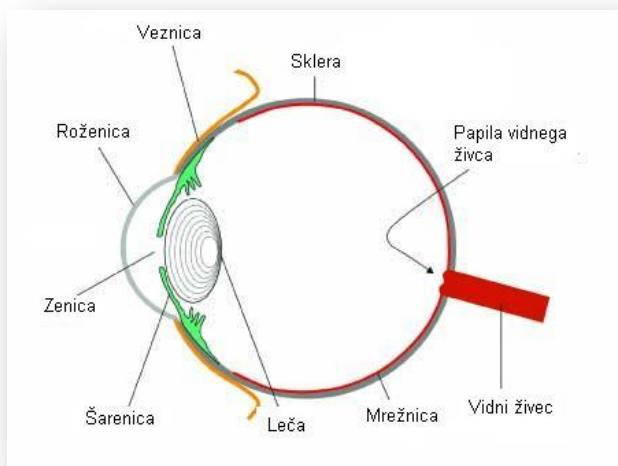


Lomne lastnosti določajo 4 dejavniki

- Lomnost roženice (povprečno 43 D)
- Globina sprednjega prekata (povprečno 3.4 mm)
- Lomnost leče (povprečno 21 D)
- Aksialna dolžina zrkla (očesa)(povprečno 24 mm)

Roženica (1. leča)

- Sferična sprednja površina roženice, $r = 8$ mm
- 2/3 lomne moči očesa (povprečno 43 Dioptrij)
- Normalna roženica je prozorna
- Razprši cca 10% vpadne svetlobe



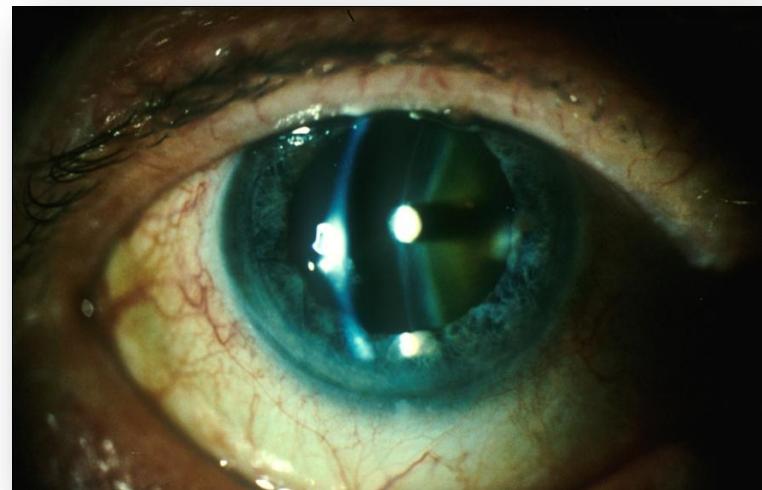
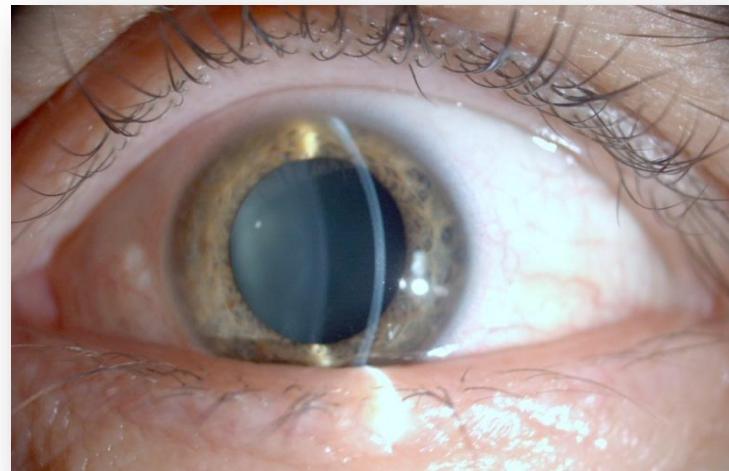
Zenica (zaslonka)

- Šarenica (iris) s krčenjem in širjenjem določa velikost zenice
- Velikost zenice niha: od 1.5 mm pri močni svetlobi do 8 mm pri slabi osvetlitvi
- Kakovost slike na mrežnici je odvisna od velikosti zenice



Leča (2.leča)

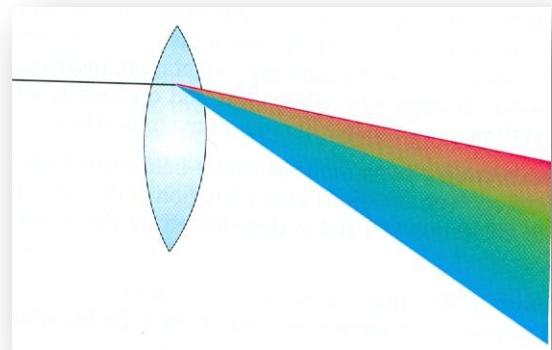
- Ima 1/3 lomne moči očesa (povprečno 21 D)
- Omogoča očesu, da spreminja fokus
- Pri gledanju na blizu se leča izboči in močneje lomi svetlubo
- Mlada oseba lahko fokusira v razponu 10D
- Pri 20-letnemu leča razprši cca 20% vpadne svetlobe, pri 60 letnemu pa več kot 40%



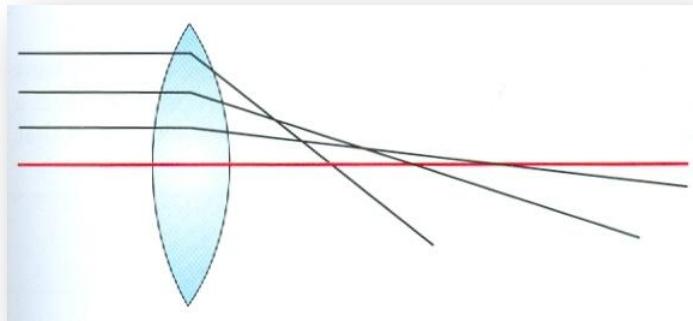
Leča

- Lomnost leče je večja na sredini kot na periferiji leče (nevtralizacija sferične aberacije)
- S staranjem se leča spreminja (bolj rjavkasta)
- Pri 20-letniku leča absorbira cca 30% vpadle modre svetlobe, pri 60-letih se absorpcija poveča na 60% (malo slabša diskriminacija barv pri starejših, manjša količina UV žarkov pride do mrežnice)

Očesne aberacije

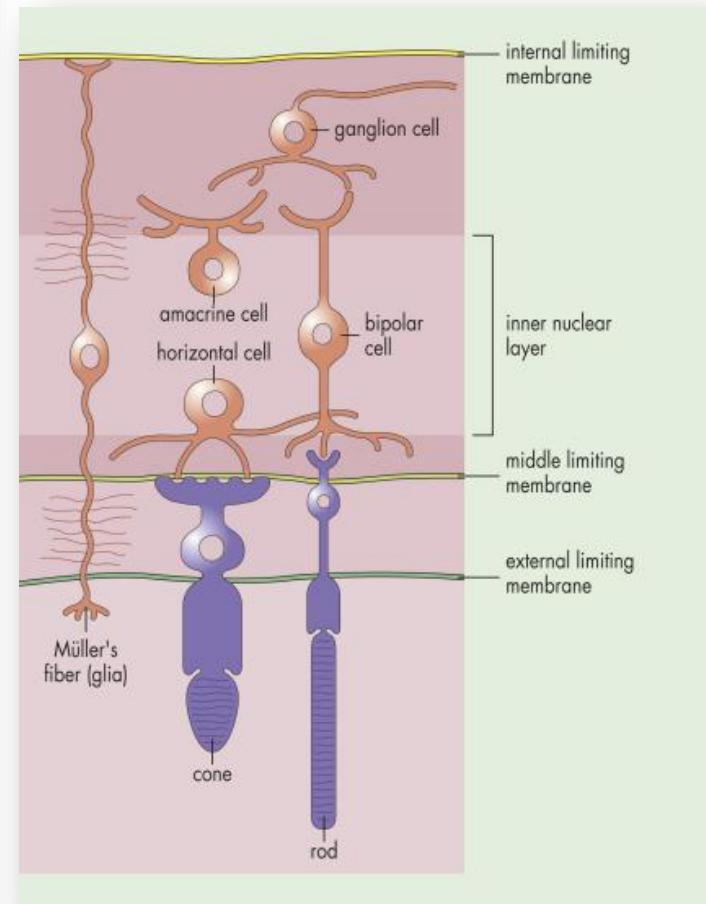
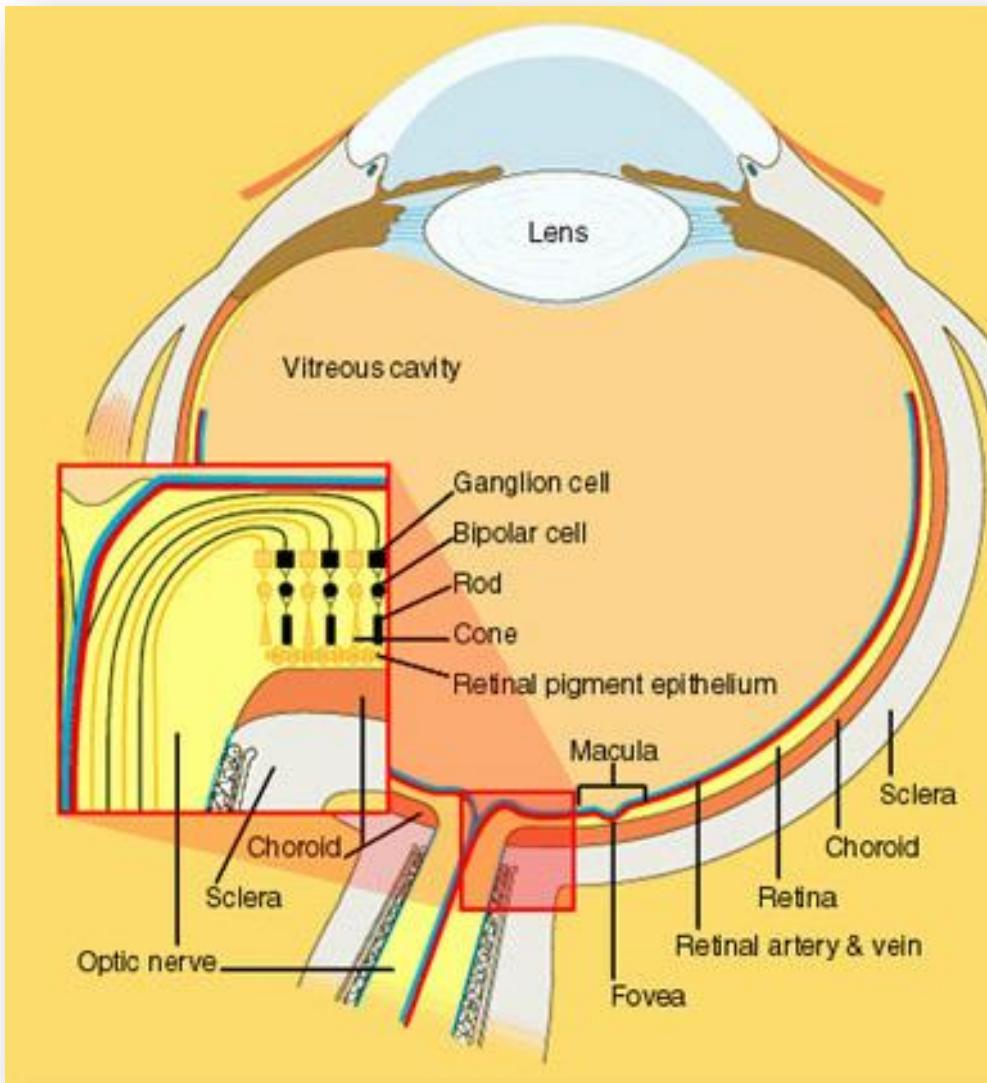


- **Kromatična aberacija**- različna lomnost očesa glede na valovno dolžino svetlobe
- Zato slika barvnih predmetov, ki so na isti razdalji od očesa, pade na različna mesta na mrežnici
- Pri človeškem očesu ja velikost kromatične aberacije cca 3 D
- Vendar se ne vidimo obrobljenih barvnih predmetov zaradi preferenčne spektralne občutljivosti fotoreceptorjev-čepnic (večja občutljivost za rumeno-zeleno z valovno dolžino 560 nm, kot za rdečo ali modro barvo)



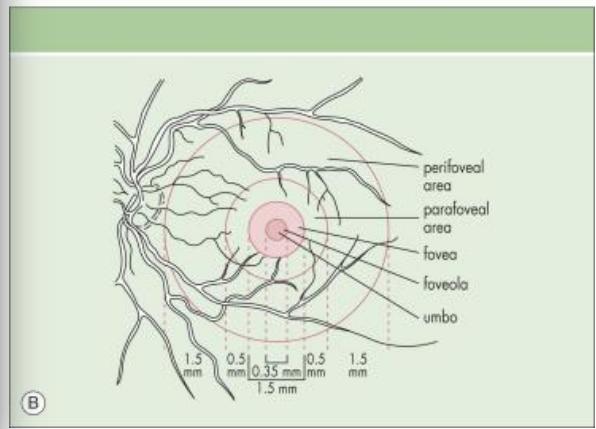
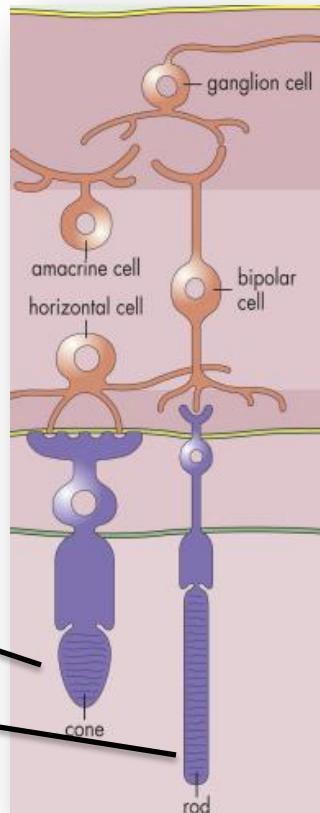
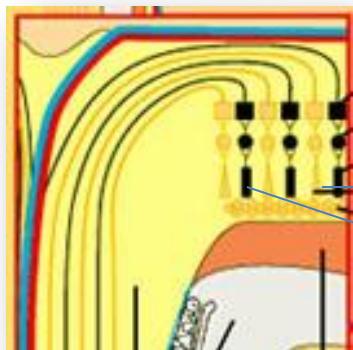
- **Sferična aberacija** – lomna moč se spreminja glede na *velikost zenice*, odvisna tudi od oblike roženice, starosti (od 0.25D do 2 D)

Mrežnica – film kamere



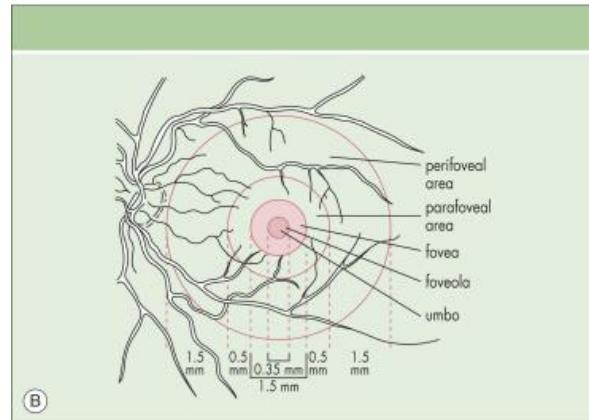
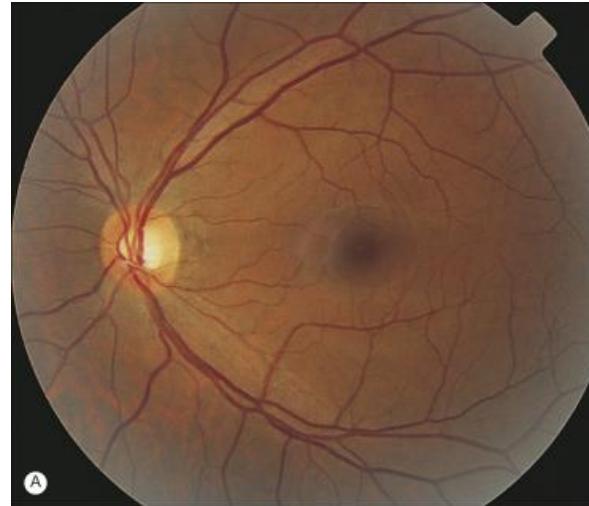
Mrežnica

- Slika na mrežnici je sestavljena iz drobnih elementov kot "pikslji"
- "Pikslji" so fotoreceptorji- čepnice in paličnic



Mrežnica: mesto najboljše ločljivosti je foveola

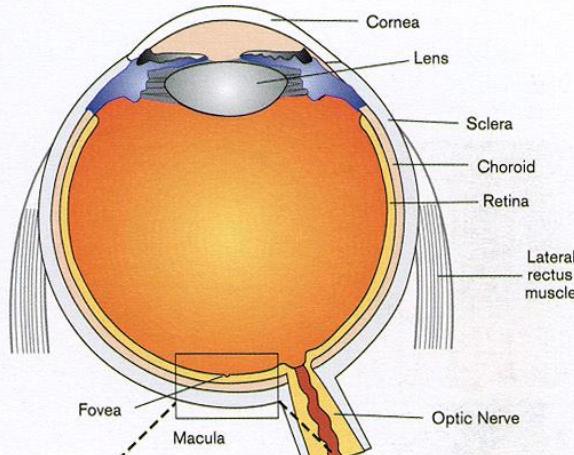
- Velikost fotoreceptorjev določa ločljivost očesa za drobne detajle
- Najbolje vidimo v *foveoli*, ki je v makuli (rumena pega)
- Foveola ima premer 0.1mm, 0.3 kotnih stopinj, več kot 2000 čepnic
- Premer čepnice je $1-2\mu\text{m}$, razmik med njimi je $0.5\mu\text{m}$



Najbolj ostra slika v foveoli

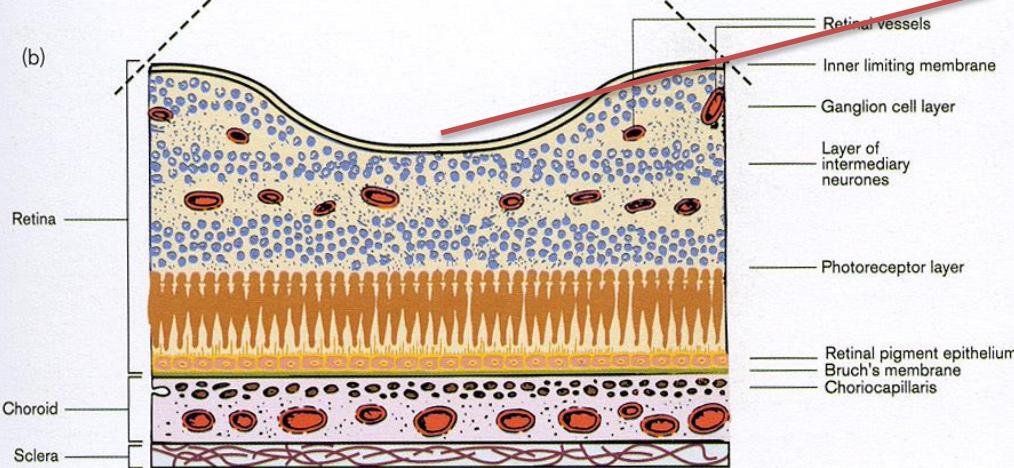
Anatomy of the eye and macula

(a)



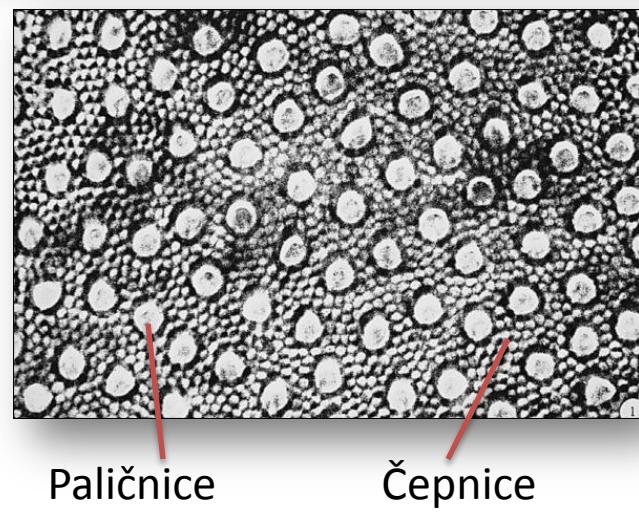
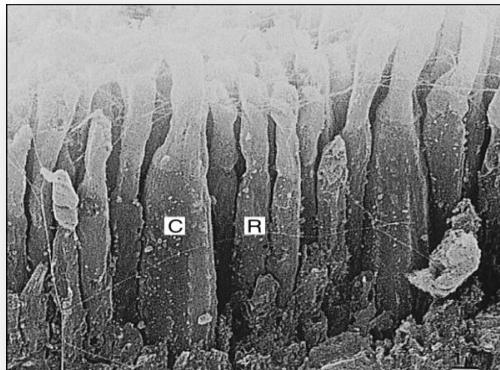
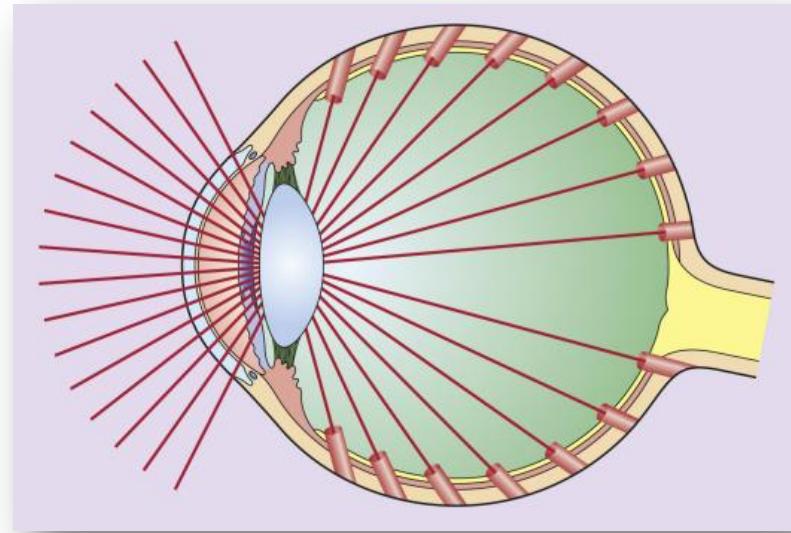
Foveola premer 0,1 mm

(b)

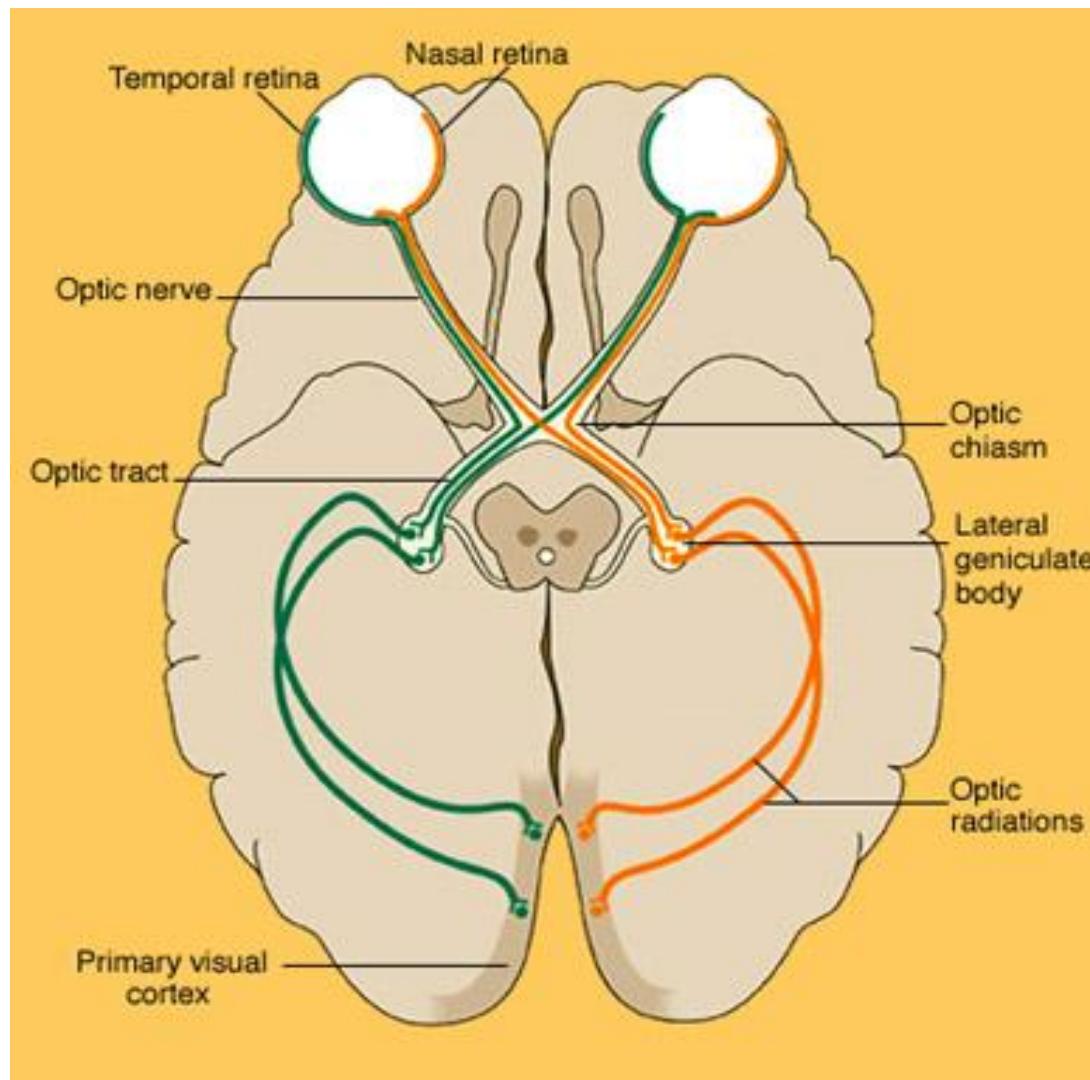


Mrežnica – orientacija fotoreceptorjev

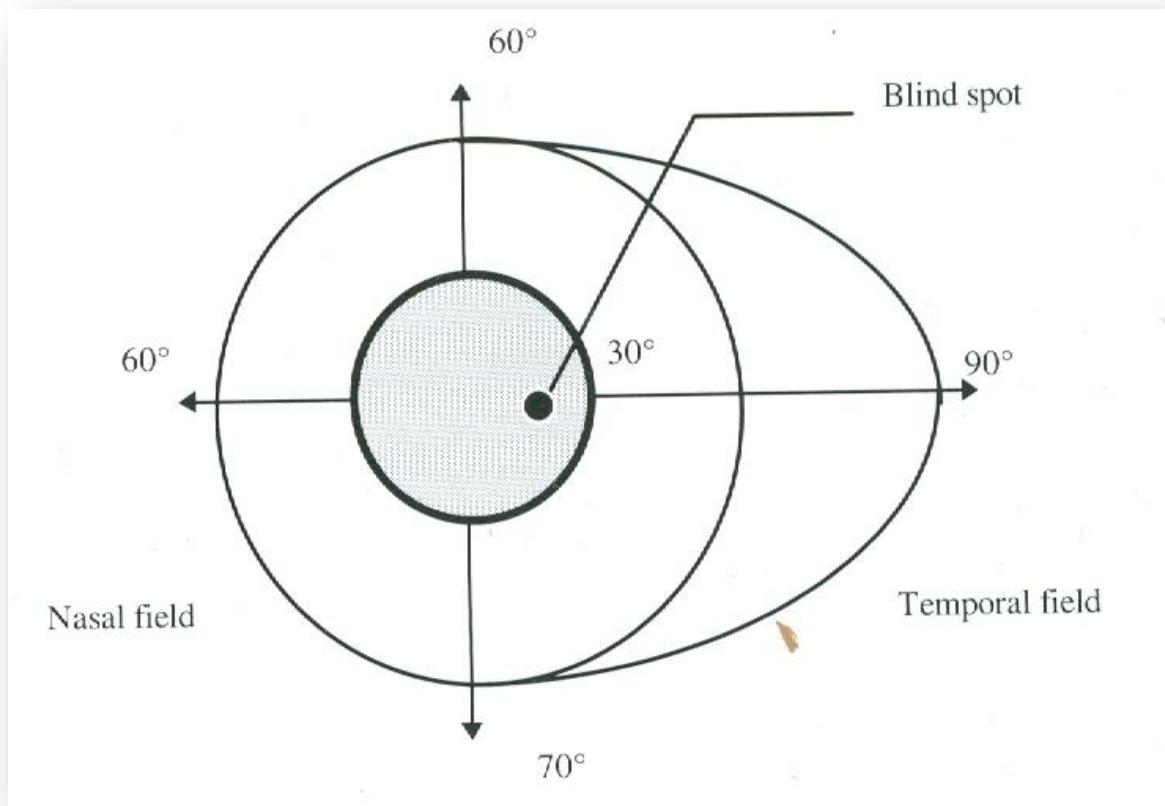
- Orientacija fotoreceptorjev kot optično vlakno-optimalna za sprejemanje svetlobe
- Pod fotoreceptorji je pigment, ki prepreči razpršitev svetlobe
- Oblika foveole-jamica



Potek vidne poti

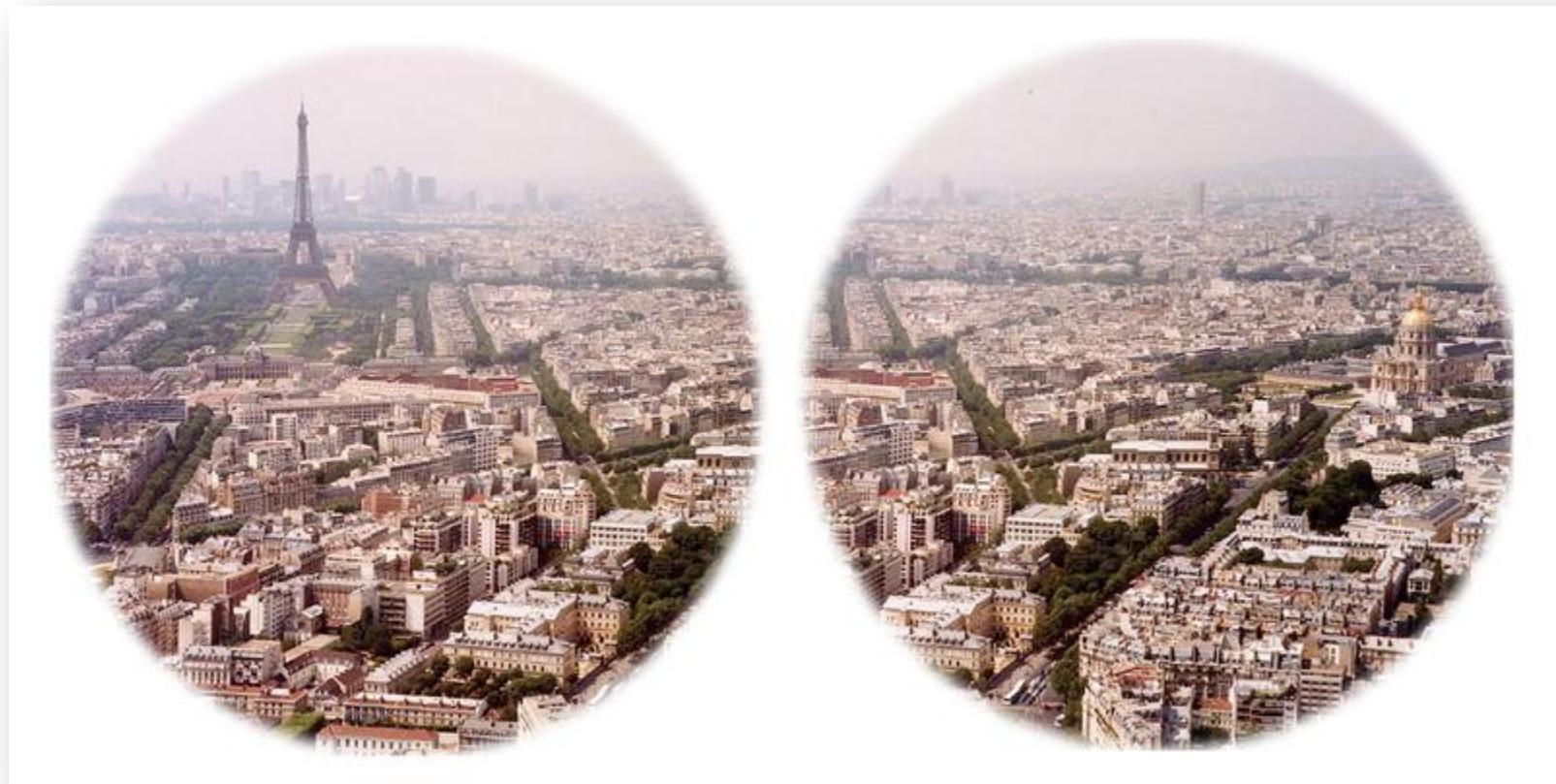


Vidno polje normalno



Desno oko

Vidno polje – normalno



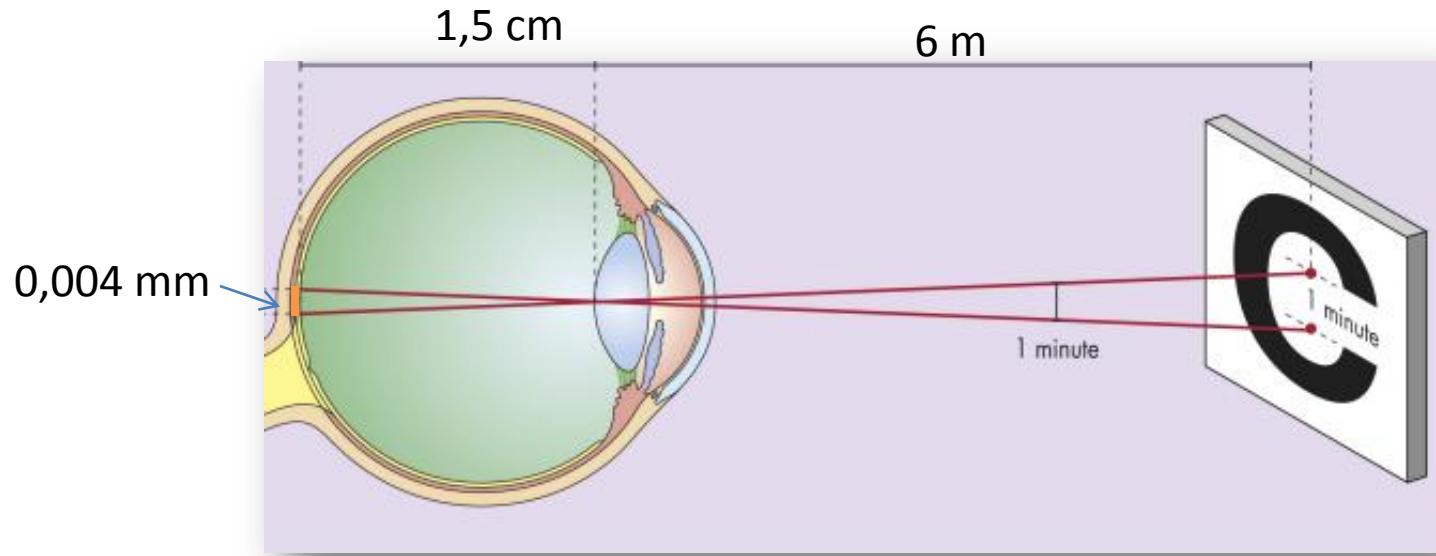
Preiskave

- **Določitev vidne ostrine**
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

Določitev vidne ostrine na daljavo - Refrakcija

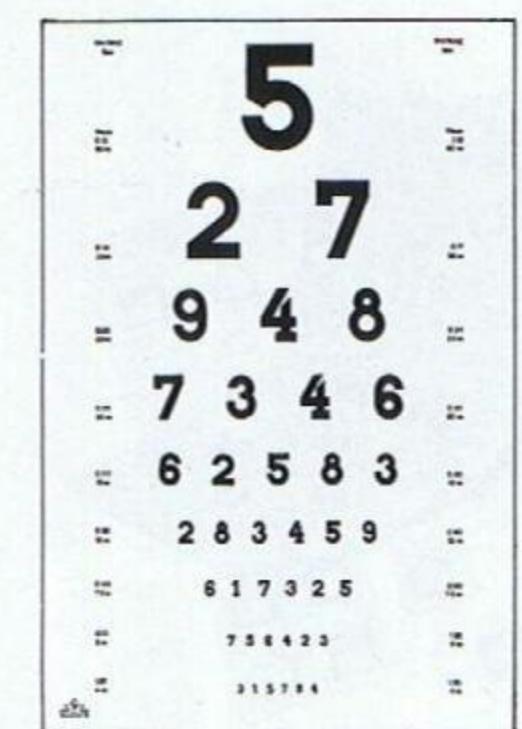
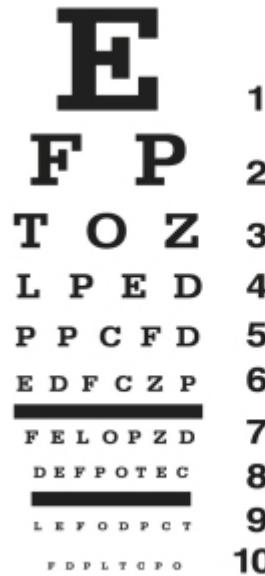
- **Vzroki za slab vid zaradi refrakcije:**
 - Sprememba v lomljenju žarkov v roženici
 - Spremenjena lomnost leče
 - Drugačna dolžina zrkla (očesa)

Zdravo oko razloči 2 točki ločeno pri vidnem kotu 1 kotna minuta

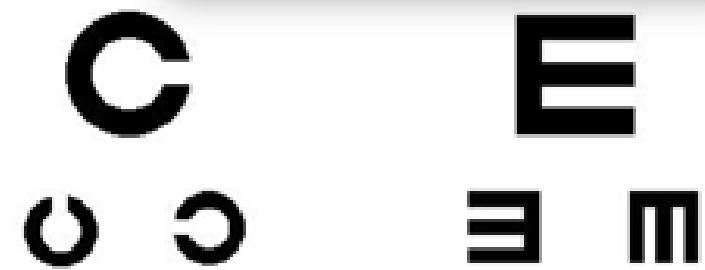


Zaradi velikosti fotoreceptorjev – čepnic (1,5 mikronov) je najmanjši vidni kot 1 kotna minuta (približno 0.004 mm), da razločimo 2 objekta kot ločena.
Princip vsem testnih tablic (optotipov) za določitev vida na daljavo

Optotipi za testiranje vida na daljavo

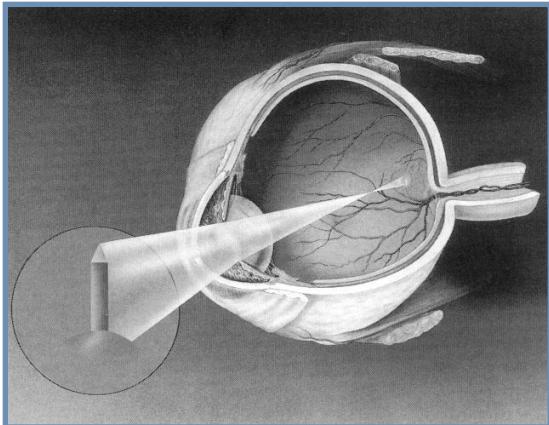


Vidna ostrina = razdalja, na kateri oseba vidi/
razdalja na kateri vidi zdravo oko
Npr 3/6 =0.5

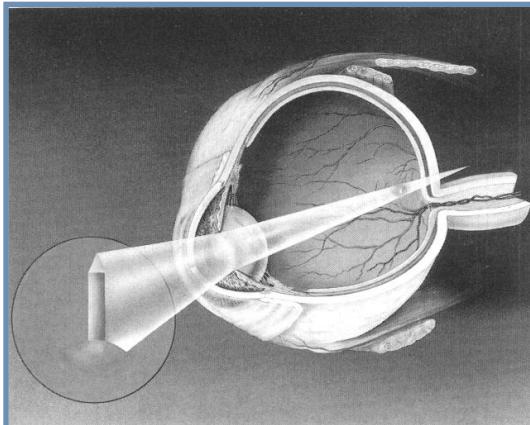


Slab vid zaradi napak v refrakciji

- Pravovidnost (emetropija)

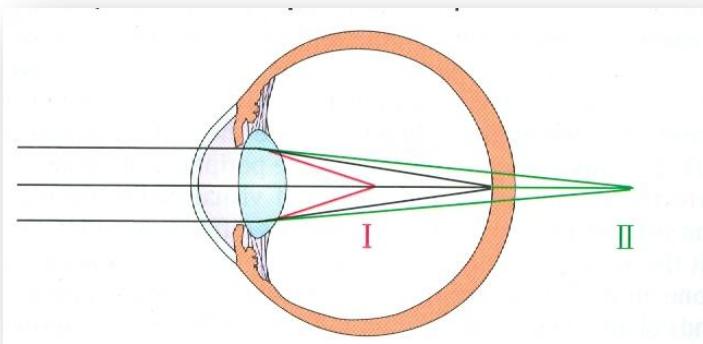


Kratkovidnost

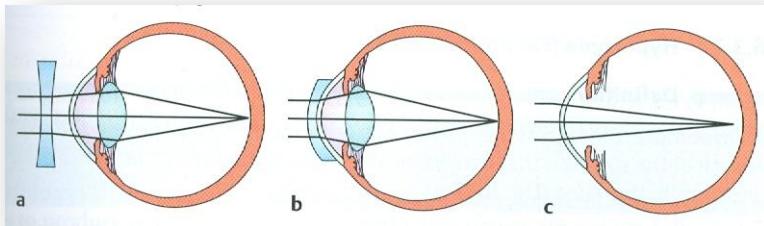
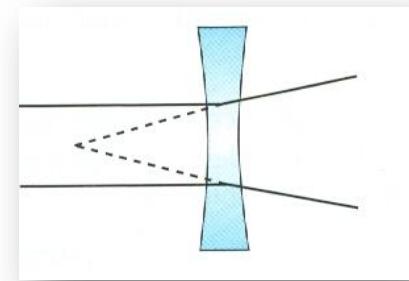
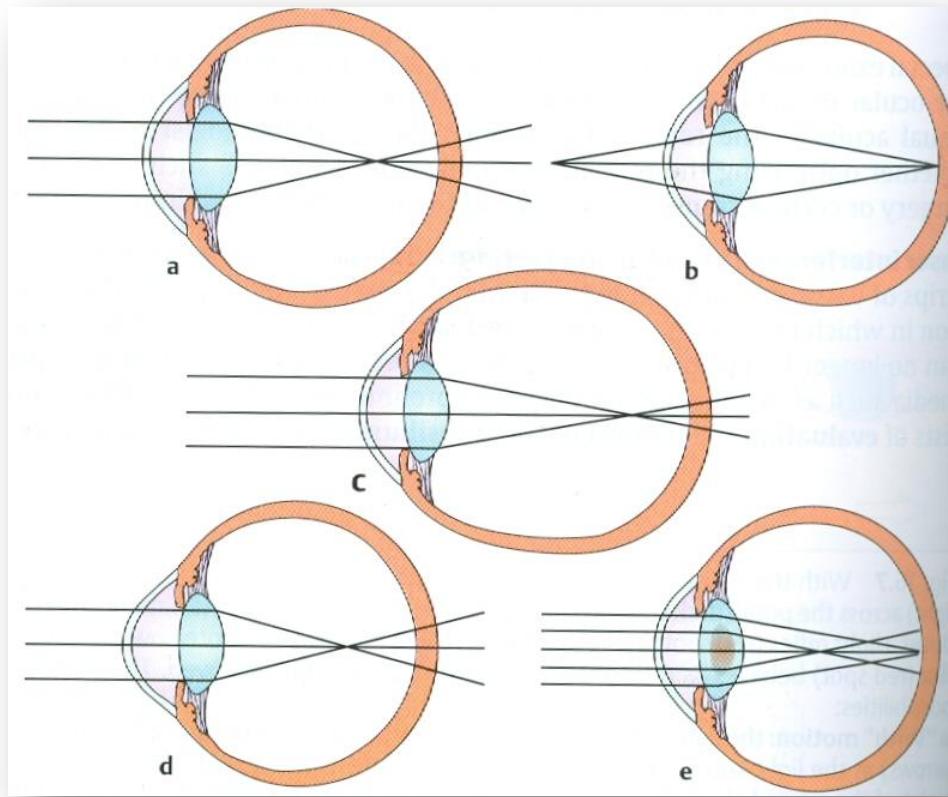


Daljnovidnost

- Kratkovidnost (miopija)
- Daljnovidnost (hipermetropija)
- Astigmatizem (presbiopija)

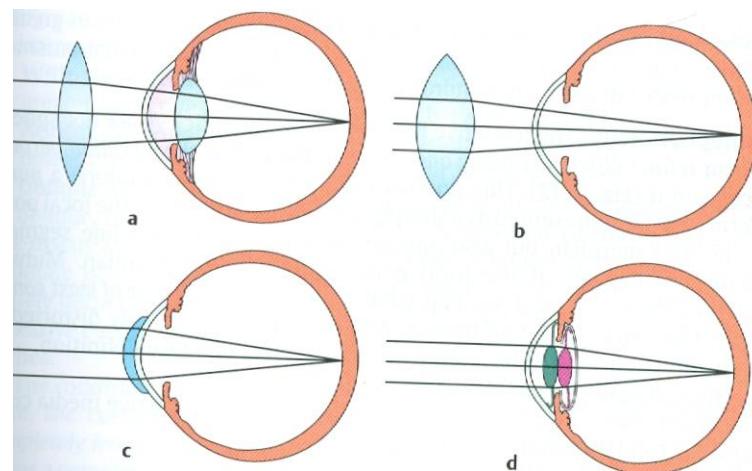
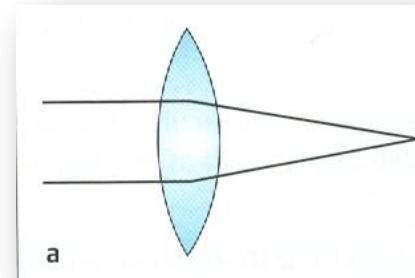
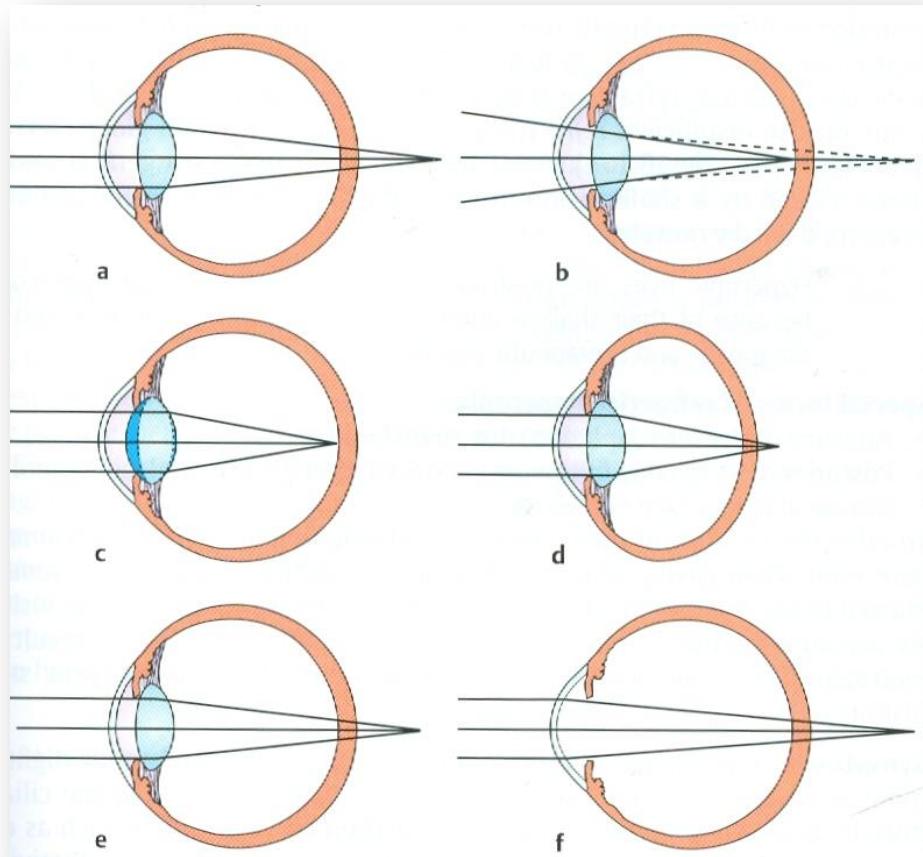


Kratkovidnost



Korekcija kratkovidnosti z
bikonkavnimi lečami – minus DPT

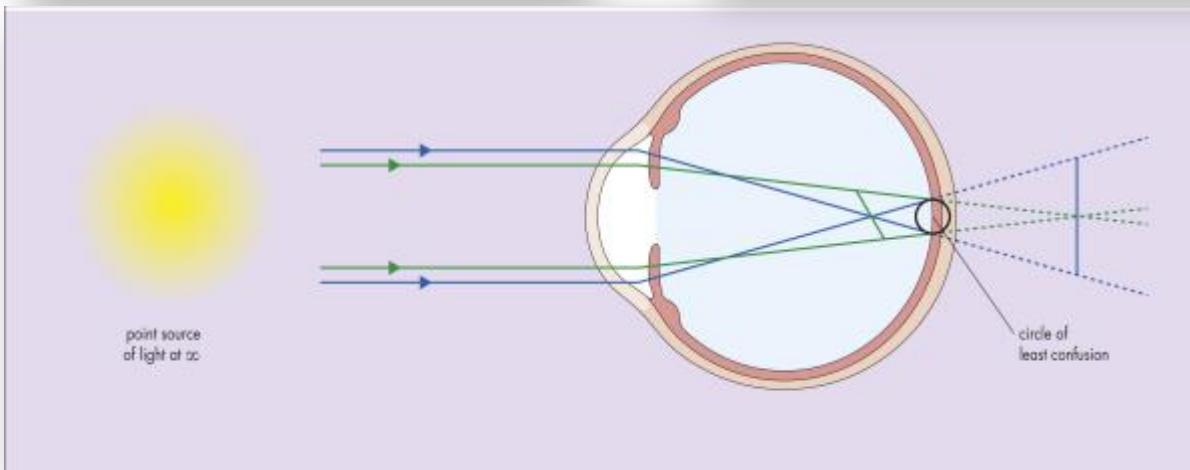
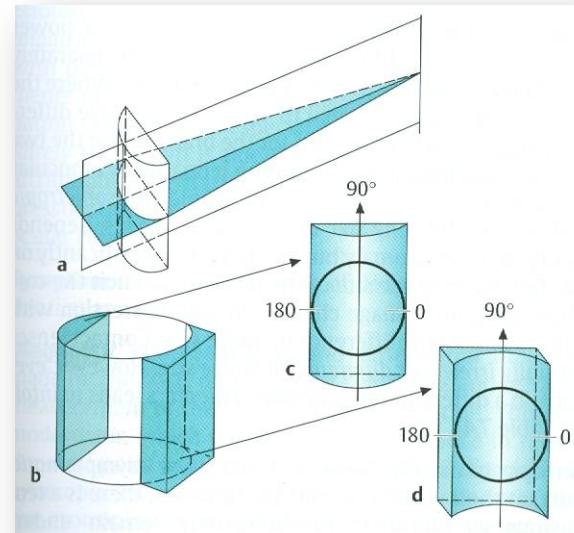
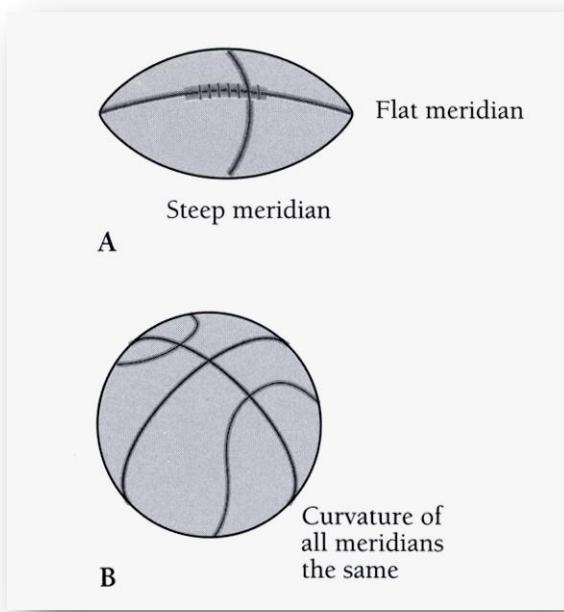
Daljnovidnost



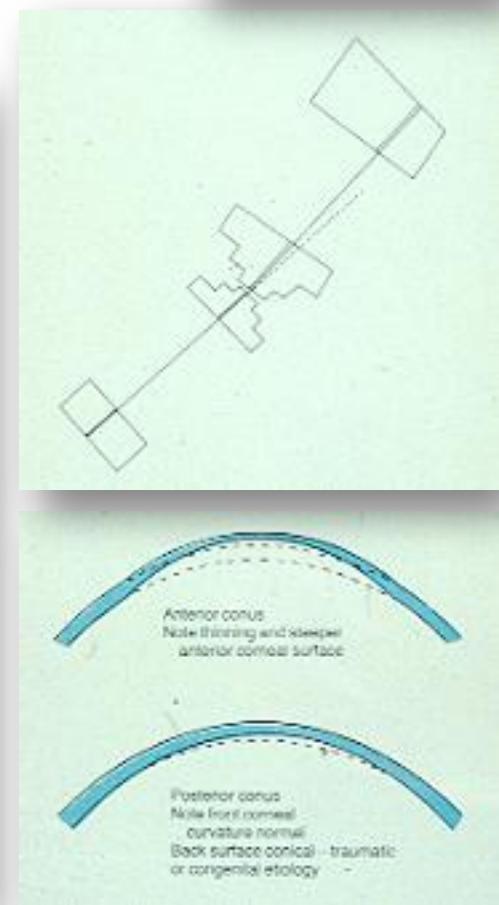
Korekcija z bikonveksnimi lečami + Dpt

Astigmatizem

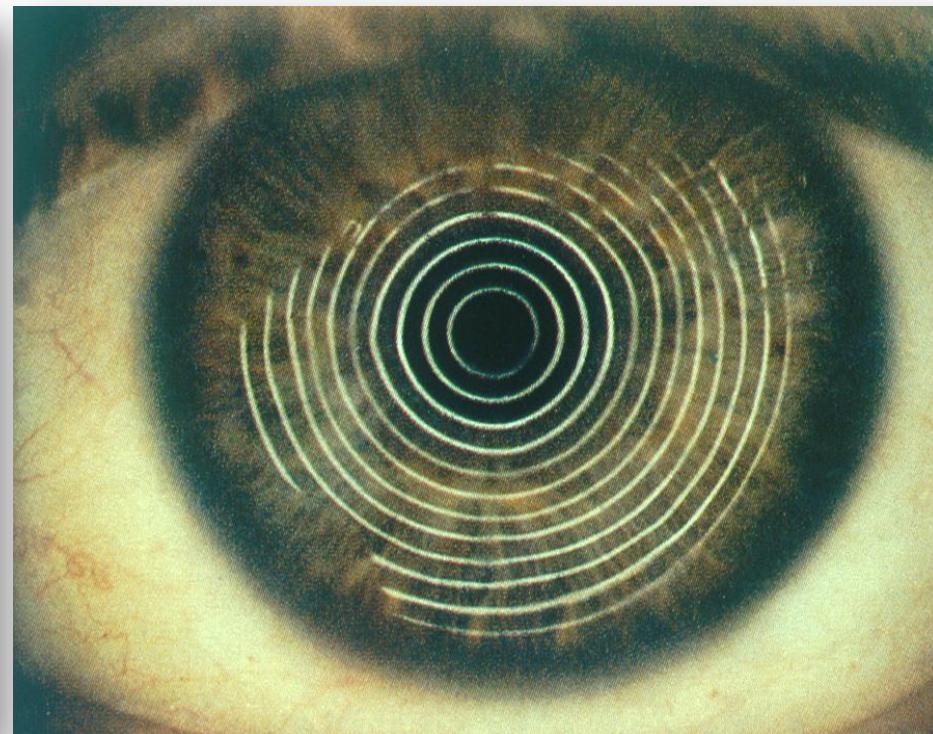
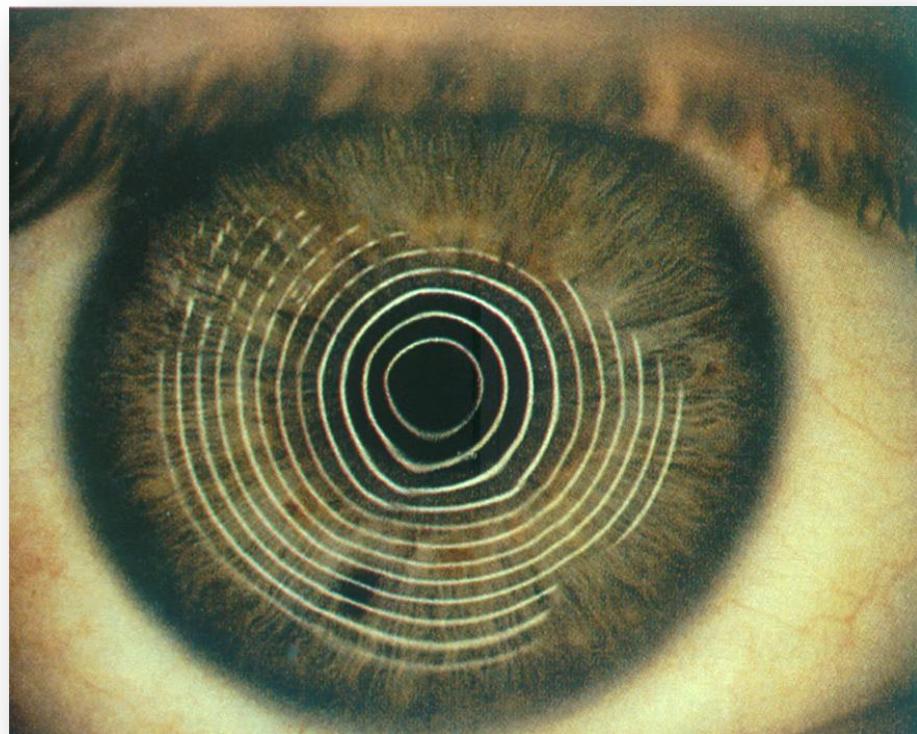
Korekcija s cilindričnimi lečami



Keratometer po Javalu



Keratokonus



Kakšna očala imam?



Aniseikonia -Pomanjšava in povečava slike



Vsaka dioptrija spremeni sliko za 2.5%
Prenesemo lahko 10 % oz. 3 D razlike
Otroci do 7 D

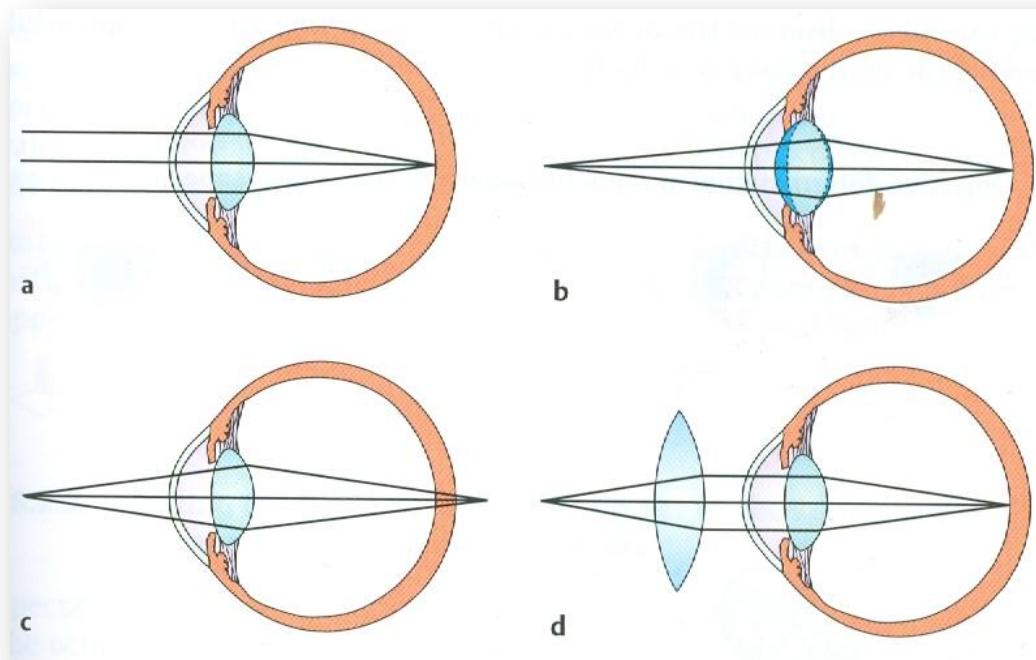
Kratkovidnost (Miopija)
Konkavne – leče zmanjšujejo



Daljnovidnost (Hipermetropija)
Konveksne + leče povečujejo

Določitev vidne ostrine na bližino

- Akomodacija ni zadostna po 40. letu, potrebna so očala za bližino (starovidnost ali presbiopija)



Določitev vidne ostrine na bližino

K višku v višino 300
metrov Najprej z vso

A16 = 8X = 32D

7M

močjo naravnost naprej potem
plahutajoč preobrat v navpičen

A15 = 6X = 24D

spust Potem mu je levo krilo
vsakokrat obtičalo ob udarcu

A14 = 5X = 20D

5M

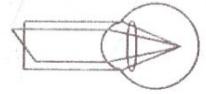
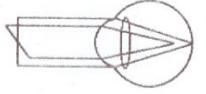
navzgor divje ga je zavrtelo na levo umirjajoč
se je ustalilo desno krilo in potem ga je v



Instrumenti za določitev refrakcije

Avtomatski refraktometer



Right Objective			
Sphere	Cyl	MM	Axis
-1.25	+0.50	140	
-1.25	+0.50	140	
-1.25	+0.50	139	
-1.25	+0.50	142	
-1.25	+0.50	139	
-1.25 +0.50 140			
Sph Eq -1.00			
			
Central K DK MM Axis			
42.75	7.89	46	
43.25	7.78	136	
Delta K 0.50	0.11		
Avg K 43.00	7.84		
Left Objective			
Sphere	Cyl	MM	Axis
+0.50	+0.75	180	
+0.25	+1.00	179	
+0.25	+1.00	180	
+0.50	+0.75	180	
+0.25	+1.00	179	
+0.25 +1.00 180			
Sph Eq +0.75			
			
Central K DK MM Axis			
43.00	7.83	118	
44.00	7.67	28	
Delta K 1.00	0.16		
Avg K 43.50	7.75		

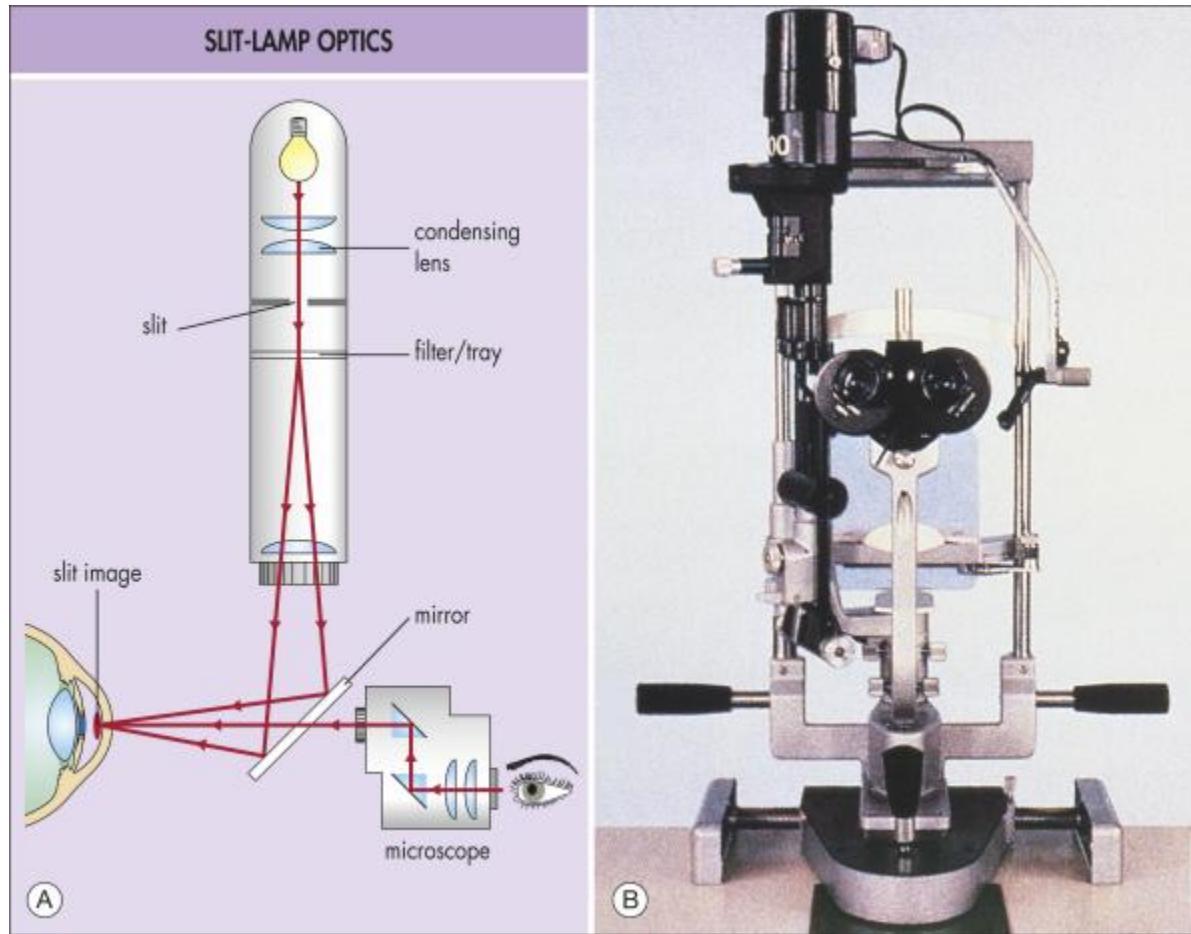
Pregled vida na daljavo



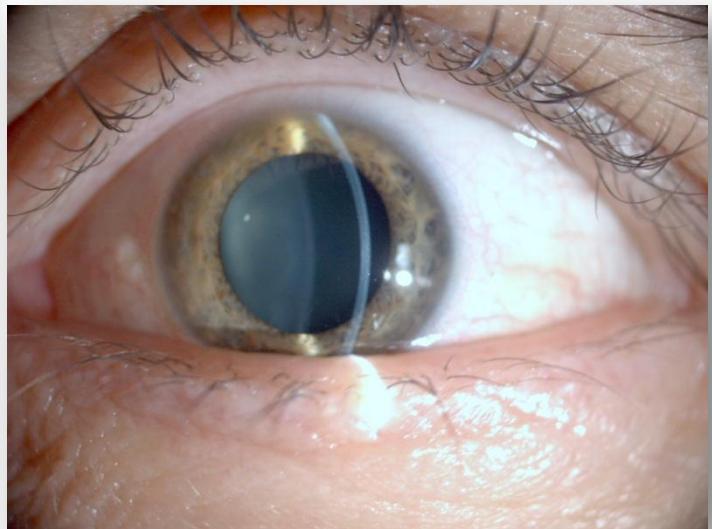
Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- **Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)**
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

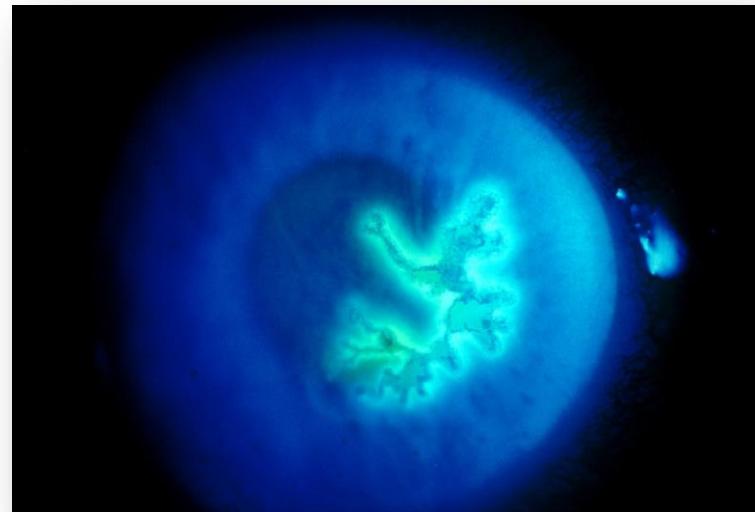
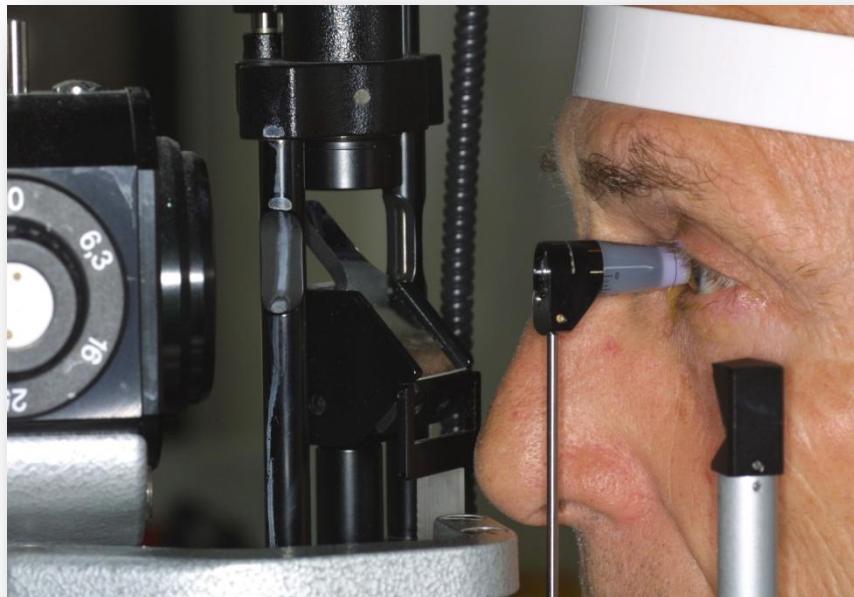
Pregled s špranjsko svetilko ali biomikroskopom



Preiskava s špranjsko svetilko



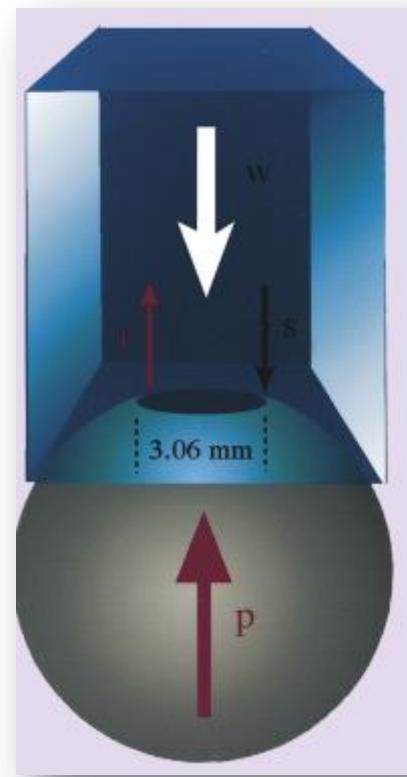
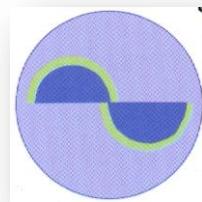
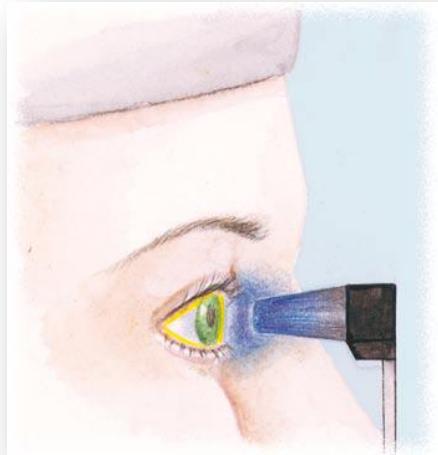
Uporaba filtrov špranjske svetilke



Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- **Merjenje očesnega tlaka – Goldmannova aplanacijska tonometrija**
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

Merjenje očesnega tlaka s špranjsko svetilko



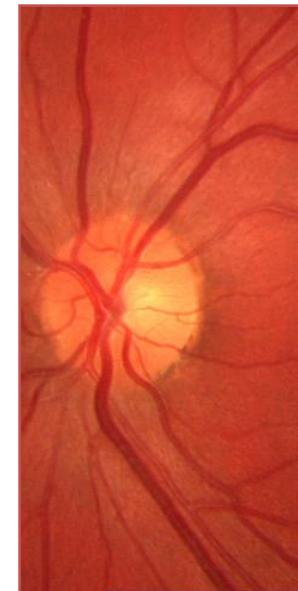
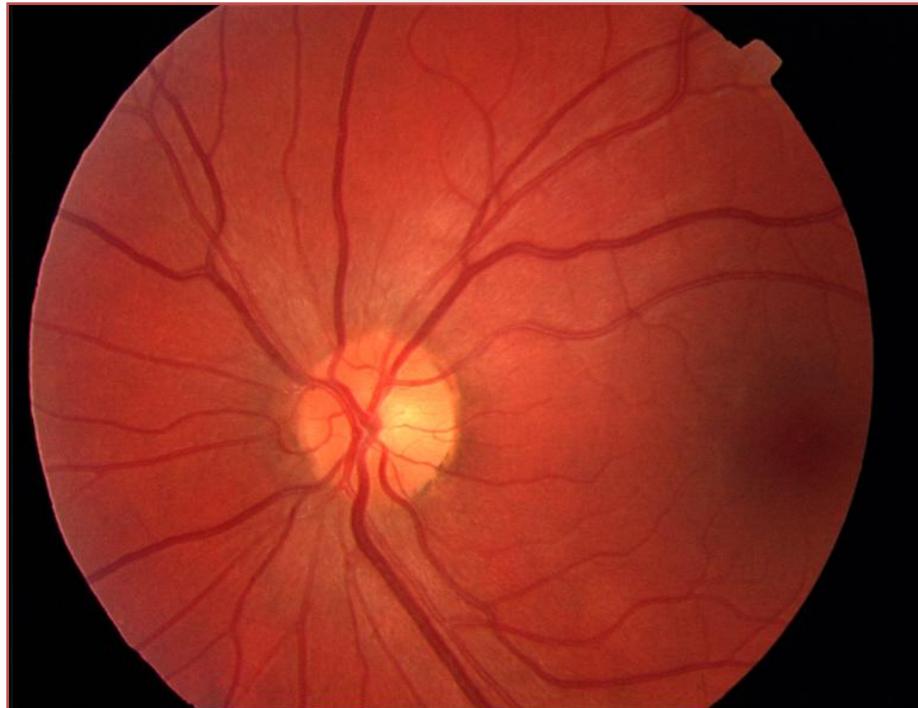
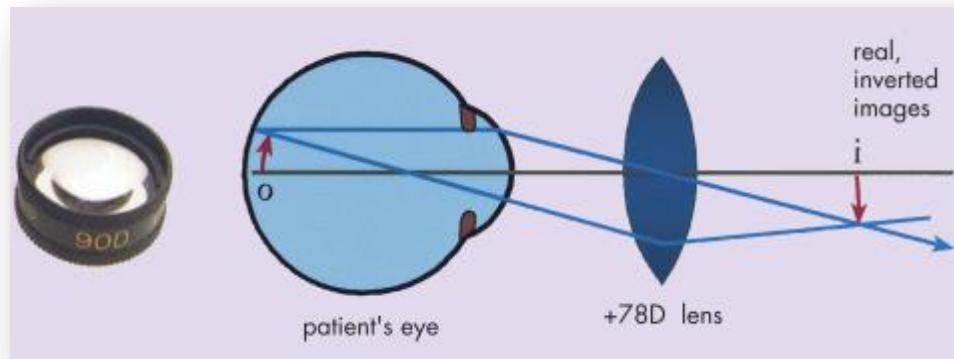
Nekontaktno merjenje očesnega tlaka - zračni pih



Preiskave

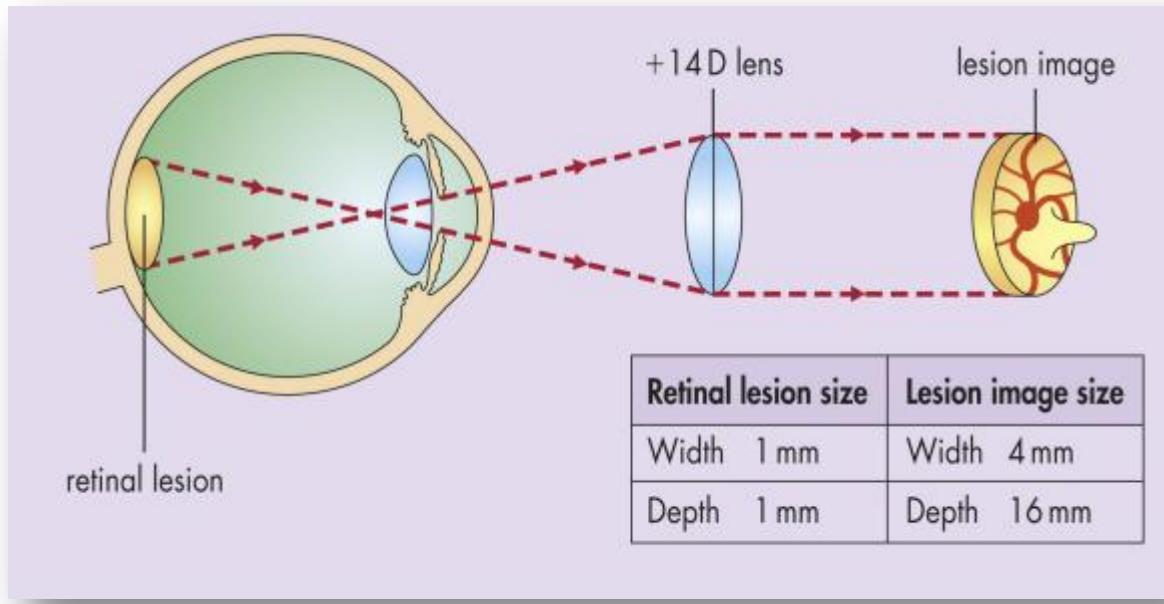
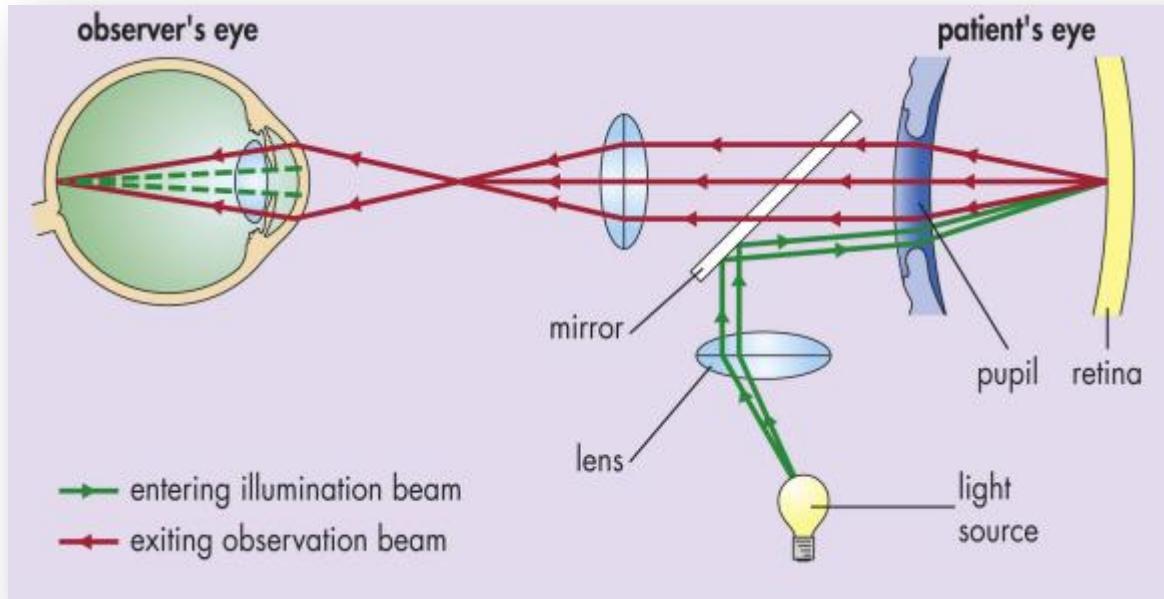
- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka – Goldmannova aplanacijska tonometrija
- **Pregled očesnega ozadja: indirektna in direktna oftalmoskopija**
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

S špranjsko svetilko in zbirnimi lečami vidimo mrežnico – **indirektna oftalmoskopija**

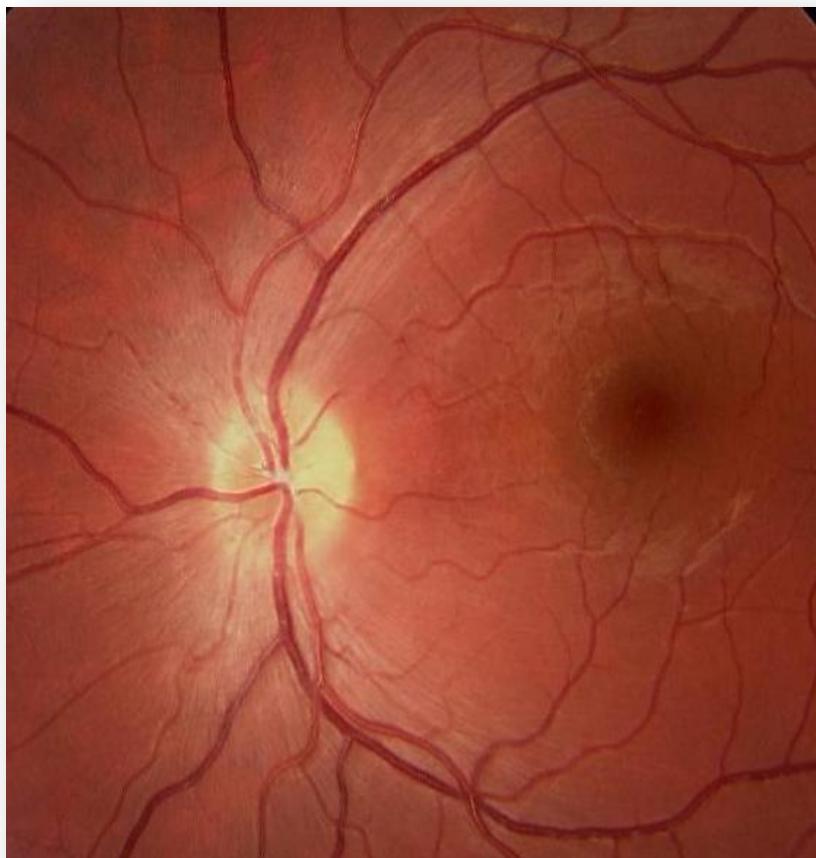


Indrektni oftalmoskop (pregled brez špranjske svetilke)





Sliko, ki jo vidimo z indirektnim oftalmoskopom je:

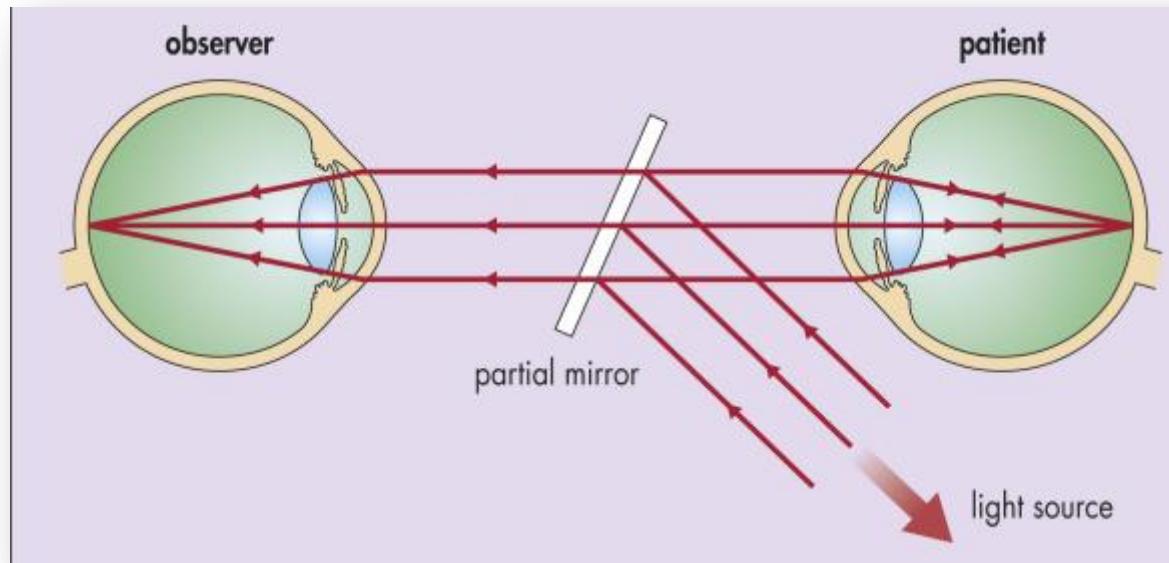


- Realna slika mrežnice
- Obrnjena (desno je levo, zgoraj je spodaj)
- Koliko vidimo (d/F) je odvisno od premera leče (d) in fokalne dolžine (F) leče
- Povečava je odvisna od lomne moči bolnikovega očesa in Dpt leče
- Vidimo stereoskopsko

Direktna oftalmoskopija;kako vidimo očesno ozadje



Pregled z oftalmoskopom



Slika z direktnim oftalmoskopom je:

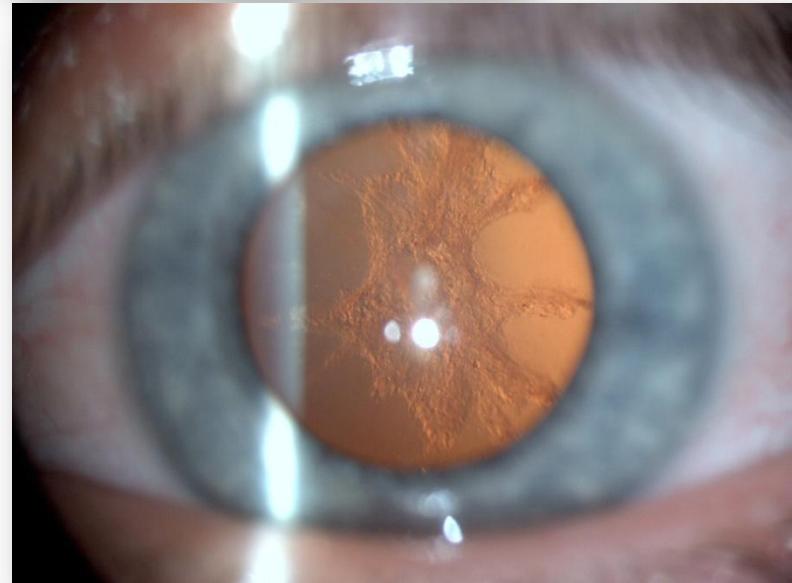
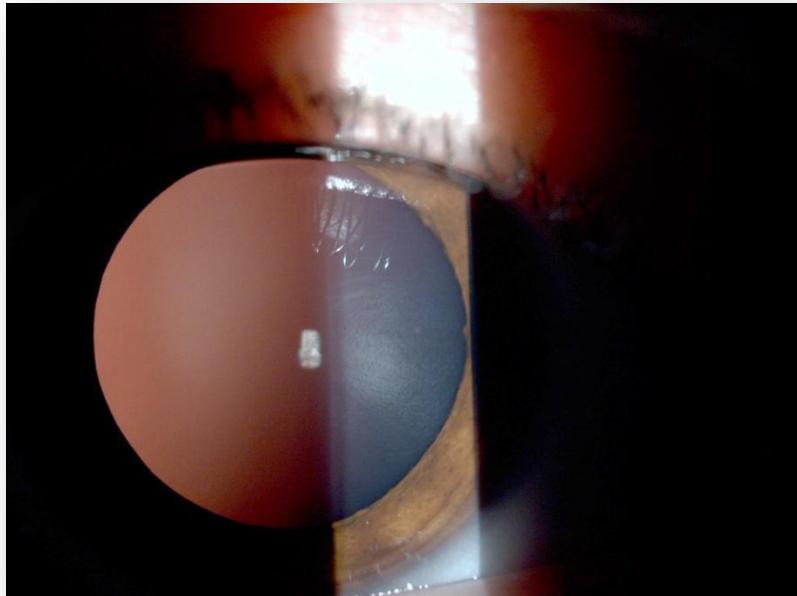
- Virtualna (leča in roženica preiskovanca ustvarita sliko)
- Pokončna
- Vidimo cca 10 stopinj (z indirektnim cca 50-60 stopinj)
- Več vidimo pri široki zenici preiskovanca
- Povečava je odvisna od lomnosti očesa (pravovidno oko 60D /4= x15)
- Gledamo z enim očesom (ni stereoskopskega vida)



Direktni oftalmoskop



Presvetlitev očesa z oftalmoskopom



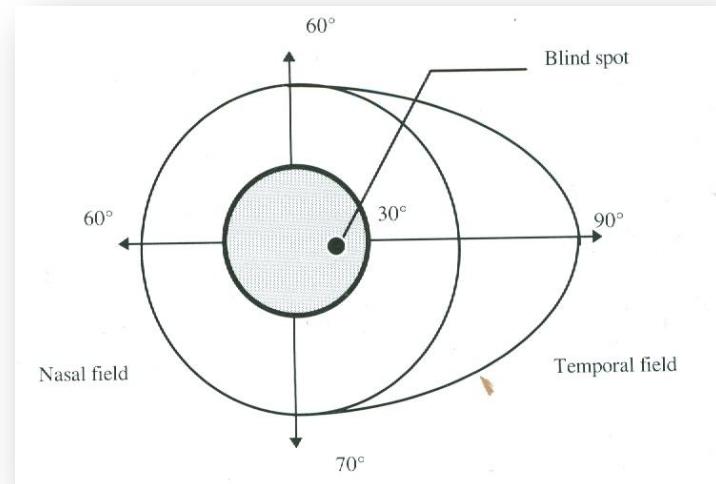
Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka – Goldmannova aplanacijska tonometrija
- Pregled očesnega ozadja: indirektna in direktna oftalmoskopija
- **Druge preiskave:**
 - **Določitev širine vidnega polja**
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

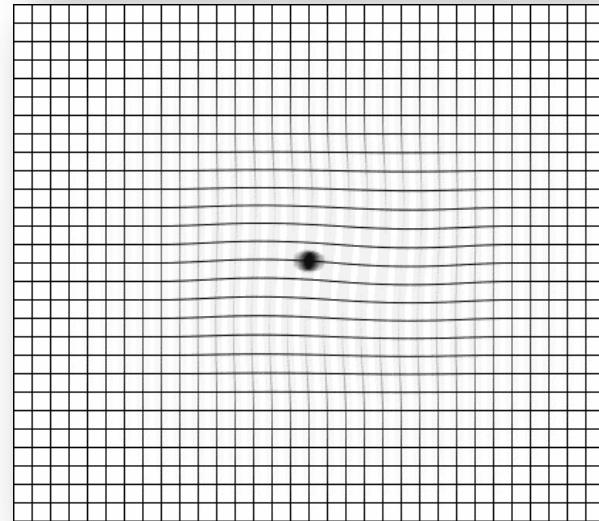
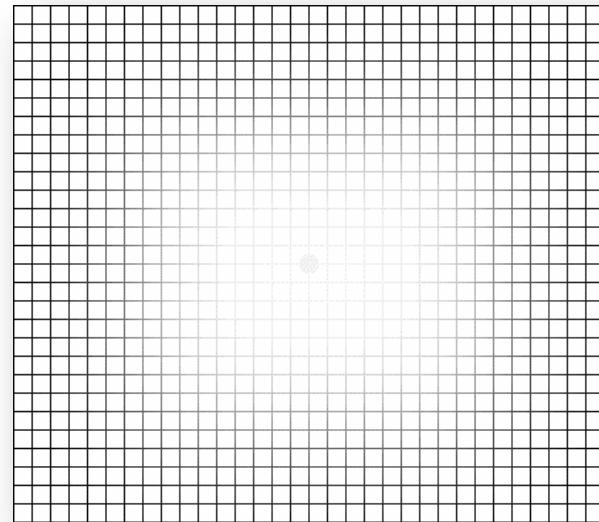
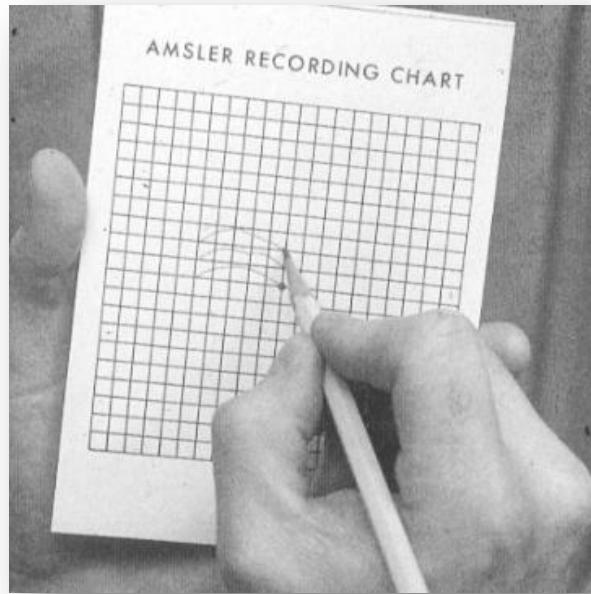
Kaj je vidno polje?

- Pri fiksaciji določenega predmeta vidimo tudi njegovo okolico – to je širina vidnega polja
- Za eno oko je vidno polje najširše z zunanje strani (90 stopinj, proti nosu in zgoraj 60 in spodaj cca 70 stopinj)

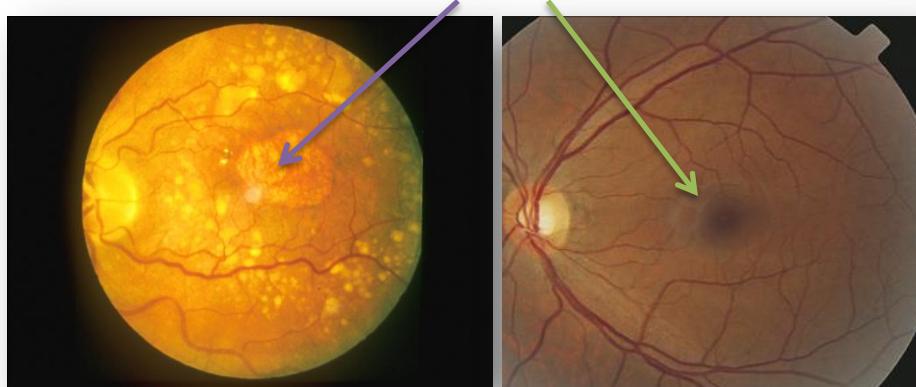
Desno oko



Test za centralnih 10° - Amsler-jeva mreža

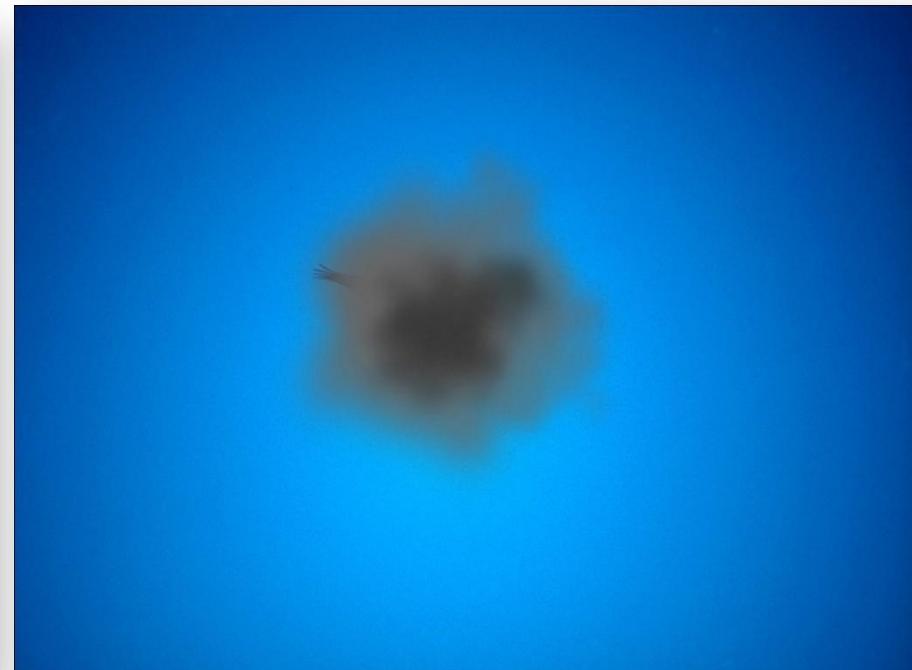
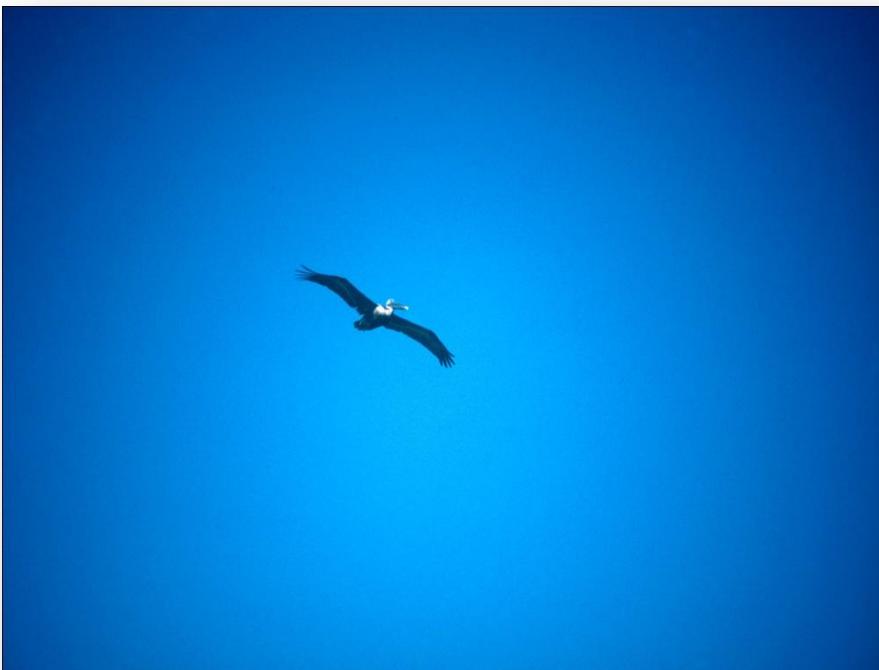


Makula- rumena pega

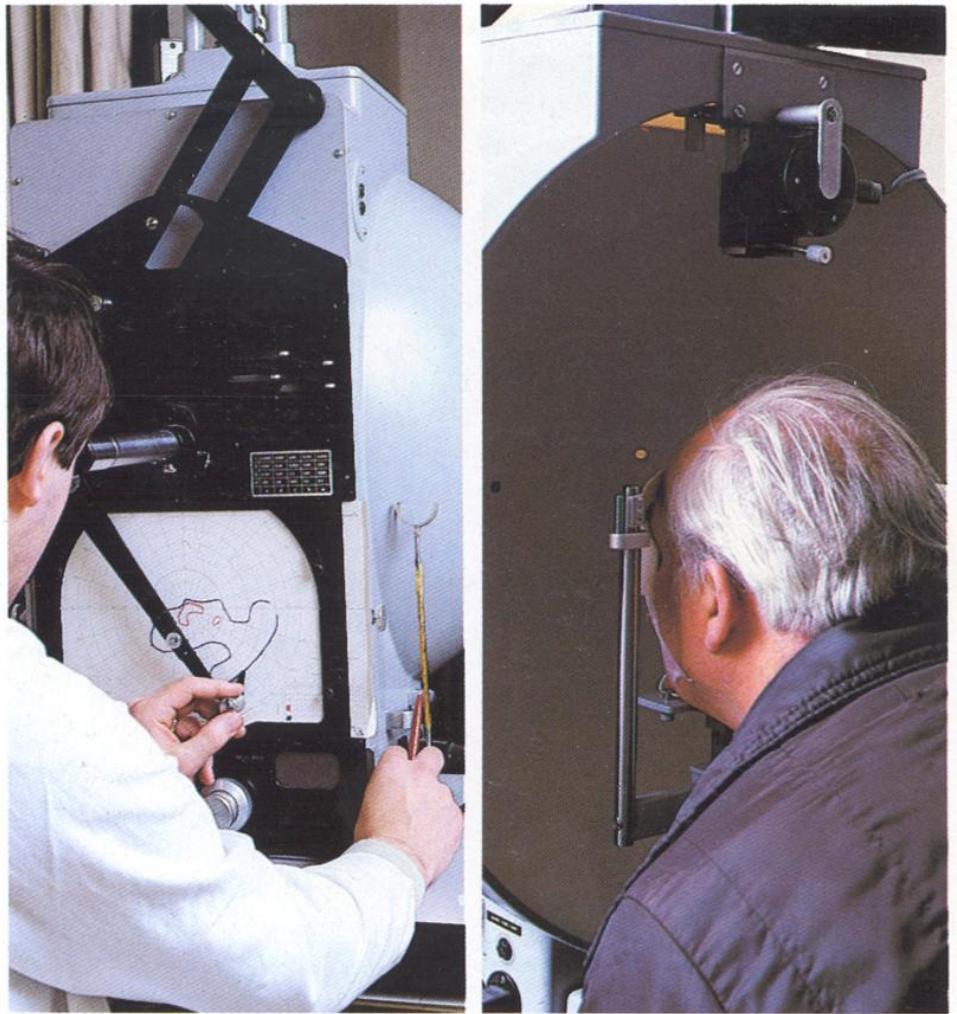
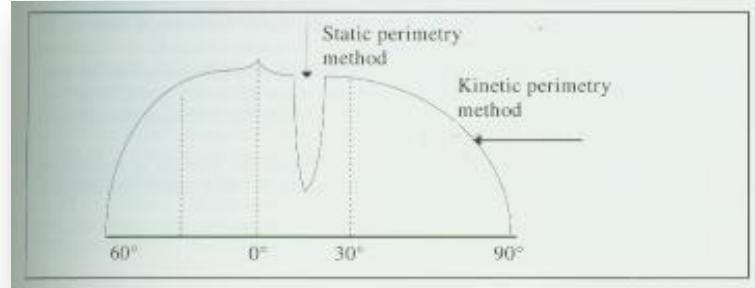


Izpad vidnega polja

- starostna degeneracija makule



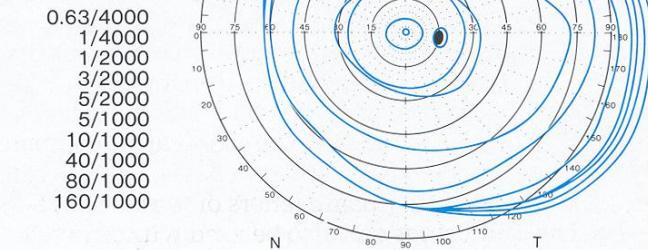
Kinetična perimetrija



Visual field of the right eye

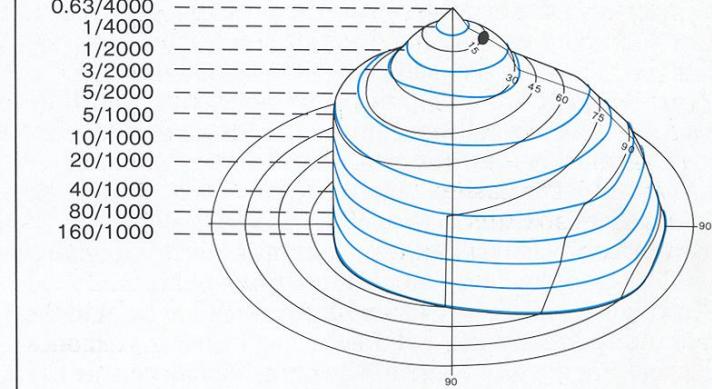
isopters from
centre outwards
diameter of
test object/
distance from
patient (mm)

0.63/4000
1/4000
1/2000
3/2000
5/2000
5/1000
10/1000
40/1000
80/1000
160/1000

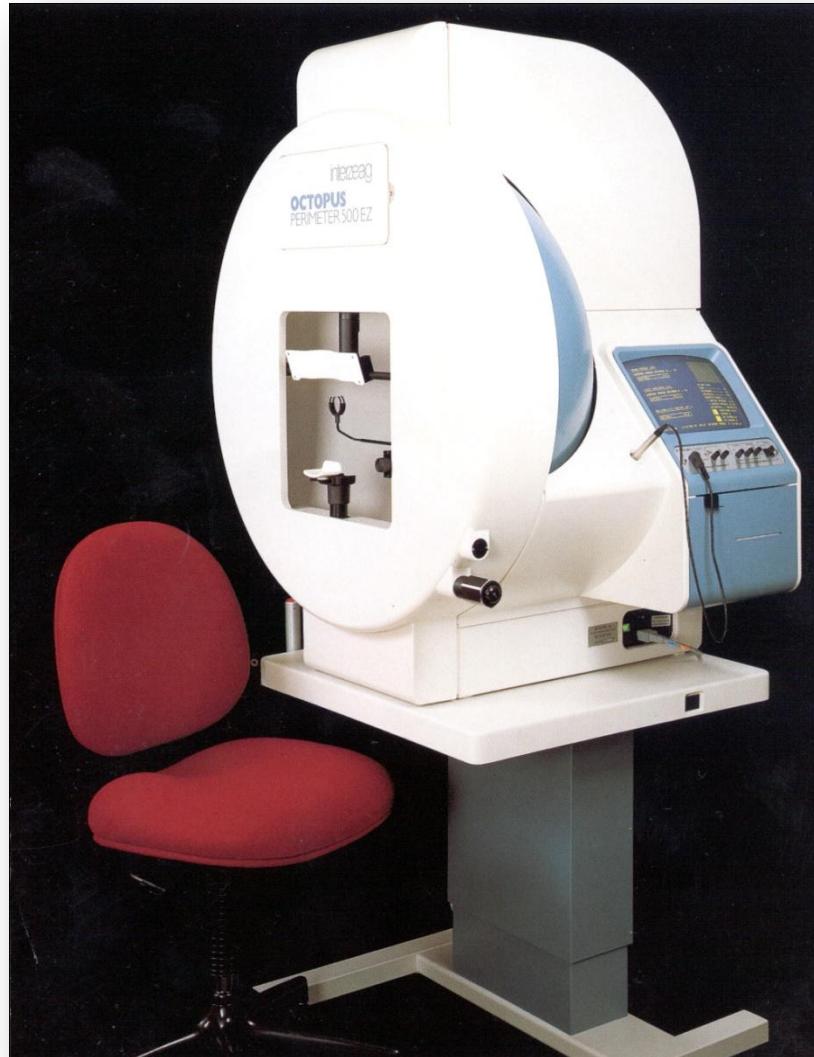
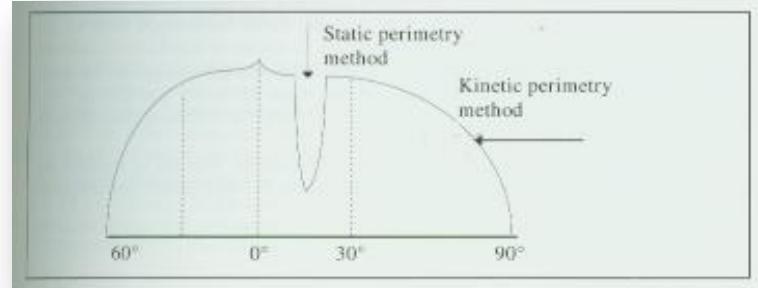


diameter of test object/
distance from patient (mm)

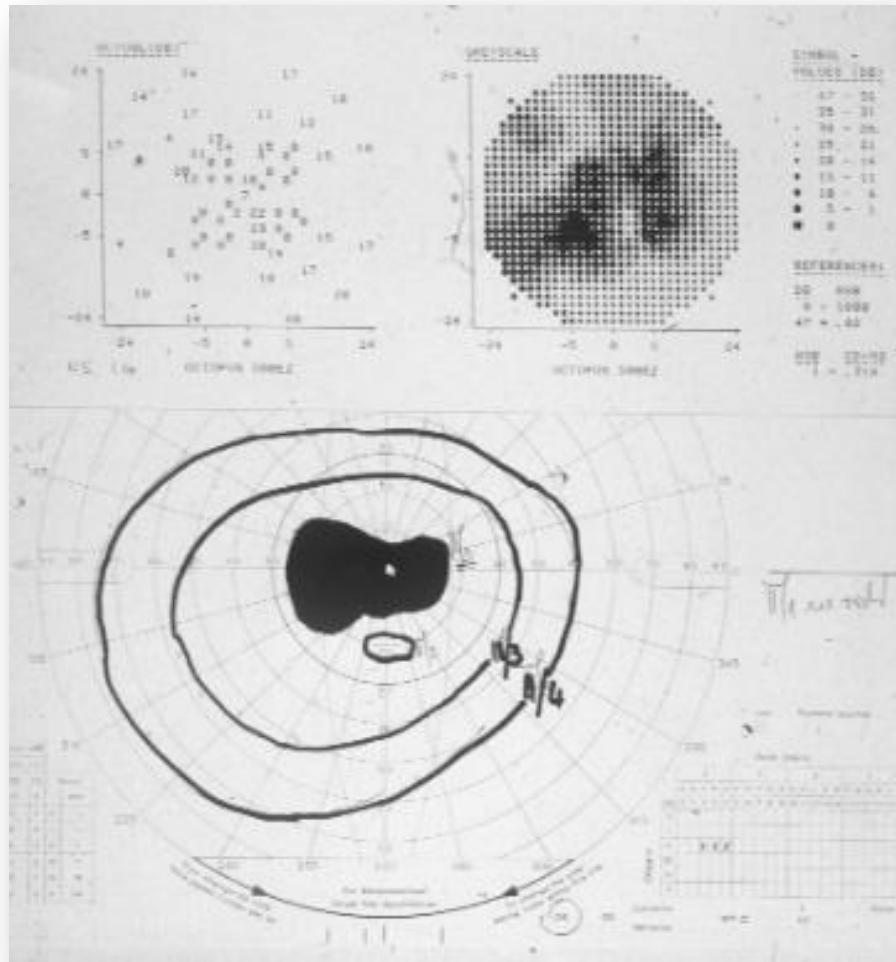
0.63/4000
1/4000
1/2000
3/2000
5/2000
5/1000
10/1000
20/1000
40/1000
80/1000
160/1000



Statična perimetrija



Centralni izpad v vidnem polju



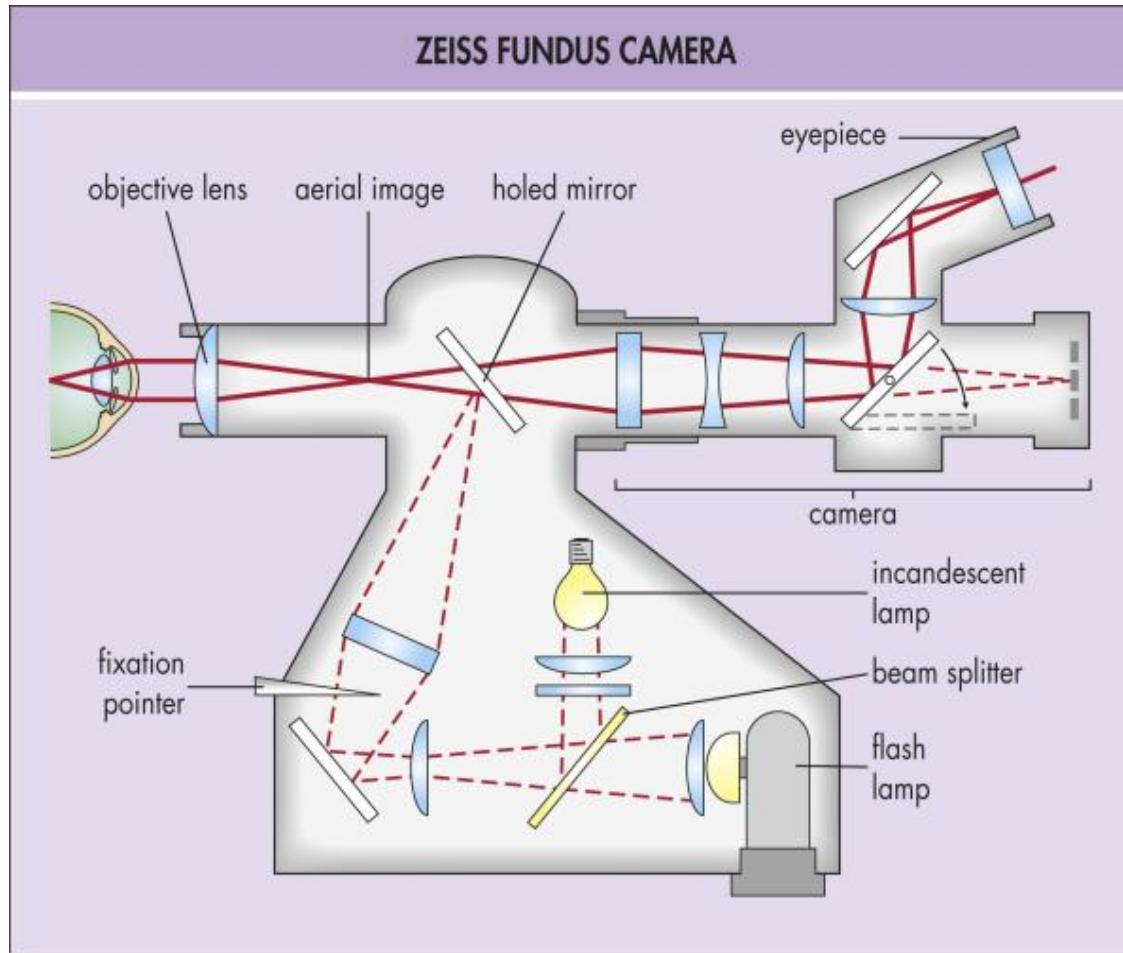
Statična perimetrija

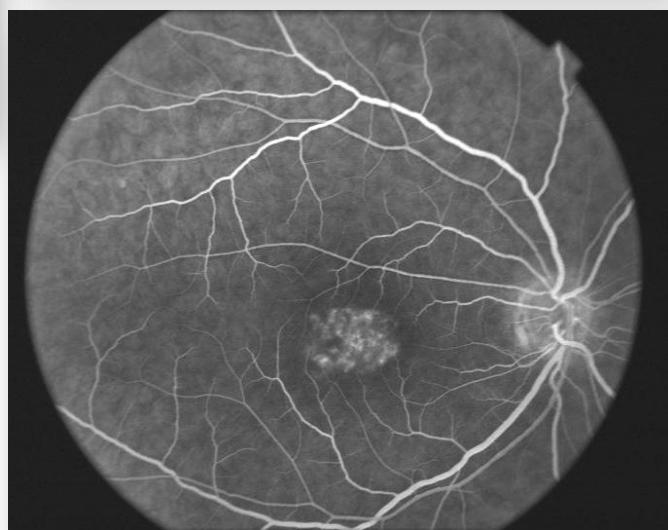
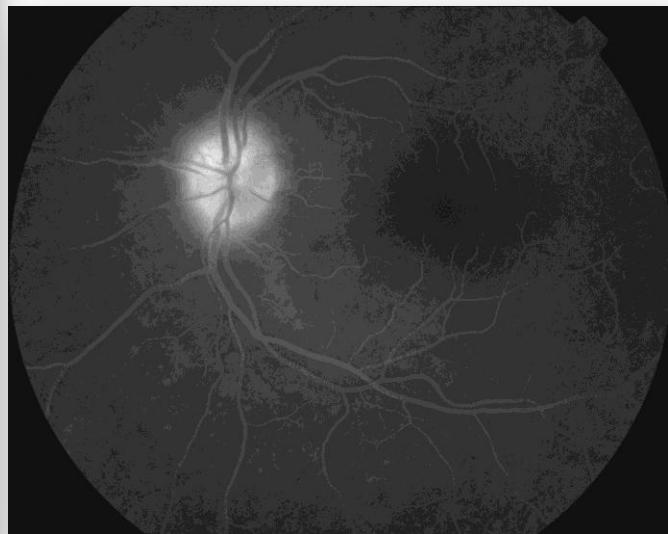
Kinetična perimetrija

Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - **Fotografija očesnega ozadja**
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave (HRT, GDx, SD-OCT)

Kamere za slikanje očesnega ozdaja





Preiskave

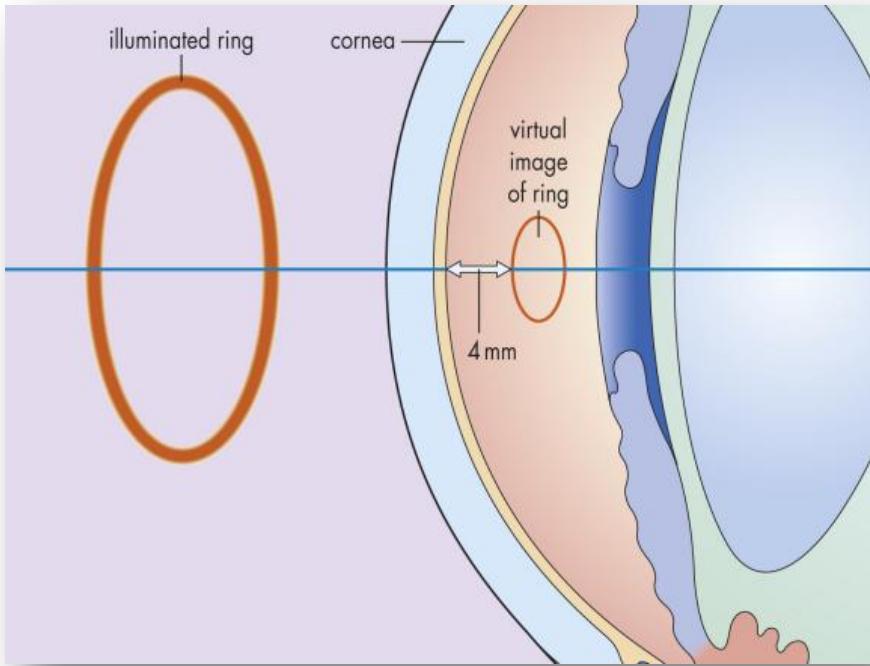
- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - **Topografija roženice**
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - Novejše slikovne preiskave(HRT, GDx, SD-OCT)

Določanje topografije roženice

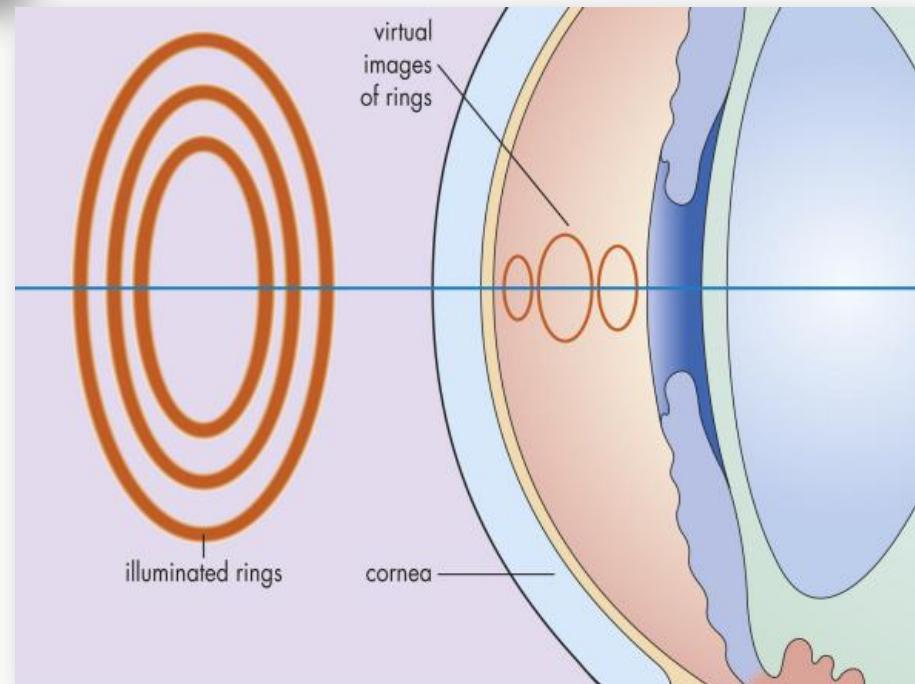


Instrument za določanje topografije roženice:

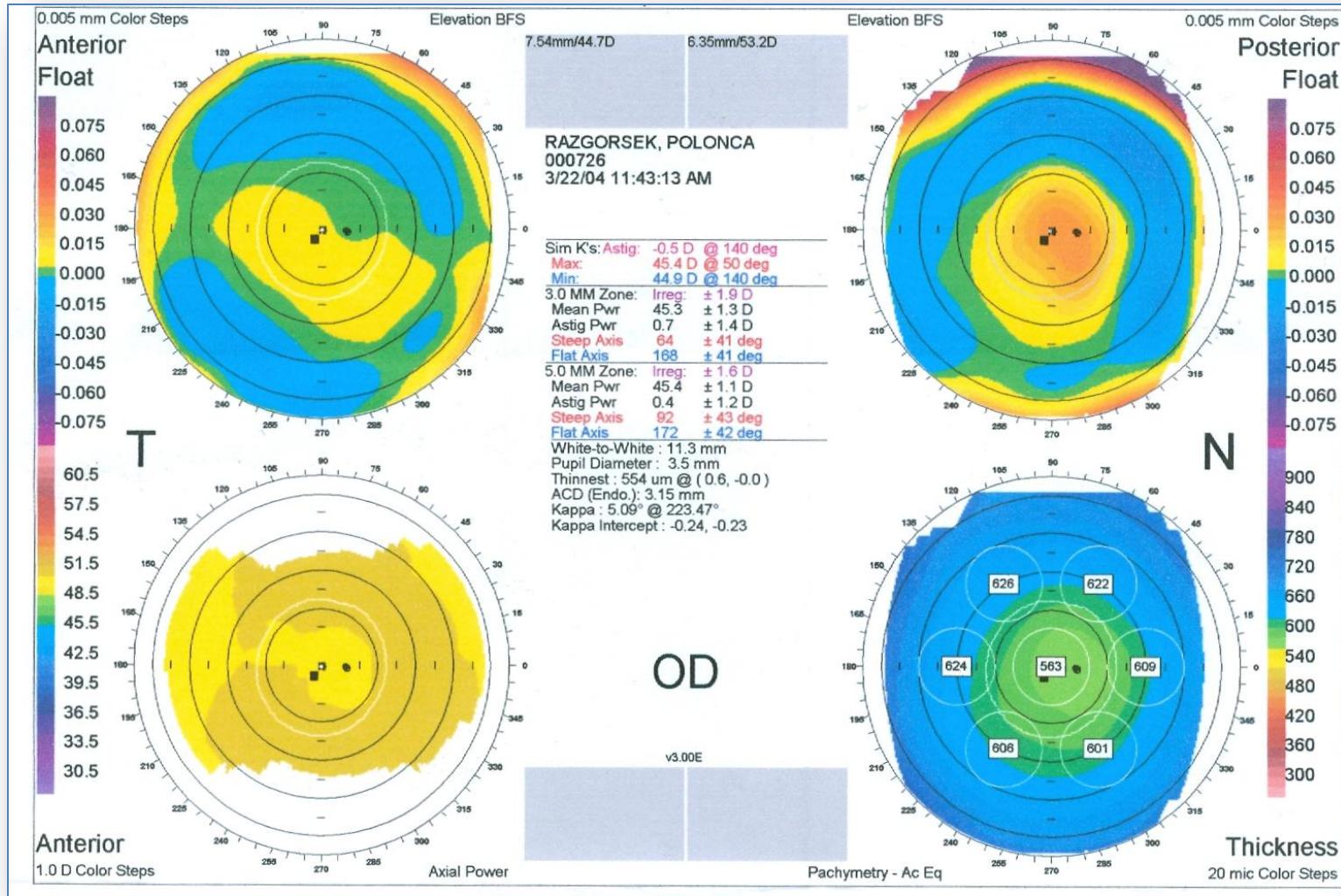
- Pri boleznih roženice (keratokonus)
- Za predpis ustrezne kontaktne leče



Placido-vi osvetljeni obroči
-Roženica kot konveksno
zrcalo
-Nastane virtualna,
pokončna slika obročev
-Ocena polmera
ukriviljenosti roženice



Sken roženice-orbsken



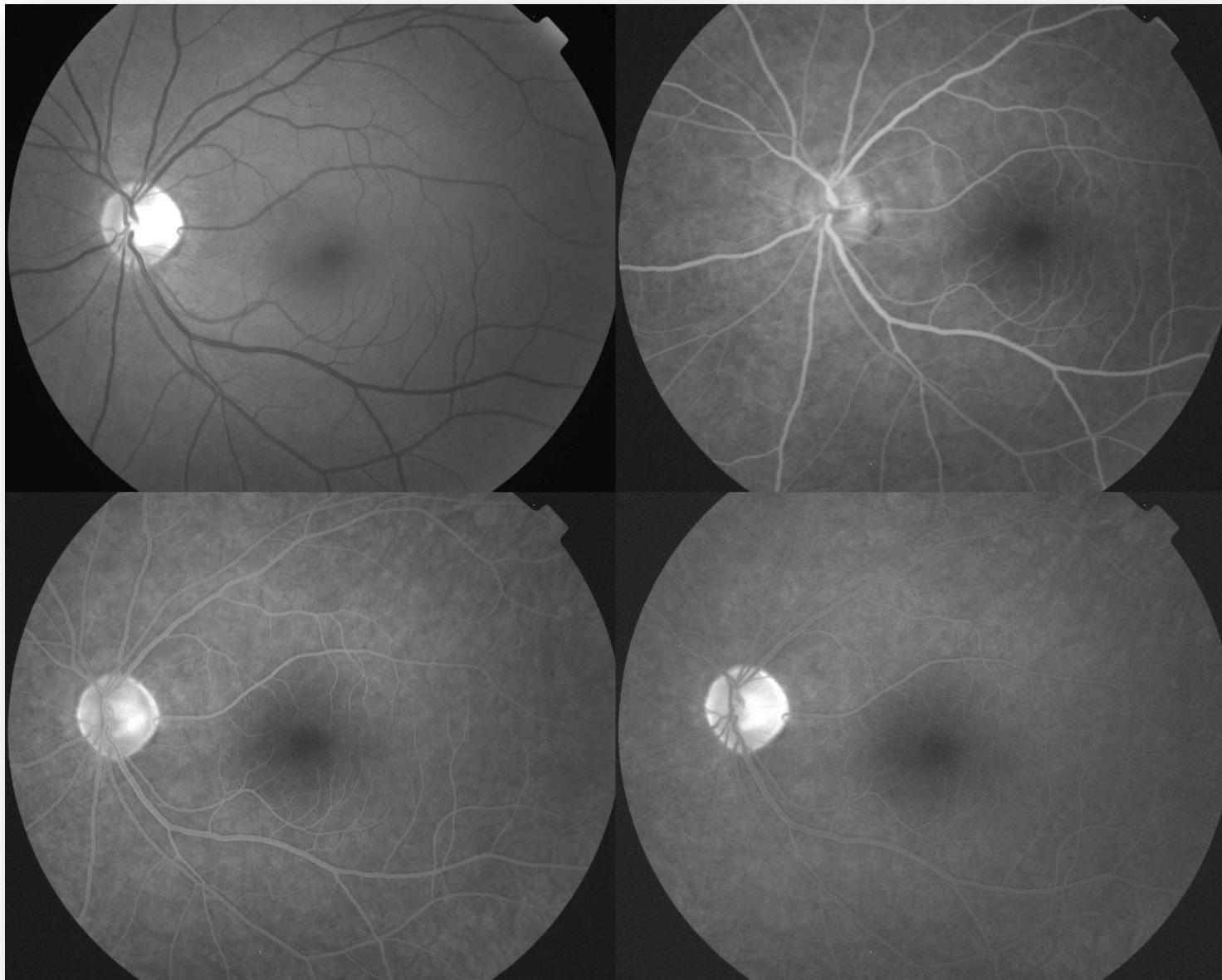
Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - **Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija**
 - Novejše slikovne preiskave(HRT, GDx, SD-OCT)

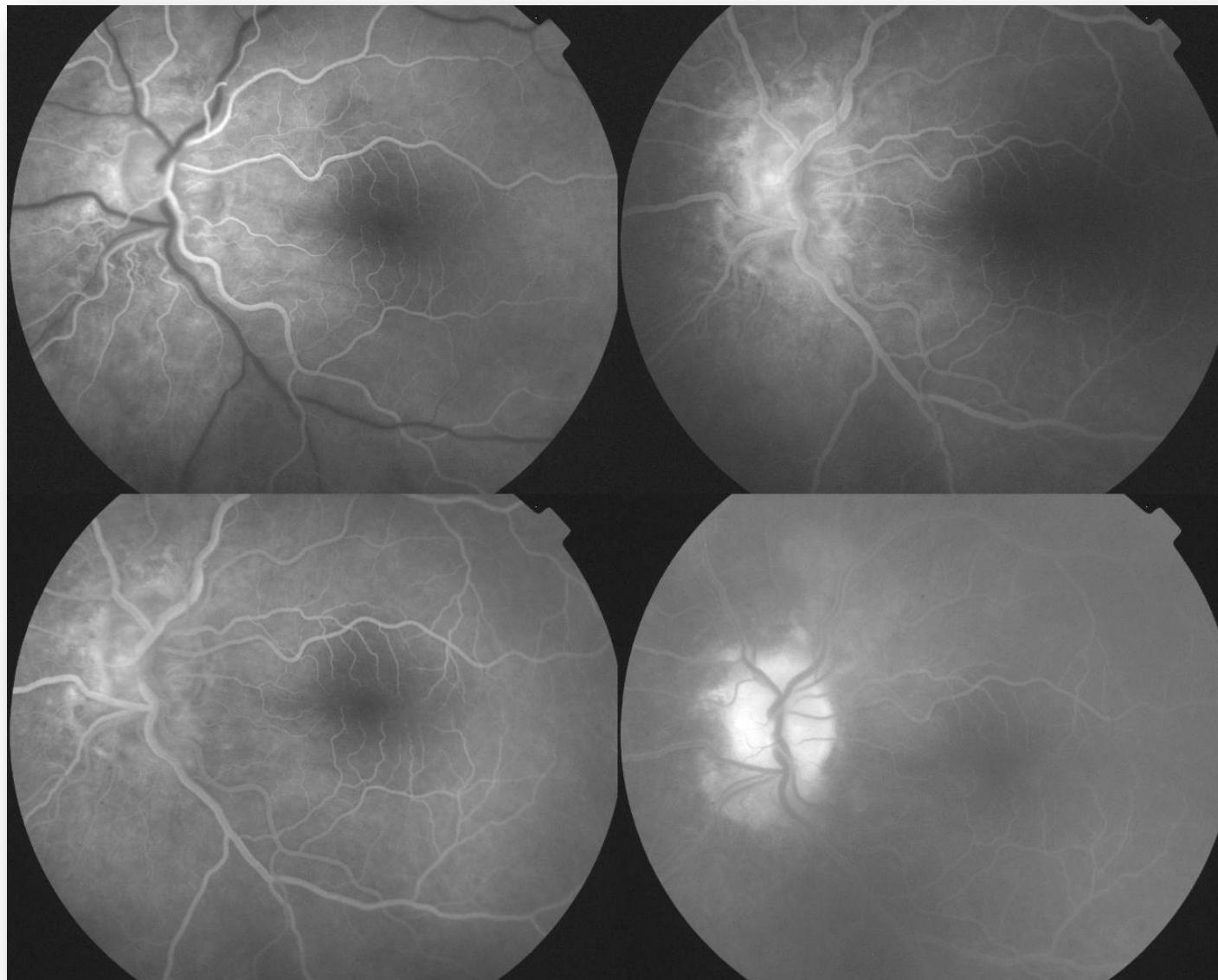
Fluoresceinska angiografija – prikaz mrežničnih žil s kontrastom



Normalen izvid fluoresceinske angiografije

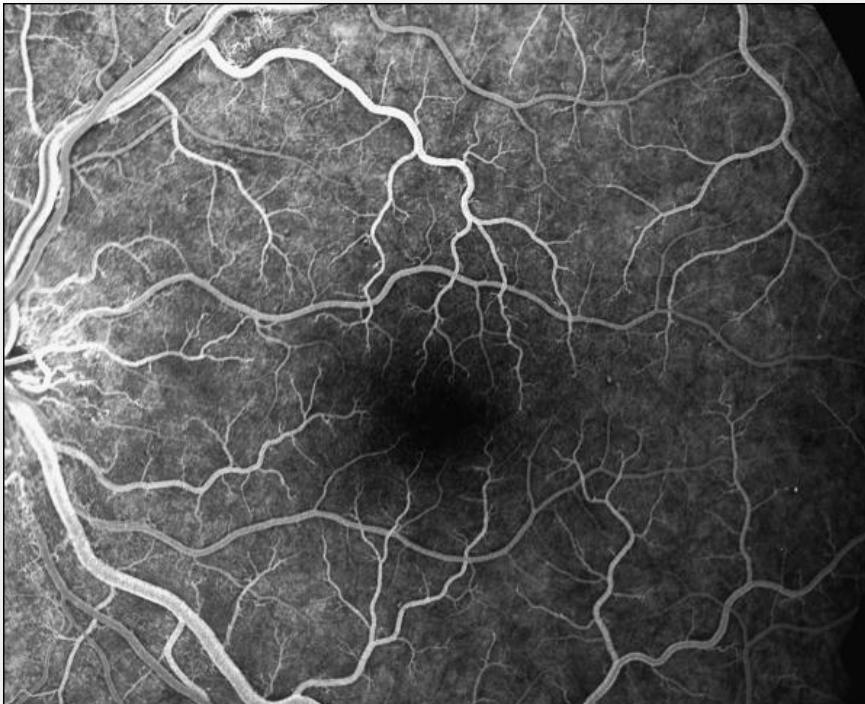


Patološki izvid fluoresceinske angiografije



Fluoresceinska angiografija

Zdravo oko



Oteklina v makuli s
puščanjem in kopiranjem
fluoresceina



Preiskave

- Določitev vidne ostrine
- Pregled s špranjsko svetilko (biomikroskop)
- Merjenje očesnega tlaka
- Pregled očesnega ozadja
- Druge preiskave:
 - Določitev širine vidnega polja
 - Fotografija očesnega ozadja
 - Topografija roženice
 - Preiskave pri boleznih očesa : Fluoresceinska angiografija
 - **Novejše slikovne preiskave**

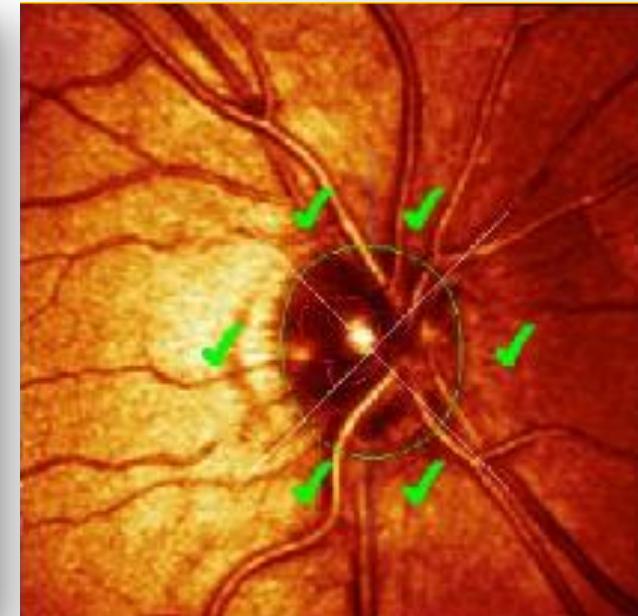
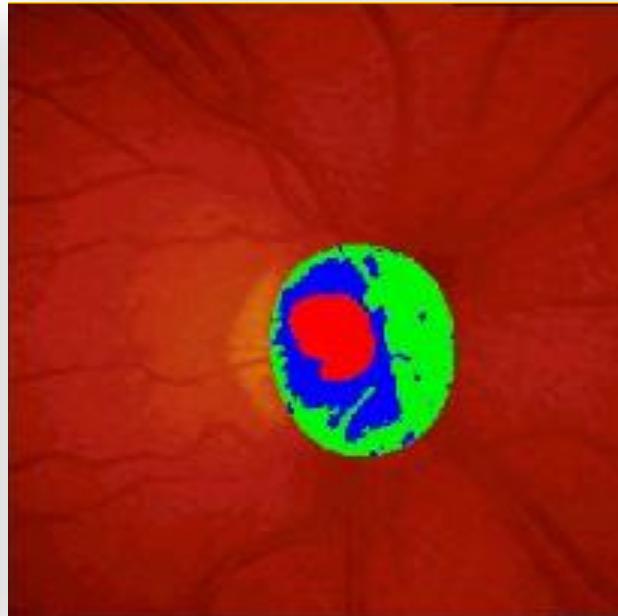
Novejše slikovne tehnike

- **Konfokalna skenirajoča laserska oftalmoskopija (CSLO)**
 - Heidelberg Retina Tomograf (HRT)
- Skenirajoča laserska polarimetrija (SLP)
 - GDx VCC (Variable Corneal Compensator), ECC (Enhanced Corneal Compensator)
- Optična koherenčna tomografija (OCT)
 - Spectral domain (SD) OCT

Konfokalna skenirajoča laserska tomografija

Heidelberg Retina Tomograf (HRT II/ HRT 3)

Za določitev topografije vidnega živca – pri glavkomu

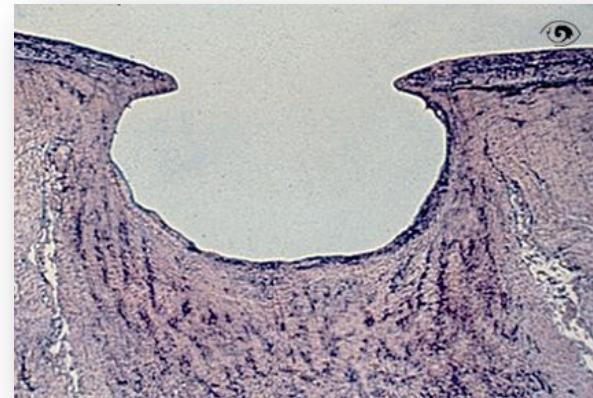
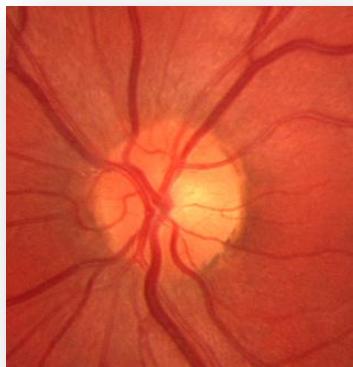


HRT I v uporabi od leta 1991

HRT II od leta 1999; HRT 3 od leta 2005

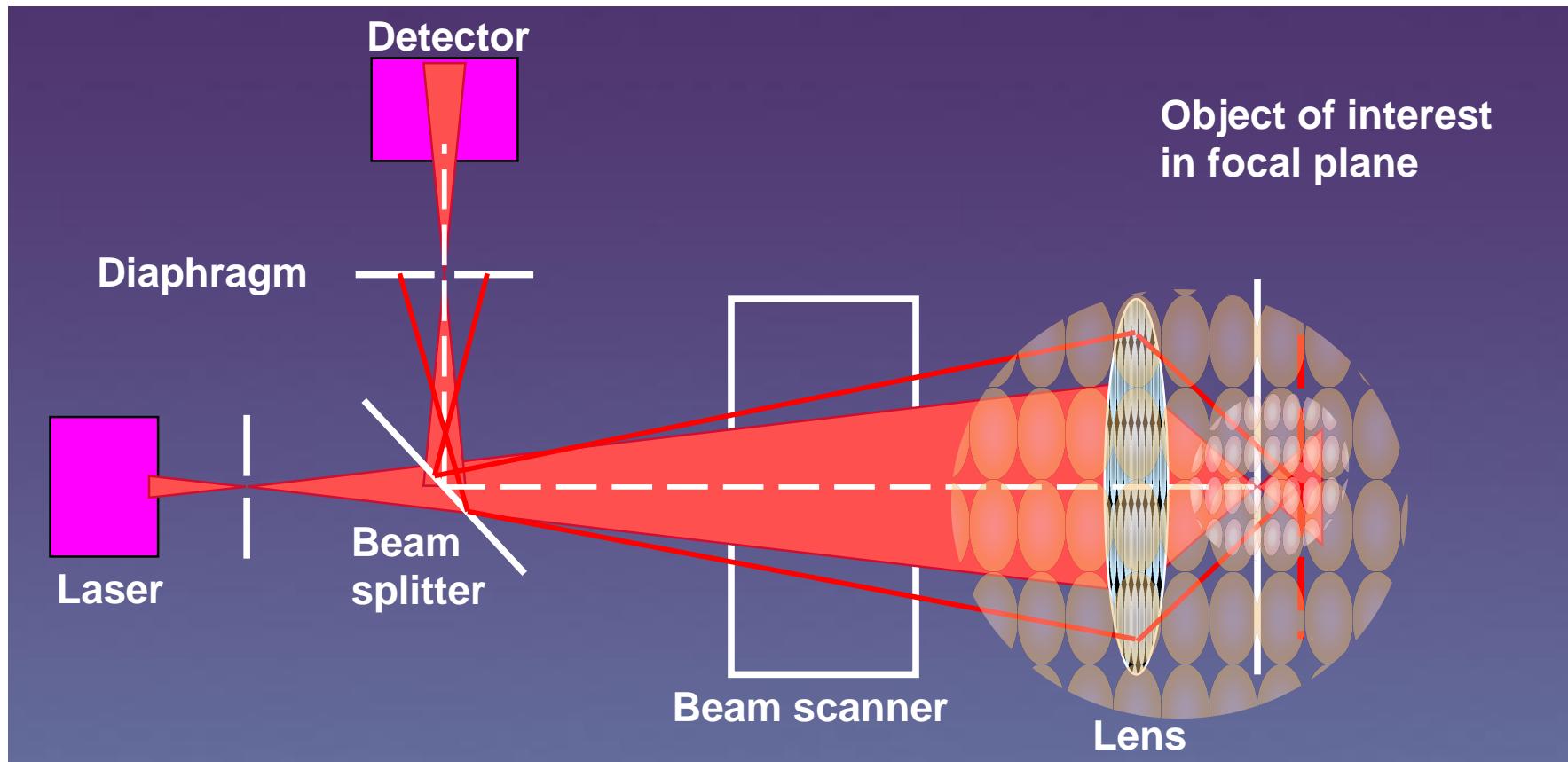
Zdrav vidni živec

Glavkom

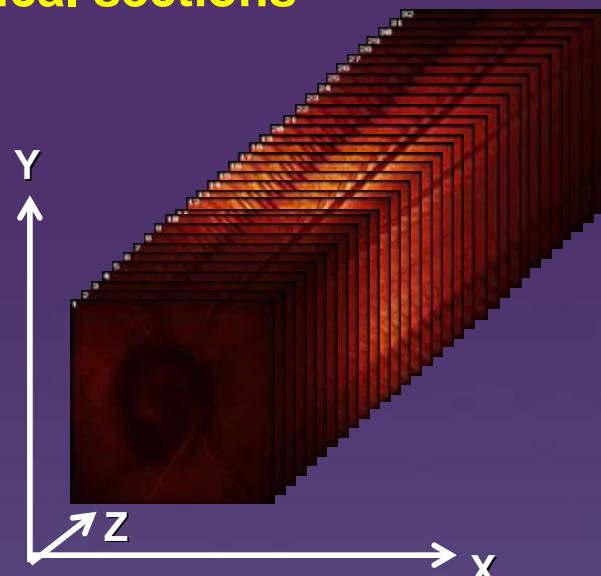


Način delovanja HRT

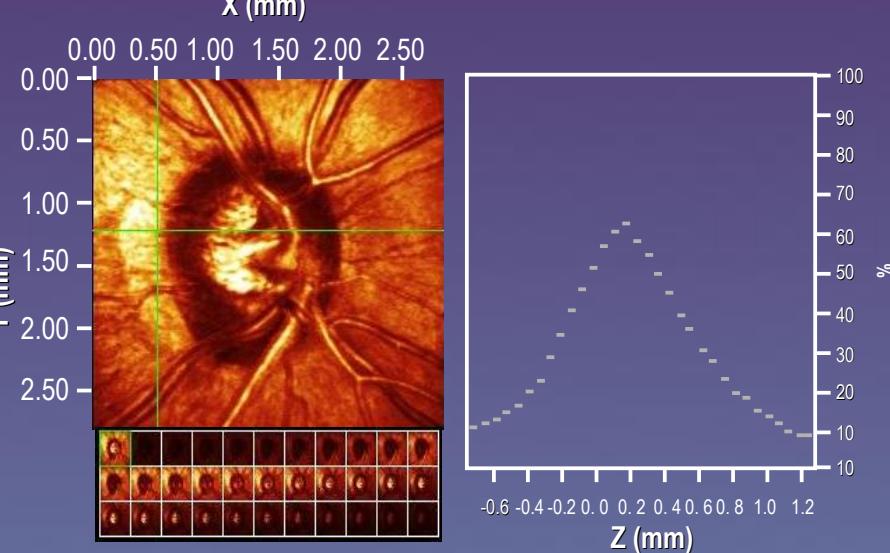
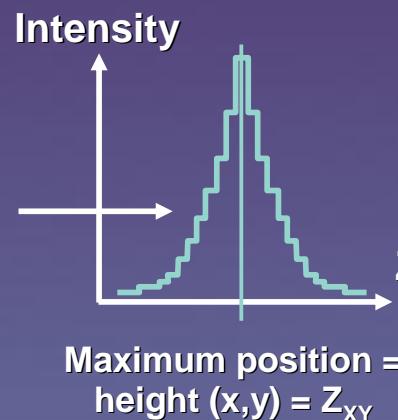
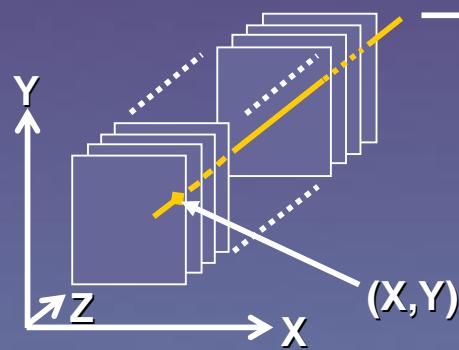
- HRT je konfokalni skenirajoči laser 670 nm



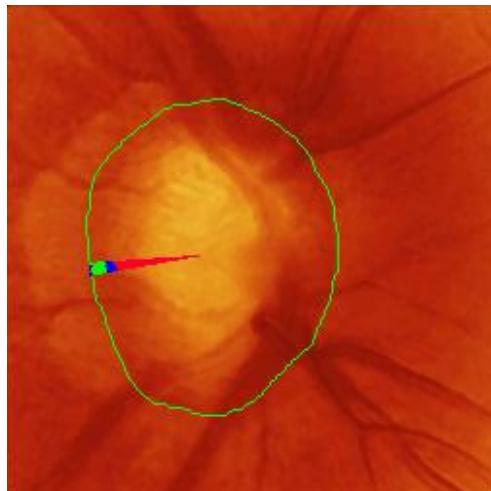
Optical sections



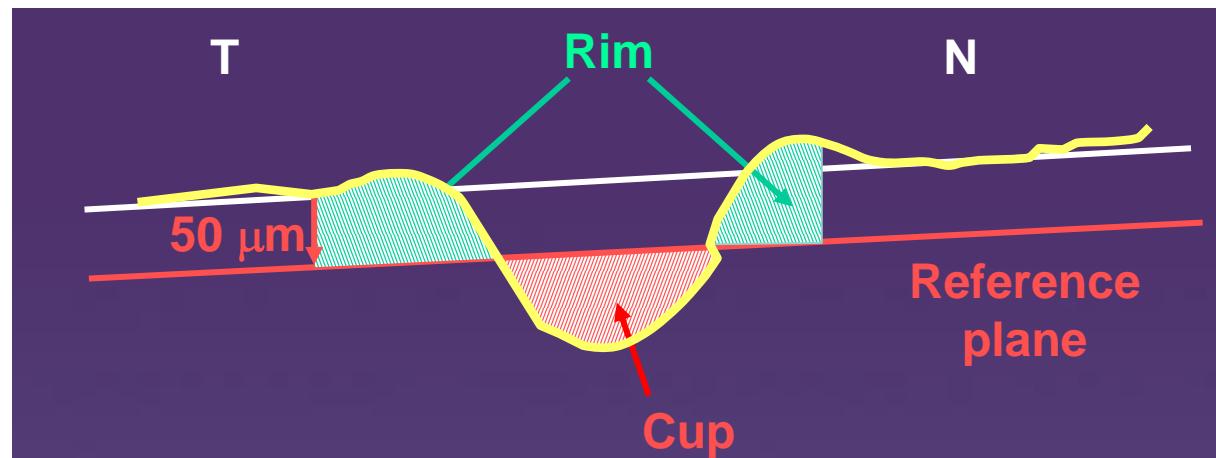
Surface height determination



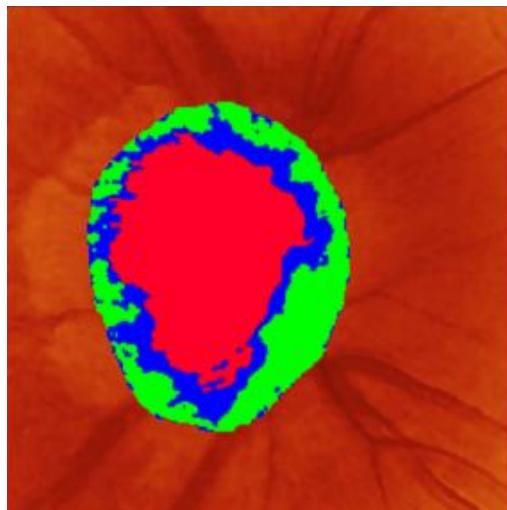
Topopografska slika



Shema prečnega prereza skozi papilo

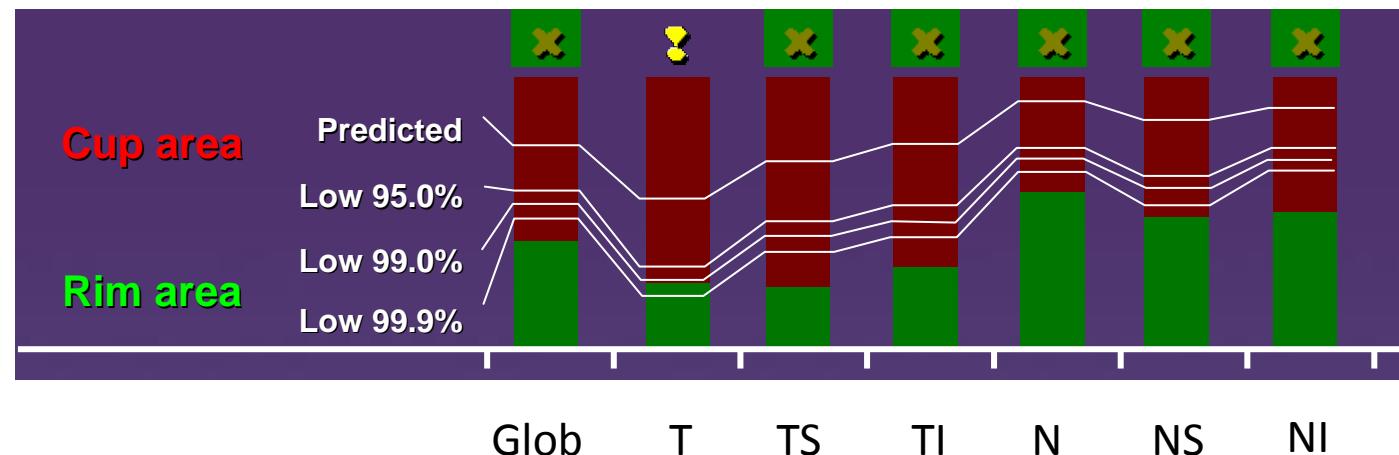
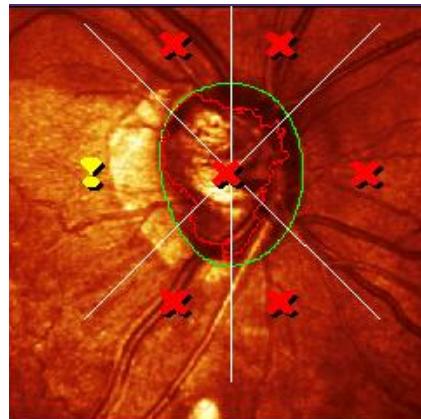


Stereometrični parametri

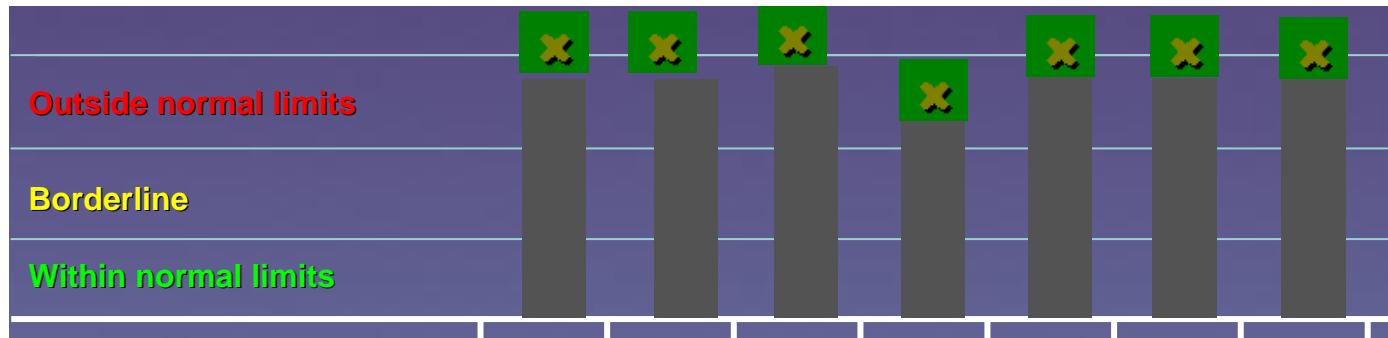
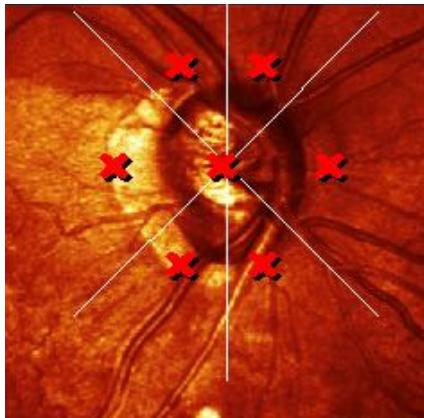


Stereometric results ONH 0°–360°	
Disc area	1.978 mm ²
Cup area	0.946 mm ²
Cup/disc area ratio	0.478
Rim area	1.032 mm ²
Height variation contour	0.193 mm
Cup volume	0.182 cmm
Rim volume	0.135 cmm
Mean cup depth	0.224 mm
Maximum cup depth	0.504 mm
Cup shape measure	-0.074
Mean RNFL thickness	0.117 mm

Moorfieldska regresijska analiza (MRA)

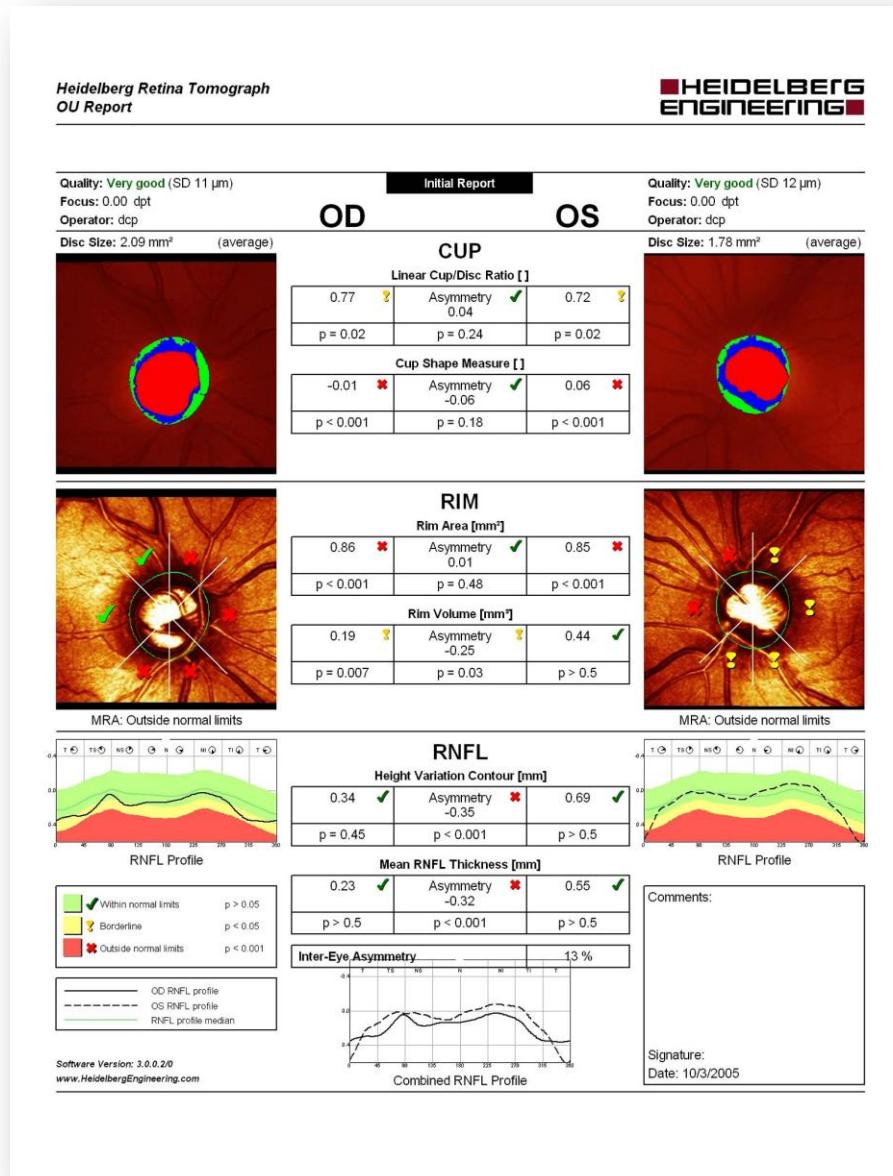


Glaucoma probability score (GPS)



Razdelitev je statistična; diagnoza glavkom je klinična odločitev, temelji na drugih rezultatih pregleda, anamneze

Standardni izvid HRT 3

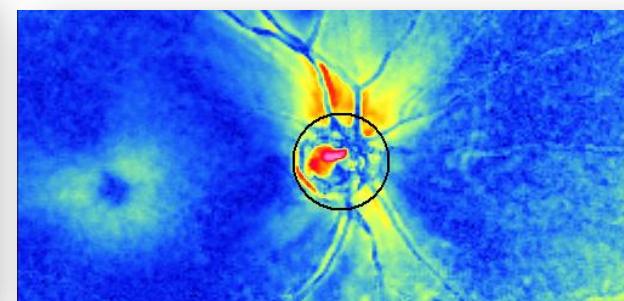


Slikovne tehnike

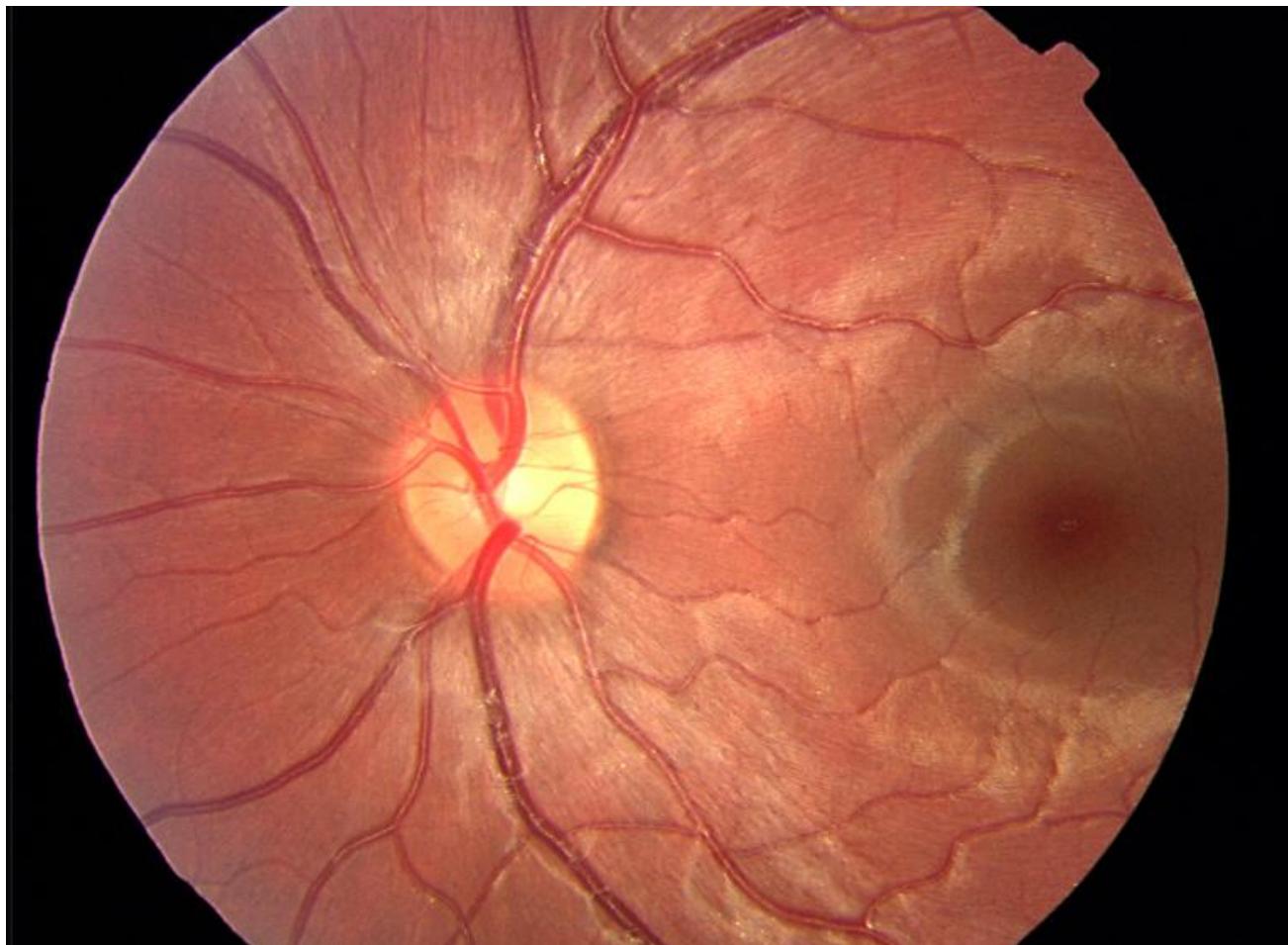
- Konfokalna skenirajoča laserska oftalmoskopija (CSLO)
 - Heidelberg Retina Tomograf (HRT)
- Skenirajoča laserska polarimetrija (SLP)
 - GDx VCC (Variable Corneal Compensator), ECC (Enhanced Corneal Compensator)
- Optična koherenčna tomografija (OCT)
 - Spectral domain (SD) OCT

Skenirajoča laserska polarimetrija (SLP)

- GDx VCC od leta 2003, ECC od leta 2007 (Carl Zeiss, Meditec)
- Za meritev debeline plasti živčnih vlaken : bolezni vidnega živca glavkom,..

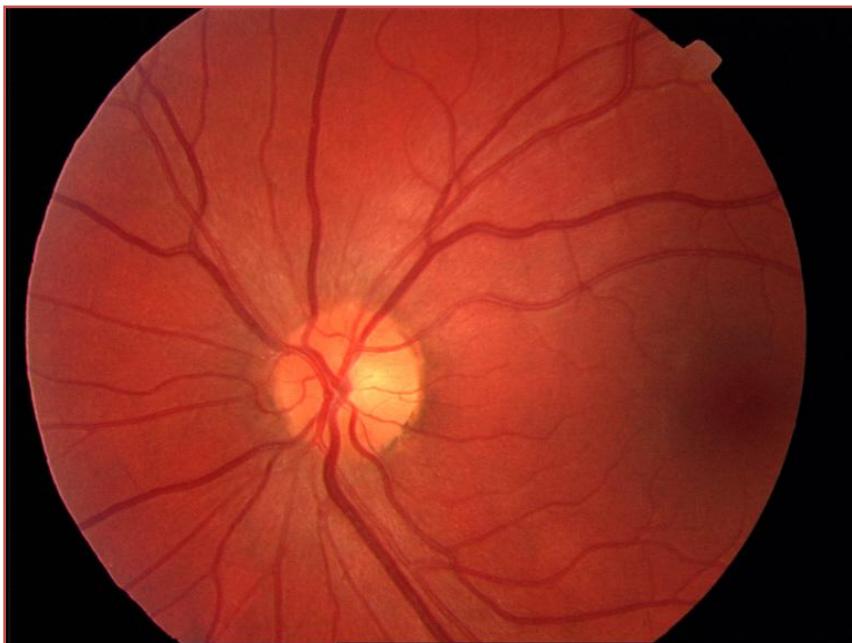


Zdravo oko – plast živčnih vlaken, ki se združijo v vidni živec



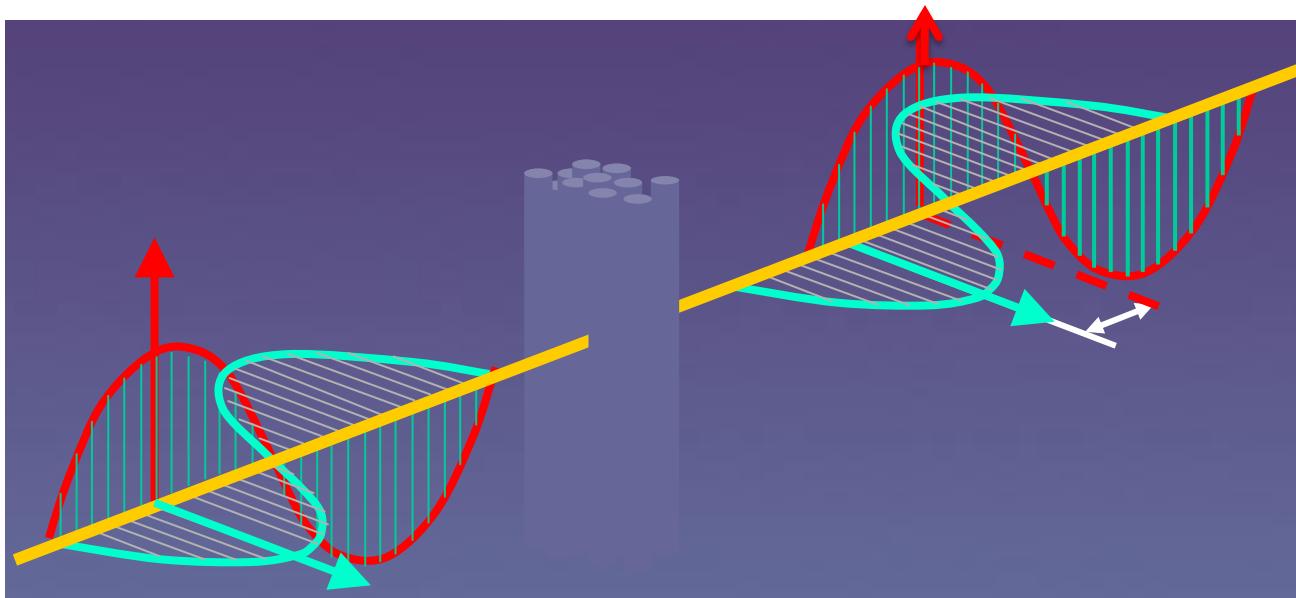
Zdrav vidni živec

Glavkom



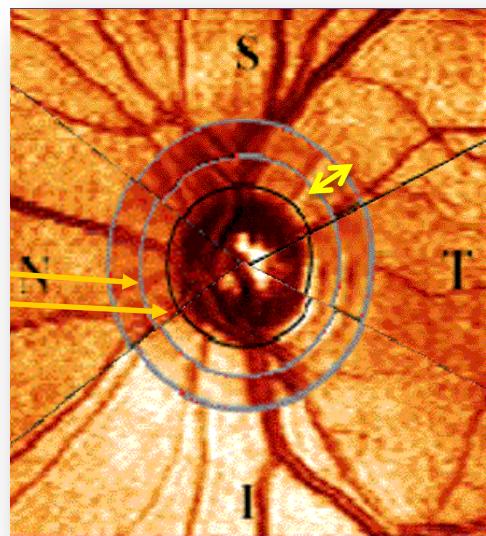
Način delovanja SLP

- Shema: zakasnitev polarizirane svetlobe zaradi dvolomnosti materiala
- GDx meri debelino RNFL na temelju zakasnitve polarizirane svetlobe

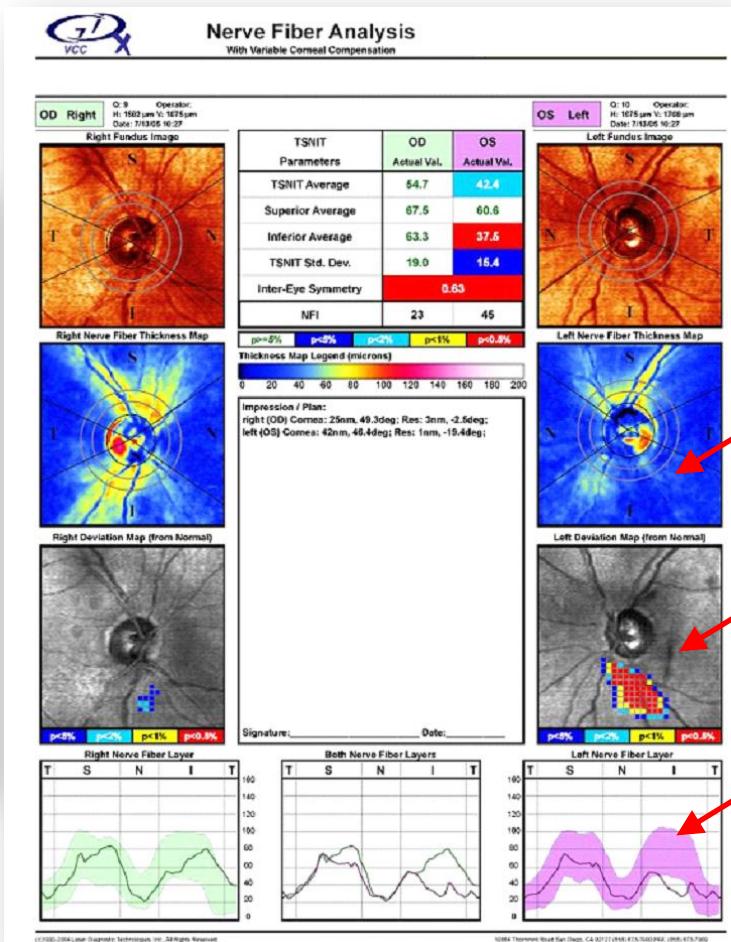
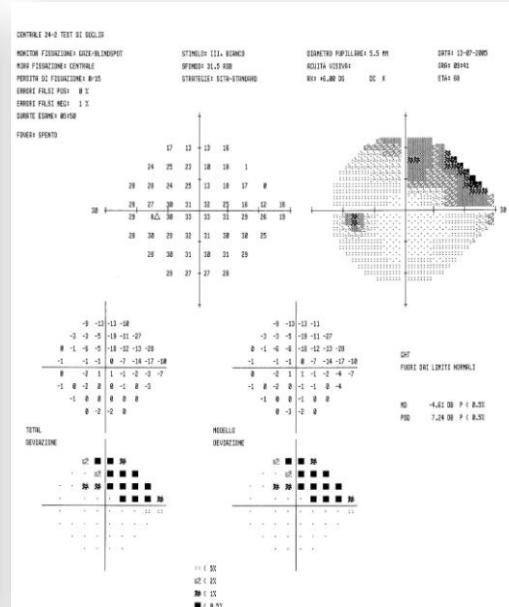
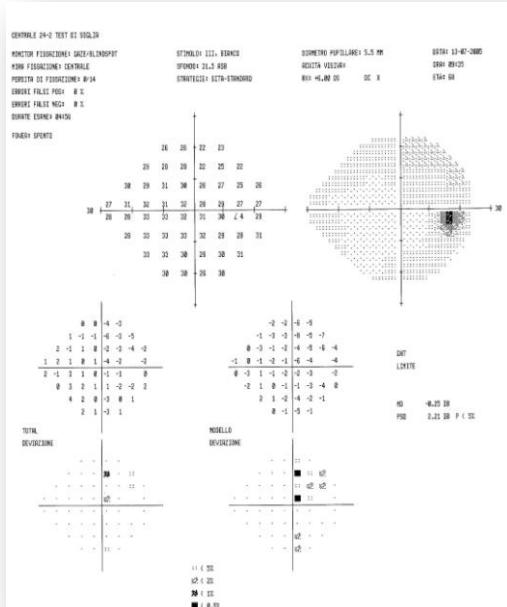


TSNIT parametri (Temporal-superior-nasal-inferior-temporal)

- Vrednosti TSNIT predstavljajo meritve retardacije in so izmerjene v krogu centriranem na papilo
- TSNIT parametri so izračunani znotraj kroga, vrednosti retardacije so konvertirane v ustrezne vrednosti debeline RNFL



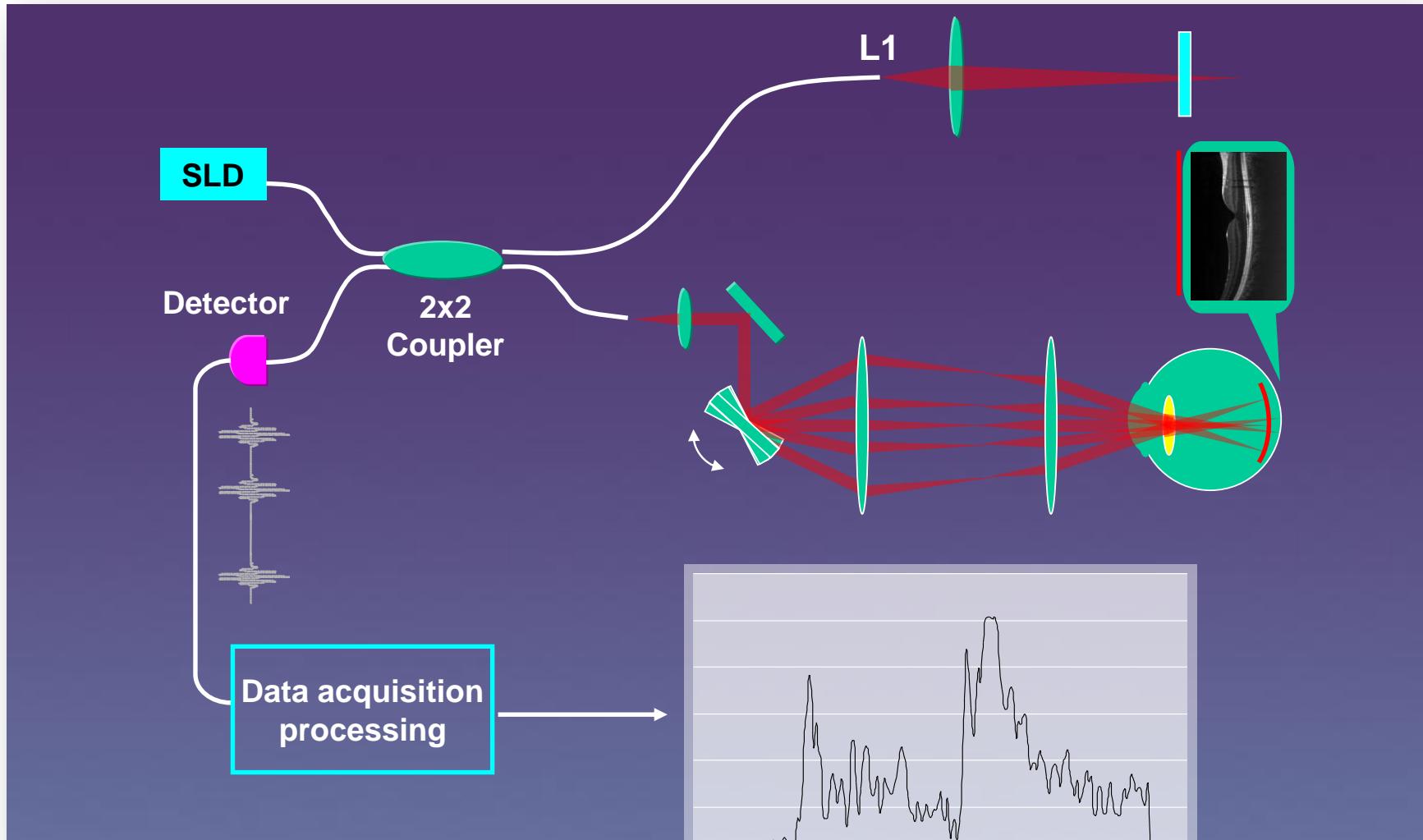
POAG



Slikovne tehnike

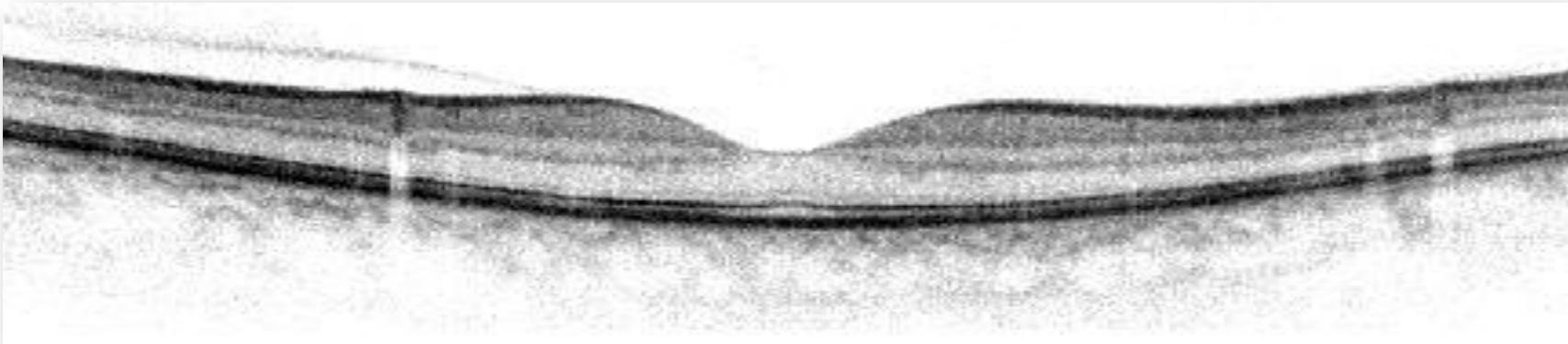
- Konfokalna skenirajoča laserska oftalmoskopija (CSLO)
 - Heidelberg Retina Tomograf (HRT)
- Skenirajoča laserska polarimetrija (SLP)
 - GDx VCC (Variable Corneal Compensator), ECC (Enhanced Corneal Compensator)
- Optična koherenčna tomografija (OCT)
 - Spectral domain (SD) OCT

Princip delovanja OCT



Optična koherenčna tomografija (OCT)- kot svetlobni ultrazvok; dobimo presek presek skozi mrežnico

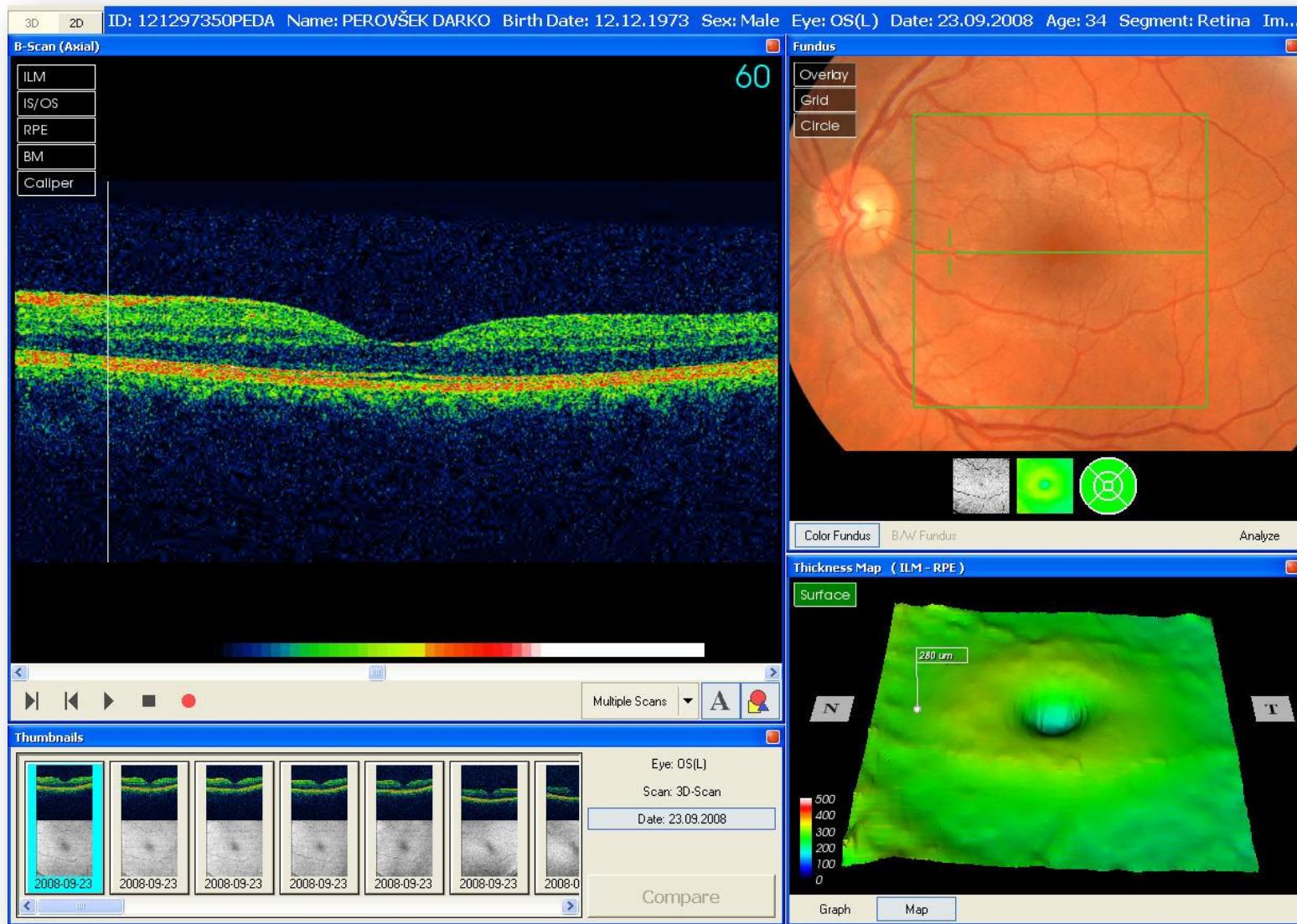
- Spectral (Fourier) domain OCT: aksialna ločljivost 3-6 μm



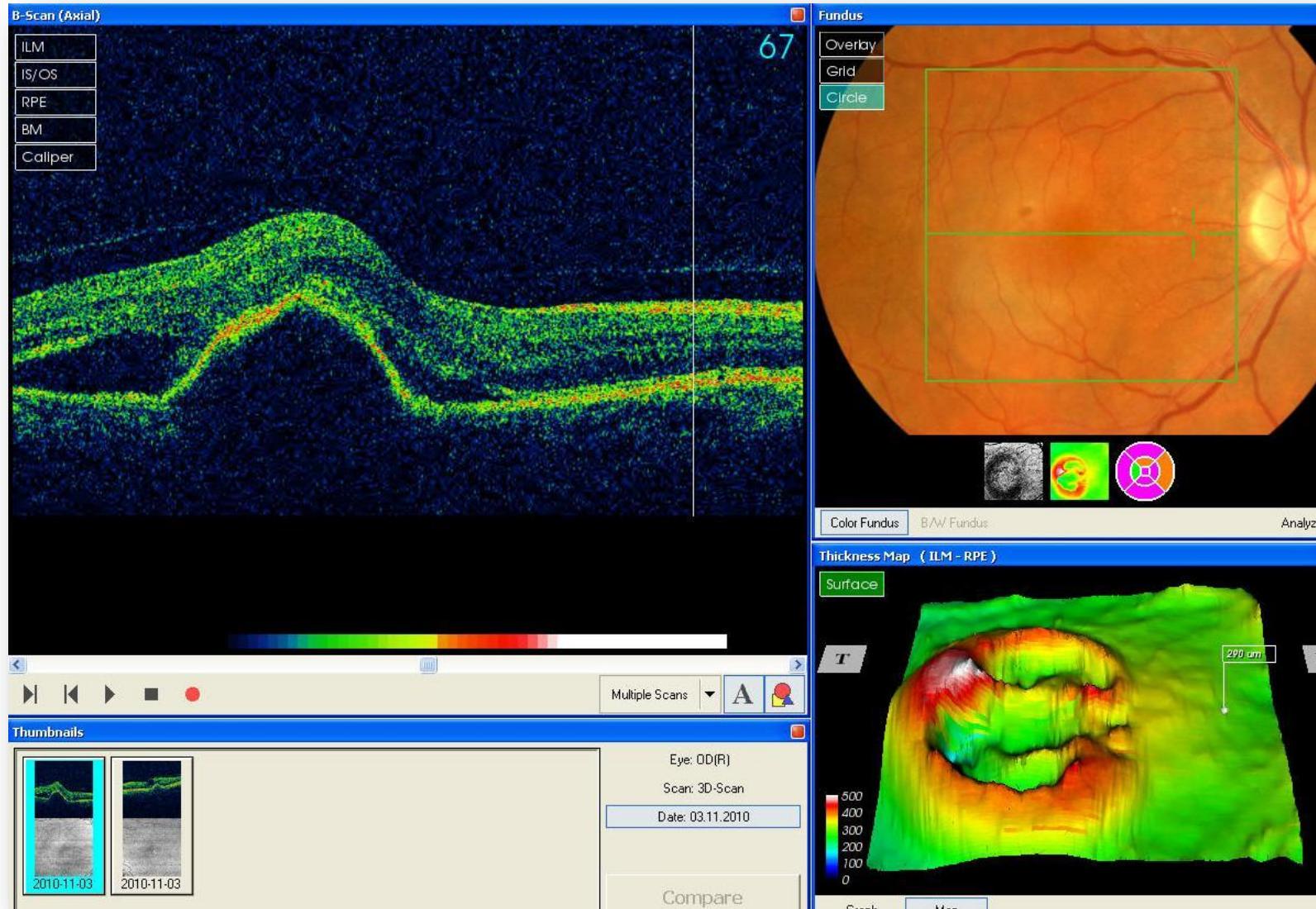
Uporabljamo :

- Za odkrivanje/spremljanje in zdravljenje bolezni mrežnice (starostna degeneracija rumene pege, idr)
- Za spremljanje bolezni vidnega živca (glavkom)

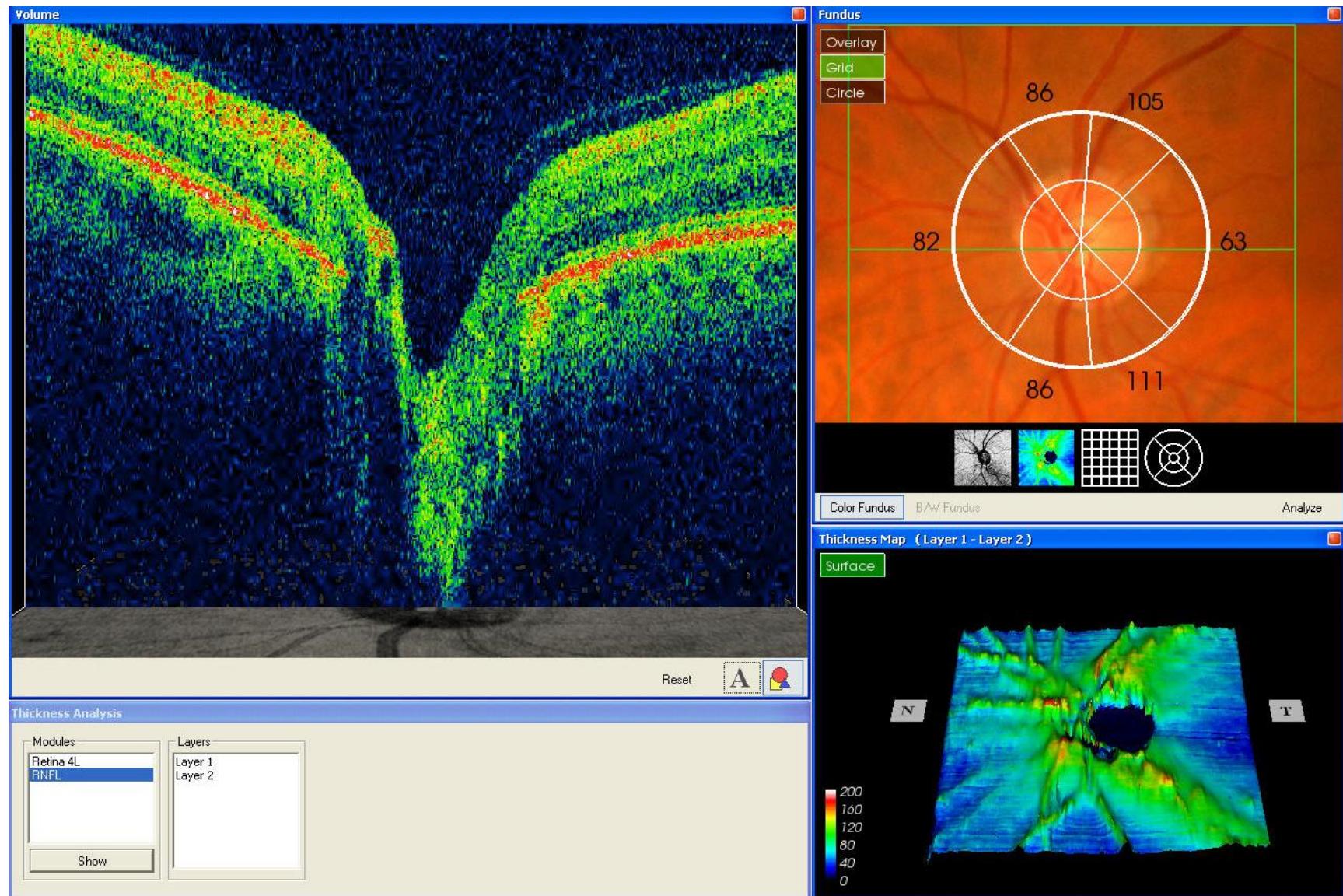
OCT zdravo oko – rumena pega (makula)



OCT bolnika s starostno degeneracijo makule



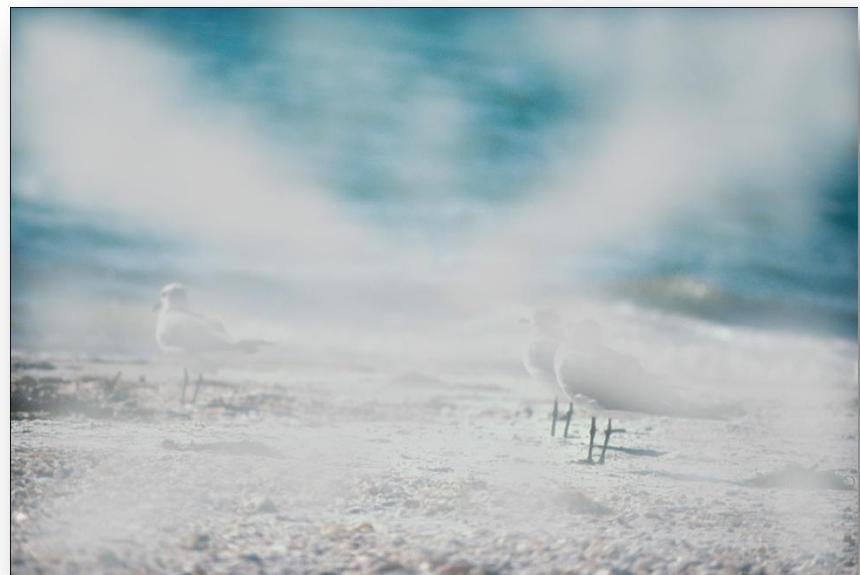
OCT (Topcon 3d1000) sken



Zaključek

- Novi instrumenti so nam pomoč pri odkrivanju, zdravljenju in spremljanju bolezni
- Hitro spreminjanje /izboljšave slikovnih tehnik in računalniških programov
- Težko spremljanje pri nekaterih počasi potekajočih boleznih (npr. glavkom)

Okvara vidnega živca



Hvala za pozornost!