

Protesi visive

giovanni.vozzi@unipi.it

Anatomia dell'occhio

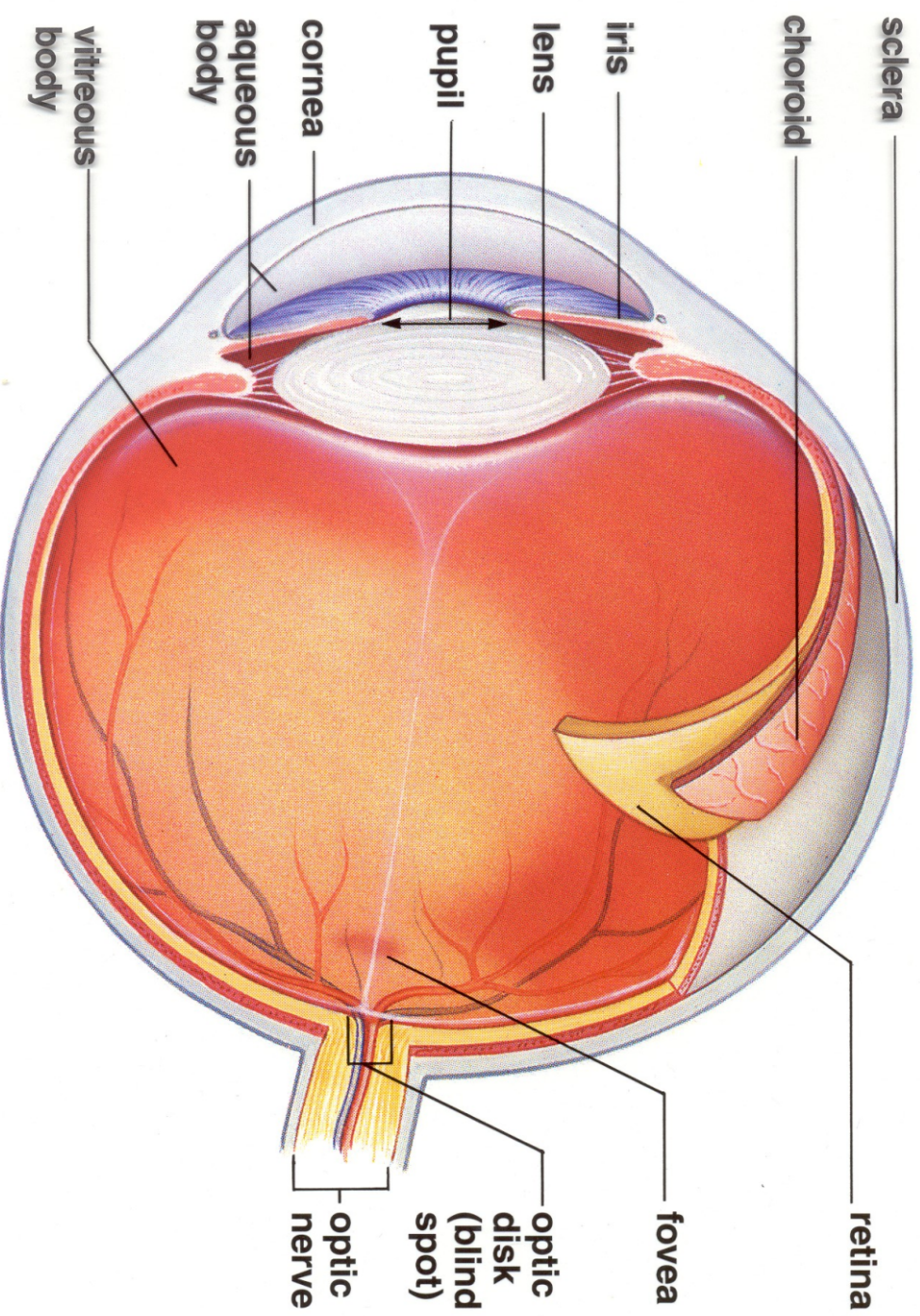
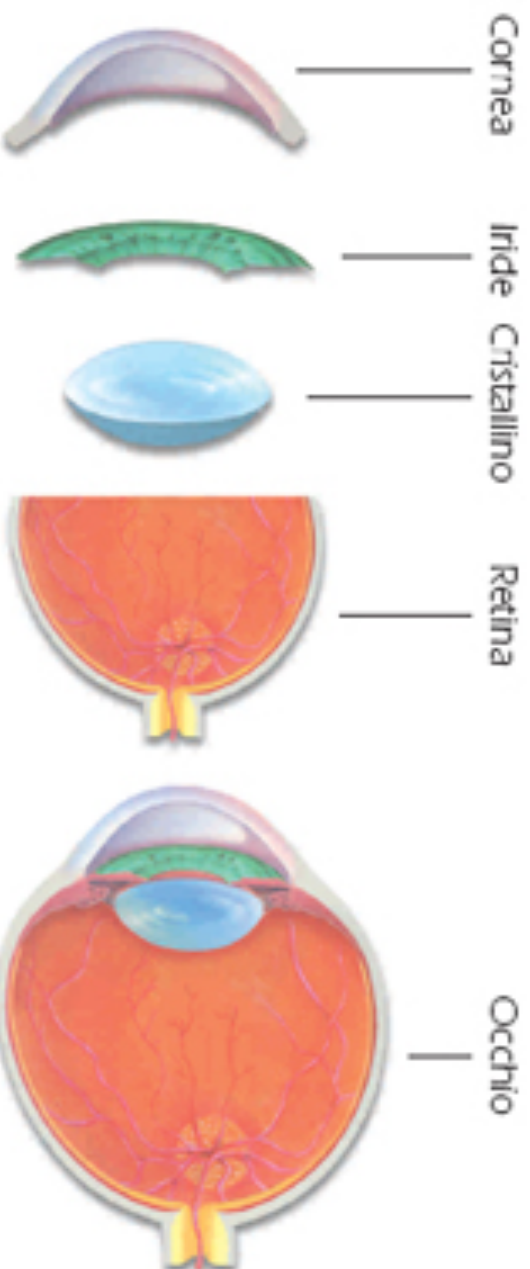
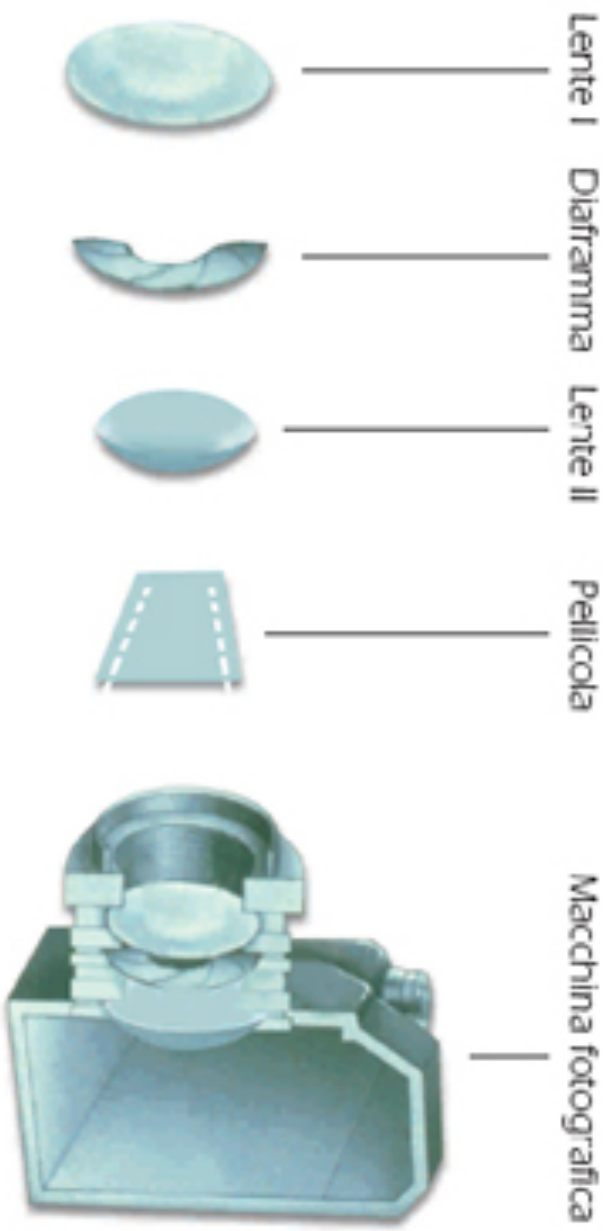


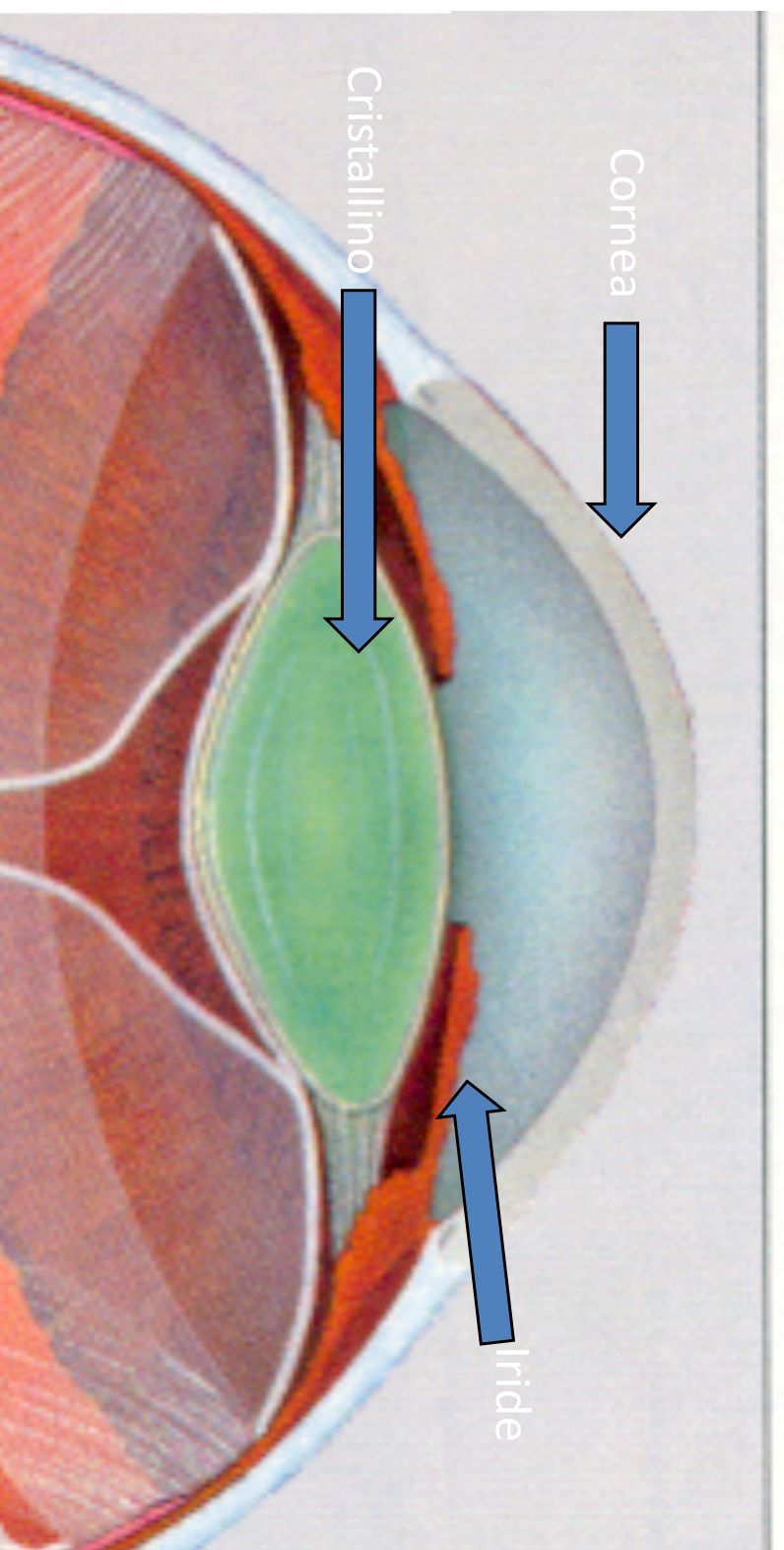
Fig. 32.30 Structure of the human eye.



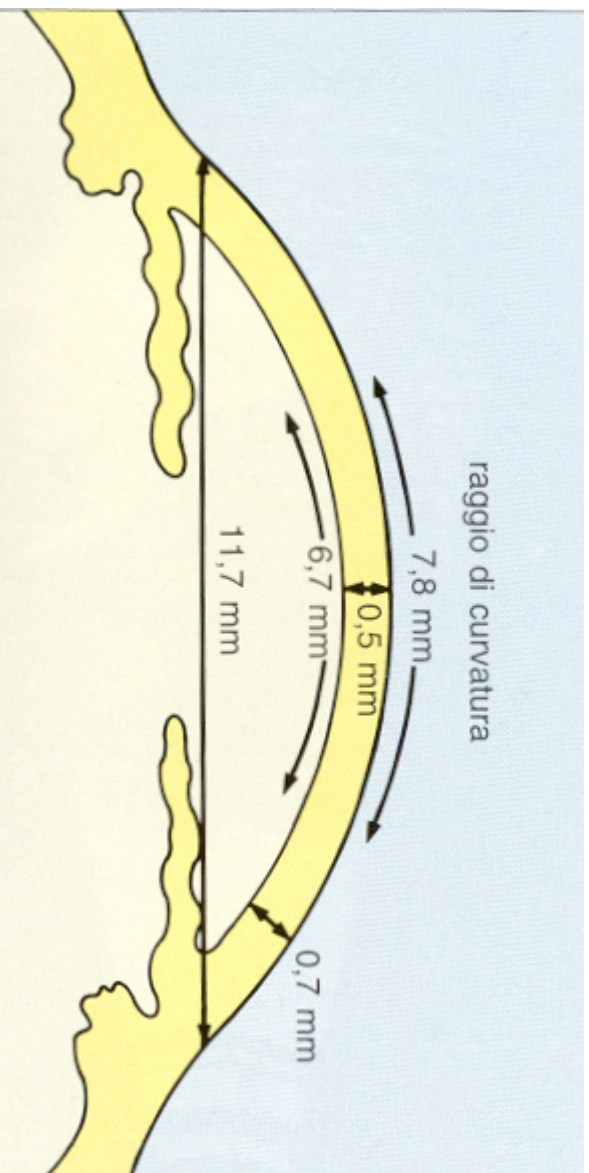
Segmento anteriore

Segmento posteriore

Segmento anteriore

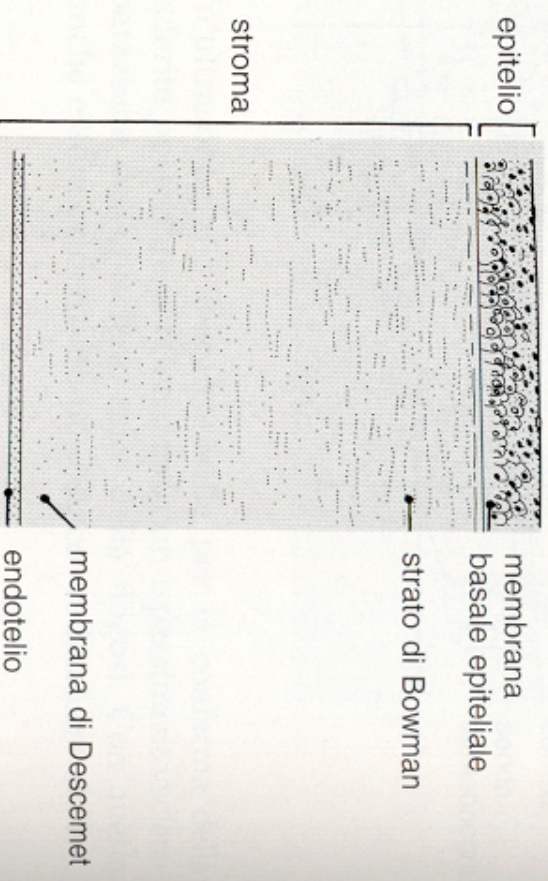


Cornea

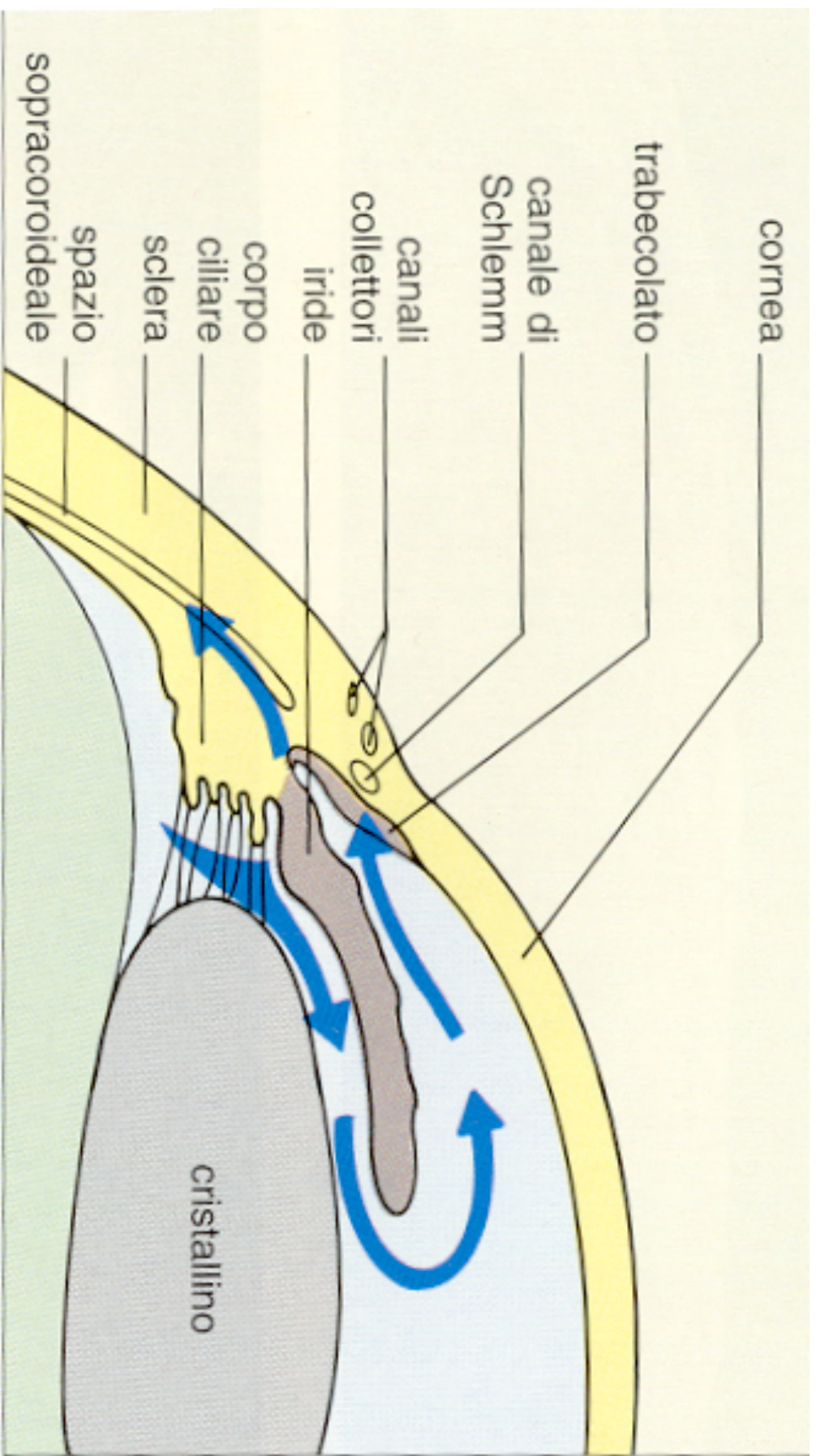


Potere diottrico

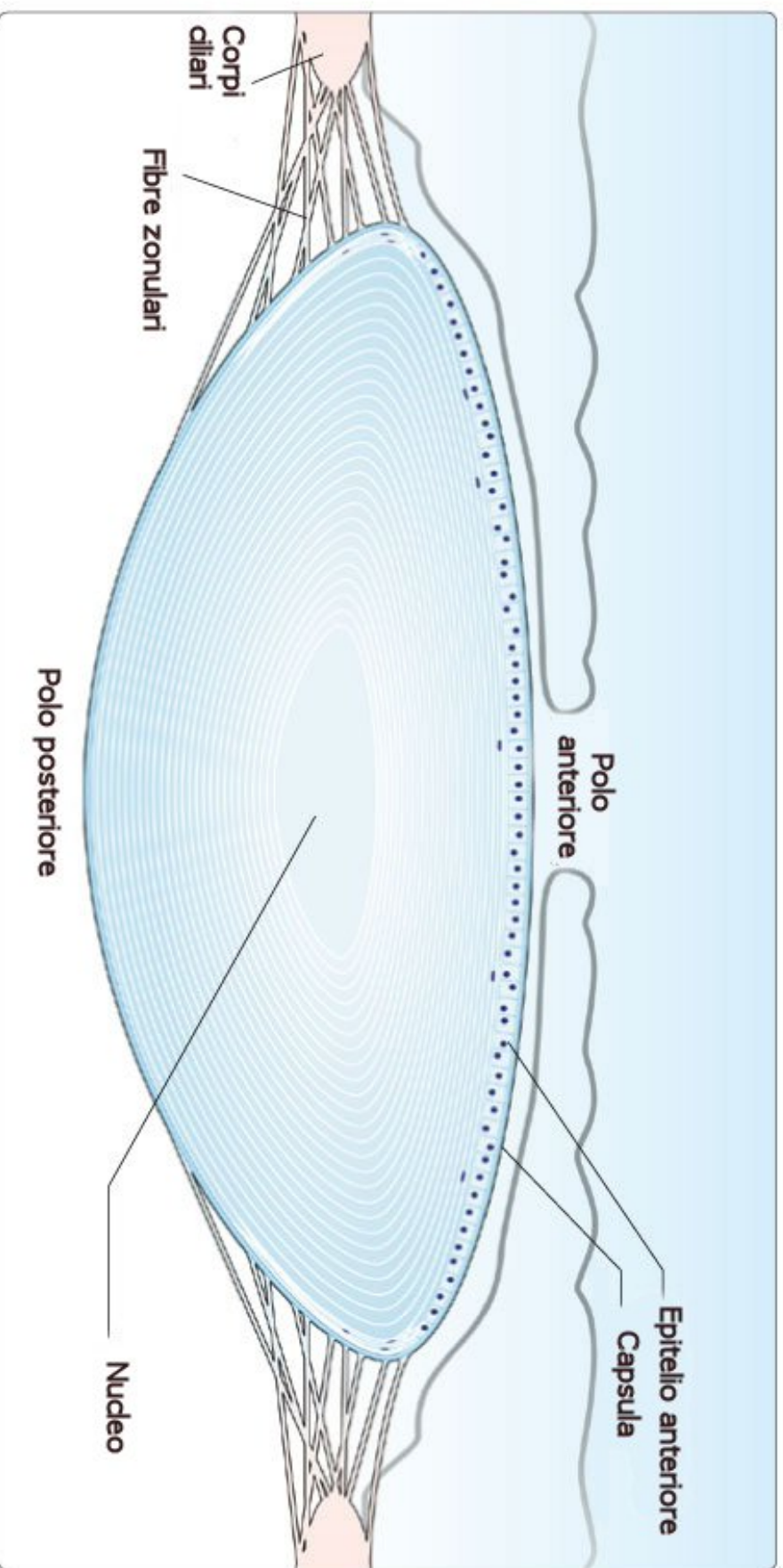
Circa +42 D



Angolo

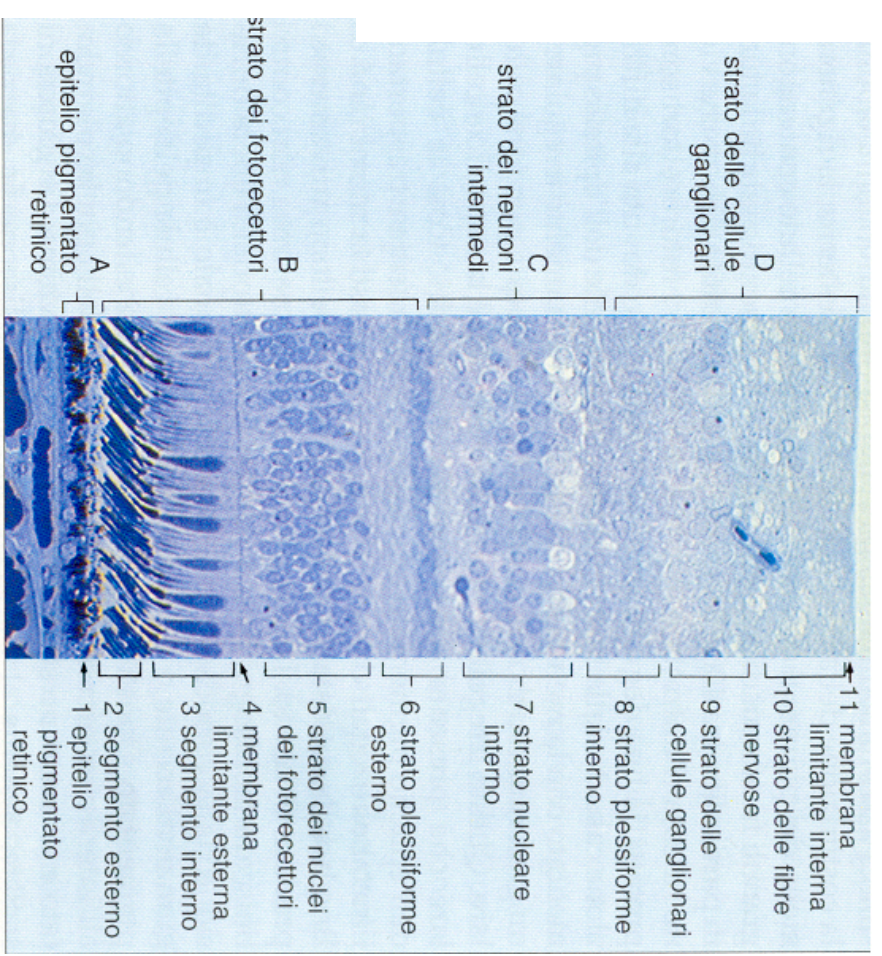
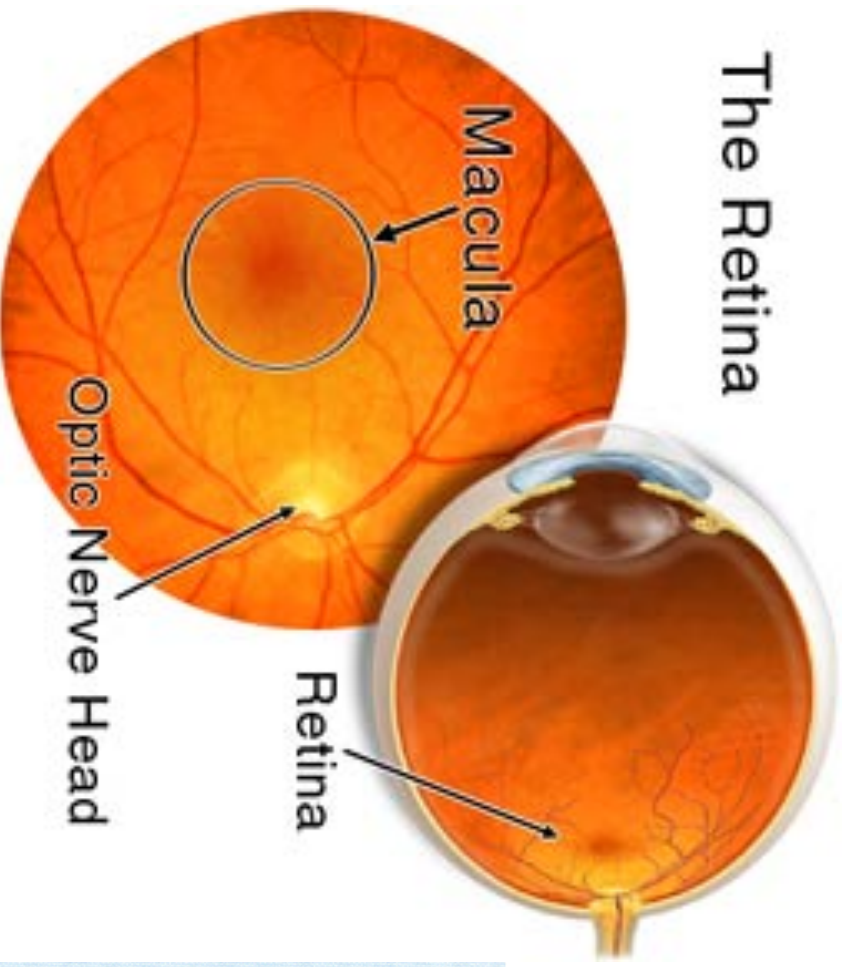


Lente (+19 - +33 D)

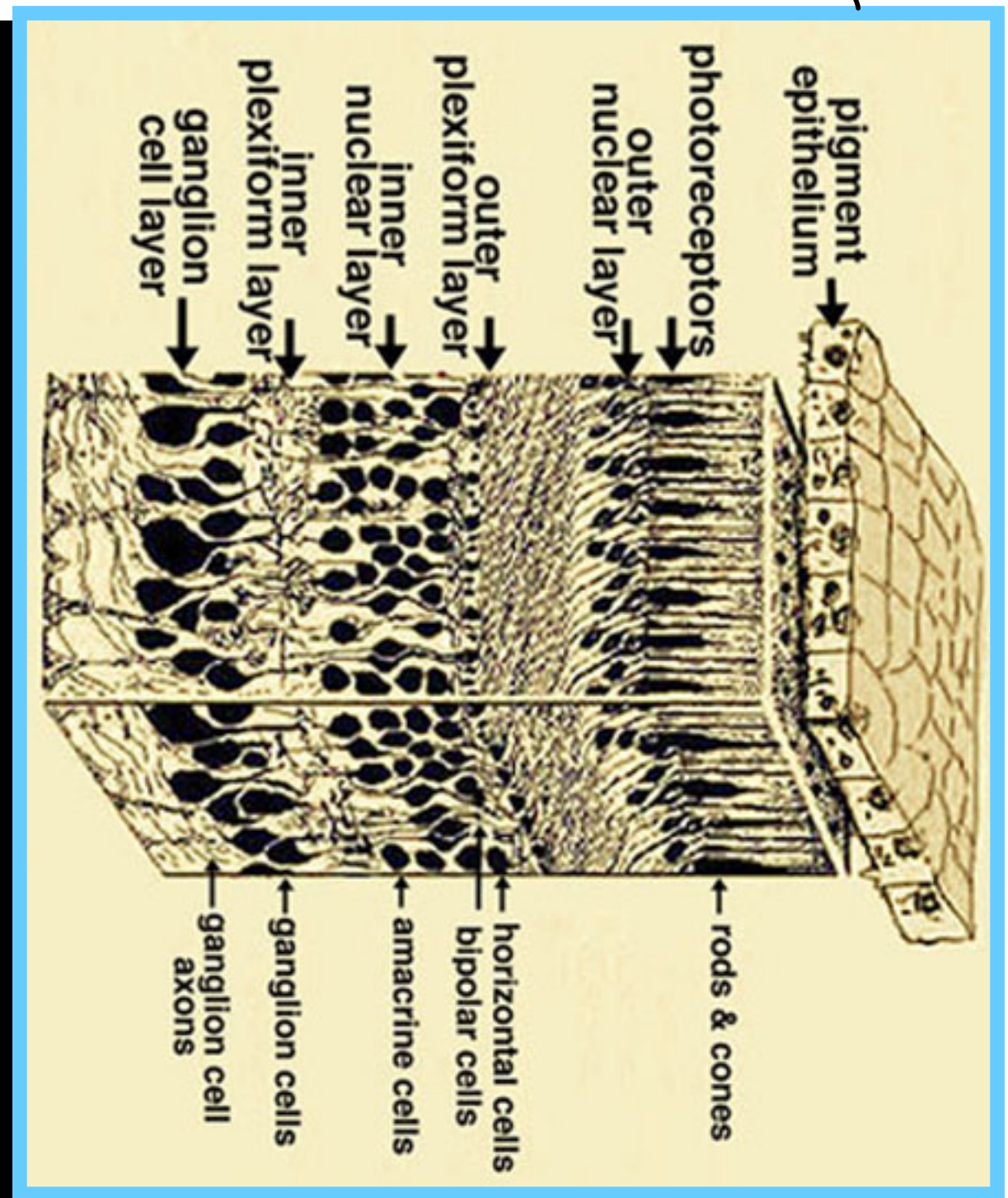
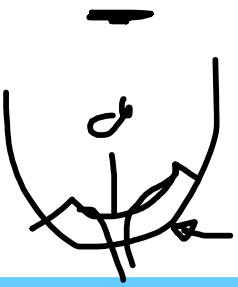


Retina

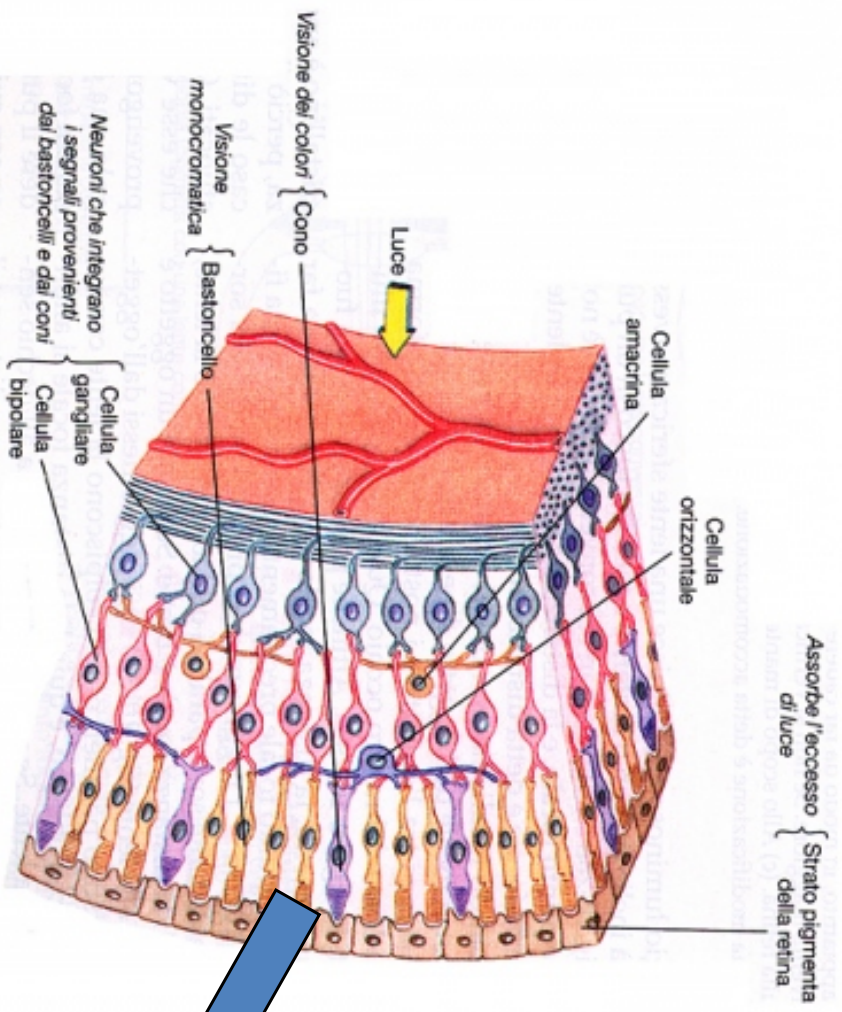
The Retina



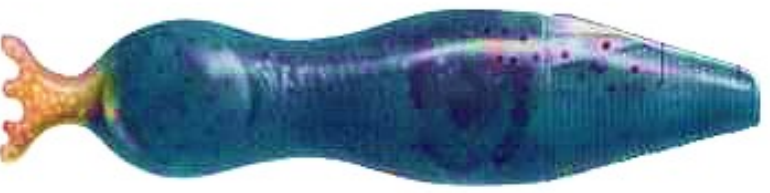
Retinal diseases affect different layers



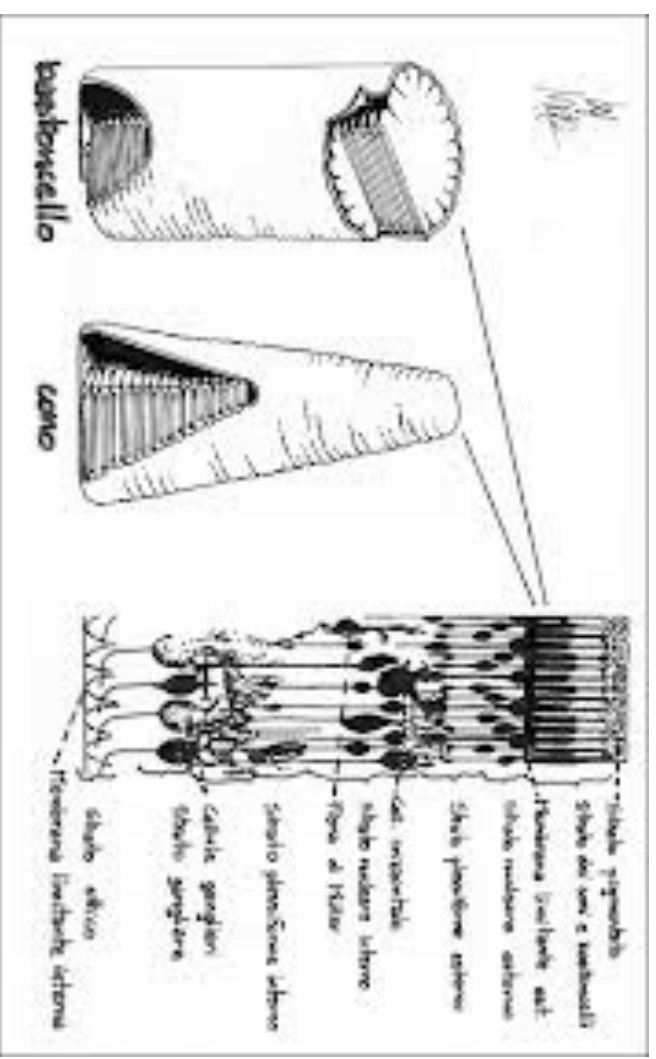
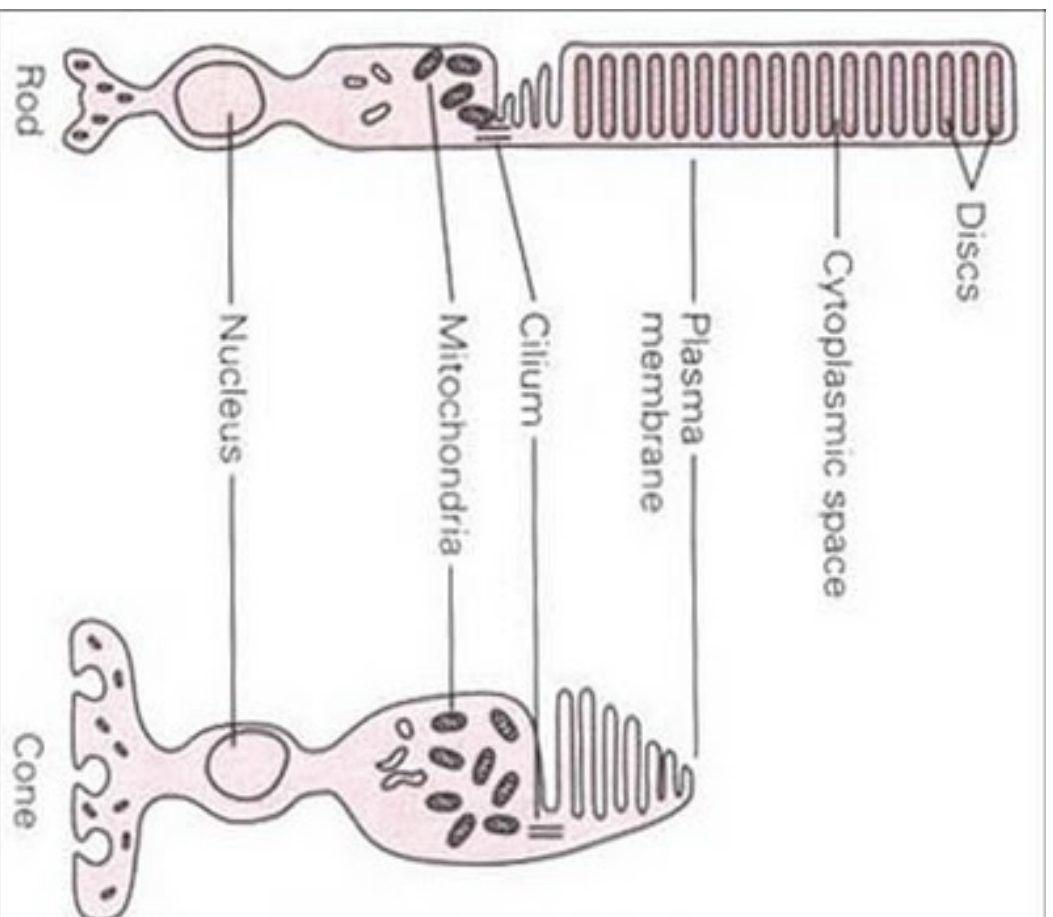
Retina



bastoncello



cono



- I coni, più corti, localizzati quasi esclusivamente nella parte centrale della retina (area maculare) sono specializzati nella visione in condizioni di alta luminosità e traggono contatti diretti con uno strato di cellule neuronali deputate alla trasmissione dell'impulso visivo.
- I bastoncelli, di forma più allungata, sono molto più numerosi dei coni e risiedono maggiormente nella parte periferica della retina. Essi sono più specializzati a raccogliere stimoli luminosi di bassa intensità e quindi sfruttati nella visione in condizioni di scarsa luminosità.

I bastoncelli sono i più numerosi (più di 100 milioni) e i più sensibili (possono registrare l'arrivo anche di un solo fotone ma saturano intorno ai 10000 fotoni per secondo). Distribuiti ampiamente sulla retina, sono assenti nella foveola. Il loro pigmento fotosensibile, la rodopsina, ha un picco di assorbimento intorno ad una lunghezza d'onda $\lambda=500\text{nm}$ (luce blu-verde). Sono collegati tra loro in grandi gruppi con una sorta di rete neuronale locale e questo permette di percepire intensità minime di luce (visione crepuscolare, notturna, o scotopica). L'adattamento retinico alla visione notturna è, infatti, maggiore verso la periferia della retina, ove ci sono soltanto bastoncelli. I bastoncelli ricevono semplicemente sensazioni di chiaro-scuro e non di colore ed hanno capacità di risoluzione spaziale e temporale inferiore rispetto ai cono.

I cono sono meno numerosi dei bastoncelli (circa 6 milioni per occhio, negli esseri umani), ma molto più importanti nella visione con luce normale o artificiale, la visione fotopica. Sono densamente impacchettati nella zona centrale della fovea (sono circa 150000 per mm) ed hanno una grande risoluzione spaziale con tempi di risposta brevi. Contengono tre tipi di pigmenti capaci di assorbire, in maniera ottimale, la luce in tre zone diverse dello spettro visivo; esistono, infatti, tre diversi tipi di cono: cono sensibili al rosso ($\lambda=560\text{nm}$), sensibili al verde ($\lambda=530\text{nm}$) e sensibili al blu ($\lambda=420\text{nm}$) che cooperano per compiere l'analisi dei colori.

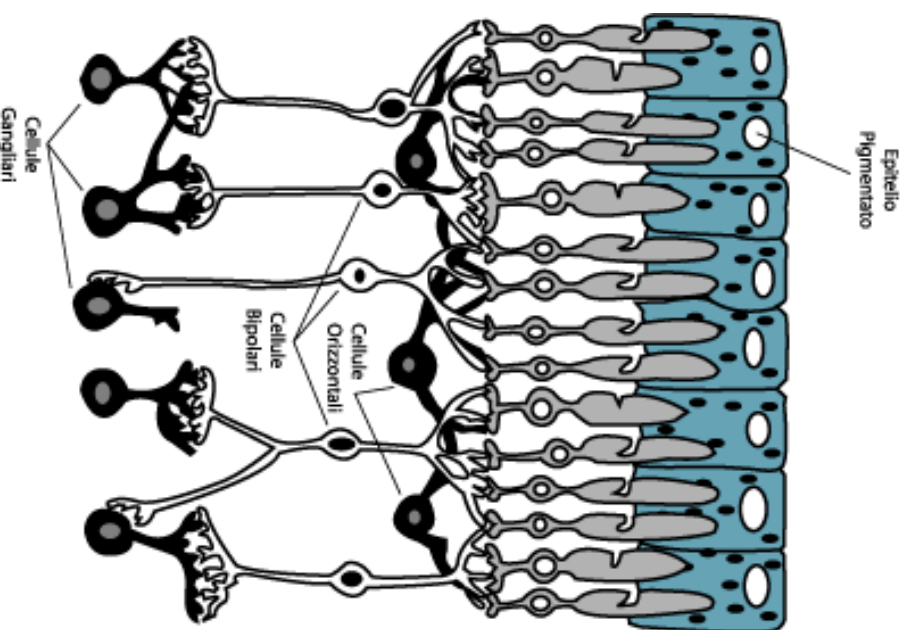
PROPRIETA' DEI CONI E DEI BASTONCELLI

BASTONCELLI	CONI
Risposta lenta: tempi di integrazione lunghi	Risposta rapida: tempo di integrazione breve
Amplificazione elevata	Amplificazione minore
Risposta che satura	Risposta che non satura
Sensibilità elevata	Sensibilità bassa
Bassa acuità visiva	Elevata acuità visiva
Un solo pigmento: visione senza colori	Tre tipi di pigmenti: visione a colori

I bastoncelli e i coni rappresentano un'eccezione al comportamento generale dei neuroni, non rispondono alle variazioni degli stimoli luminosi generando potenziali d'azione ma con un'iperpolarizzazione graduata (trasmissione del segnale di tipo analogico) e con la liberazione di un neurotrasmettitore. I fotorecettori presentano, in assenza di illuminazione, un potenziale di membrana, di circa -40mV , dovuto a quella che viene detta "corrente al buio" (un flusso passivo continuo di Na^+ dall'interno all'esterno attraverso canali presenti nel segmento esterno). La luce modula l'apertura dei canali per l' Na^+ provocando l'iperpolarizzazione del fotorecettore e inibendo la liberazione del neurotrasmettitore.

Bisogna osservare che, mentre gli strati più interni della retina trasmettono informazioni senza generare potenziali d'azione (le distanze tra le cellule sono limitate e l'informazione può essere trasmessa passivamente senza che si degradi), gli strati più esterni (le cellule gangliari) usano i potenziali d'azione dovendo trasportare il segnale per lunghi tratti nel sistema nervoso centrale.

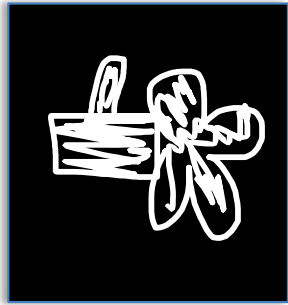
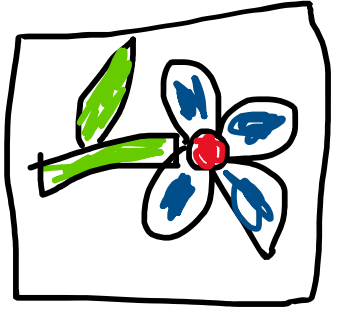
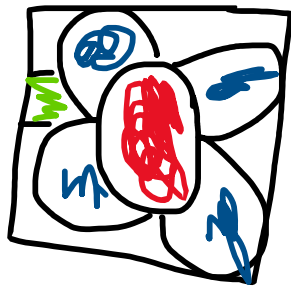
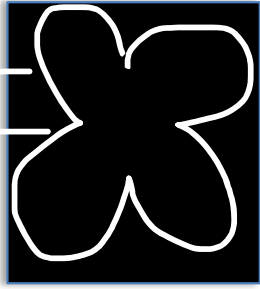
I coni fanno sinapsi con due tipi diversi di cellule bipolari quelle dette “centro on” e quelle “centro off” che rispondono in maniera diversa allo stesso neurotrasmettitore liberato da uno stesso cono. L’illuminazione diretta del cono eccita una cellula centro-on mentre inibisce la cellula centro-off. Le cellule bipolari vengono attivate sia dai recettori con cui fanno sinapsi sia da quelli più lontani a cui sono connessi attraverso le cellule orizzontali. Queste ultime sono interconnesse attraverso sinapsi elettriche ed hanno zone di influenza molto vaste



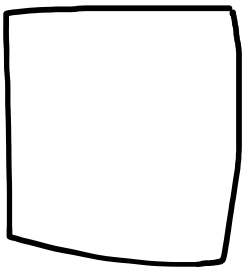
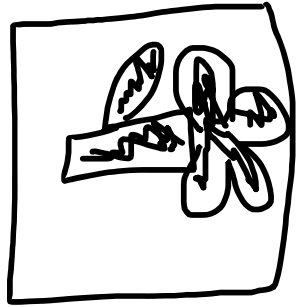
Ogni tipo di cellula bipolare, a sua volta, è connessa con un gruppo di cellule gangliari dette, analogamente, cellule “centro on” e “centro off” che hanno proprietà di risposta corrispondenti. Ogni zona della retina possiede, poi, diversi tipi di cellule gangliari con proprietà morfologiche e funzionali distinte collegate in parallelo con gli stessi fotorecettori.

Ci sono, poi, due classi di interneuroni retinici che modulano il flusso di informazioni dai recettori alle cellule bipolari e alle gangliari: sono le cellule orizzontali e amacrine. Le orizzontali mediano l’attività tra fotorecettori e cellule bipolari, mentre le amacrine quella tra cellule bipolari e gangliari.

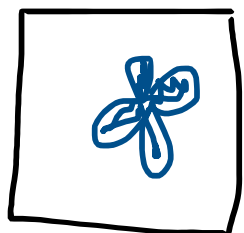
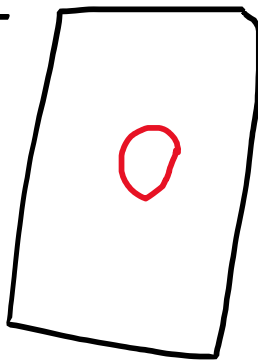
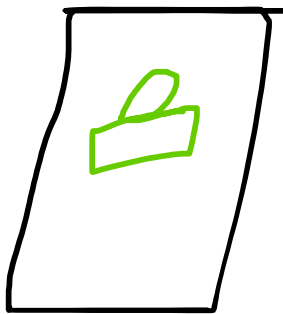
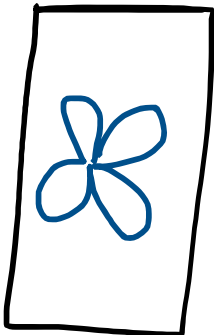
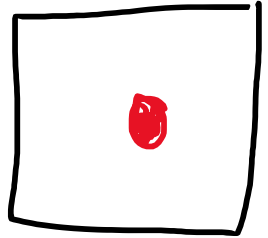
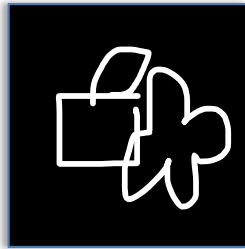
3



1



2

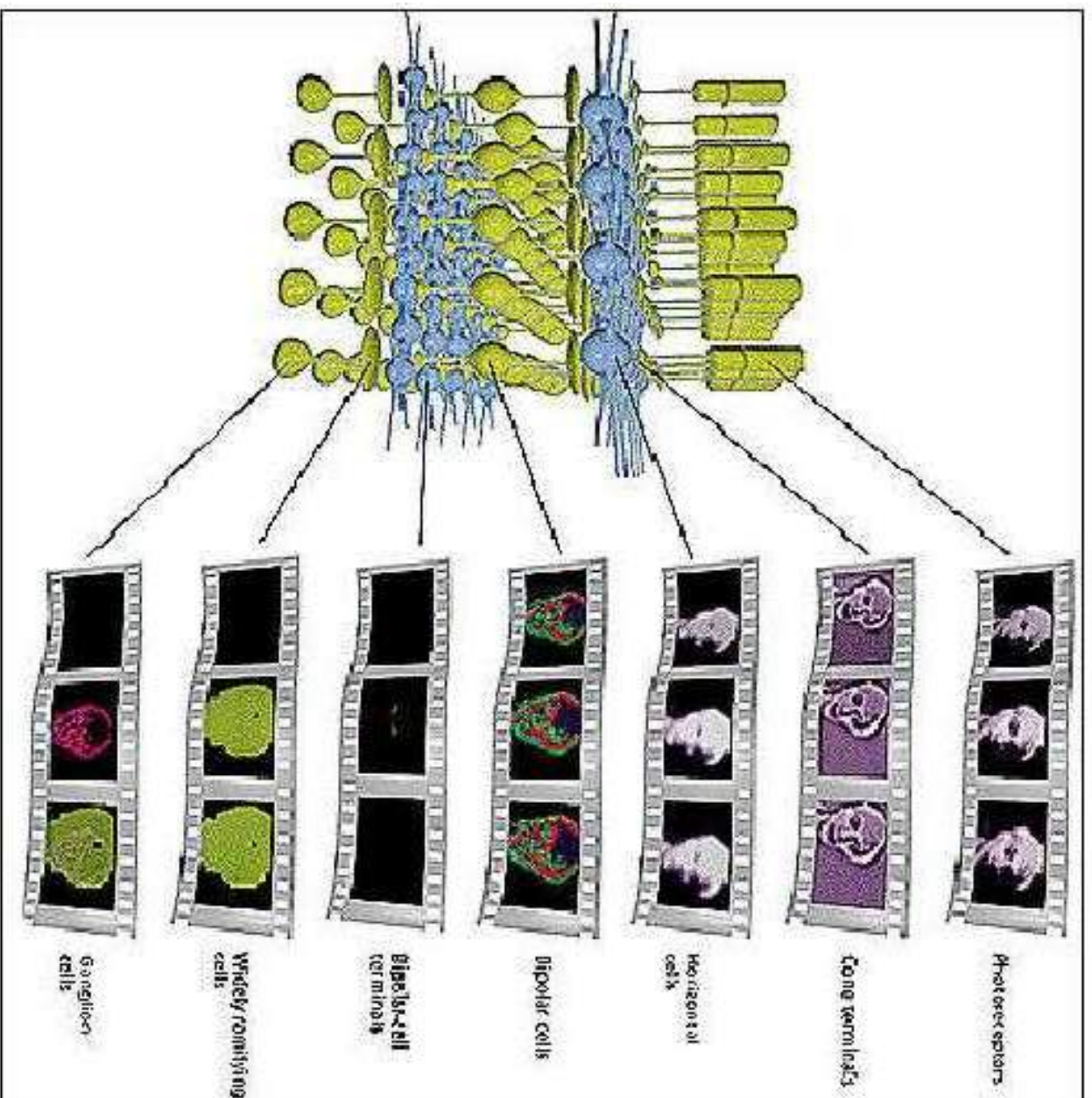


Le cellule orizzontali svolgono funzioni di modulazione, cioè fanno quella che viene detta “inibizione laterale”: un'area retinica, stimolata in un certo modo, inibisce le zone immediatamente adiacenti (lateralis), provocando l'impressione contraria. Se la retina è colpita, in una certa area, da una tonalità di colore, nelle zone circostanti sarà vista la tonalità complementare; se viene stimolata da una luce chiara, le zone adiacenti risulteranno più scure. Questo processo accentua le differenze fra impulsi luminosi, nel senso che vengono esaltati i margini fra stimolazioni diverse indipendentemente dal livello di illuminazione. Nei colori il maggior contrasto si ha quando sono adiacenti due colori complementari, ognuno dei quali accentua le caratteristiche dell'altro.

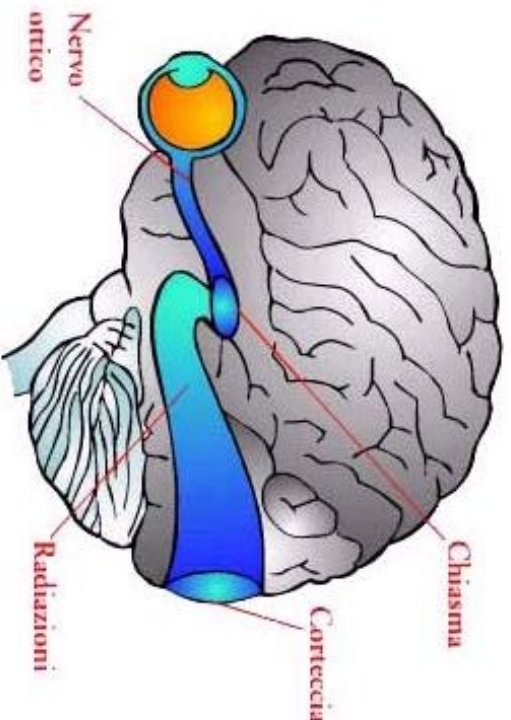
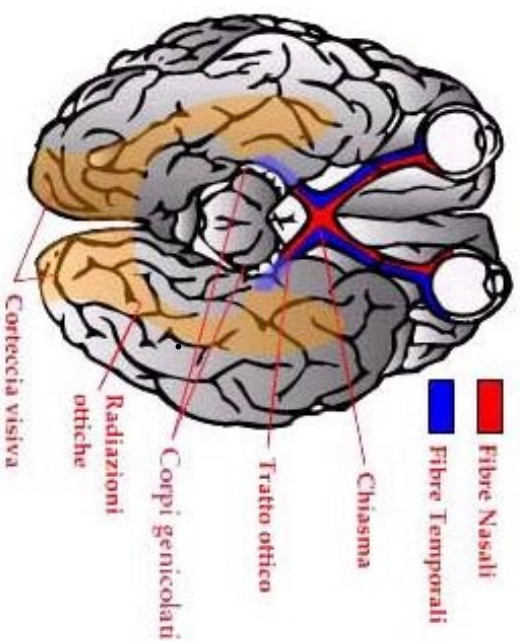
Le cellule orizzontali costituiscono un collegamento tra coni vicini: fanno sinapsi con i coni iperpolarizzati dalla luce e, in risposta agli stimoli luminosi, provocano la depolarizzazione dei coni limitrofi. In questo modo l'attivazione di alcuni coni, da parte della luce, determina l'inibizione dei coni vicini. L'attività delle cellule orizzontali rappresenta il primo di una serie di avvenimenti, che si ripetono a livelli sempre più alti nel sistema visivo, tesi ad esaltare il contrasto tra luminosità e buio e a rendere più chiara la distinzione dei contorni.

Le cellule amacrine sono interneuroni brevi che mediano interazioni di tipo antagonistico tra linee di informazione centro-on e quelle centro-off.

PRE-ELABORAZIONE RETINICA



Vie ottiche



La **corteccia visiva primaria** è detta anche corteccia striata ed è localizzata nel lobo occipitale. Ha uno spessore di circa 3mm ed è formata da più strati con funzioni diverse.

Gli assoni che portano le informazioni dei due occhi terminano in zone contigue dette “colonne di dominanza oculare” che si alternano lungo il piano tangenziale della corteccia, inoltre ogni cellula della corteccia riceve afferenze da entrambi gli occhi anche se ce n’è una dominante.

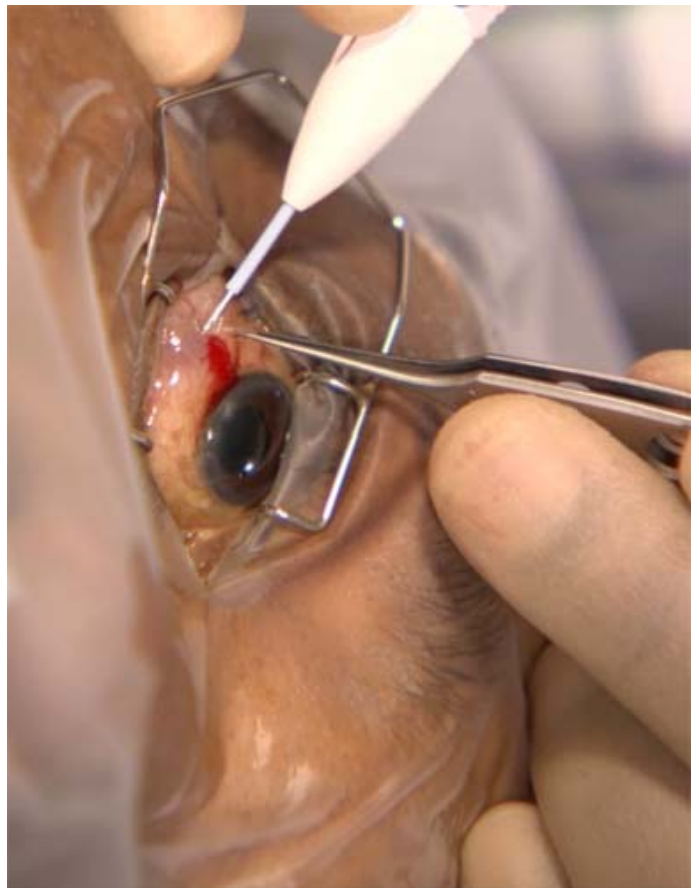
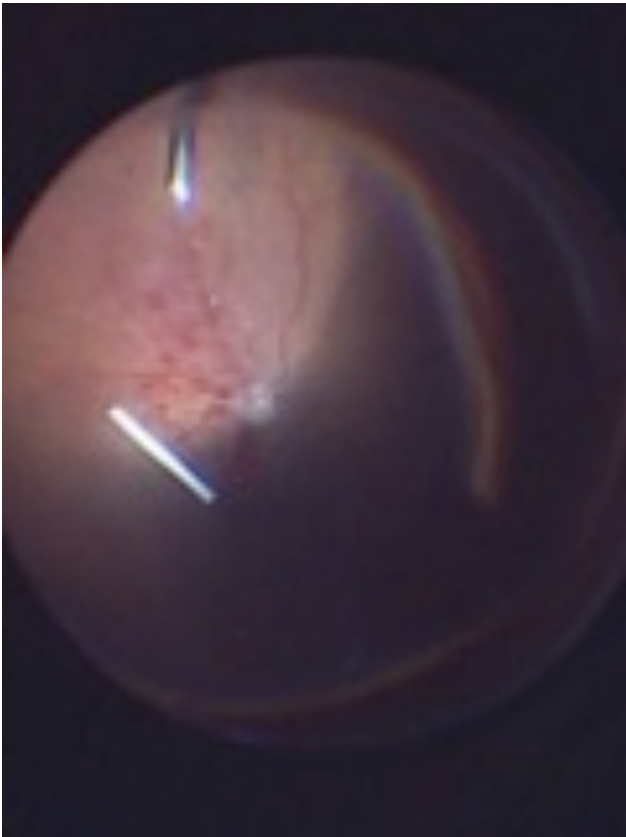
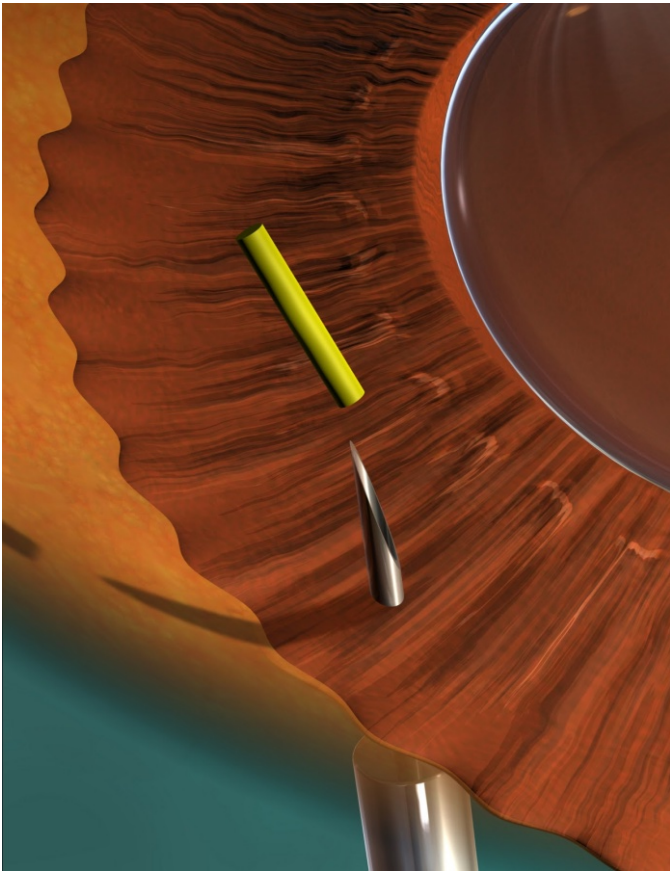
Bisogna, a questo punto, mettere in evidenza alcune caratteristiche della corteccia striata.

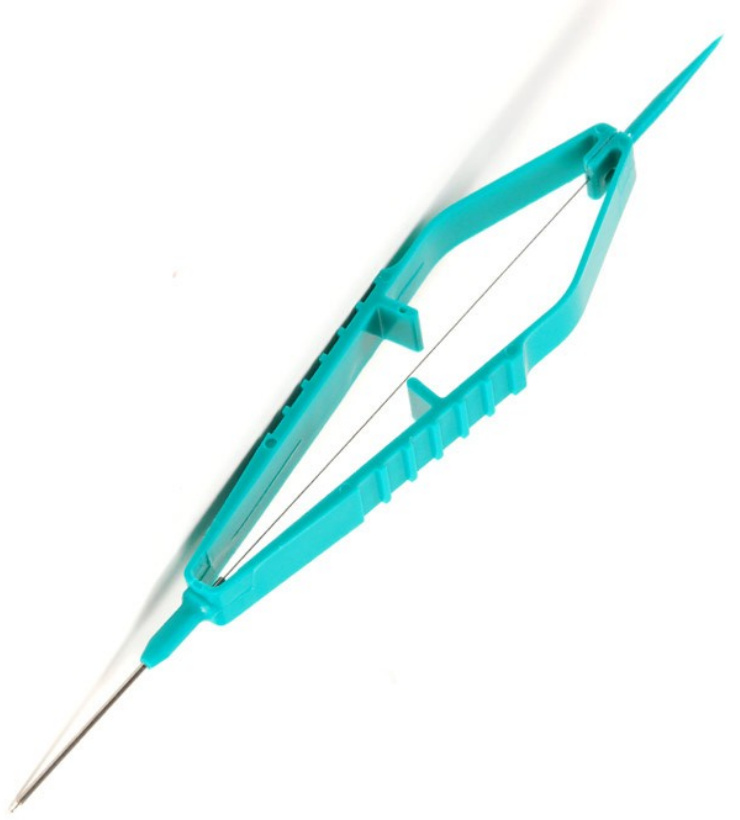
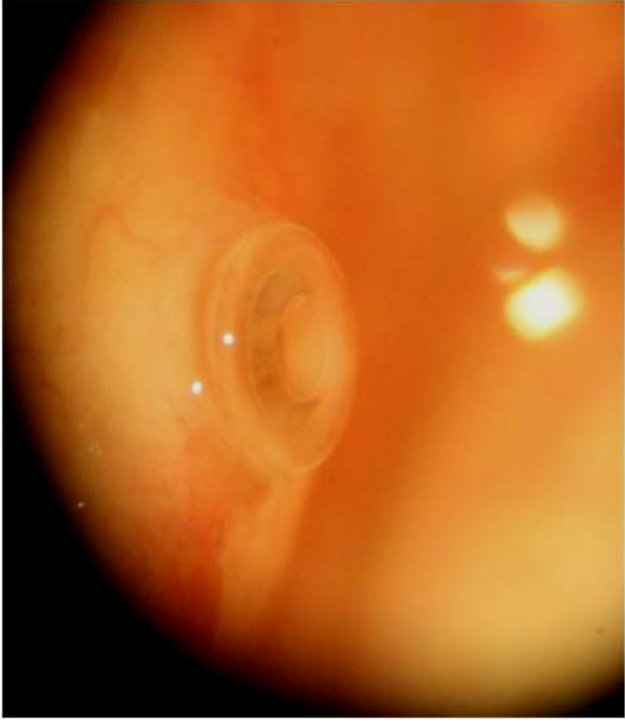
- Contiene una rappresentazione topografica della retina: è una mappa retinotopica. La corrispondenza tra la posizione dei neuroni nella retina e quella nella corteccia non è però perfettamente lineare visto che le zone più importanti per l’acuità visiva sono maggiormente rappresentate.
- I neuroni della corteccia rispondono meglio a stimoli prolungati e con orientazione precisa.
- E’ connessa ad altre zone della corteccia (corteccia extrastriata) in cui avviene una successiva elaborazione e le aree visive extra-striate sono connesse reciprocamente con un altro nucleo talamico: il pulvinar.

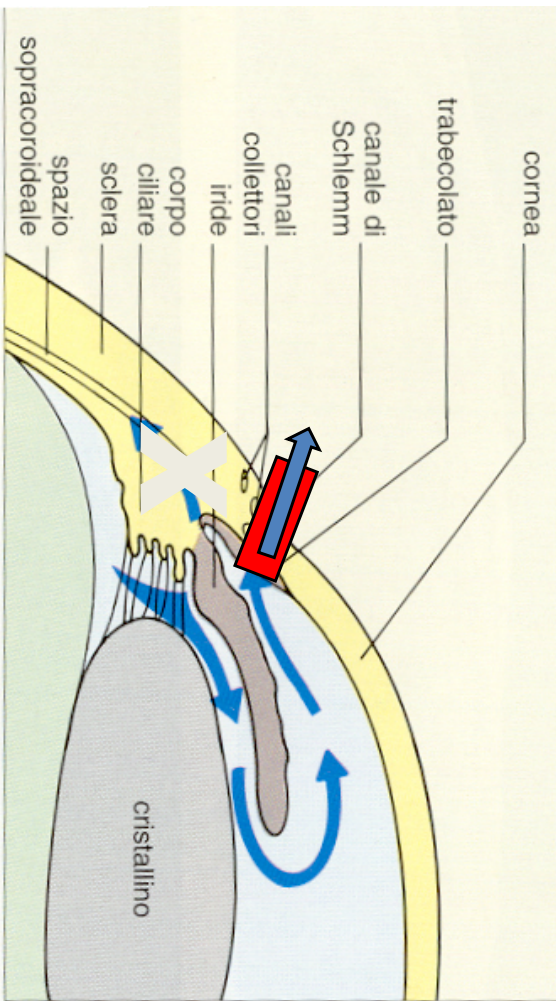
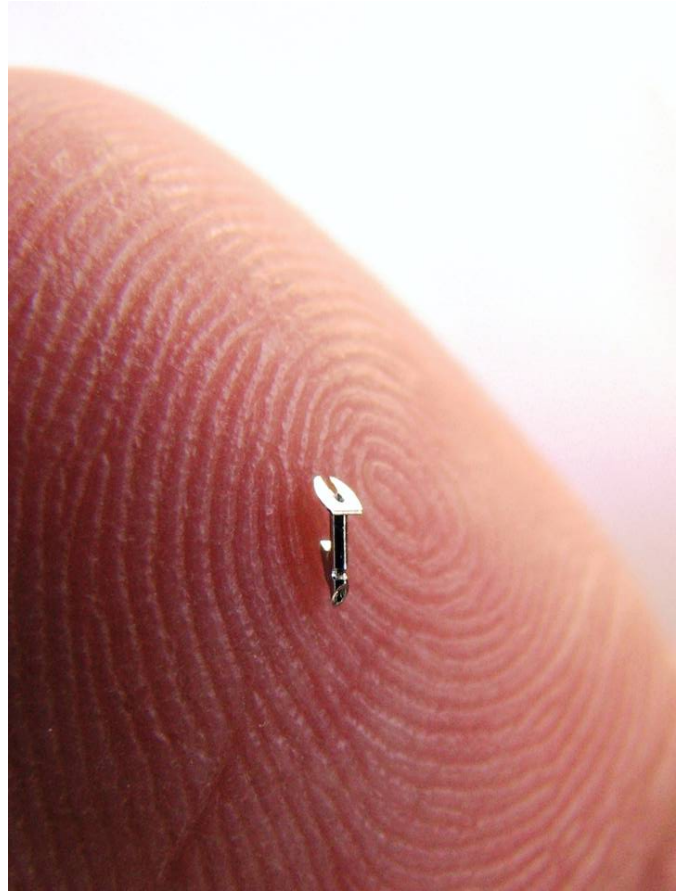
Le zone del cervello associate al sistema visivo sono molto estese: sono situate alla base del cervello, sopra l’ipofisi, nei lobi temporali, parietali e nel lobo occipitale. E’ per questa ragione che lesioni in numerose e diverse zone del cervello possono provocare danni alla vista con cecità mono o binoculare.

Applications sites for biomaterials in Ophthalmology

- Optical lenses
- Contact lenses, drug delivery systems, artificial cornea, lachrymal canalicular repair
- Conduits for aqueous drainage in glaucoma (Valve)
- Intraocular lenses
- Artificial vitreous (Silicone)
- Artificial retina







Video

Biocompatibilità, non è solo Materialiale

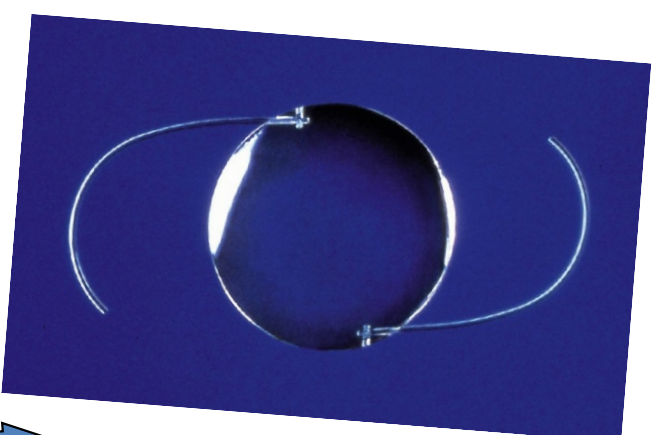
inserimento

contatto capsulare

lunghezza

angolazione

zona ottica

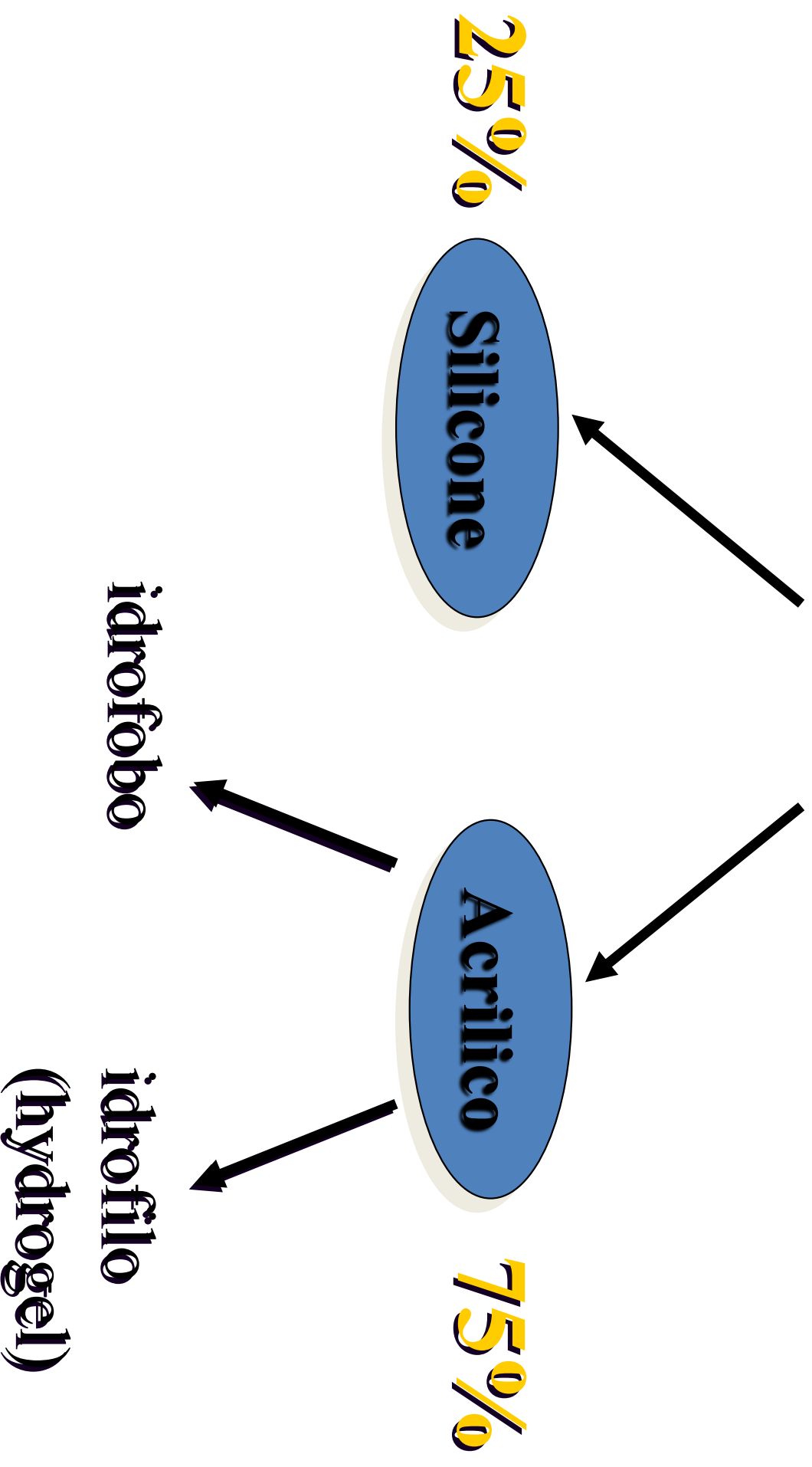


bordo

forma delle anse

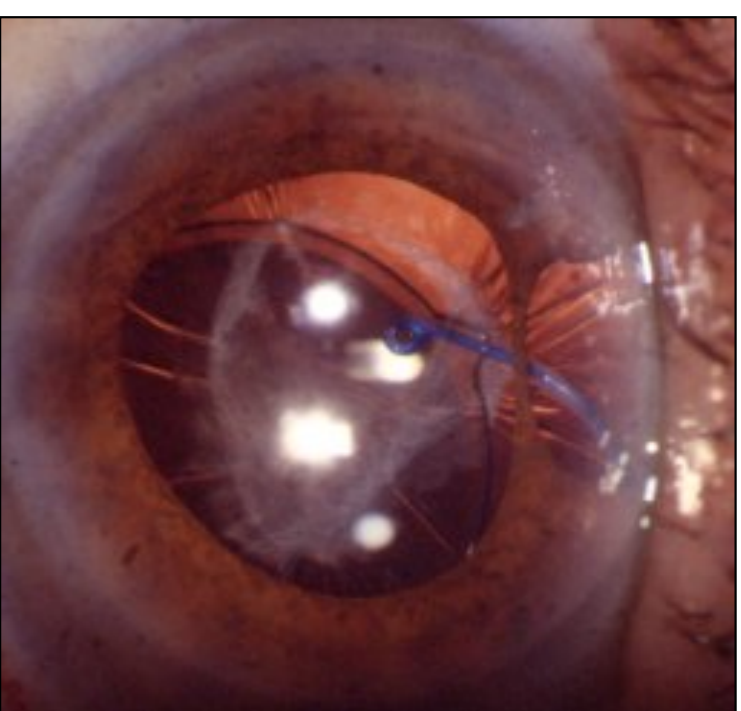
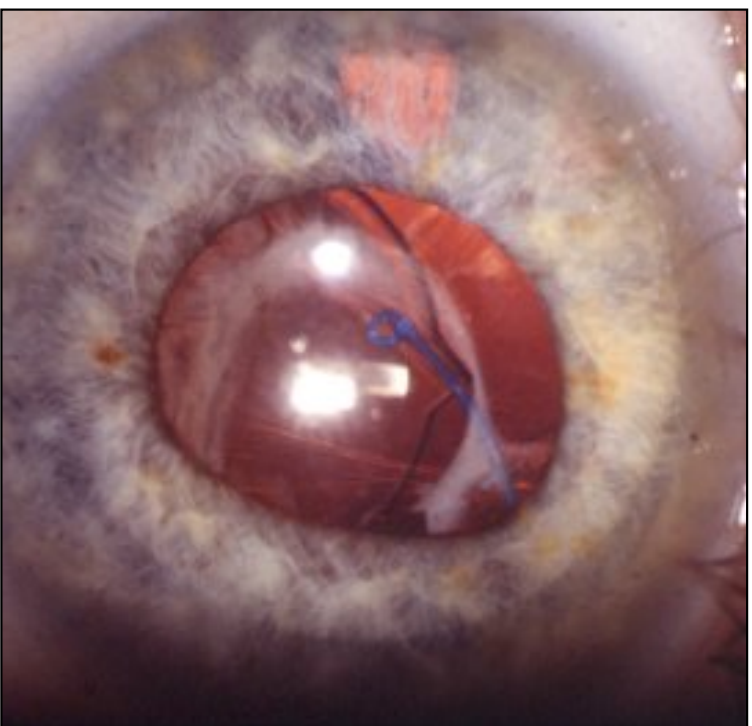
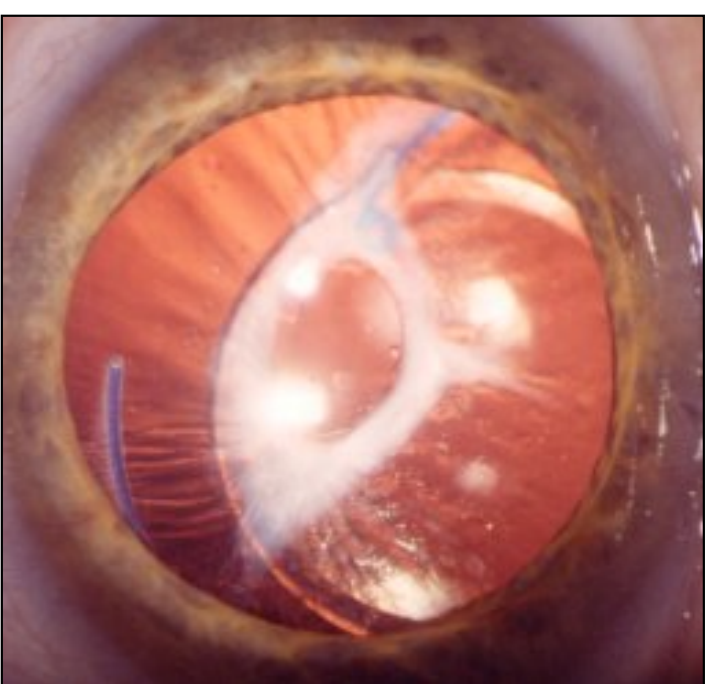
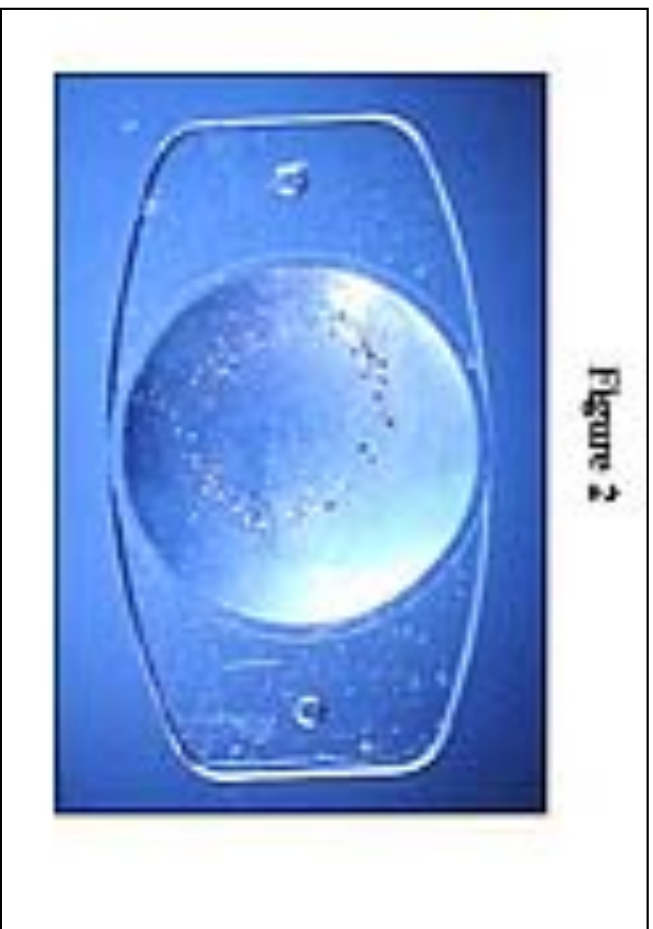
materiale delle anse

IOL PIEGHEVOLE



Da APPLE SILICONE

Figure 2



SILICONI 1°, 2°, 3° generazione

- **VANTAGGI**
 - **CHIMICI** materiale facile lavorazione a costi più bassi del PMMA
 - **MICROBIOLOGICI** sterilizzazione in autoclave
 - **BIOLOGICI** ottima biocompatibilità
 - **CLINICI** maneggevole, minimo danno endoteliale
- **SVANTAGGI**
 - **Decentramento**
 - Basso indice di refrazione (spessore !!)
 - **Sensibilità YAG laser**
 - Interazione con olio di silicone

Acrilico vs Silicone

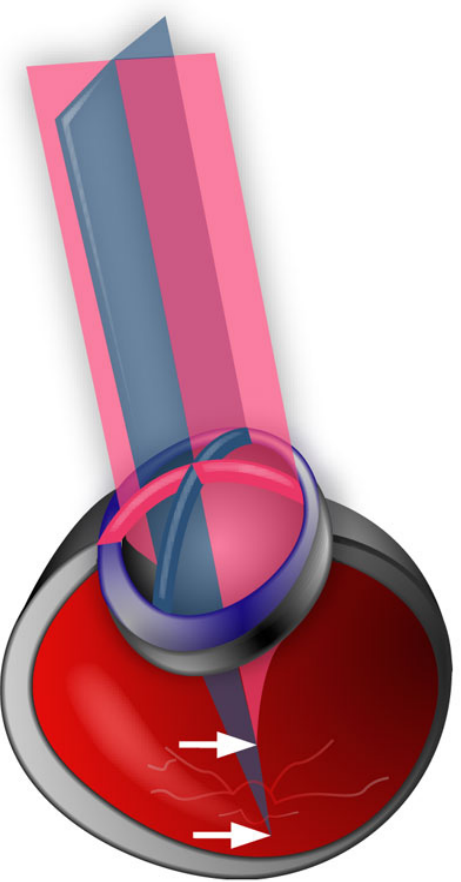
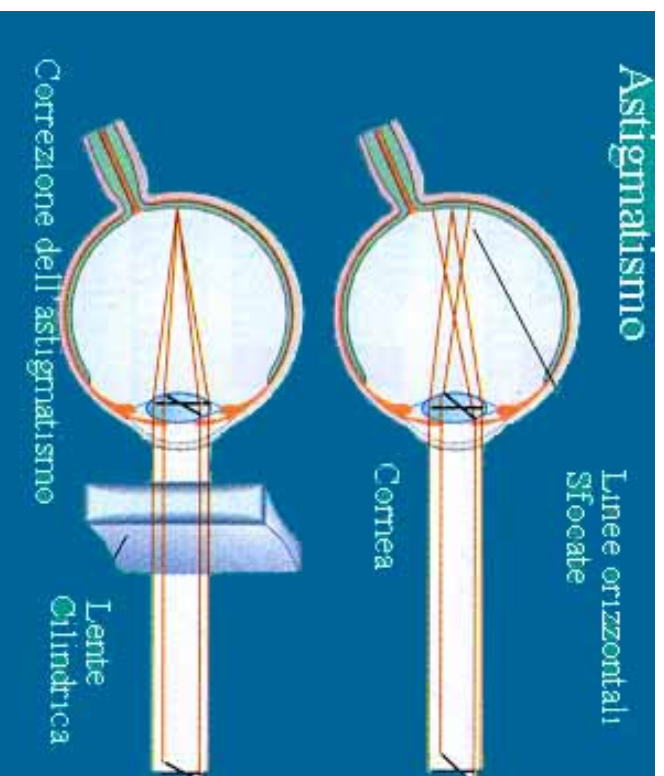
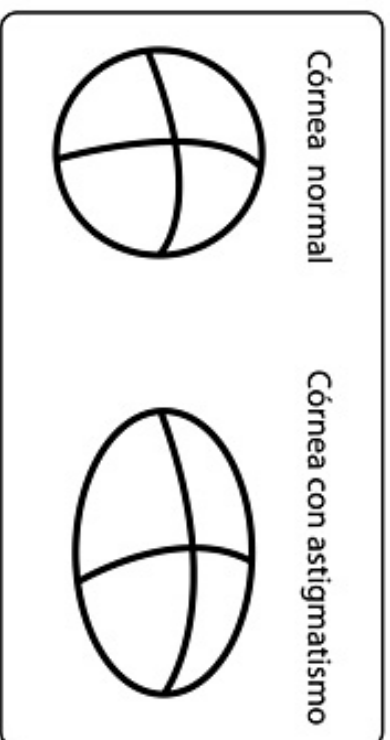
- Maggiore indice rifrazione =
 - 21 dpt = 1.82 mm
 - Difficoltà nel prendere, piegare, scarso controllo, ancora peggio se “bagnata”
- Acrysof = 0.75mm
- Ottimo controllo della piegatura e dello svolgimento anche “bagnata”
 - Buona performance ottica
- Ottima performance ottica
 - PCO rate /=/ bordo
- PCO rate /=/ bordo

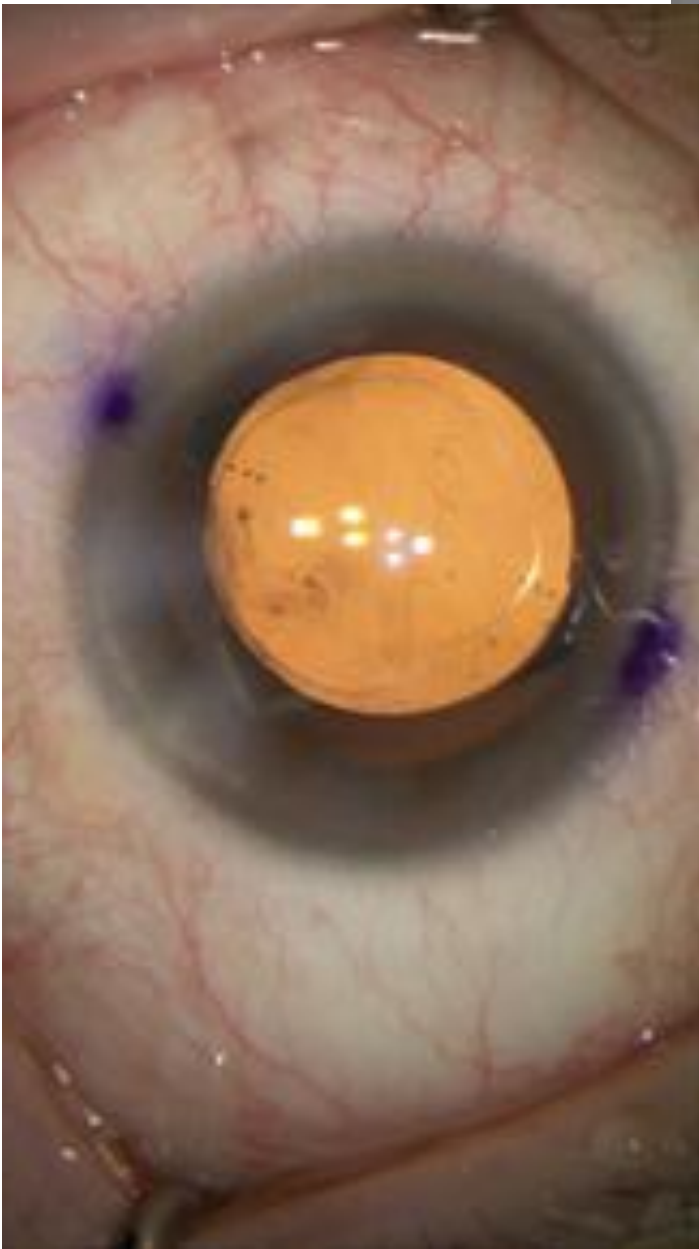
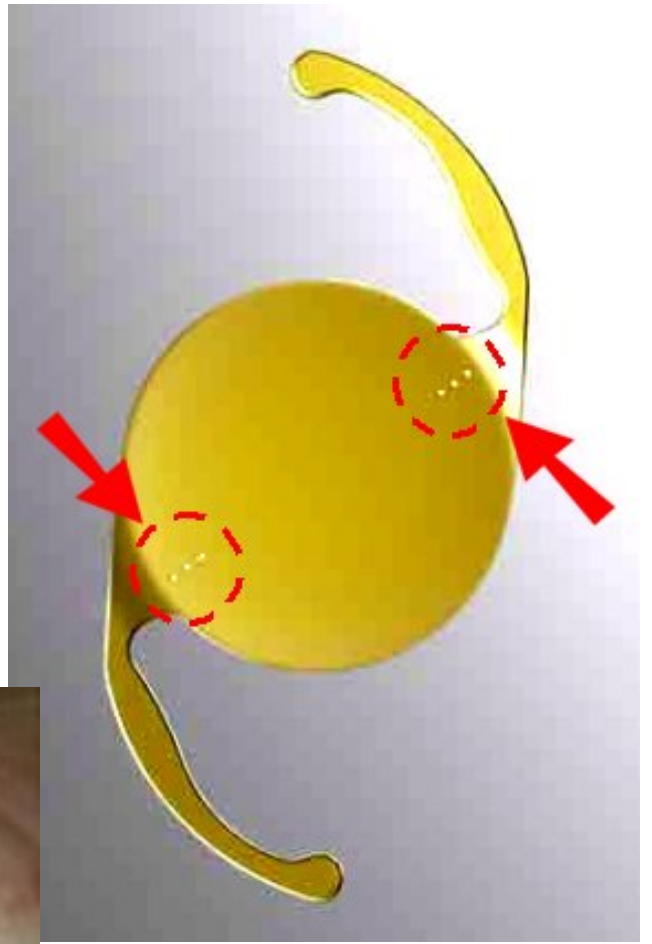
Scelta di IOL = CUSTOM

- **IOL MONOFOCALI**
- **IOL TORICHE**
- **IOL MULTIFOCALI**

IOLE TORICHE

- **Correzione astigmatismo**





IOI MULTIFOCALI

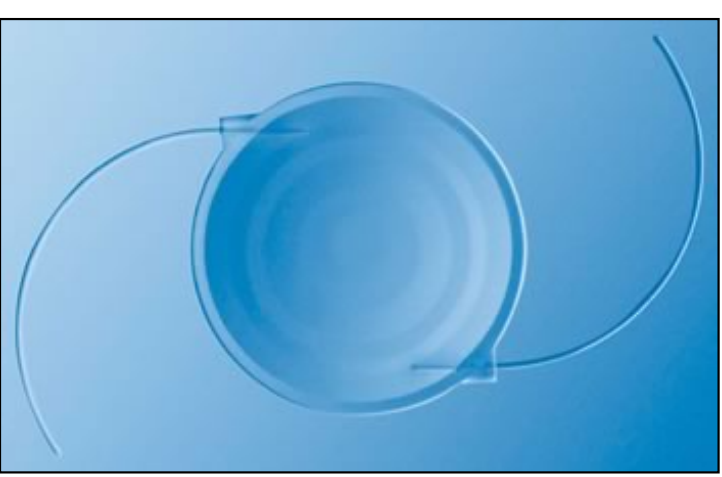
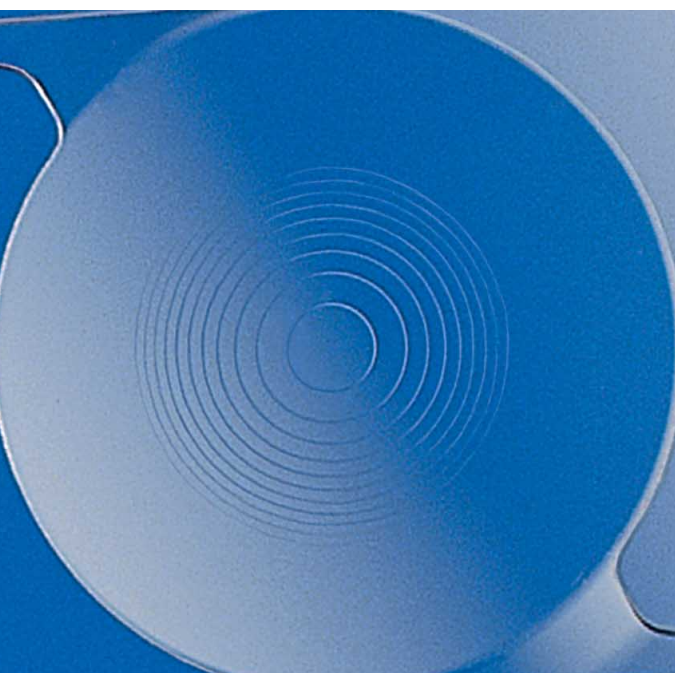
- **Array multifocal AMO**

5 zone ottiche

- **Acrysof Multifocal Restor**

Diffrattiva

Acrilico idrofobo





INIETTABILI

Smart Injectable IOL

Lente “termo regolata” Polimero Iniettabile

A T° organica = gel stabile

A T° sala op = si trasforma in un sottile cono iniettabile
nel sacco capsulare dove si trasforma in “gel”
accomodativo

INIETTABILI



Smart Injectable IOL

Polimero iniettabile, acrilico idrofobo ,gelatinoso, termodinamico (stabile a T°organica) Inserita attraverso 2mm, riempie il sacco capsulare e si lega alla fibronectina attaccandosi alla capsula posteriore.



Rigid Rod
(at room temp)

Changing to lens
(at body temp)

Soft gel lens
(at body temp)

