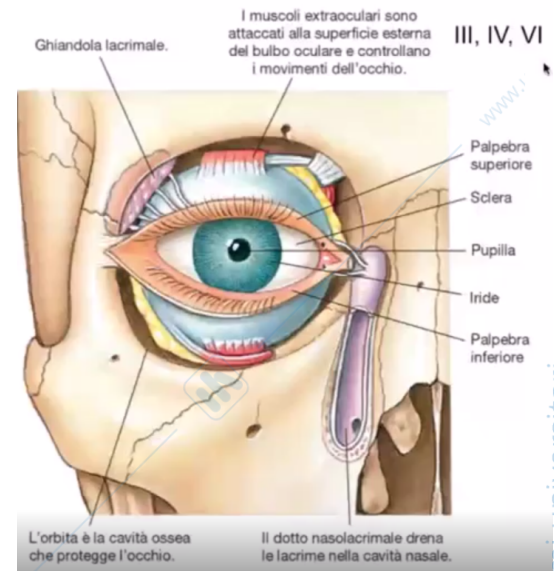


## OCCHIO E VISIONE

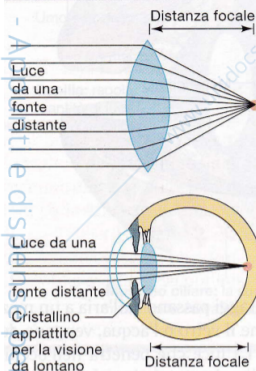
L'occhio è un **recettore sensoriale** che fa arrivare la luce su una superficie sensibile ai raggi luminosi (la **retina**) per mezzo di una lente (il **cristallino**) attraverso un'apertura (la **pupilla**)

La visione  $\Rightarrow$  la luce riflessa dagli oggetti presenti nell'ambiente viene trasformata in immagine mentale,

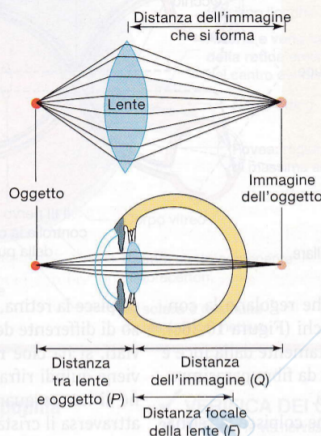
1. La luce entra nell'occhio; messa a fuoco sulla retina dal cristallino.
2. I fotorecettori della retina trasducono il segnale luminoso in segnale elettrico.
3. I segnali elettrici vengono elaborati attraverso le vie nervose che collegano la retina al cervello.



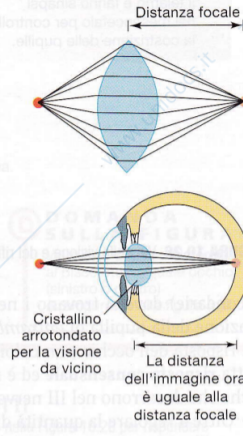
(c) Quando i raggi luminosi paralleli passano attraverso il cristallino appiattito, il punto focale cade sulla retina.



(d) Nel caso di oggetti vicini, i raggi luminosi non sono più paralleli. Il cristallino e la sua distanza focale non si sono modificati, ma l'oggetto è visto fuori fuoco perché i raggi luminosi non sono a fuoco sulla retina.



(e) Per mantenere a fuoco un oggetto vicino, il cristallino diventa più convesso.



Quando la luce entra nell'occhio, prima attraversa la cornea e il cristallino e poi colpisce la retina.

- La luce che penetra nell'occhio viene quindi **rifratta** due volte (cornea, e nel cristallino)
- L'angolo con cui la luce raggiunge la superficie del cristallino dipende dalla curvatura del cristallino e dalla direzione dei raggi luminosi.

Quando una lente convessa è attraversata da onde luminose parallele, si definisce **punto focale** il punto in cui convergono i raggi (il cristallino è più potente quando è più convessa) (distanza focale)

OGNI LENTE HA UN PUNTO FOCALE O FUOCO E UNA DISTANZA FOCALE FISSI, PER MODIFICARE LA DISTANZA FOCALE SI DEVE MODIFICARE LA FORMA DELLA LENTE.

- Quando la luce passa da un oggetto al cristallino per poter vedere a fuoco l'oggetto il punto focale deve cadere precisamente sulla retina.
- a. raggi luminosi paralleli provenienti da una **sorgente distante** almeno sei metri colpiscono il cristallino appiattito, il punto focale cade sulla retina e l'oggetto è a fuoco.
- b. se un oggetto si trova a meno di 6 metri dalla lente  $\Rightarrow$  I raggi riflessi dall'oggetto non sono paralleli e quindi colpiscono la lente con un angolo obliquo
  - Il punto focale ora cade dietro la retina, e l'immagine dell'oggetto apparirà fuori fuoco.
- c. **SOLUZIONE** Per mantenere a fuoco un oggetto vicino la lente dovrà diventare più **convessa**, cioè più arrotondata, per aumentare l'angolo di rifrazione

Questo aggiustamento accorcia la distanza focale della lente e permette ai raggi di convergere sulla retina mettendo l'oggetto a fuoco.

**ACCOMODAZIONE**  $\Rightarrow$  l'occhio modifica la forma del cristallino per mettere a fuoco gli oggetti

La minima distanza a cui si può trovare un oggetto perché possa essere messo a fuoco è detta punto vicino dell'accomodazione.

Il cristallino varia la propria forma grazie al **muscolo ciliare**, un anello di muscolatura liscia che circonda il cristallino, a cui questo è ancorato da legamenti non elastici che costituiscono la **zonula**. La lente, a causa dell'elasticità della sua capsula, assume la sua forma naturale quasi sferica, se la zonula non fa trazione su di essa. Se la zonula fa trazione sulla lente questa si appiattisce e prende la forma necessaria per la visione a distanza.

Il vedere male da lontano (**miopia**) si ha quando il punto focale cade davanti alla retina

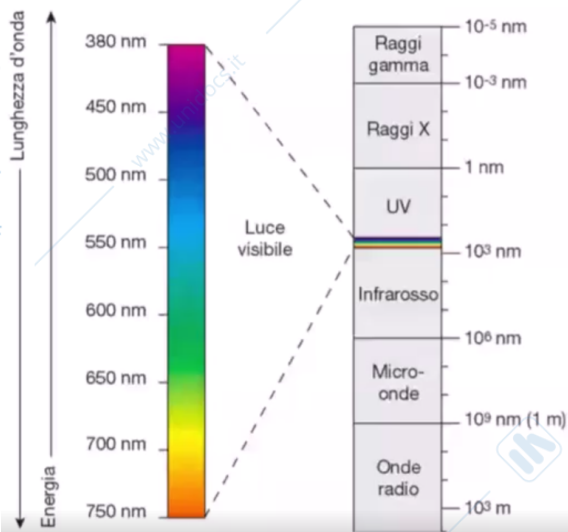
Il vedere male da vicino (**ipermetropia**) si ha quando il punto focale cade dietro alla retina

Questi difetti sono causati da anormali curvature o appiattimenti della cornea o da bulbi oculari troppo lunghi o troppo corti.

Questi disturbi si correggono posizionando davanti agli occhi lenti con curvatura appropriata, così da modificare la distanza focale

### VISTA: SPETTRO ELETTRIMAGNETICO

Nella seconda fase dell'elaborazione dell'informazione visiva, i fotorecettori della retina convertono l'energia luminosa in segnali elettrici.



L'energia luminosa è una parte dello spettro elettromagnetico, che va da onde ad alta energia e piccola lunghezza d'onda, come i raggi X e i raggi gamma.

Il nostro cervello può percepire soltanto una piccola parte di questo spettro ⇒ limitata a una lunghezza d'onda tra **400 e 750 nanometri (nm)**.

Raggi x, gamma ecc. non li vediamo

Ogni lunghezza d'onda "codifica" un certo colore (risposta del cervello a seconda della lunghezza d'onda)

Quando la luce entra nell'occhio dove sono presenti i 3 ricettori: i colori rosso, verde e blu, viene convertita in segnali nervosi che raggiungono il cervello.

### FOTOTRASDUZIONE

processo attraverso cui si convertono l'energia luminosa in segnali elettrici. [la luce colpisce la retina]

Ci sono cinque tipi di neuroni negli strati della retina:

fotorecettori, cellule bipolari, cellule gangliari, cellule amacrine e cellule orizzontali.

**EPITELIO PIGMENTATO:** strato epiteliale nero (melanina)

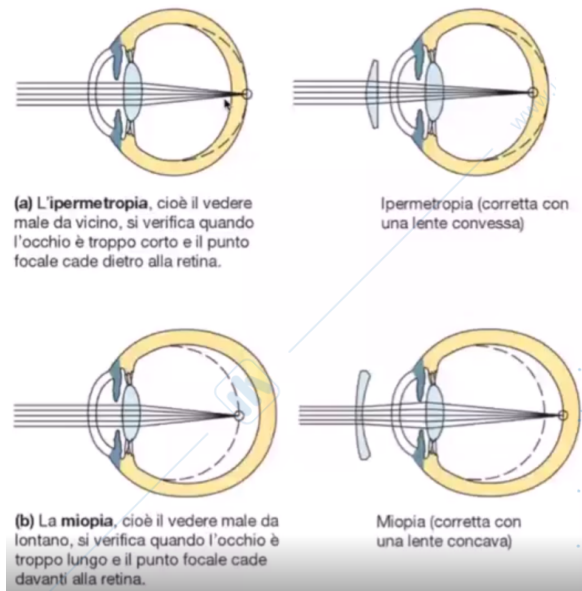
- funzione è di assorbire tutti i raggi luminosi non catturati dai **fotorecettori**, impedendo alla luce di venire riflessa all'interno dell'occhio ed evitando distorsioni dell'immagine visiva.

**FOTORECETTORI** sono i neuroni che convertono l'energia luminosa in segnali elettrici.

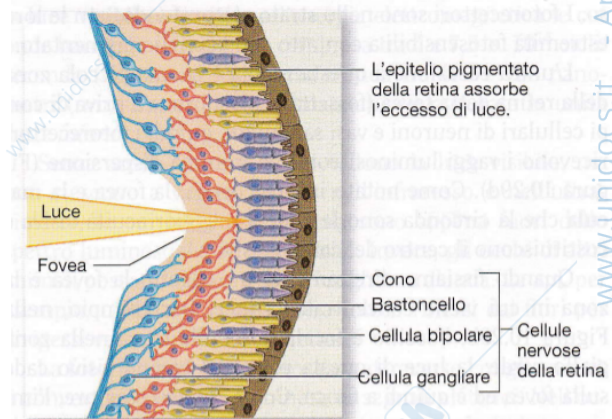
Fotorecettori sono nello strato più profondo, con le estremità fotosensibili a contatto con l'epitelio pigmentato.

- **bastoncelli** : sono efficienti in condizioni di luce scarsa e quindi permettono la visione monocromatica notturna, cioè la visione degli oggetti non a colori ma in bianco e nero. I bastoncelli sono più numerosi dei coni, con un rapporto 20:1, tranne a livello della **fovea** che è costituita in gran parte da coni.
- **coni** : sono responsabili della maggior **acuità** visiva e della visione dei colori durante il giorno ⇒ la capacità di distinguere i dettagli. La Fovea è la zona con la massima acuità perché è costituita esclusivamente da coni

**FOVEA e MACULA** (circonda) sono le zone a maggior acuità visiva e costituiscono il **centro del campo visivo**.



(d) Nella fovea la luce colpisce direttamente i fotorecettori perché i neuroni degli strati sovrastanti sono spostati di lato.

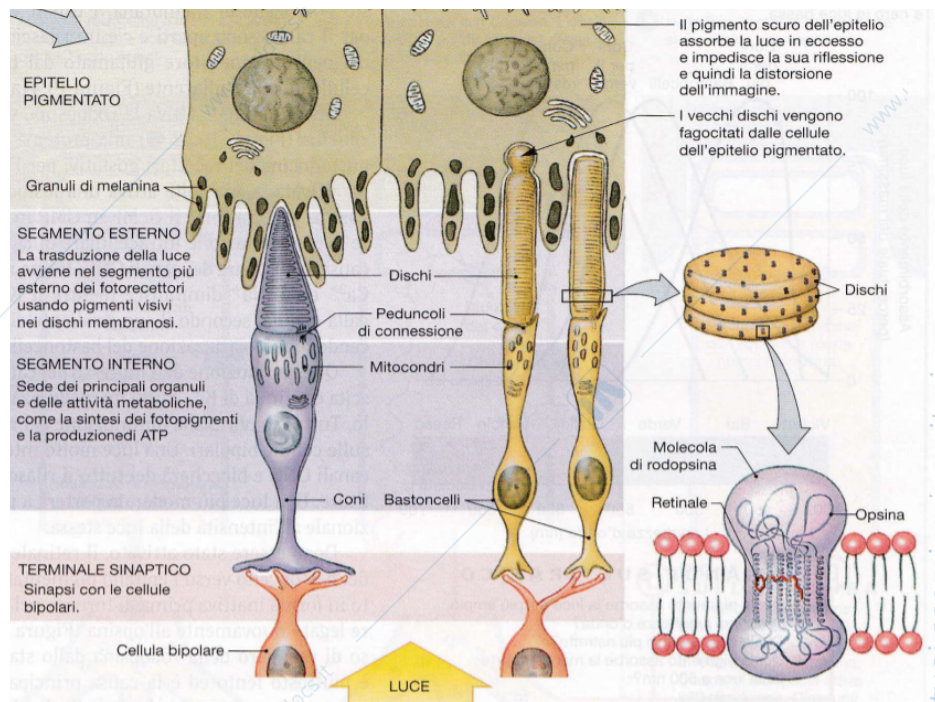


Sia i coni sia i bastoncelli hanno la stessa struttura di base:

- (1) un segmento esterno in contatto con l'epitelio pigmentato della retina,
- (2) un segmento interno che contiene il nucleo cellulare e gli organi deputati alla sintesi dell'ATP e delle proteine
- (3) un segmento basale che fa sinapsi con le cellule bipolari sulle quali rilascia glutamato.

I pigmenti visivi, sensibili alla luce, sono legati ai **dischi** membranosi nei segmenti esterni dei fotorecettori.

- danno il via alla **trasduzione**, che converte l'energia luminosa in variazioni del potenziale di membrana.



Questi recettori in assenza dello stimolo ha una situazione di depolarizzazione perchè ha i canali di sodio aperti (dovuto a un secondo messaggero che anche nelle situazioni di buio è attivo) : nella cellula rilascia continuamente neurotrasmettitori.

- i fotorecettori sono sempre depolarizzati al buio a causa di una corrente di sodio entrante, la corrente al buio. Il sodio entra nei fotorecettori attraverso un canale GMPc (guanosin monofosfato ciclico) dipendente
- la luce porta all'attivazione di un enzima che distrugge il GMPc, facendo perciò cessare la corrente di Na ed **IPERPOLARIZZANDO** la cellula .

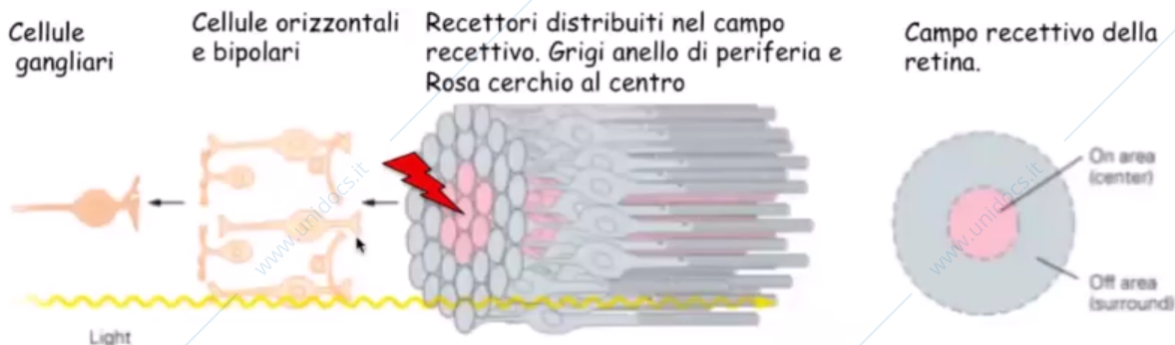
La risposta di iperpolarizzazione è innescata dall'assorbimento di radiazione elettromagnetica da parte dei fotopigmenti di membrana, chiamata rodopsina, che si trova nel segmento esterno dei bastoncelli e dei coni.

- L'iperpolarizzazione riduce il rilascio di glutammato sulle cellule bipolari. Il glutammato continuamente rilasciato dai recettori in assenza di stimolo (la luce) può eccitare o inibire la cellula bipolare ad essa connessa

Glutamato rilasciato dai fotorecettori sulle **cellule bipolari** gioca un ruolo chiave nell'elaborazione del segnale

- luce-on (cellule bipolari **ON**) sono attivate alla luce, quando la secrezione di glutammato dai fotorecettori diminuisce. Al buio, le cellule bipolari ON sono inibite dal rilascio di glutammato.
- luce-off (cellule bipolari **OFF**) sono eccitate dal rilascio di glutammato al buio. Alla luce, con meno glutammato, le cellule bipolari OFF sono inibite.

Grazie alla presenza di diversi tipi di recettori del glutamato sulle cellule ON e OFF, uno stimolo (la luce) crea due diverse risposte con un singolo neurotrasmettitore.



Ciascuna cellula gangliare riceve informazioni da una zona particolare della retina. Queste aree sono definite **campi recettivi visivi**

| Tipo di campo visivo   | Campo centro on/periferia off  | Campo centro off/periferia on   |
|--|--|---|
| <p>Centro on/periferia off</p> <p>Luce forte nel centro</p>                                      | La cellula gangliare è eccitata dalla luce nel centro del campo visivo.    | La cellula gangliare è inibita dalla luce nel centro del campo visivo.      |
| <p>Centro off/periferia on</p> <p>Luce forte alla periferia</p> <p>Luce forte alla periferia</p> | La cellula gangliare è inibita dalla luce alla periferia del campo visivo. | La cellula gangliare è eccitata dalla luce alla periferia del campo visivo. |
| <p>Entrambi i tipi di campo</p> <p>Luce diffusa sia al centro sia alla periferia</p>             | La cellula gangliare risponde debolmente.                                  | La cellula gangliare risponde debolmente.                                   |

Nella fovea il campo recettivo di una cellula gangliare è molto piccolo, ogni cellula gangliare riceve informazioni da pochissimi recettori. Per questo motivo l'acuità visiva di queste aree è elevata.

La visione non è invece così nitida ai bordi del campo visivo, perché su una singola cellula gangliare convergono molti recettori.

Quindi per ogni campo recettivo abbiamo 2 bipolari che comunicano con 2 CELLULE GANGLIARI

CENTRO ON/PERIFERIA OFF dunque se la luce colpisce il centro del campo la cellula bipolare si eccita se colpisce la periferia la cellula bipolare si inibisce

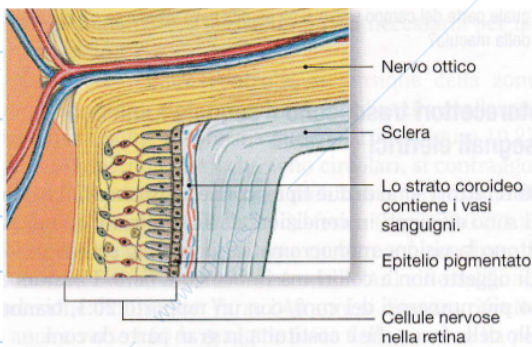
CENTRO OFF/PERIFERIA ON dunque se la luce colpisce il centro del campo la cellula bipolare si inibisce se colpisce la periferia la cellula bipolare si eccita.

OGNI VOLTA CHE UN PUNTO DI LUCE COLPISCE UN CAMPO RECETTIVO IL CERVELLO RICEVE 2 informazioni complementari. Questo serve soprattutto a percepire I CONTRASTI

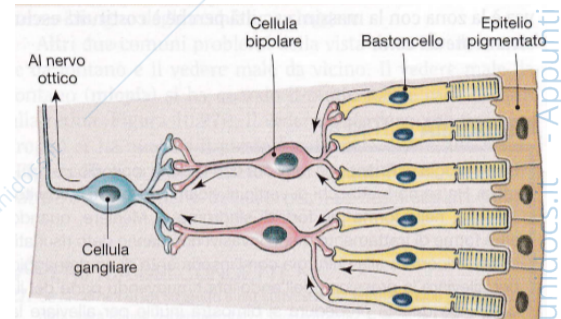
In un campo centro on/periferia off, la cellula gangliare associata risponderà energicamente quando la luce è forte al centro del campo. Se la luce è maggiore nella regione periferica del campo, la cellula gangliare del campo centro on-periferia off è inibita e cessa la generazione dei potenziali d'azione.

**L'inverso succede nei campi centro-off/ periferia-on**

Nell'occhio ci sono tre tipi di coni: per il rosso, il verde e il blu. Il nostro sistema nervoso riconosce i colori degli oggetti interpretando la combinazione dei segnali provenienti dai tre diversi tipi di coni. Quando fissiamo direttamente un oggetto la fovea è la zona in cui viene concentrata la luce. L'immagine sulla retina è capovolta ⇒ la successiva elaborazione dell'immagine compiuta dall'encefalo capovolge di nuovo l'immagine così che noi la vediamo orientata correttamente.



L'informazione sensoriale sullo stimolo luminoso viene passata dai recettori alle **cellule bipolari** e poi alle cellule o **neuroni gangliari**. Il nervo ottico è formato dagli assoni delle cellule gangliari e lascia l'occhio a livello del disco ottico.



### LE VIE CENTRALI DELLA VISTA

Una volta che i potenziali d'azione lasciano le cellule gangliari, decorrono lungo il **nervo ottico** ed entrano nel SNC per l'ulteriore elaborazione. [entrano nel cervello a livello del chiasma ottico]

- l'informazione proveniente dalla **parte destra** del campo visivo sia elaborata dalla parte sinistra del cervello
- l'informazione dalla **parte sinistra** sia elaborata dalla parte destra del cervello.

ZONA BINOCULARE ⇒ La parte centrale del campo visivo

- In questa zona i due occhi hanno immagini leggermente sfalsate degli stessi oggetti e questo permette al cervello di elaborare e integrare le due immagini per creare una rappresentazione tridimensionale degli oggetti.

Quando gli assoni lasciano il chiasma ottico, alcuni proiettano al mesencefalo, dove sono implicati nel controllo del movimento oculare o, assieme alle informazioni somatosensoriali e labirintiche, permettono il mantenimento dell'equilibrio e il movimento corporeo

- La maggior parte degli assoni, tuttavia, proietta al **corpo genicolato laterale** del talamo, dove le fibre ottiche fanno sinapsi sui neuroni che portano alla corteccia visiva nel lobo occipitale.

