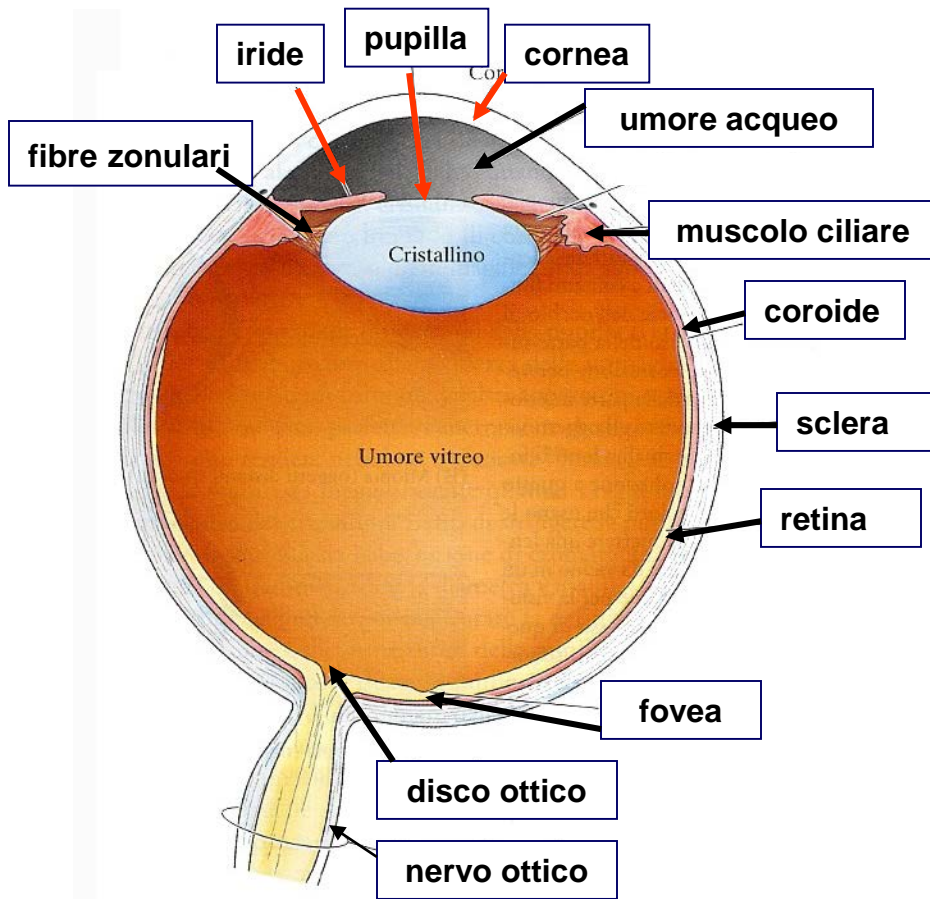


3.3 LA VISTA

- **Struttura dell'occhio**
- **Struttura della retina**
- **Coni e bastoncelli: differenze funzionali e morfologiche**
- **Come avviene la fototrasduzione**
- **Le vie visive centrali**

• Struttura dell'occhio



strato esterno:

cornea, congiuntiva, sclera

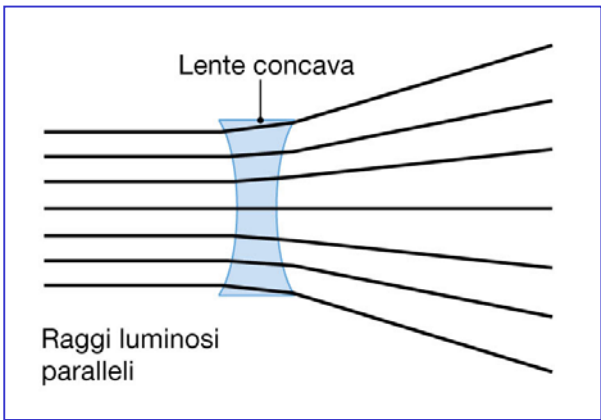
strato intermedio:

iride: (fibre muscolari lisce), regola il diametro della pupilla

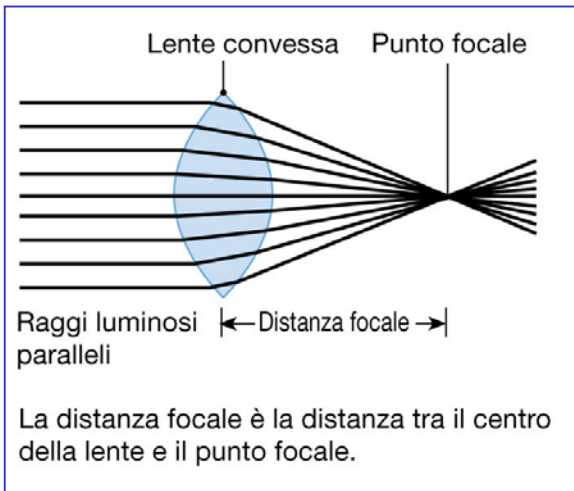
coroide: ricca di vasi sanguigni che irrorano gli strati esterni della retina

strato interno:

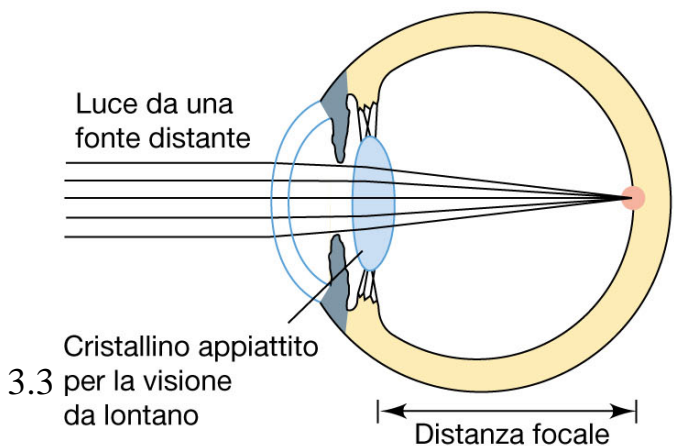
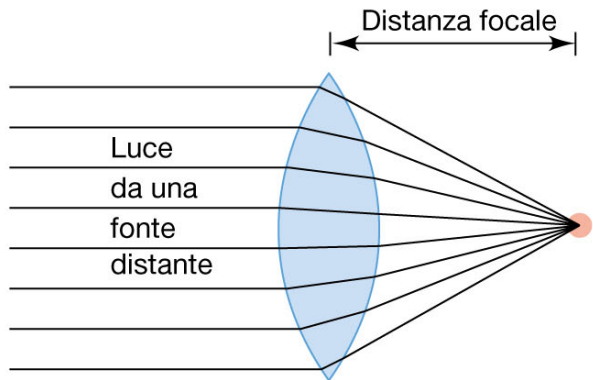
retina: sulla parete posteriore dell'occhio



LA LENTE CONCAVA FA DIVERGERE I RAGGI LUMINOSI



LA LENTE CONVESSA FA CONVERGERE I RAGGI LUMINOSI



L'accomodazione del cristallino

VISIONE DI OGGETTI DISTANTI:

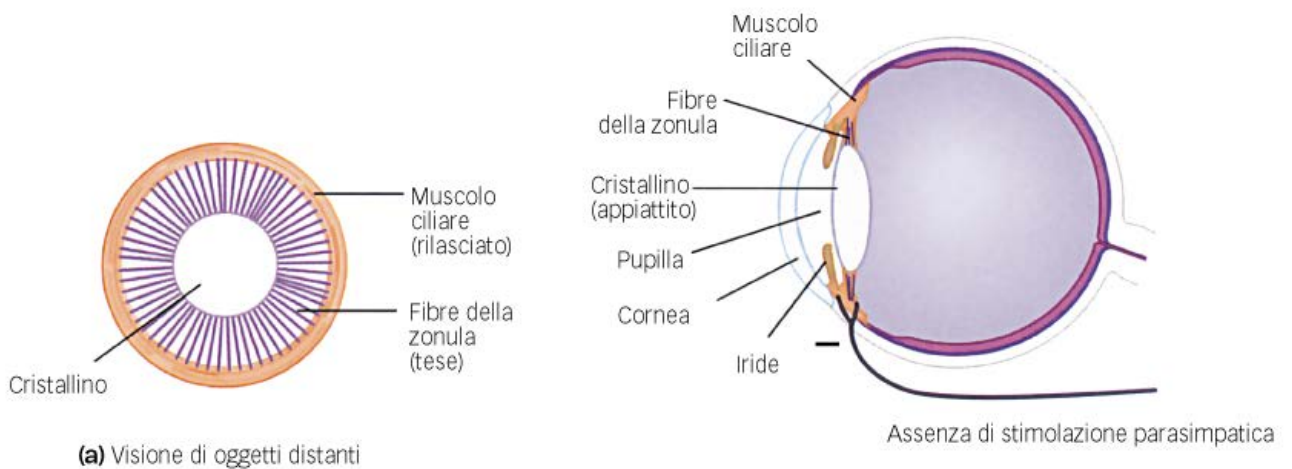
Cristallino piatto con minimo potere rifrattivo.

VISIONE DI OGGETTI VICINI:

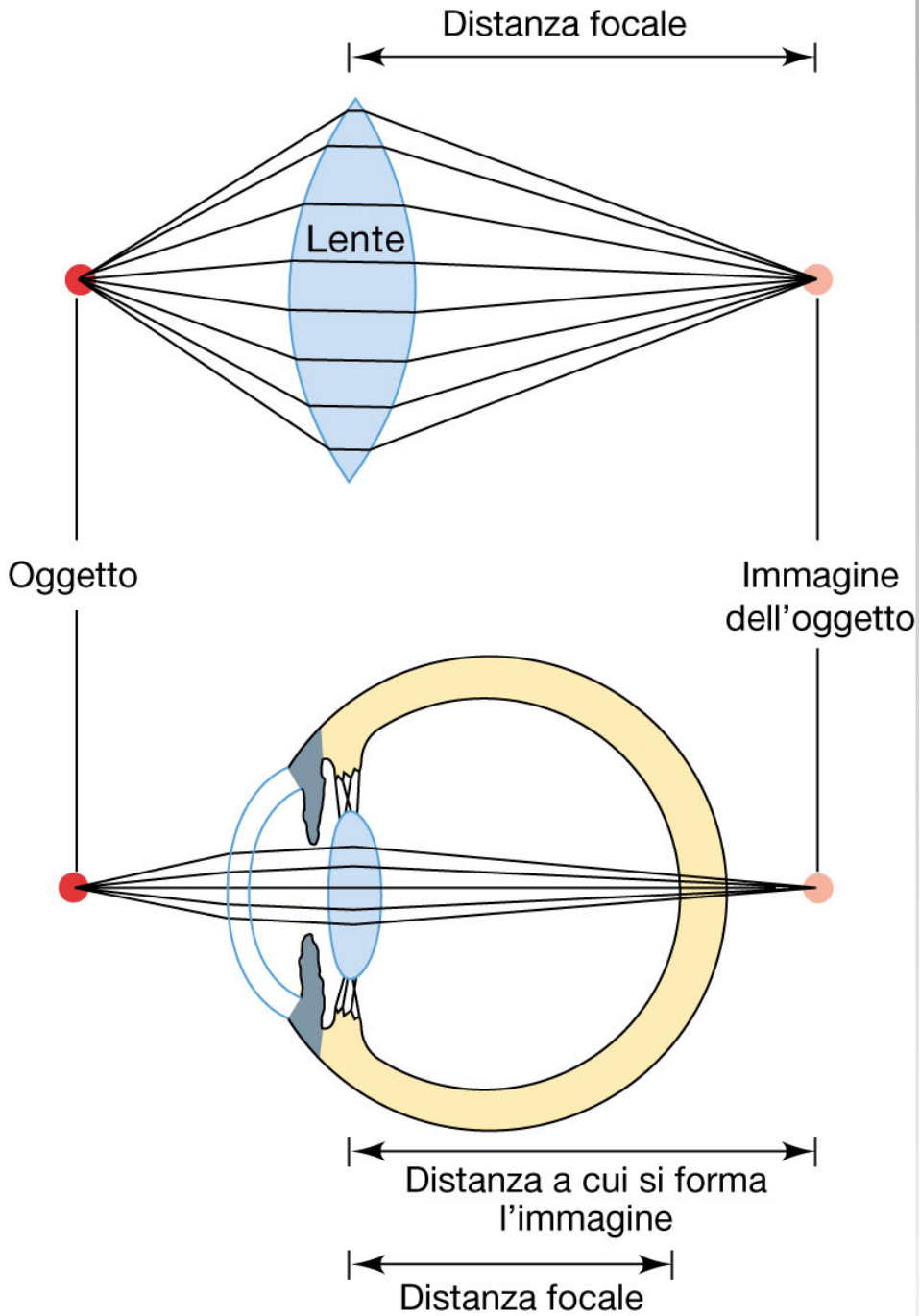
cristallino arrotondato, massimo potere rifrattivo.

VISIONE DI OGGETTI DISTANTI

Muscolo ciliare rilasciato, fibre zonula in tensione.

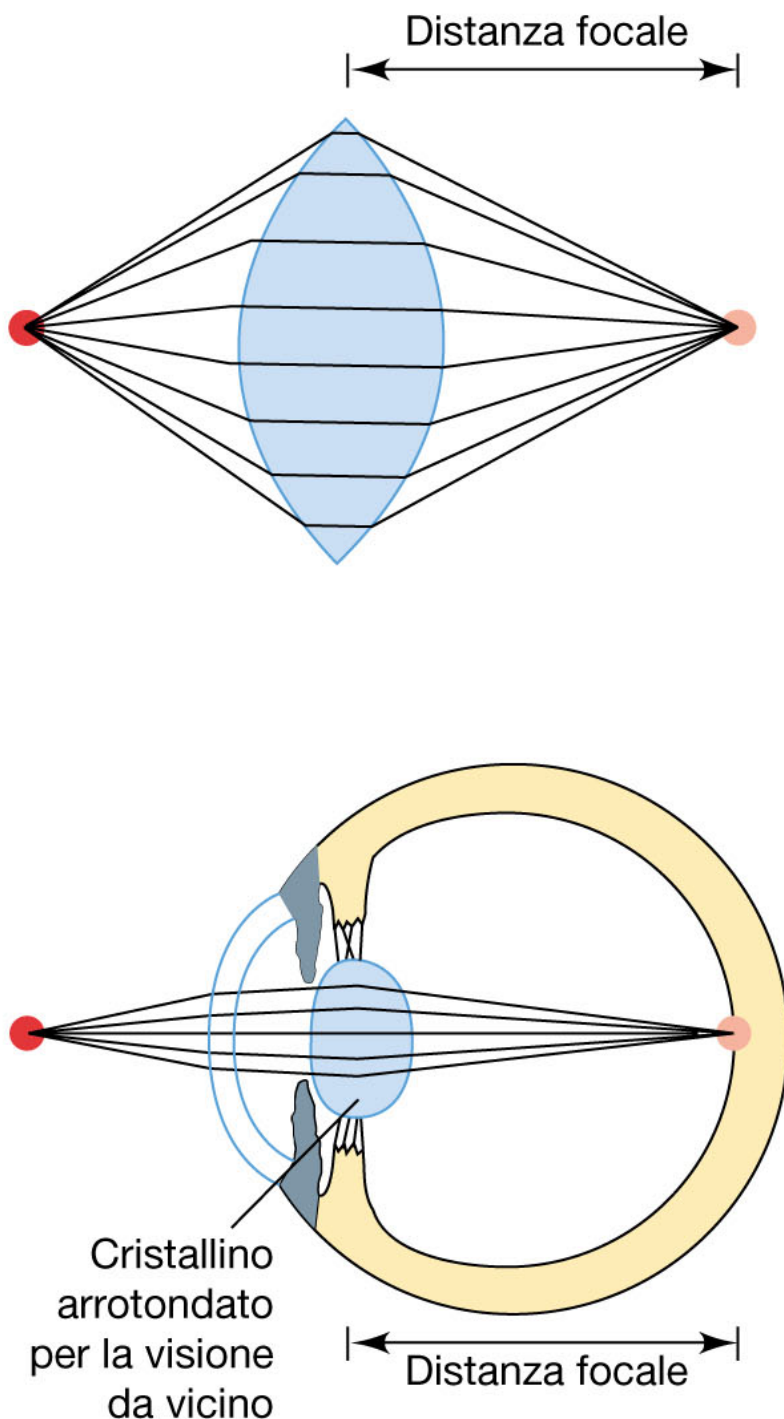


OGGETTO IN AVVICINAMENTO

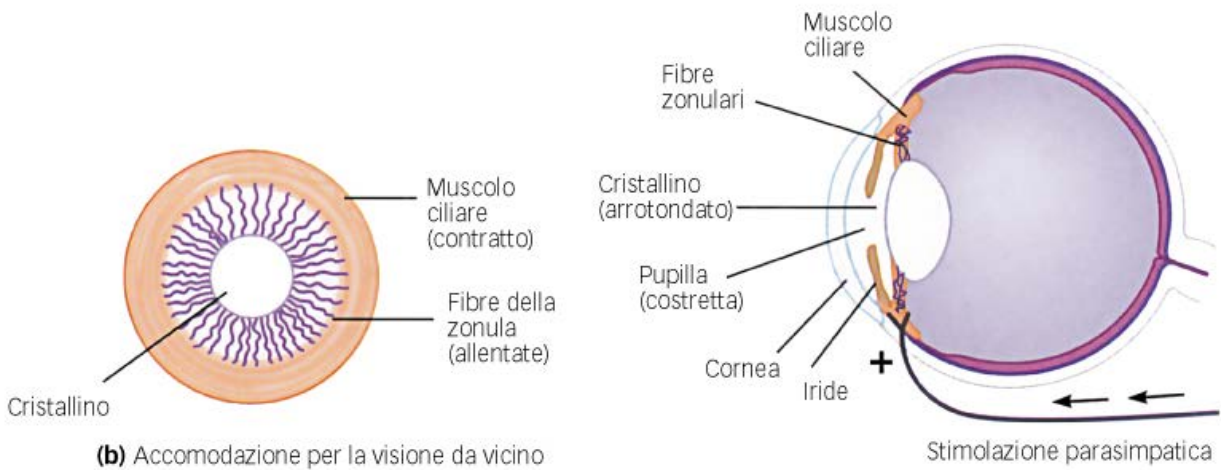


VISIONE DI OGGETTI VICINI: ACCOMODAZIONE DEL CRISTALLINO.

Per mettere a fuoco l'oggetto vicino, il cristallino diventa + convesso. Il cristallino **arrotondato** ha massimo potere rifrattivo ed una distanza focale minore.

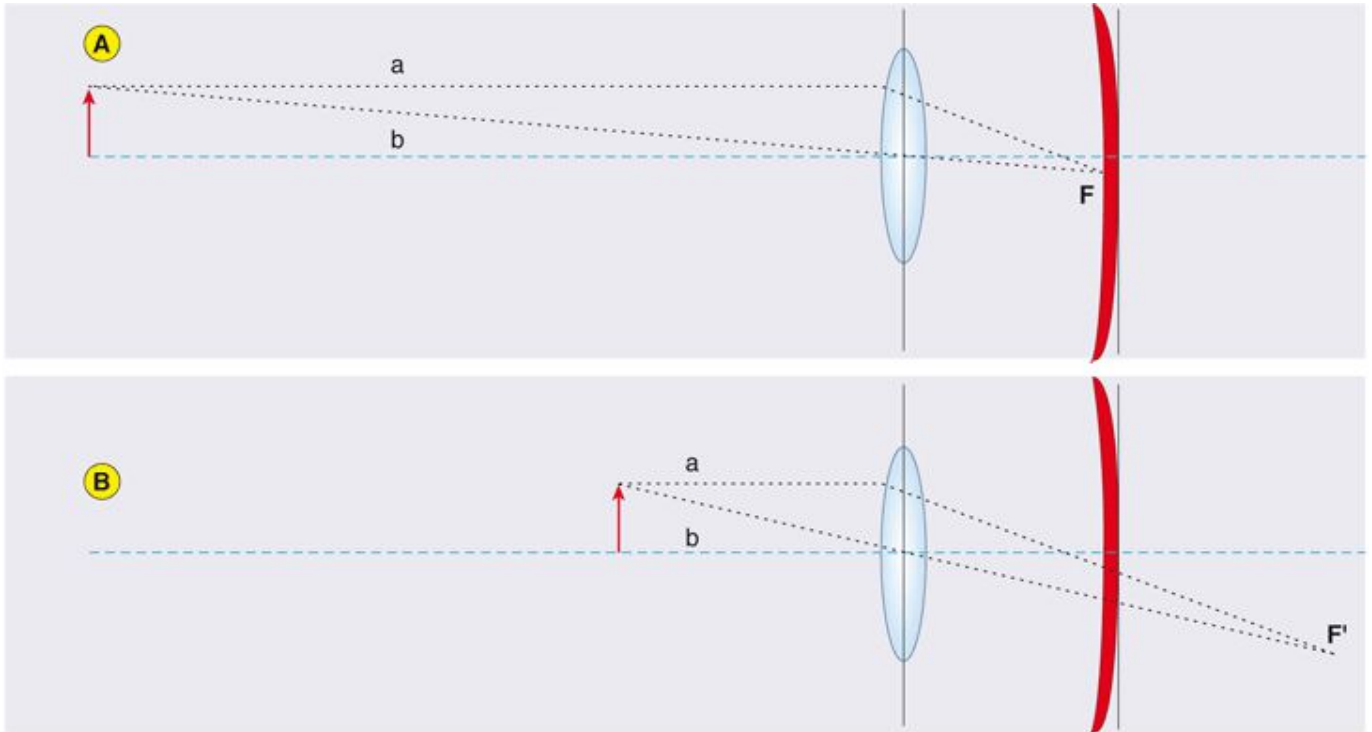


VISIONE DI OGGETTI VICINI: cristallino arrotondato, massimo potere rifrattivo. Diminuisce la tensione delle fibre zonulari a causa della contrazione del muscolo ciliare



Proprietà ottiche dell'occhio

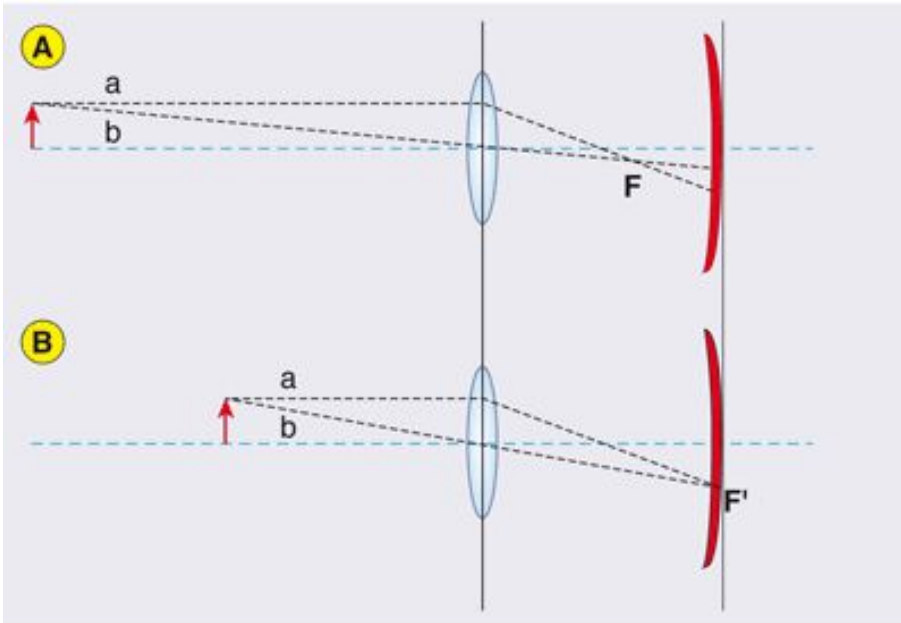
- i centri ottici di cornea e cristallino si trovano sullo stesso asse pertanto l'occhio si può rappresentare più semplicemente come una *singola lente*



- nell'occhio normale (cristallino appiattito), oggetti lontani (oltre 6 metri) sono messi a fuoco sulla retina
- la *retina* è a 17 mm del centro del cristallino con un potere di rifrazione di 58 diottrie
- in assenza di accomodamento, gli oggetti più vicini di 6 metri formano l'immagine oltre la retina (*fuoco*)
- la messa a fuoco dell'immagine sulla retina avviene cambiando la curvatura del cristallino (*accomodazione*)

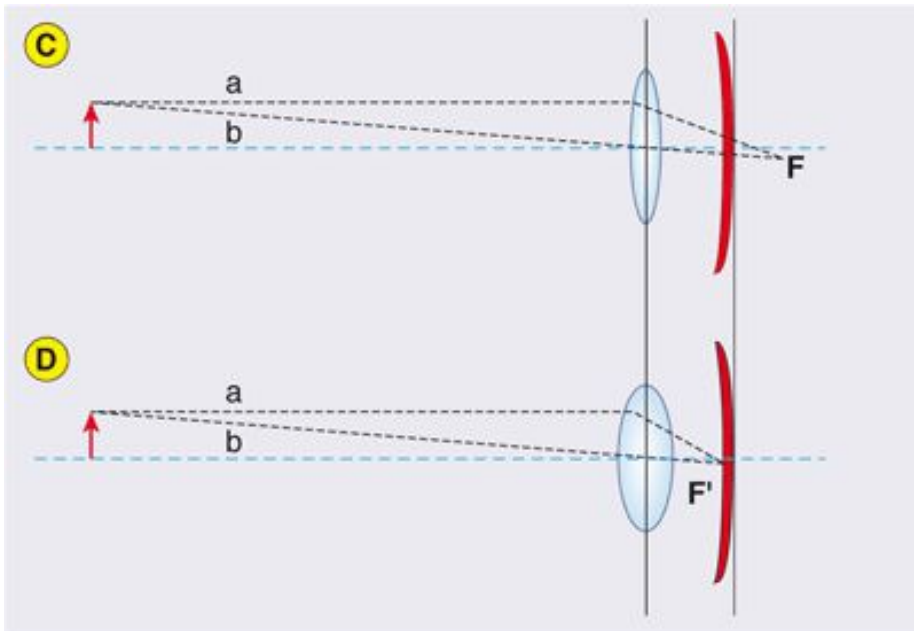
Vizi refrattivi

Occhio miope



- bulbo oculare *più lungo* del normale
- il fuoco è *davanti* alla retina
- immagini lontane sono sfuocate
- avvicinando l'oggetto all'occhio l'immagine converge nel fuoco coniugato

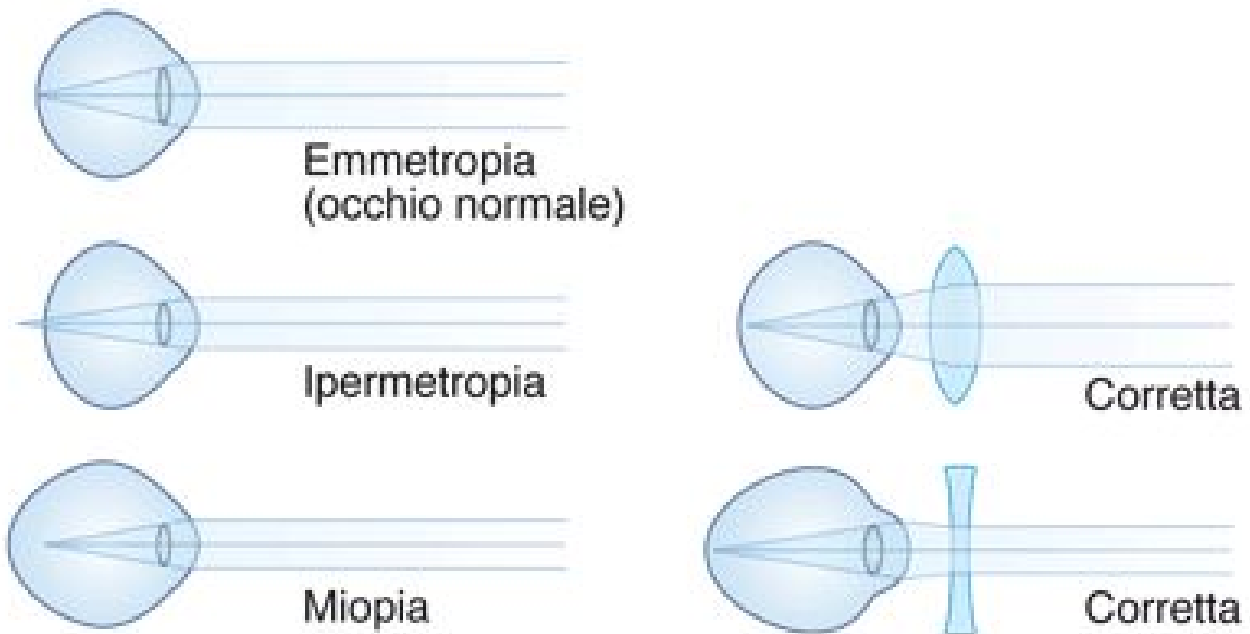
Occhio ipermetrope



- difetto di rifrazione del cristallino
- bulbo oculare *più corto* o insufficiente convessità della cornea o del cristallino
- i raggi luminosi che provengono da oggetti distanti convergono in un punto focale oltre la retina

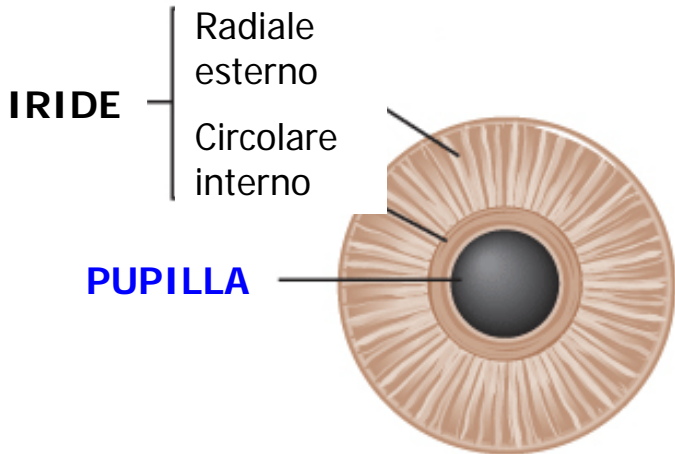
Correzioni dei vizi refrattivi

- sono corretti con lenti che aggiungono o tolgono le diottrie necessarie per portare a fuoco l'immagine sulla retina



- l'**ipermetropia** è corretta con lenti **convesse**
- la **miopia** è corretta con lenti **concave**

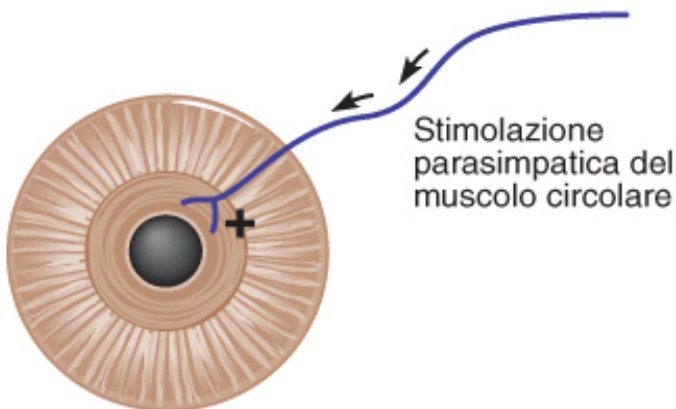
Regolazione del diametro della pupilla



(a) Anatomia dell'iride e della pupilla

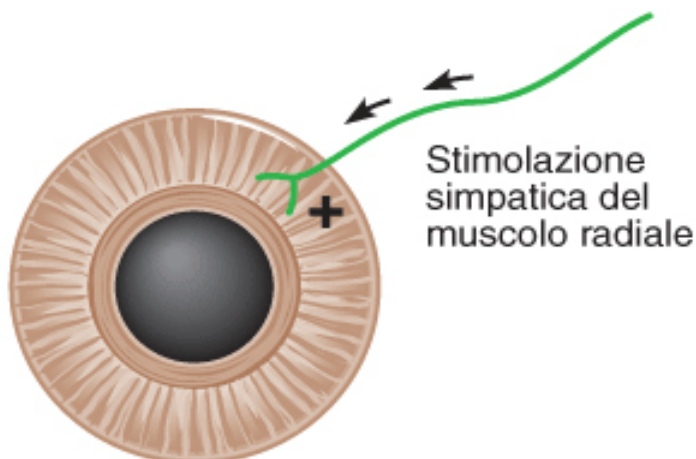
• 2 strati di muscolo liscio nell'iride controllano il diametro della pupilla.

• Il diametro della pupilla regola la quantità di luce che entra nell'occhio



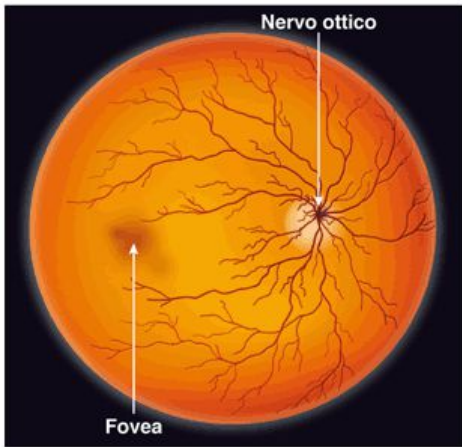
(b) Costrizione pupillare

• La stimolazione **parasimpatica** dello strato circolare: **costrizione**

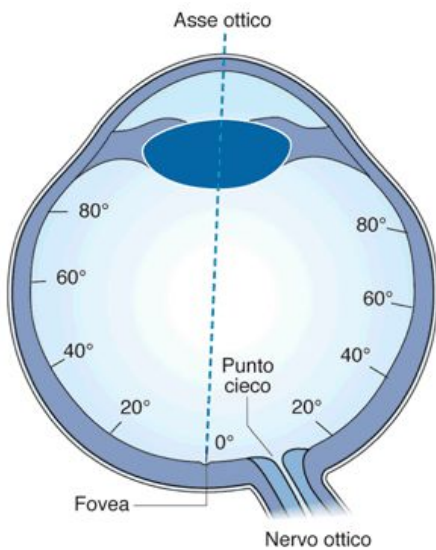


(c) Dilatazione pupillare

• La stimolazione **simpatica** dello strato radiale: **dilatazione**

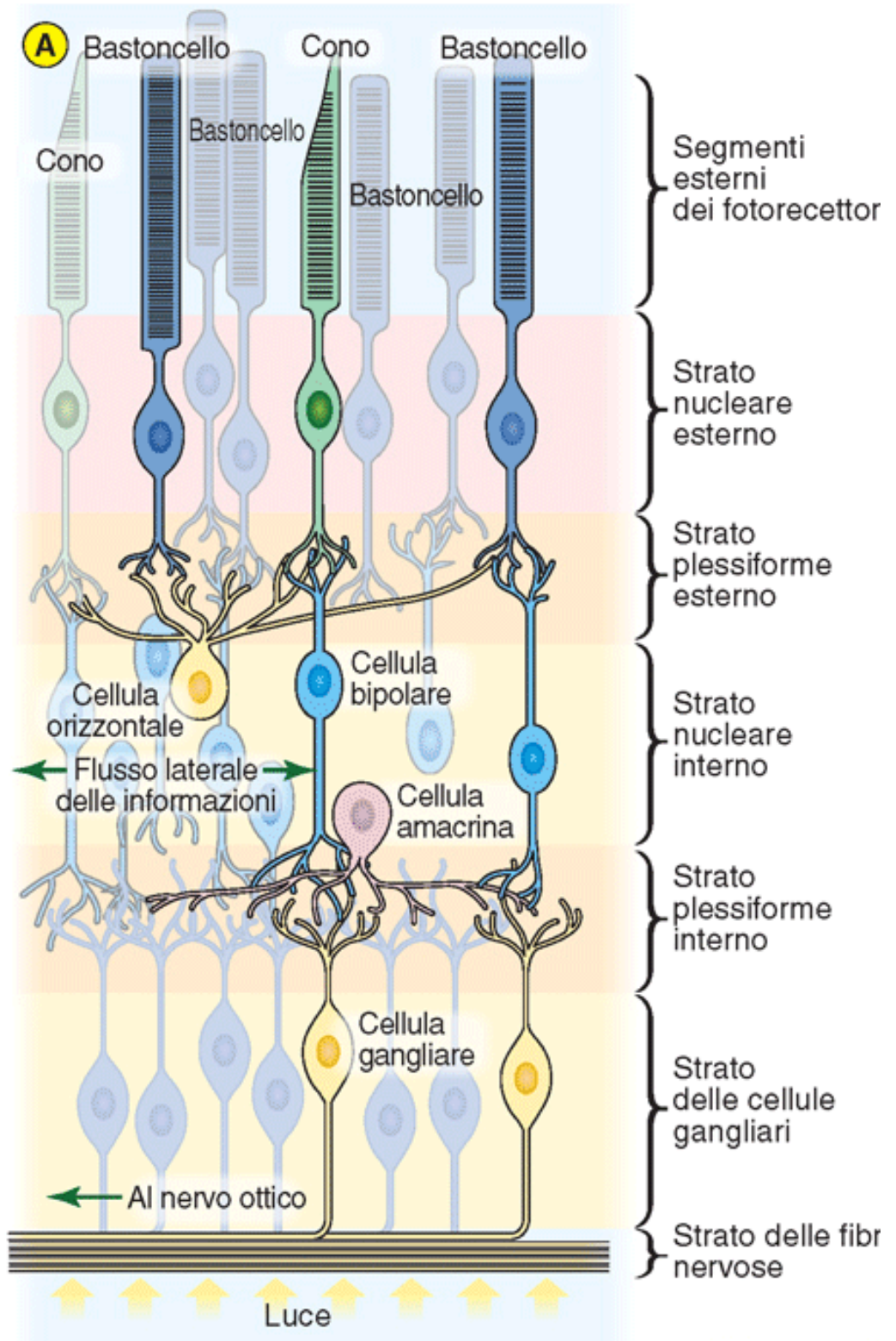


- la *fovea* è nel centro della retina in corrispondenza dell'*asse ottico* dove si forma l'immagine di ciò che fissa l'occhio
- si presenta come una leggera depressione della regione retinica priva di grossi vasi e assoni delle cellule gangliari

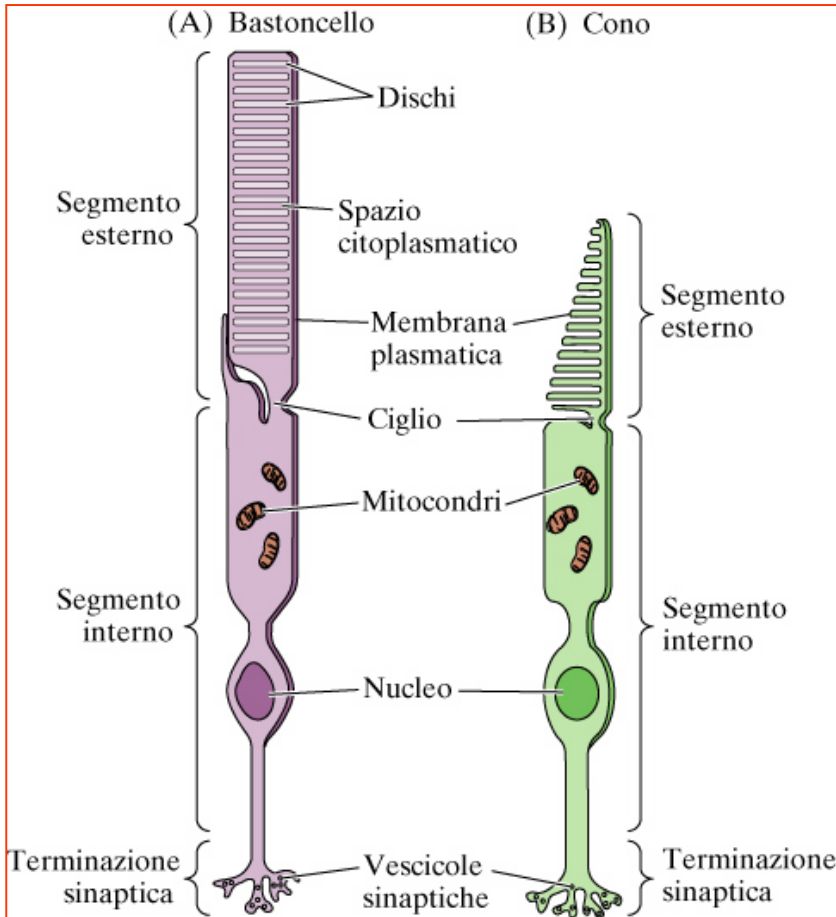


- contiene esclusivamente un'*alta densità di piccoli coni* (diam. 1.5 μm ; *alta acuità visiva*)
- nel resto della retina minori densità di *coni grandi e bastoncelli* (*bassa acuità visiva*)

• Struttura della retina



- **Coni e bastoncelli: differenze funzionali e morfologiche**

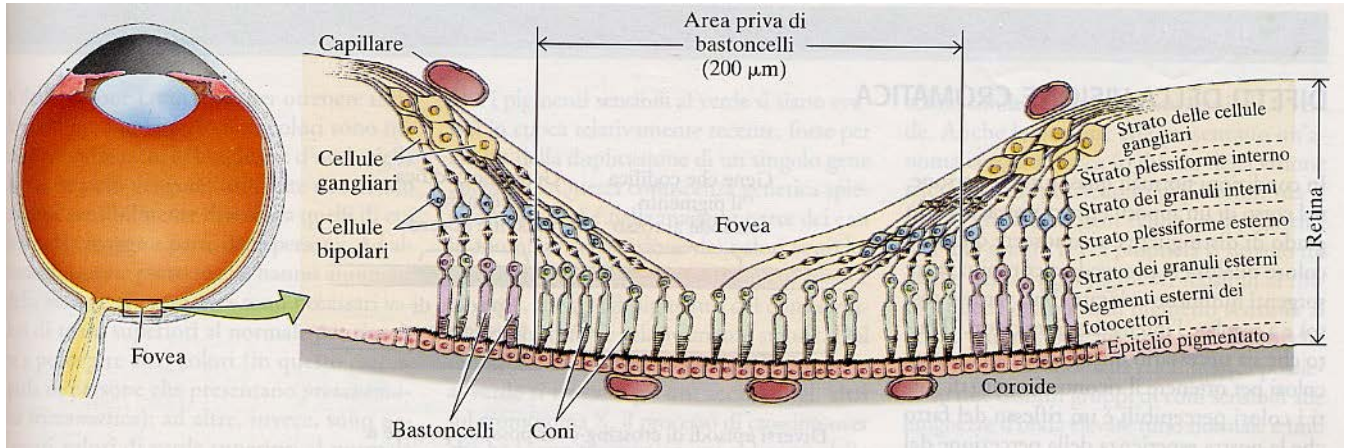


BASTONCELLI

CONI

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • elevata sensibilità:
attivati da 1 γ • bassa risoluzione spaziale
(fotopigmento ++) • visione scotopica
<i>rodopsina</i> • distribuiti sulla retina
ma non nella fovea | <ul style="list-style-type: none"> • scarsa sensibilità:
attivati da 100 γ • alta risoluzione spaziale
(fotopigmento +) • visione fotopica
<i>3 fotopigmenti</i> • concentrati nella
fovea |
|---|--|

La diversa convergenza dei fotorecettori (coni e bastoncelli) sulle altre cellule della retina



BASTONCELLI: elevato grado di convergenza

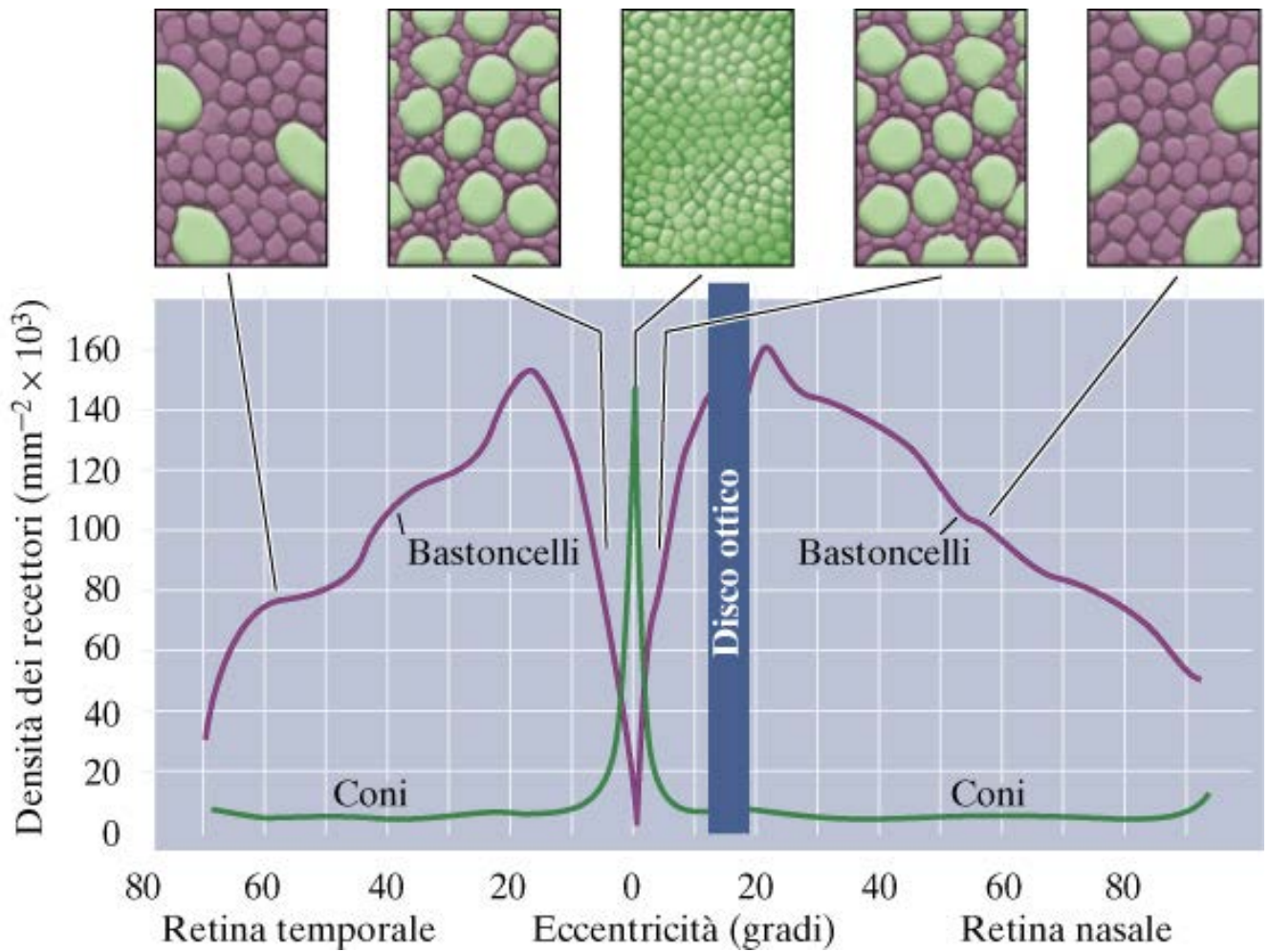
- molti bastoncelli convergono su una cellula bipolare
- molte bipolari convergono su una gangliare

CONI: basso grado di convergenza

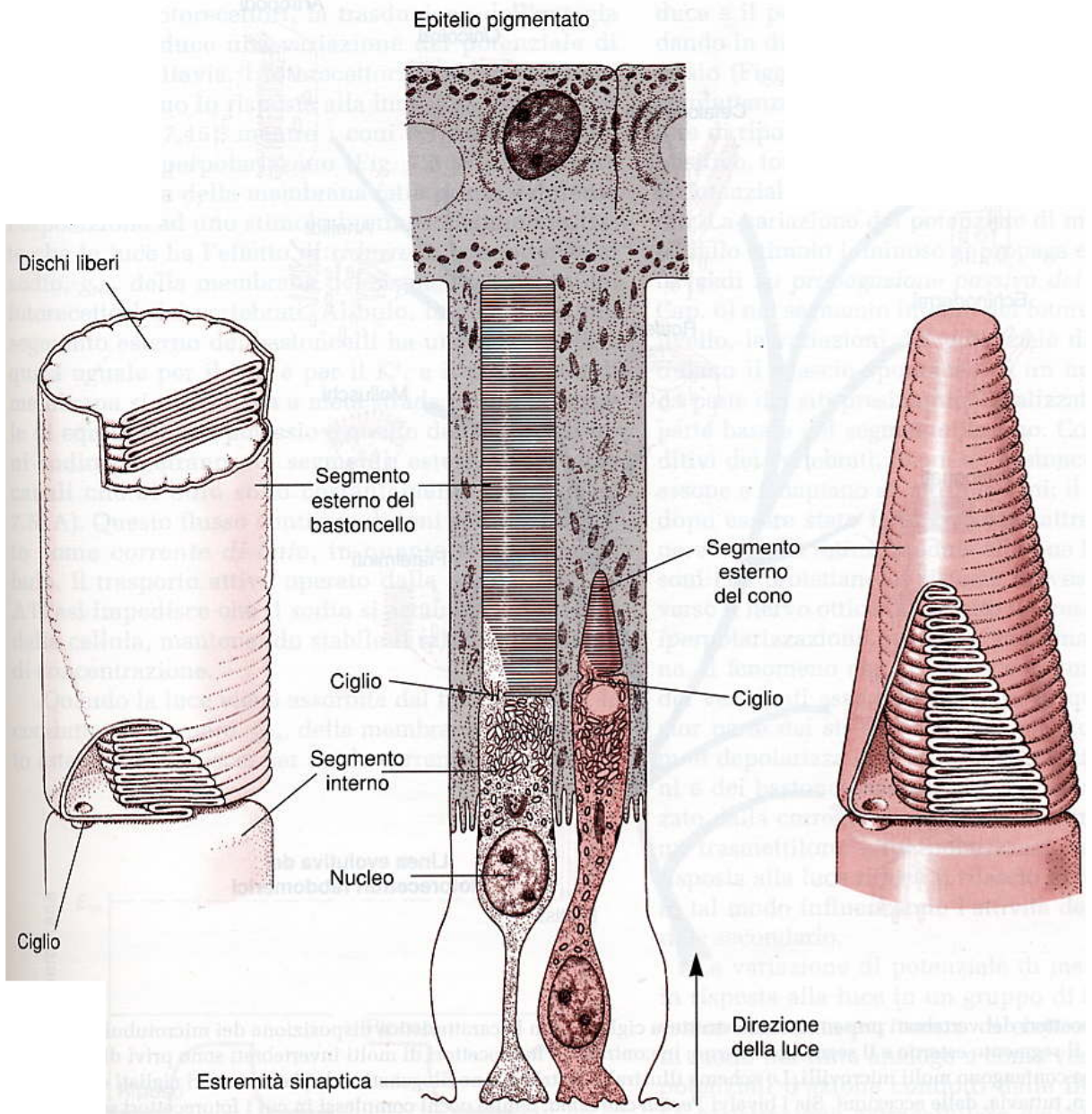
- un cono contrae sinapsi con una cellula bipolare,
- la bipolare fa sinapsi con una sola gangliare

La convergenza dei fotorecettori sulle altre cellule migliora la sensibilità a discapito della risoluzione visiva

Distribuzione dei fotorecettori sulla retina

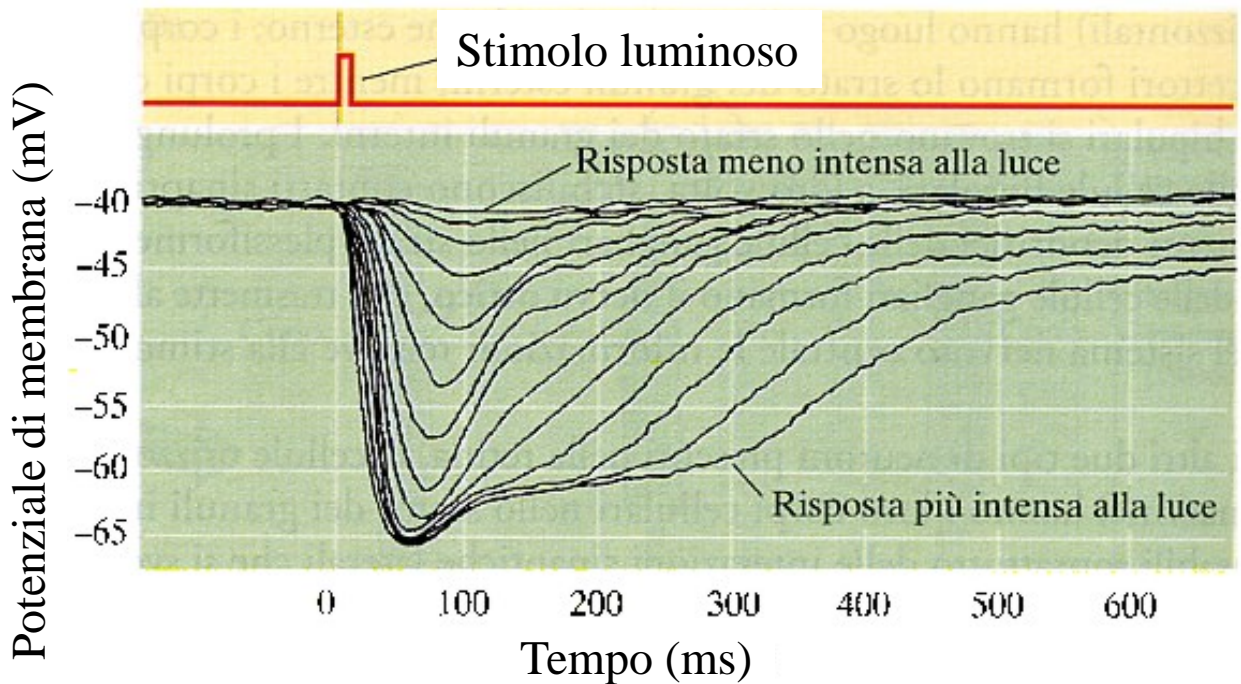


Il segmento esterno dei fotorecettori



- Come avviene la fototrasduzione

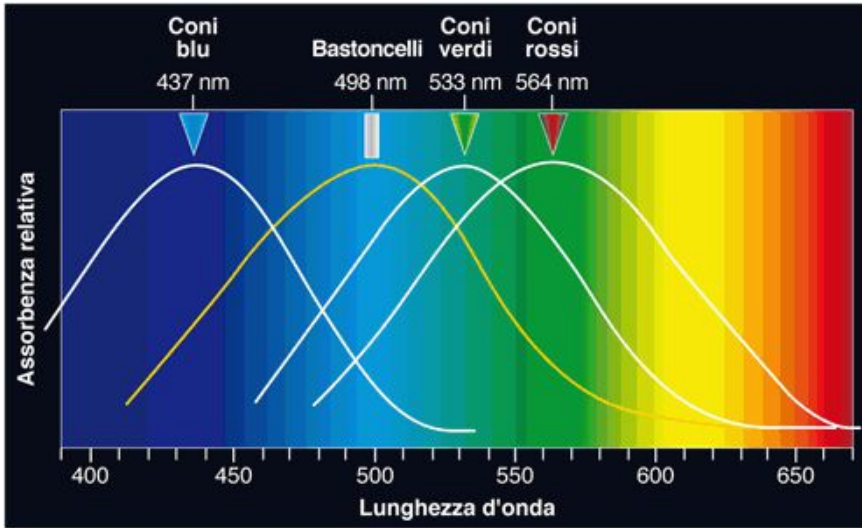
a differenza degli altri sistemi sensoriali, **LA LUCE IPERPOLARIZZA** la membrana del fotorecettore



- **al buio** i fotorecettori sono **depolarizzati** e liberano neurotrasmettitore (glutamato)
- **alla luce** i fotorecettori sono **iperpolarizzati** e la liberazione di neurotrasmettitore (glutamato) si riduce.

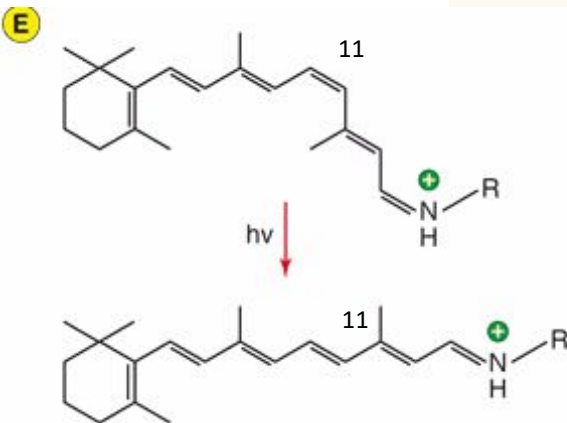
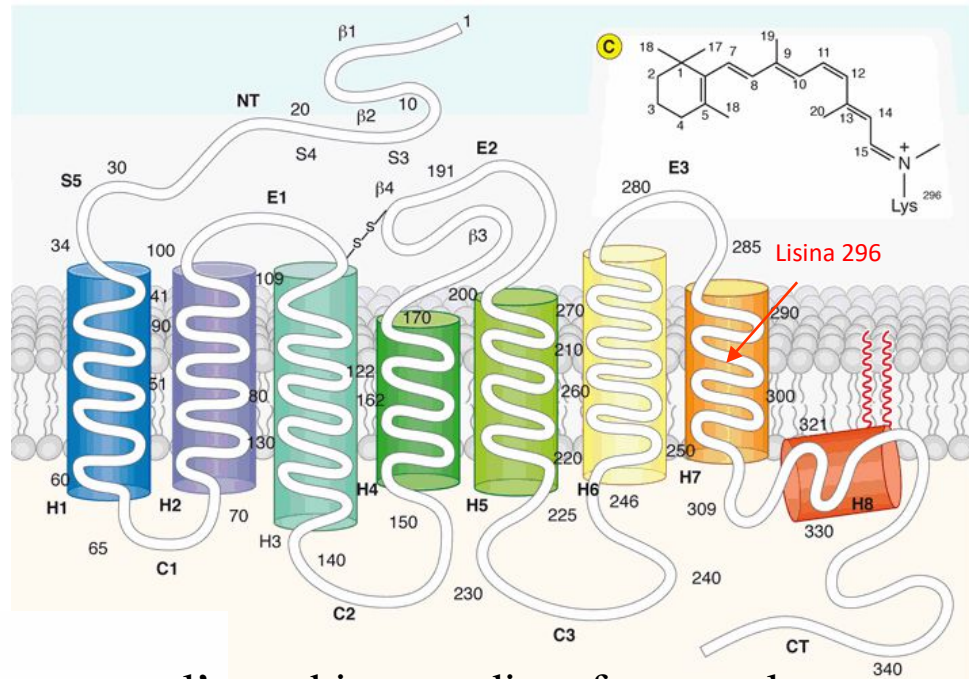
I pigmenti visivi

- i pigmenti visivi sono formati da una **apoproteina (opsina)** e da un cromoforo (**11-cis-retinale**)



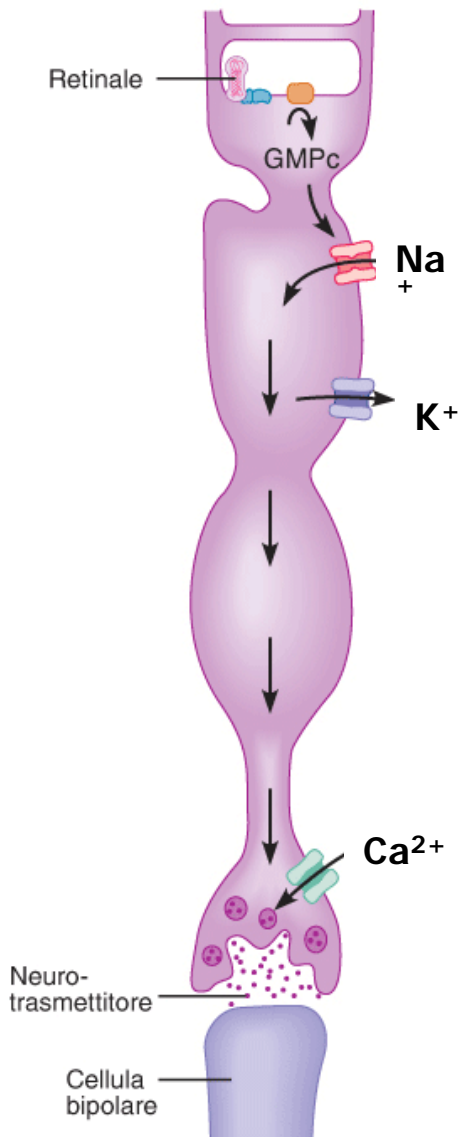
- i bastoncelli contengono **rodopsina**
- i coni contengono tre fotopigmenti, **opsine dei coni**, ciascuno con uno spettro di assorbimento diverso

- le **opsine** sono proteine di membrana a 7 α -eliche funzionalmente legate a proteine G

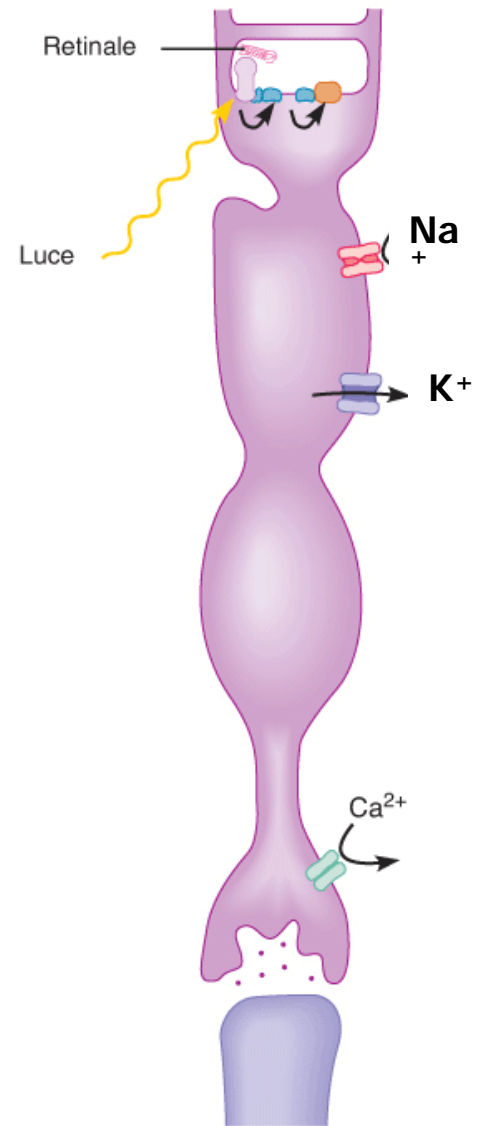


- l'assorbimento di un fotone sul cromoforo innesca una rapida reazione fotochimica di isomerizzazione del doppio legame in posizione 11 dalla forma **11-cis** a **all-trans** porta alla formazione di **metarodopsina II (opsina attivata)**

BUIO



LUCE



- sul segmento esterno dei fotorecettori ci sono canali permeabili al Na⁺, aperti dal cGMP
- al buio: cGMP elevato: canali Na⁺ aperti: ingresso di ioni positivi, depolarizzazione
- alla luce: cGMP diminuisce, canali Na⁺ chiusi, ripolarizzazione

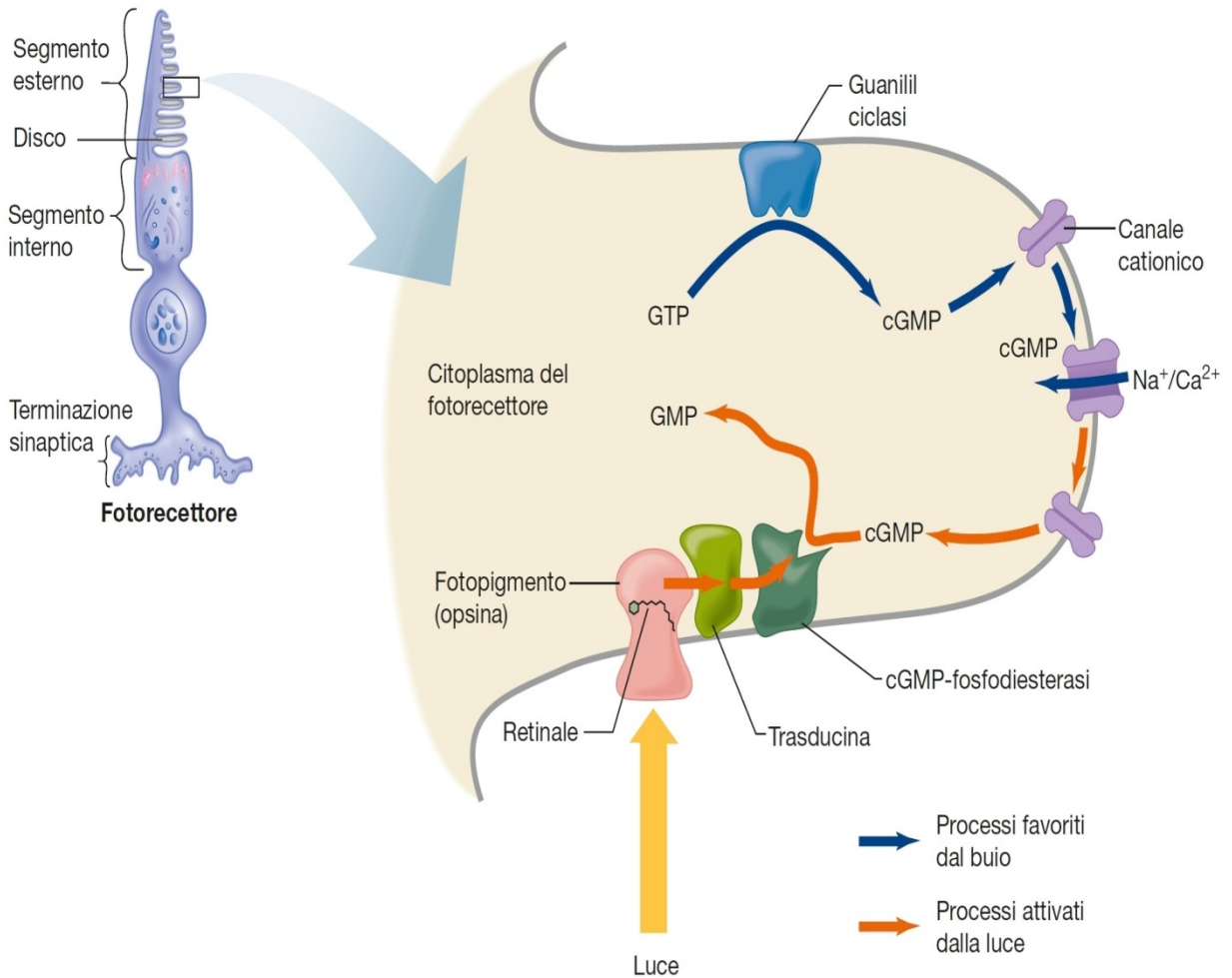
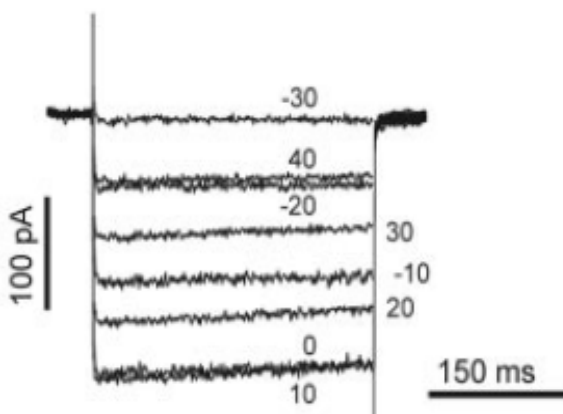
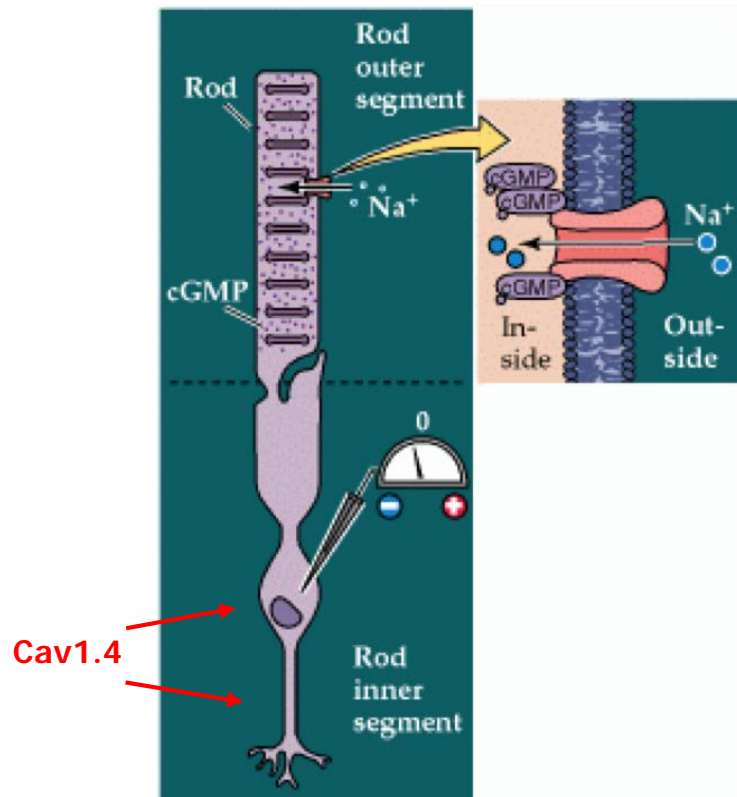


Figura 7.28 Fototrasduzione in un cono. In assenza di stimolo luminoso, il cGMP si lega ai canali cationici e li apre. Quando la luce colpisce il cromoforo (retinale) del fotopigmento, questo cambia conformazione e si dissocia dall'opsina. Come risultato, nella membrana del disco viene stimolata la cGMP-fosfodiesterasi, che riduce il cGMP e quindi chiude i canali cationici. Per semplificare, le proteine sono raffigurate ampiamente disperse nella membrana. In effetti, tutte queste proteine sono densamente raggruppate all'interno della membrana discale del cono. La fototrasduzione nei bastoncelli è essenzialmente identica, tranne che per il fatto che i dischi membranosi sono interamente compresi nel citosol della cellula (Figura 7.27) e i canali ionici cGMP-dipendenti sono sulla membrana superficiale anziché sulle membrane discali.

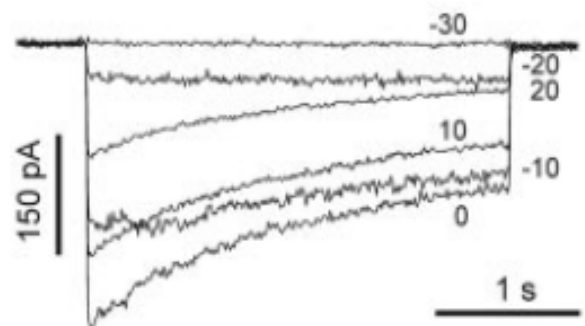
I canali del Ca^{2+} di tipo L (Cav1.4) controllano il rilascio di neurotrasmettitore dal fotorecettore

- la subunità $\alpha 1$ di Cav1.4 (*CACNA1F*) è altamente espressa nelle sinapsi dei fotorecettori (coni e bastoncelli), cellule bipolari e gangliari
- Cav1.4 sostiene gli influssi di Ca^{2+} presinaptici al buio quando il fotorecettore è depolarizzato
- il canale si attiva da -40 mV e si inattiva molto lentamente
- possiede una debole inattivazione Ca^{2+} -dipendente (CDI)

Al buio



3.3_VISTA



22

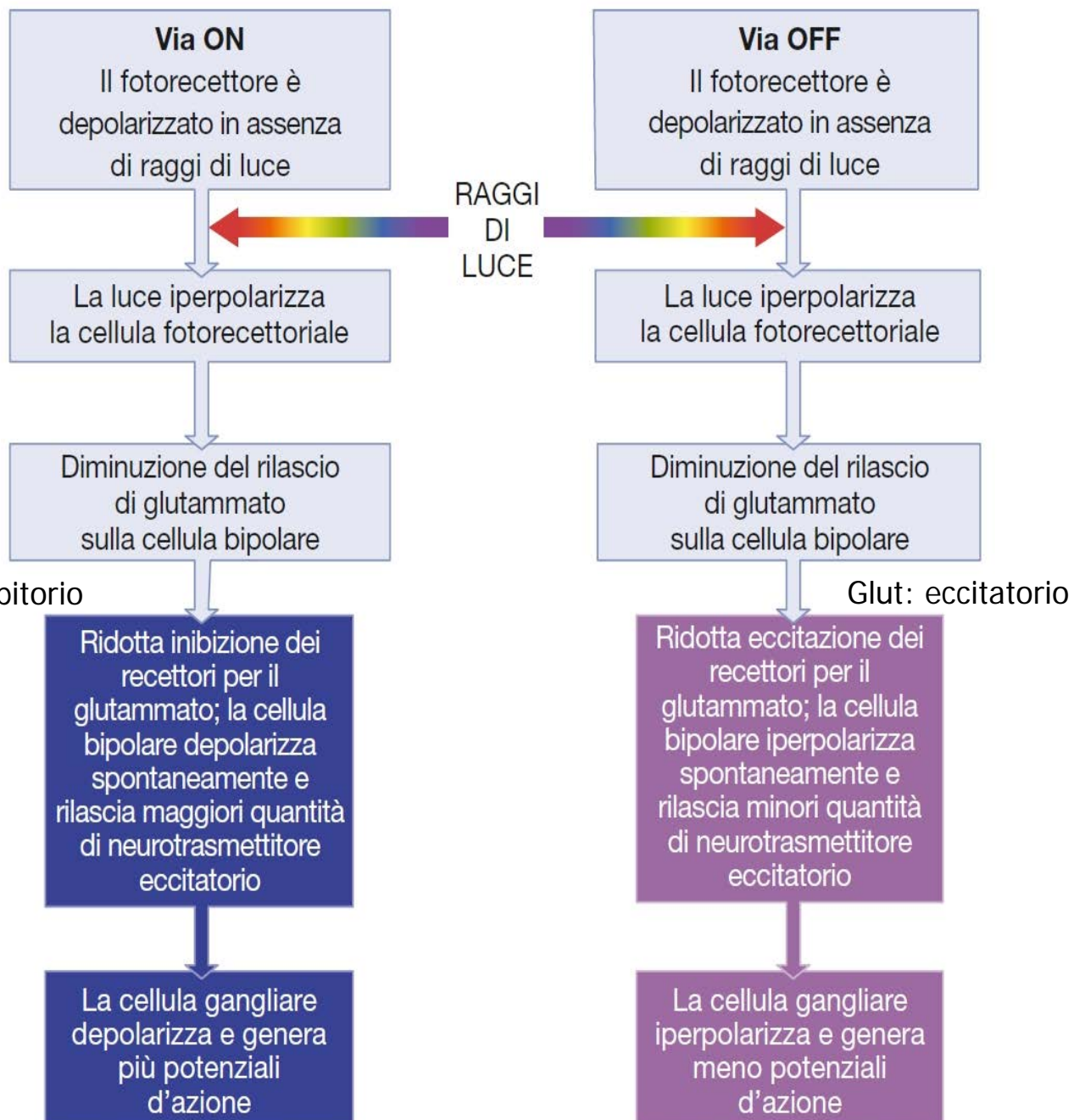


Figura 7.29 Effetti della luce sul signaling nelle cellule gangliari della via ON e della via OFF.

Campi recettivi delle cellule gangliari

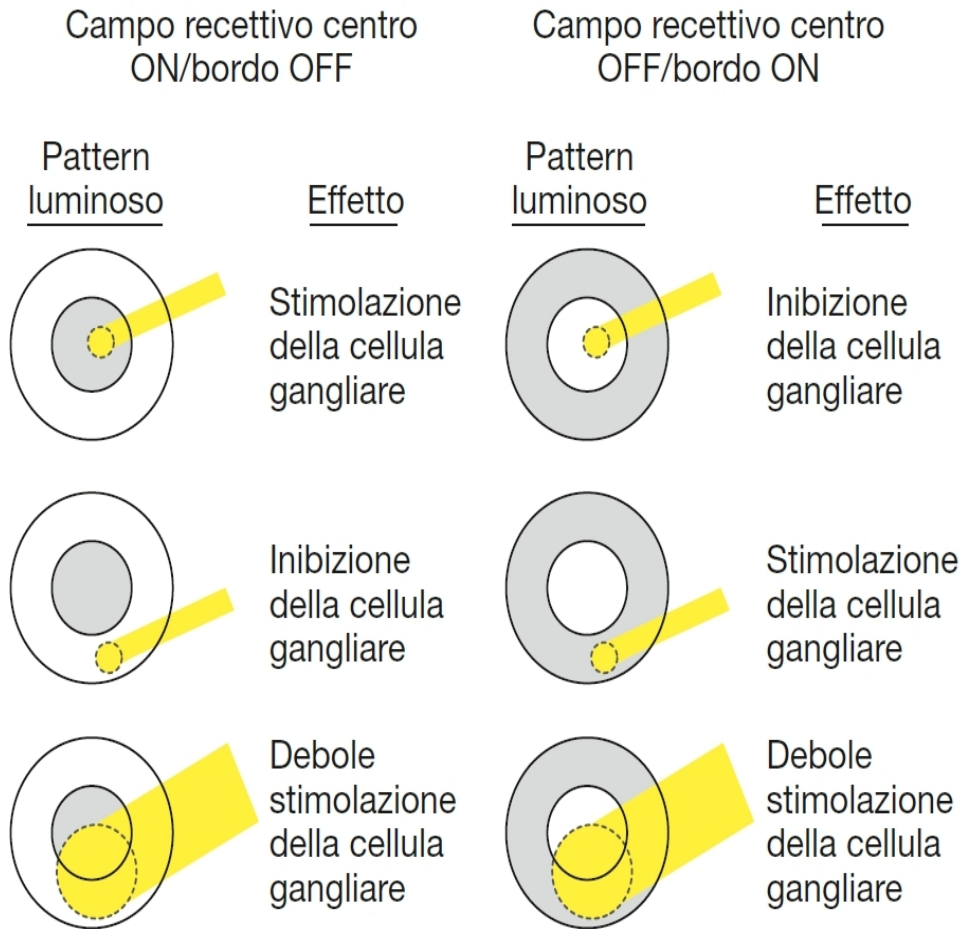
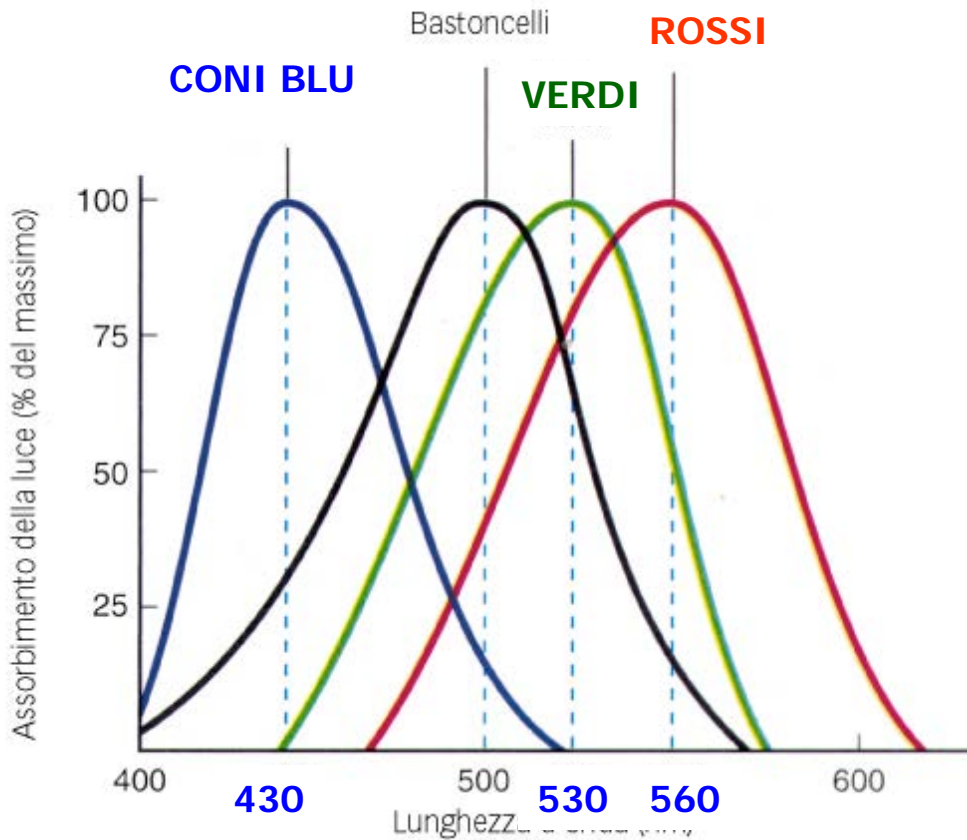


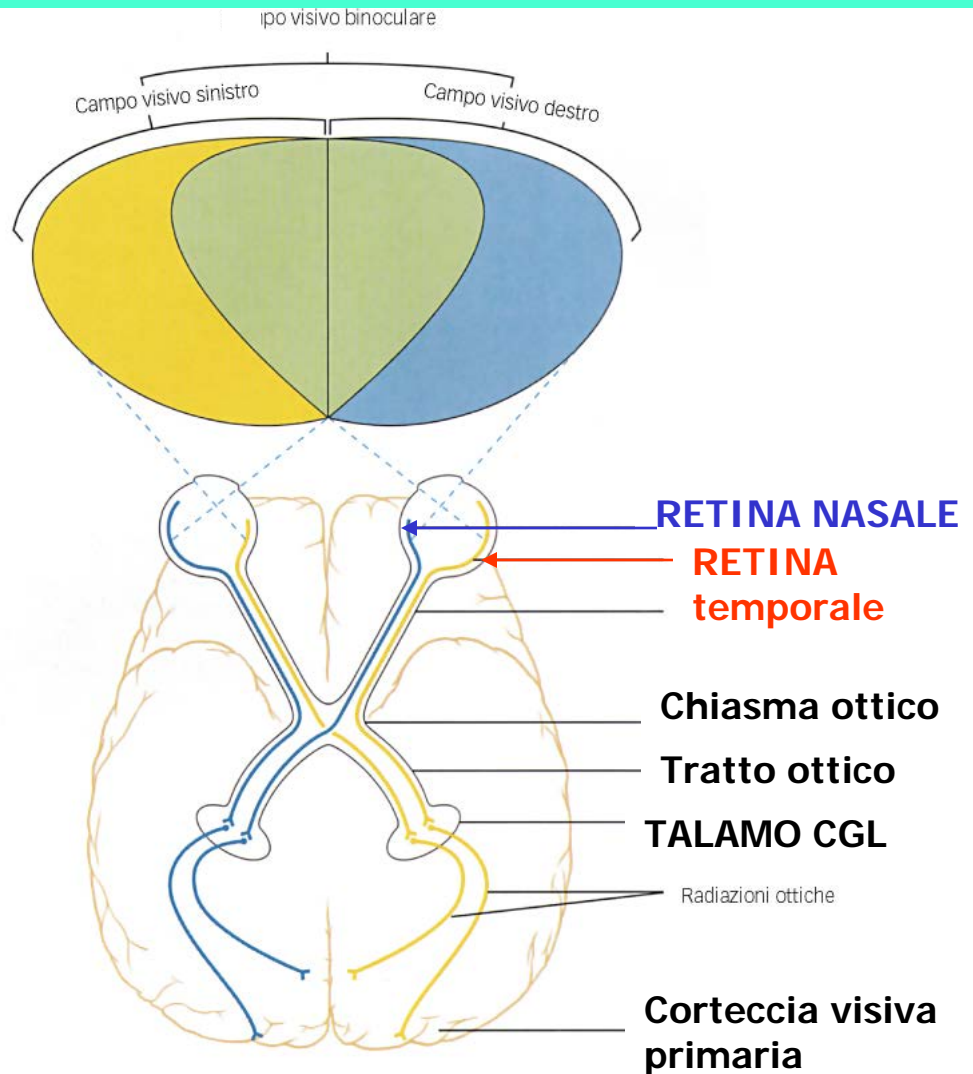
Figura 7.30 Tipi di campi recettivi delle cellule gangliari. Le cellule gangliari centro ON/bordo OFF sono stimulate quando un punto luminoso colpisce il centro del campo recettivo e sono inibite quando la luce colpisce la zona circostante; l'opposto si verifica nelle cellule centro OFF/bordo ON. In entrambi i casi, la luce che colpisce entrambe le regioni dà luogo a un'attivazione intermedia a causa di modulazioni contrastanti. Questo è un esempio d'inibizione laterale che incrementa l'identificazione dei margini di uno stimolo visivo, migliorando così l'acuità visiva.

SPETTRI DI ASSORBIMENTO DEI FOTOPIGMENTI PRESENTI SULLA RETINA UMANA



- coni e bastoncelli trasmettono informazioni relative alla λ della luce in funzione al tipo di fotopigmento che contengono
- i bastoncelli contengono **RODOPSINA**
- i coni contengono tre fotopigmenti, **OPSINE DEI CONI**, ciascuno con uno spettro di assorbimento diverso.

• Le vie visive centrali



Il 60% degli assoni delle cellule gangliari si incrociano nel **chiasma ottico**, il 40% procede ipsilateralmente. Superato il chiasma procedono nel **tratto ottico** da cui raggiungono diverse strutture:

- **NUCLEO GENICOLATO LATERALE** (talamo)
→ **CORTECCIA VISIVA PRIMARIA**
- **NUCLEO DEL PRETETTO** (coordinazione del riflesso pupillare)
- **COLLICOLO SUPERIORE** (coordina i movimenti della testa e degli occhi)
- **NUCLEO SOPRACHIASMATICO** (ipotalamo) (cicli sonno-veglia)