

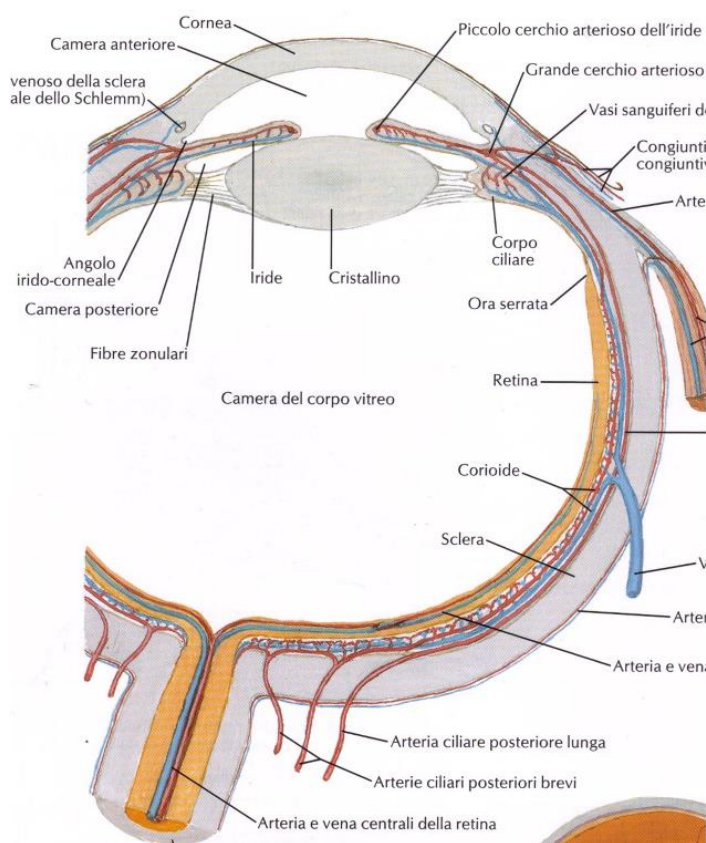
Lezione 28 (1/06/2022) - SBOBINATORI: Matteo Di Michele e Giuseppe Carleo

Argomenti: occhio e vista

La vista è uno dei sensi più sviluppati nell'homo sapiens; spesso accade che, così come il cervello venga paragonato ad un computer, l'occhio venga paragonato ad una macchina fotografica. In realtà entrambe le similitudini risultano sbagliate: il cervello lavora in modo diverso rispetto ad un computer, in modo analogo l'occhio non è una macchina fotografica.

L'unica analogia possibile tra occhio e macchina fotografica sta nell'operatore: dietro la macchina fotografica vi è un operatore (noi), dietro l'occhio vi è, altrettanto, un operatore: il cervello. Il cervello compie delle "selezioni" anche nel campo visivo; motivo per il quale l'occhio non "fotografa" la realtà.

In questa parte Barni definisce l'occhio, a livello organizzativo, come un piccolo "cervello". Così come il cervello possiede una parte nervosa (corteccia), la parte mielinica (sostanza grigia e sostanza bianca) ed è protetto da un rivestimento rappresentato dalle meningi¹, è possibile dividere l'occhio, dall'esterno verso l'interno, in tre tonache:



- **Sclera** (strato protettivo): dura e resistente

- **Coroide o uvea** (strato vascolare): (Barni la definisce l'equivalente dell'aracnoide) l'uvea è lo strato dell'occhio in cui scorrono i vasi sanguigni. Essa anteriormente si modifica in due parti diventando prima corpo ciliare e poi iride. Dai corpi ciliari nascono le fibre zonulari che terminano ai poli del cristallino. A livello strutturale l'uvea, come la retina, possiede un epitelio pigmentato.

- **Retina** (strato nervoso): (Barni definisce la retina come la corteccia del cervello) dalle cellule gangliari della retina si formerà il nervo ottico

¹ Le meningi sono tre; esse rispettivamente dall'interno all'esterno sono la pia madre (a stretto contatto con la corteccia), l'aracnoide (contiene il liquor e la maggior parte dei vasi di grande calibro) e la dura madre.

Nota: un vaso che si rompe dà luogo ad un'emorragia subaracnoidea

Le altre strutture sono:

- **il cristallino o lente:** consente di mettere a fuoco gli oggetti vicini e lontani. Esso negli anni può essere soggetto ad opacizzazione (l'opacizzazione totale o parziale del cristallino è definita cataratta) in seguito alla diminuzione della produzione di una proteina denominata cristallina oppure in seguito a condizione patologiche.
Esiste, anche, la cataratta congenita: bambini con la cataratta fin dalla nascita.

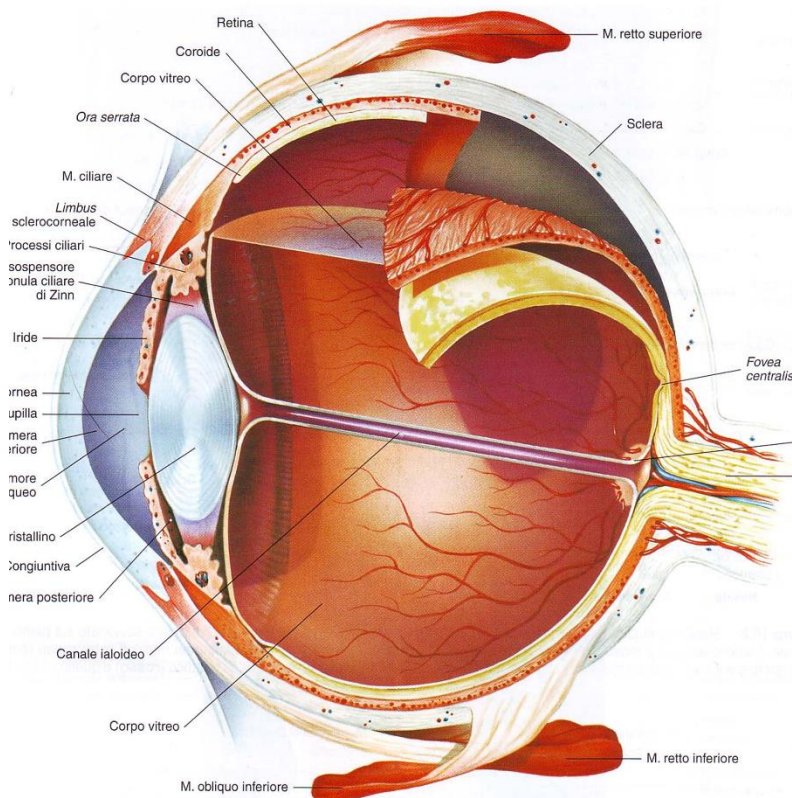
Per mettere a fuoco gli oggetti esistono tre procedure:

Convergenza degli occhi: gli occhi convergono sull'oggetto di interesse

Miosi: meccanismo che fa riferimento all'azione del muscolo costrittore dell'iride che media l'apertura della pupilla.

Accomodazione: è un meccanismo autonomo dell'apparato visivo, attuato attraverso l'aumento della curvatura della superficie anteriore del cristallino tramite il muscolo ciliare.²

A livello del corpo ciliare è presente il muscolo ciliare che contraendosi tira le fibre zonulari, con conseguente cambiamento del diametro del cristallino.

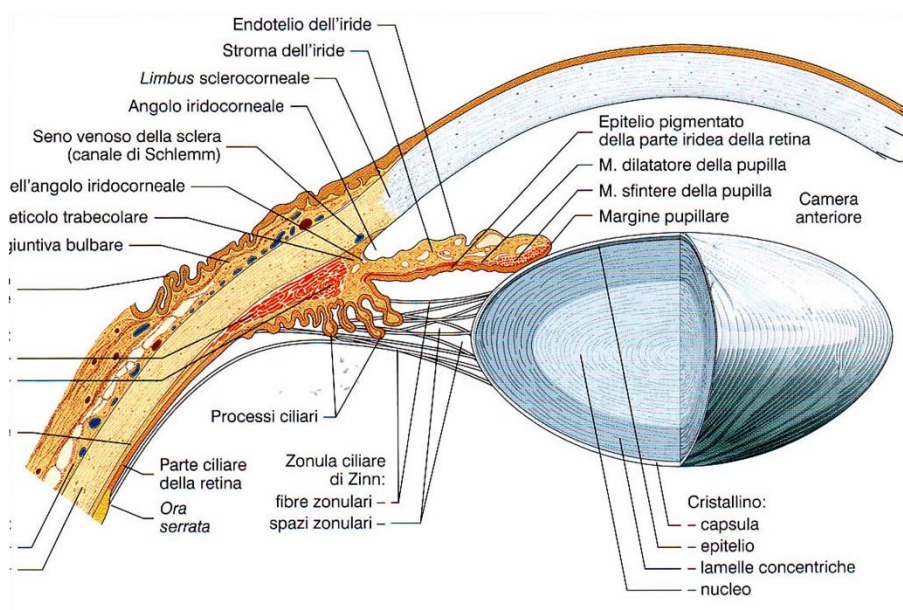


- **L'iride:** è la parte mediale dell'uvea o corioide; essa dà il colore agli occhi;

- La **cornea:** è una modificazione anteriore della sclera; presenta cinque strati ed è priva di vasi sanguigni.

È possibile fare il trapianto della cornea poiché si tratta di uno strato privo di vasi sanguigni e linfatici ma con terminazione nervose che si rigenerano.

² <https://it.wikipedia.org/wiki/Accomodazione>



Esso presenta tre camere:

- **Camera anteriore** situata dietro la cornea; al suo interno è contenuto l'umor acqueo, un ultrafiltrato dei vasi³ del corpo ciliare. Esso viene riassorbito dal canale dello Schlemm o vena acquosa, situato all'angolo tra iride e cornea, che riporta l'umor acqueo nel circolo venoso.

In termini fisiologici la pressione endoculare è intorno ai 14-15 mmHg.

Limiti della camera anteriore: anteriormente la cornea, posteriormente la faccia anteriore dell'iride, la pupilla e una parte del cristallino.

Se la pressione endoculare supera i 20 mmHg può determinare un glaucoma.

⁴Il glaucoma è una malattia che altera la pressione interna all'occhio. Si manifesta quando il liquido nel bulbo oculare, ovvero l'umor acqueo, non viene drenato correttamente e causa un accumulo di pressione intraoculare. Questa situazione può portare a danni al nervo ottico o allo strato di fibre nervose della retina.

- **Camera posteriore** situata posteriormente all'iride;

Limiti della camera posteriore: lateralmente il corpo ciliare, posteriormente le fibre zonulari, anteriormente la faccia posteriore dell'iride.

- **Camera del corpo vitreo:** contenente un gel.

L'irrorazione dell'occhio dipende da due sistemi:

- **irrorazione a livello dell'uvea:** caratterizzata dalle arterie ciliari che arrivano fino all'iride e al corpo ciliare;

- **irrorazione intra-retinica:** caratterizzata dall'arteria centrale della retina (che scorre dove sono presenti gli assoni del nervo ottico ad eccezione di una zona definita fovea dove non sono presenti vasi).

³ Barni compie un'analogia con il cervello paragonando l'umor acqueo al liquido cefalorachidiano (liquor). Il liquor viene prodotto dai vasi (plexi corioidi), scorre nei ventricoli e viene riassorbito dall'aracnoide a livello del piano sagittale superiore per mezzo delle granulazioni del Pacchioni. Un aumento della pressione del liquor comporta l'idrocefalo.

⁴ <https://www.essiloritalia.it/la-tua-vista/difetti-visivi/capire-il-glaucoma>

La **retina**, all'esterno (verso l'uvea), è formata da uno strato di cellule epiteliali (epitelio pigmentato) ricche di melanina. La presenza di melanina è molto importante in quanto non permette che i raggi luminosi interessino più cellule diverse dai fotorecettori (evita la diffusione di luce).

L'organizzazione interna della retina è molto complessa: essa è formata da dieci strati ma di questi sono di fondamentale importanza tre strati, legati alla dinamica del percorso del potenziale d'azione. Essi sono:

- coni e bastoncelli;
- cellule bipolari;
- cellule gangliari: Dalle cellule gangliari della retina nascono un milione di assoni che andranno a generare il nervo ottico. Si pensi che il 40% degli assoni dei nervi cranici è rappresentato dal milione di assoni del nervo ottico.

Ricorda: il nervo ottico e il nervo olfattivo non originano dal tronco dell'encefalo ma originano dal sistema nervoso centrale. In particolare, il nervo ottico è un'evaginazione del diencefalo.

Esiste una parte di retina, nota come retina cieca, in cui è presente solo l'epitelio pigmentato che circonda il corpo ciliare e la faccia posteriore dell'iride. Il confine che segna questo brusco cambiamento di spessore della retina è chiamato **ora serrata**.

A livello funzionale: la retina⁵ può essere divisa in una retina centrale e in una retina periferica.

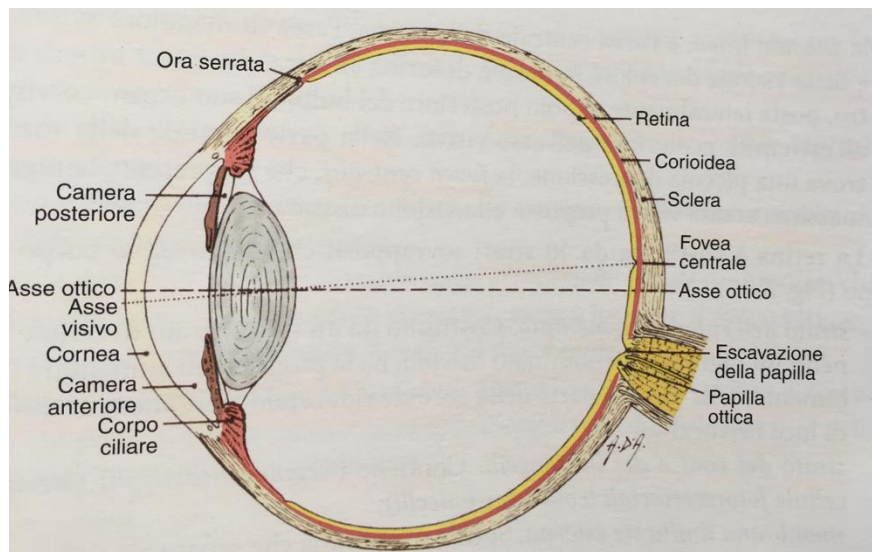
- **Retina centrale:** occupa il polo posteriore dell'occhio ed è chiamata anche macula. Questa zona è ricca di coni, fotorecettori che funzionano in condizioni di luce piena e deputati alla visione dei colori, mentre i bastoncelli sono pochi.

Per attivare un cono servono un centinaio di fotoni. Nella macula si trova una piccola depressione chiamata fovea, che è il punto di massima acuità visiva e corrisponde alla porzione di retina con cui l'individuo fissa un oggetto. Nella fovea sono presenti solo i coni e ad ogni cono corrisponde una cellula bipolare ed una gangliare.

- **Retina periferica:** La retina periferica è una zona retinica che si estende intorno a quella centrale lungo la parete del bulbo oculare. In questa zona ci sono quasi esclusivamente i bastoncelli, fotorecettori che si attivano in condizioni di luce bassa e insensibili ai colori, mentre i coni sono praticamente assenti.

Un bastoncello si attiva anche quando viene colpito da un solo fotone. Nella retina periferica molti bastoncelli sono collegati ad una singola cellula bipolare e gangliare e l'acuità visiva di questa zona è scarsa.

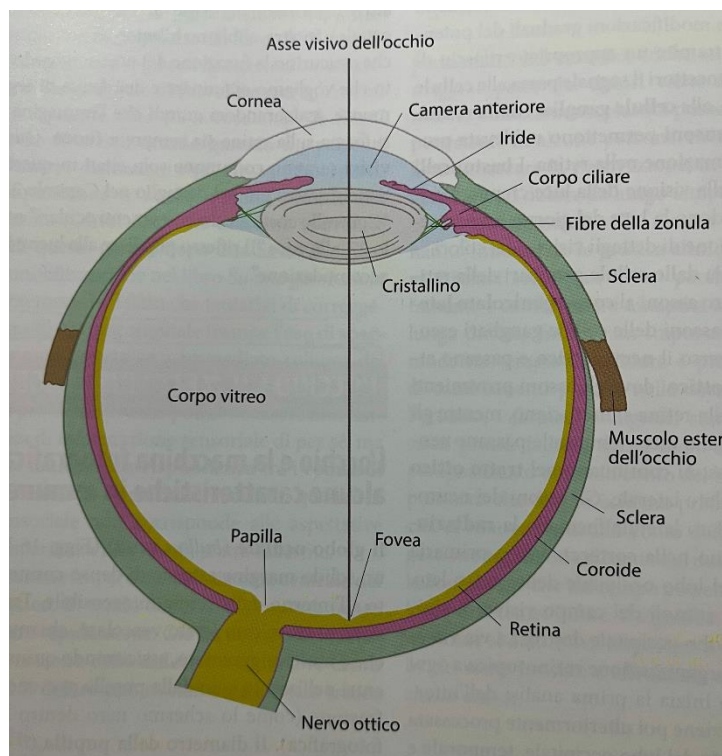
⁵ <https://www.occhi.net/la-retina-centrale-e-la-retina-periferica/>



Se si traccia un asse dal polo anteriore dell'occhio al polo posteriore, avremo ciò che si chiama asse ottico.

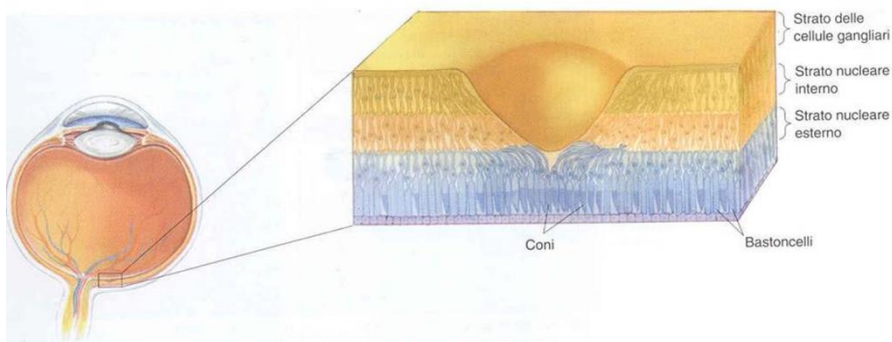
L'asse ottico, però, non coincide con l'asse visivo.

L'asse visivo è l'asse che parte dal polo anteriore e termina nella fovea



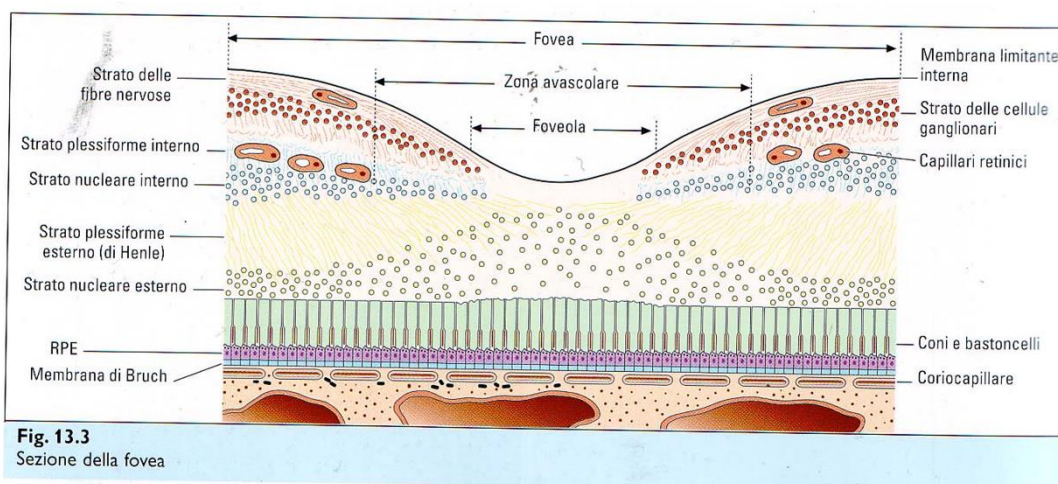
Anche se non ne siamo completamente consapevoli, gli occhi sono in costante movimento. Questo accade perché il nostro cervello ha bisogno di diverse **informazioni** per analizzare ciò che ci circonda e gli occhi si muovono per andare ad osservare i diversi punti dello spazio in modo che l'immagine cada esattamente sulla fovea (**foveazione**).

(Esempio di Barni: se siamo alla guida di una macchina e qualcuno ci sta sorpassando, ci rendiamo conto, grazie alla retina periferica, che c'è qualcosa ma soltanto una volta che i raggi luminosi colpiranno la fovea avrò l'immagine precisa e definita)



A sx è rappresentata la struttura della fovea, dall'esterno (in basso) all'interno (in alto).

Dallo schema si nota come nella fovea (retina centrale) sono presenti soltanto i coni mentre nella restante retina periferica si ha un'alternanza di coni e bastoncelli. Questo perché i coni sono le cellule recettoriali per eccellenza; essi sono deputati alla visione distinta nonché alla "visione fotopica", ovvero principalmente alla visione in presenza della luce diurna. I bastoncelli, invece, sono deputati alla "visione scotopica" o crepuscolare, ovvero in assenza di luce.



In basso è visibile l'epitelio pigmentato retinico (RPE) mentre in alto la foveola (centro della fovea) priva di vasi.

Fig. 13.3
Sezione della fovea

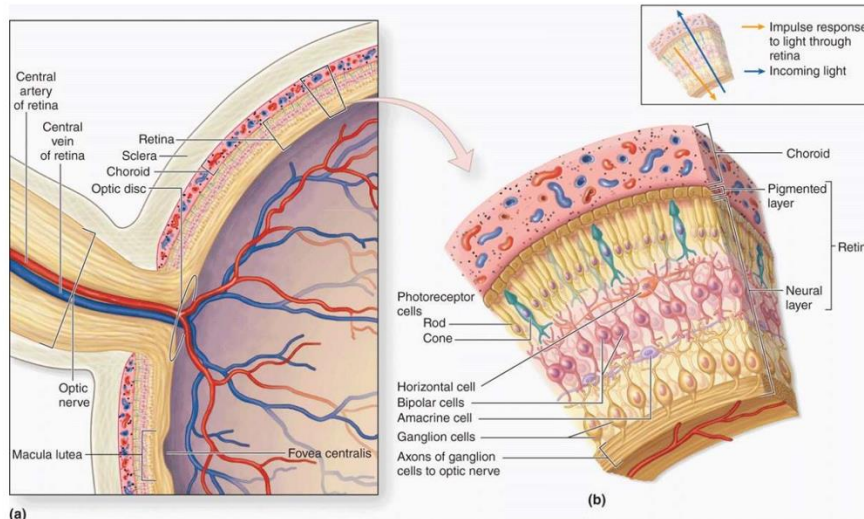
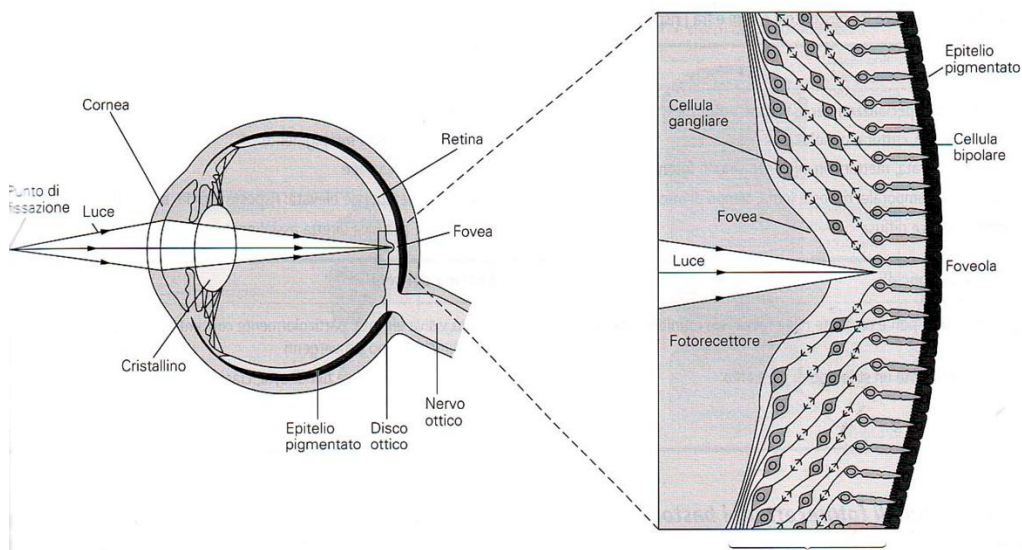
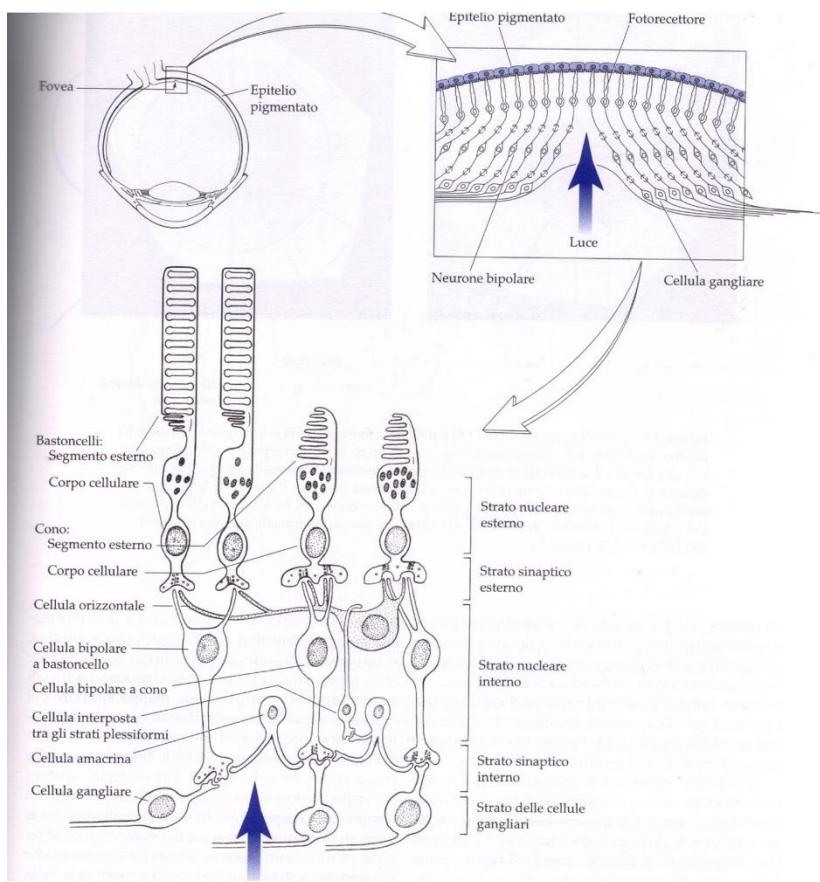


FIGURE 23-14 General structure and organization of the retina.

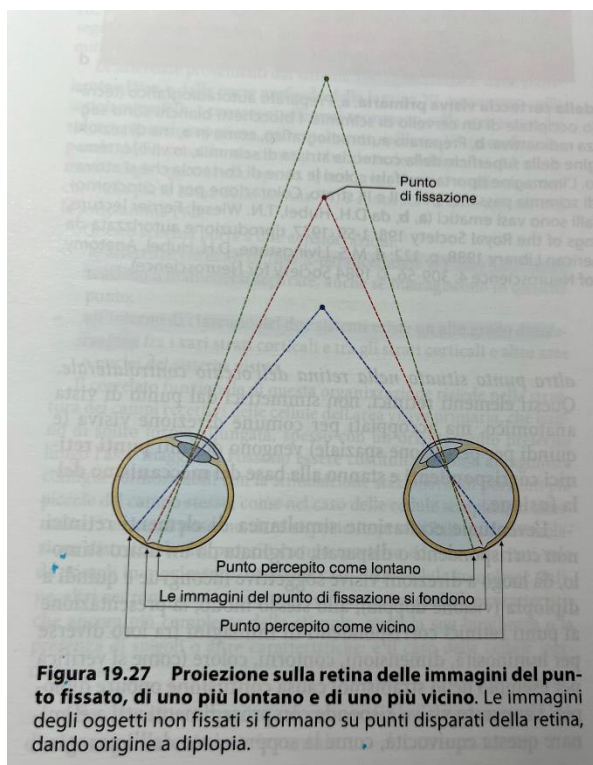
Affinché possa partire l'impulso nervoso la luce teoricamente dovrebbe attraversare i 9 strati della retina per colpire in modo diretto i coni e i bastoncelli.



In realtà, si è visto che esiste un meccanismo secondo cui le cellule dei nove strati della retina si "allontanano" dal fascio luminoso in modo tale che la luce colpisca solo le cellule specializzate e non altre cellule.



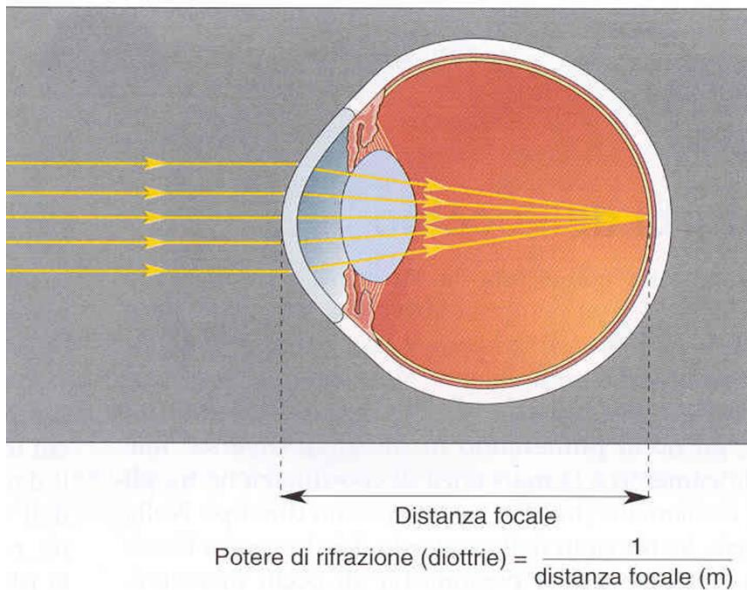
In questo modo la luce colpisce solo i fotorecettori; da lì inizia la risposta neuronale per mezzo dei neuroni bipolari e infine dei neuroni gangliari.



Gli occhi dei primati, a differenza di altre specie, sono posizionati sulla faccia anteriore; questo serve per la percezione della profondità.

Come si percepisce ciò che è lontano o è vicino?

Tutto dipende dal punto di fissazione e da come il cervello elabora l'immagine da bidimensionale a tridimensionale.



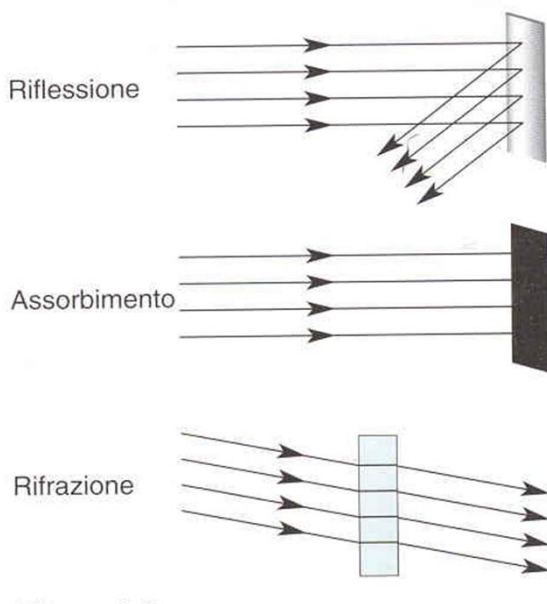
Tutte le strutture dell'occhio (cornea, cristallino, umor acqueo ecc.) sono tutte sostanze diottriche, ovvero in grado di essere attraversate dalle onde elettromagnetiche come la luce. Ogni sostanza diottrica possiede un indice di rifrazione.

Esempio: Perché in acqua si vede sfocato?

L'acqua possiede un indice di rifrazione simile alla cornea ma superiore all'aria.

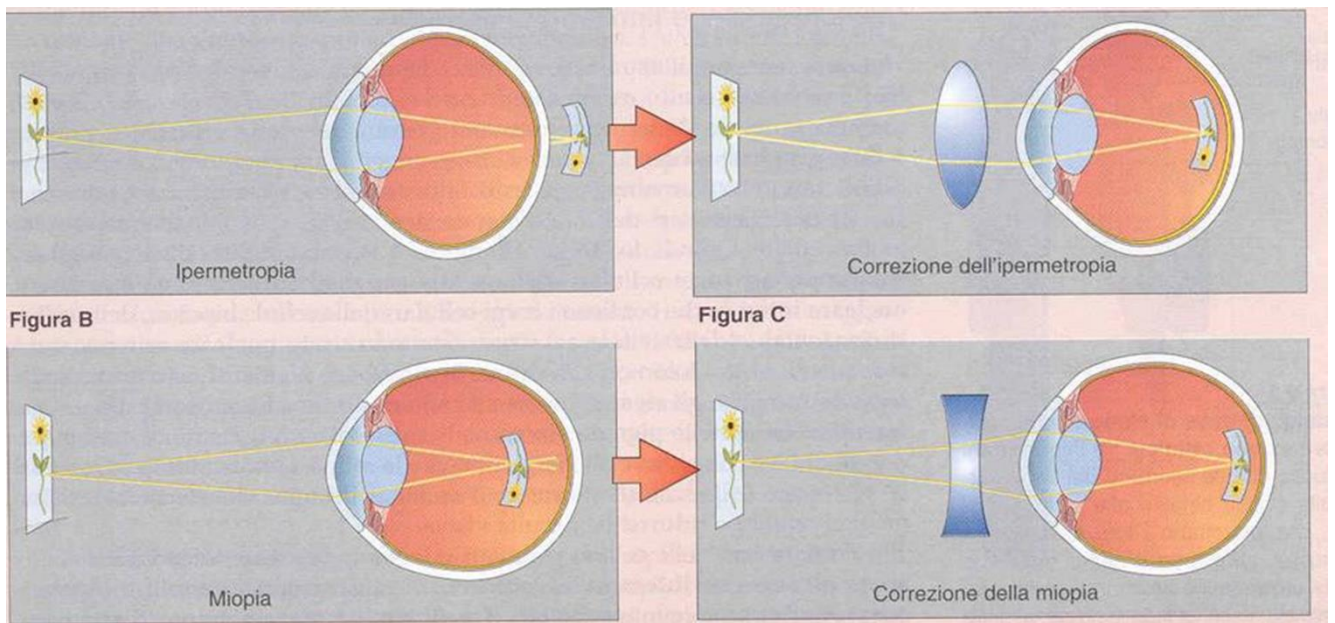
Se si va sott'acqua (senza maschera) si vede sfocato perché il potere rifrattivo (direttamente legato alla differenza tra gli indici di rifrazione dei due mezzi dell'occhio a contatto con l'acqua) è nullo.

Se si crea una camera d'aria (maschera subacquea) si ristabilisce l'ambiente aria-cornea.



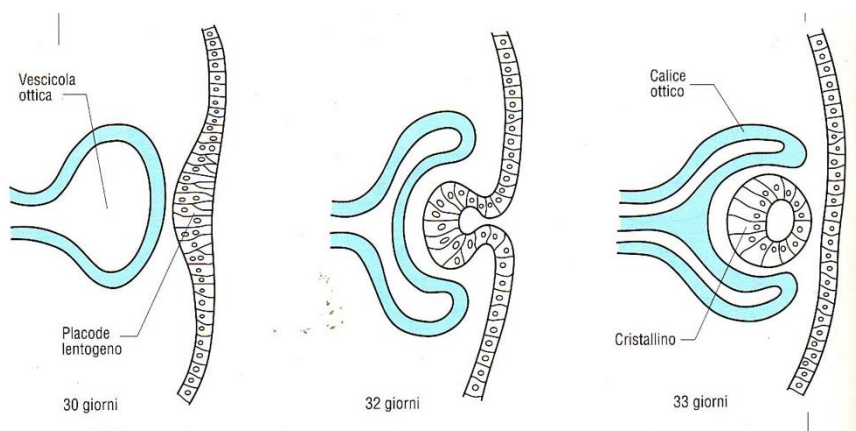
I fasci luminosi possono andare incontro a tre tipi di fenomeni:

- Riflessione;
- Assorbimento;
- Rifrazione.



Si possono aver deficit di refrazione:

- L'ipermetropia è un difetto di refrazione per il quale la vista degli oggetti vicini risulta maggiormente sfocata rispetto a quelli lontani. La luce proveniente dagli oggetti, sia da quelli lontani sia da quelli più prossimi, non viene messa a fuoco perfettamente sulla retina, ma su un piano posto dietro ad essa. In questi casi si utilizza una lente biconvessa che converge i fasci luminosi direttamente sulla retina.
- La miopia è il difetto della vista più diffuso. Nel miope la vista da lontano è ridotta e gli oggetti appaiono sfuocati. Questo perché l'occhio ha un difetto di refrazione, che si traduce nella difficoltà di mettere a fuoco. Infatti, i raggi luminosi provenienti da oggetti lontani cadono su un piano posto davanti alla retina, generando un'immagine retinica confusa.

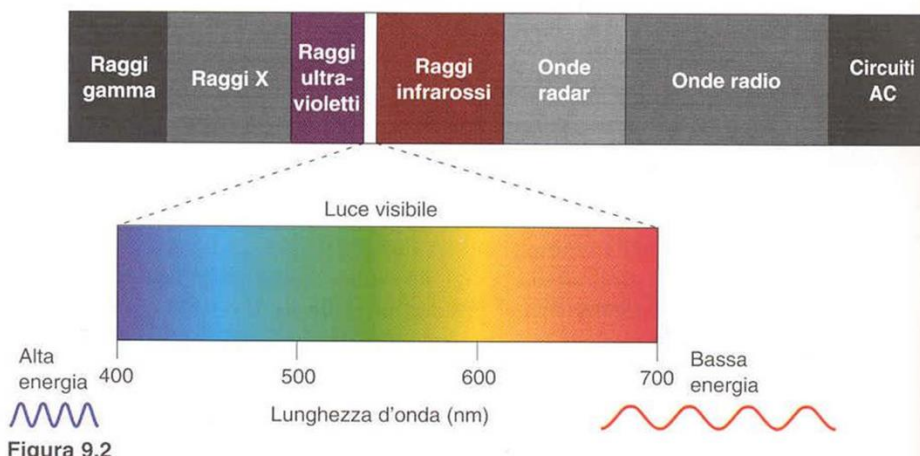
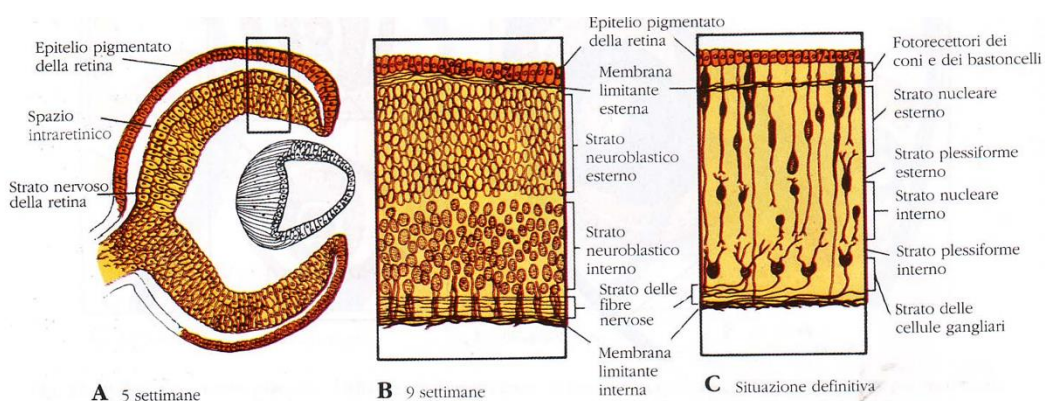


Come origina l'occhio?

L'abbozzo dell'occhio ha origine da due dei tre foglietti embrionali, ectoderma e mesoderma, intorno al diciottesimo giorno di vita.

⁶Sulla parete neuroectodermica dell'abbozzo dell'encefalo compare un'estroflessione chiamata vescicola ottica primaria, collegata al diencefalo tramite un peduncolo, il peduncolo ottico, che rappresenta l'abbozzo del nervo ottico. Successivamente la vescicola ottica primaria acquisisce una nuova morfologia e prende il nome di vescicola ottica secondaria o cupola ottica o calice ottico. Il calice ottico, essendo derivato da un'introflessione della parete neuroectodermica su sé stessa, è costituito da due foglietti, uno interno e uno esterno, tra i quali è presente il cosiddetto spazio retinico. Contemporaneamente si formeranno le altre strutture come il cristallino dall'ectoderma e la cornea.

(Barni ha ripreso questo concetto di embriologia per sottolineare l'importanza dello spazio retinico presente tra l'epitelio pigmentato e la retina. Esiste una condizione molto grave per la vista, nota come distacco della retina, in cui avviene la separazione della retina neurosensoriale dal sottostante epitelio pigmentato retinico)

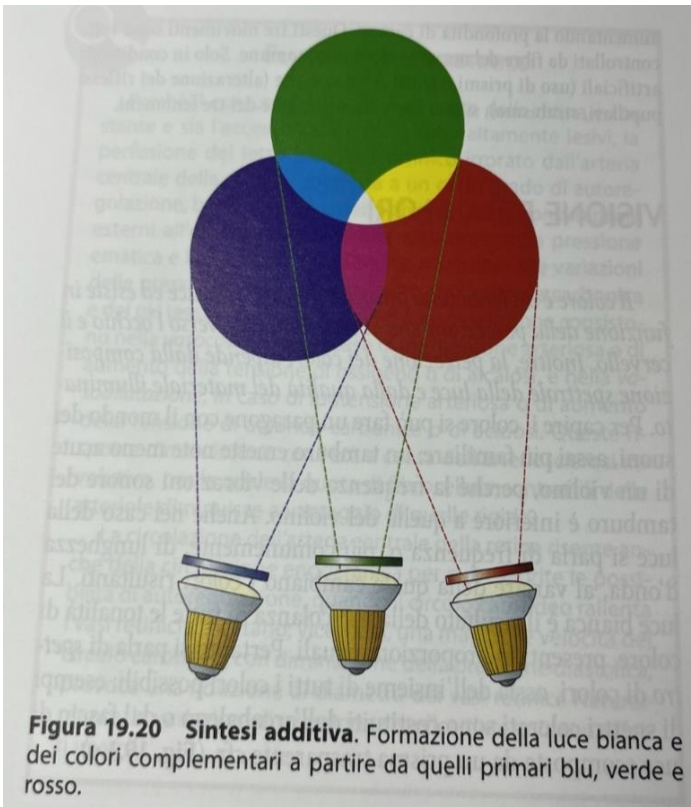


Perché non vediamo i raggi infrarossi o altre onde?

Non possiamo vedere altri tipi di raggi, tra cui i raggi X, perché gli occhi sono sensibili alla lunghezza d'onda compresa da 400 e 700 nm.

⁶ https://online.scuola.zanichelli.it/ilcorpoumano2ed-files/il-corpo-umano-vol-2-ottici/leggere-ebook/C_4_p88_Embriologia_oculare.pdf

Coni e bastoncelli



In basso nell'immagine sono presenti dei coni, ci sono 3 tipi di coni: **per il verde, per il blu e per il rosso.**

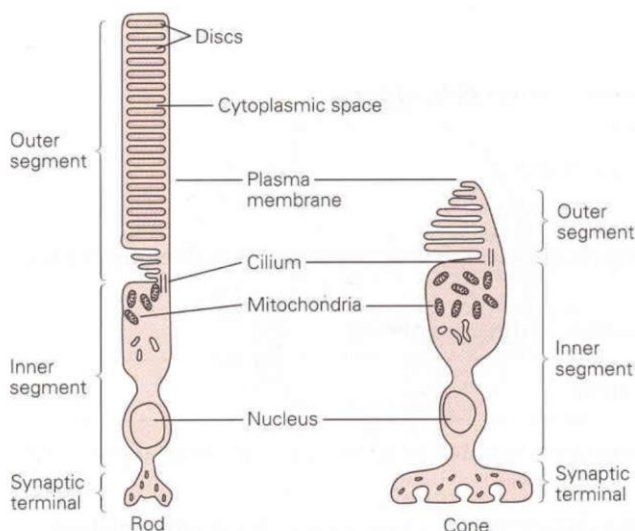
Le **opsine** e le **rodopsine**, sono delle proteine trans membrana presenti rispettivamente sui coni e sui bastoncelli

Le opsine captano delle frequenze che i bastoncelli non possono captare, (quelle diciamo grossolanamente del rosso, del blu e del verde) esse infatti mescolano i 3 colori primari così da vederne di più oltre ad essi (blu, verde, rosso).

Se non avviene questa funzione delle opsine avremo il daltonismo, una malattia recessiva legata al cromosoma X quindi più frequente nei maschi.

Le opsine sono unite a un derivato della vitamina A: il **retinale**.

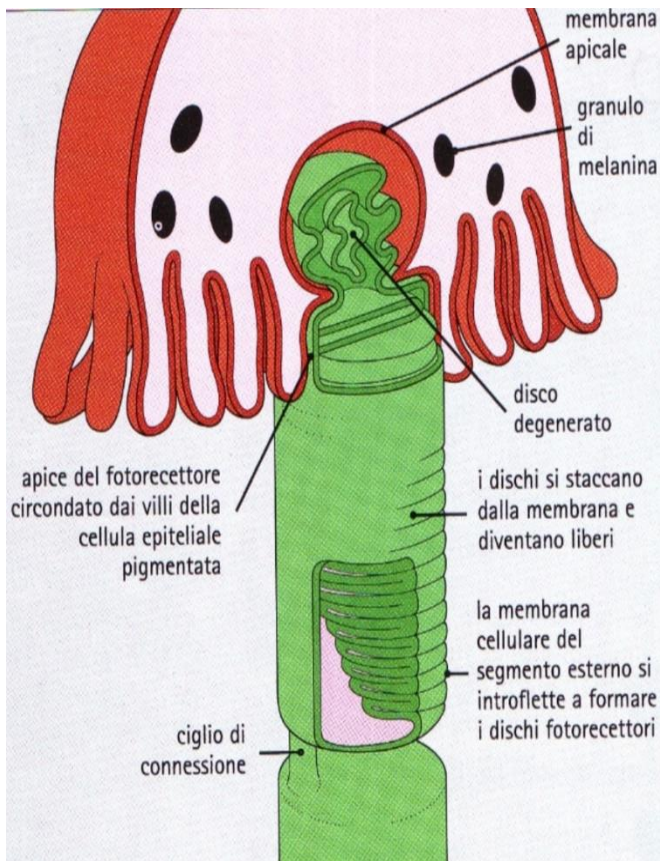
Quando la luce impatta il retinale cambia conformazione, da cis diventa trans, e avvia il processo visivo; ecco perché un'assenza di vitamina A compromette la vista (perché le opsine sono collegate al retinale che fa parte del metabolismo della vitamina A).



Nell'immagine vi sono un **cono** e un **bastoncello**.

C'è una parte esterna (outer segment), che sarà incappucciata dalle **cellule pigmentate** della retina che impediscono la diffusione della luce e si trovano vicine alla **coroide** (sottile membrana interposta tra la faccia più profonda della sclera e lo strato più superficiale della retina).

Vi è un **ciglio** anche qui, di fatti ci possono essere delle patologie che riguardano la vista dovute a patologie del ciglio.

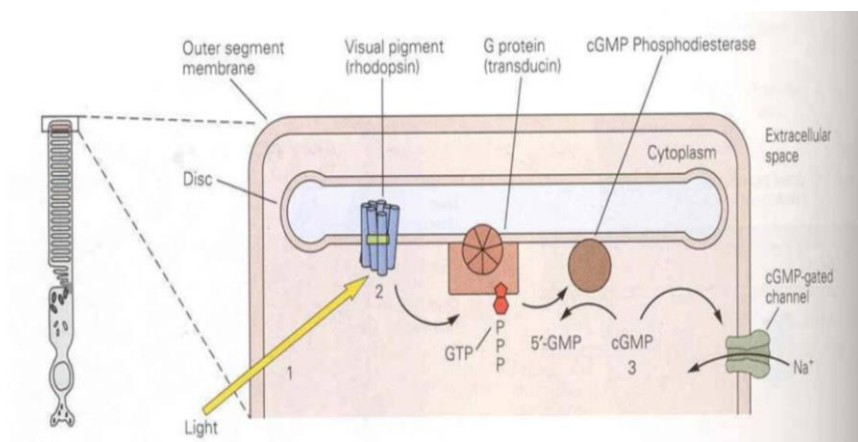


Nell'immagine si può osservare anche la presenza del terminale sinaptico.

La parte in alto nell'immagine è l'**epitelio pigmentato** (dove si può osservare la melanina) che incappuccia in questo caso un cono.

La differenza tra i dischi del bastoncello e del cono (visibili nell'immagine precedente), è che i primi vengono costruiti prendendo pezzettini di membrana mentre nell'outer segment del cono vi sono estroflessioni della membrana.

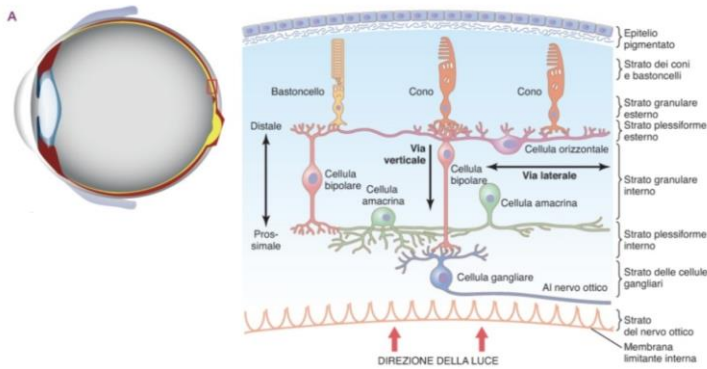
Su questi dischetti della membrana ci sono le proteine trans membrana, le opsine e nel caso dei bastoncelli la rodopsina. Nei coni ci sono sostanzialmente 3 opsine diverse che ci fanno vedere le frequenze: del blu, del verde e del rosso.



Nell'immagine si vede un dischetto nel quale c'è la rodopsina.

Come si fa a mettere più rodopsina possibile?

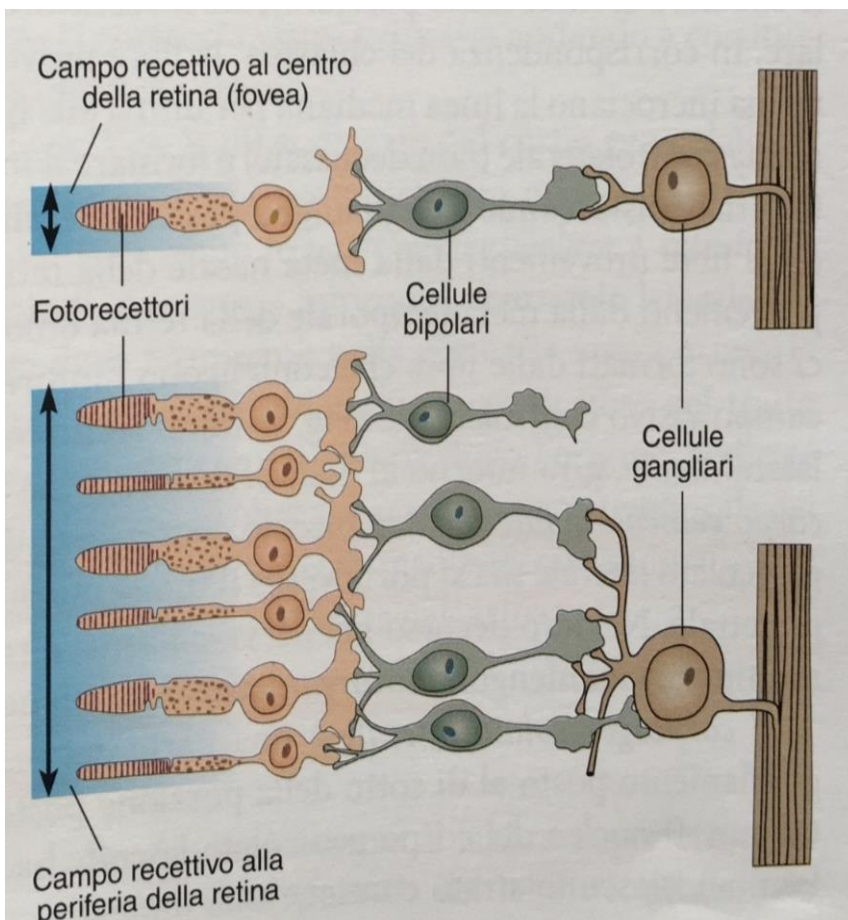
Prendendo pezzettini di membrana tutti in fila e mettendoci più rodopsine possibili.



Nell'immagine vi sono: l'epitelio pigmentato, i bastoncelli, i coni, la cellula bipolare e la cellula gangliare.

Ci sono anche cellule orizzontali e le cellule amacrine che sono importanti per modulare il potenziale di membrana e per indirizzare le cosiddette vie a centro on e a centro off.

Formazione dell'immagine



Una caratteristica dell'epitelio visivo è che coni/bastoncelli e cellule bipolari non comunicano tra di loro attraverso un potenziale di azione in quanto il primo potenziale di azione inizia nelle **cellule gangliari**.

Come fanno a comunicare le cellule quando la luce impatta il cono e il bastoncello?

Normalmente quando non c'è luce queste cellule sono **depolarizzate**, quando c'è luce si **iperpolarizzano** e cominciano a funzionare.

Per cui quando c'è la luce vi è una iperpolarizzazione a livello dei coni e dei bastoncelli, cioè la luce diminuisce la

depolarizzazione, in quanto senza essa queste cellule sono depolarizzate. Quando c'è la luce si blocca il passaggio degli ioni sodio attraverso i loro canali.

Dunque questo meccanismo è opposto alla consuetudine, di solito vi è la cellula che si depolarizza e ha un suo potenziale di membrana, invece queste cellule durante il buio aprono i canali del sodio per cui esso esce. Quando c'è la luce il sodio non può più appunto attraversare i canali e allora c'è una diminuzione della depolarizzazione.

Questa diminuzione della depolarizzazione, che in pratica è una iperpolarizzazione, fa secernere il glutammato dai coni e bastoncelli che non vanno a far nascere un potenziale d'azione nelle cellule bipolari.

L'informazione nervosa si basa sulla capacità dei neuroni di generare correnti elettriche in seguito a modificazioni del potenziale di riposo che risultano dall'apertura o chiusura di canali ionici. I segnali elettrici generati sono di due tipi:

- **potenziali graduati**, possono essere modulati in ampiezza ma agiscono a breve distanza perché subiscono decremento man mano che si allontanano dal punto dove sono stati generati

- **potenziale d'azione**, fenomeno non graduabile in ampiezza, ma modulabile in frequenza, che si propaga a distanza senza decremento (Il neurotrasmettitore non subito innesca il potenziale di azione ma quanti più recettori occupa il neurotrasmettitore aumenta sempre di più la depolarizzazione fino al valore soglia e poi parte il tutto o nulla).

Tra la cellula cono-bastoncelli e la cellula bipolare vi è un potenziale graduato.

Il potenziale d'azione serve perché dalla cellula gangliare, che è nella retina, il messaggio deve arrivare nella corteccia striata a livello dell'occipitale e vi è una distanza relativamente notevole da percorrere per cui è necessaria la velocità.

Nell'immagine si può osservare il **campo recettivo** al centro della retina (fovea) e il campo recettivo alla periferia della retina.

Nel campo recettivo nella fovea il rapporto è 1:1, mentre nel campo recettivo alla periferia della retina si possono avere campi recettivi di più dimensioni ma mai così acuti (come acuità visiva), il rapporto di solito è 100:1.

Ogni cellula gangliare ha un suo campo recettivo (parte di retina che convoglia sulla cellula gangliare), se la luce colpisce il campo recettivo la rispettiva cellula gangliare costruisce un potenziale di azione.

I campi recettivi piccoli stanno a livello della fovea perché sono molto selettivi a differenza dei campi recettivi alla periferia della retina.

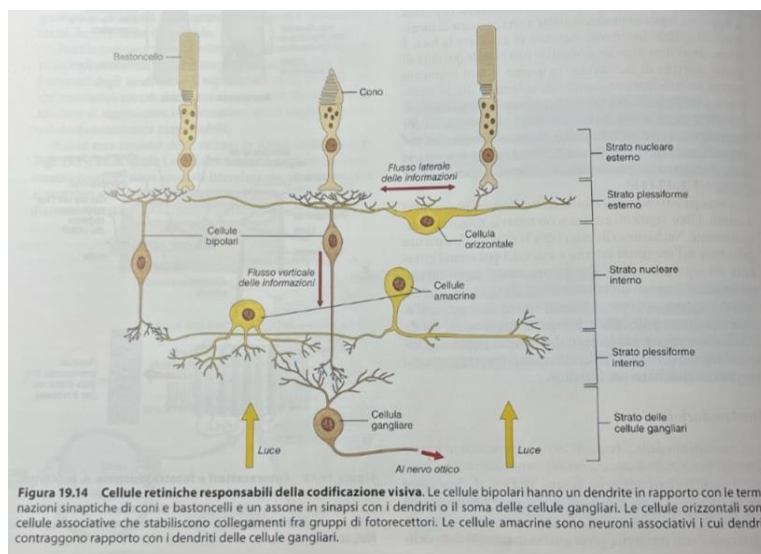
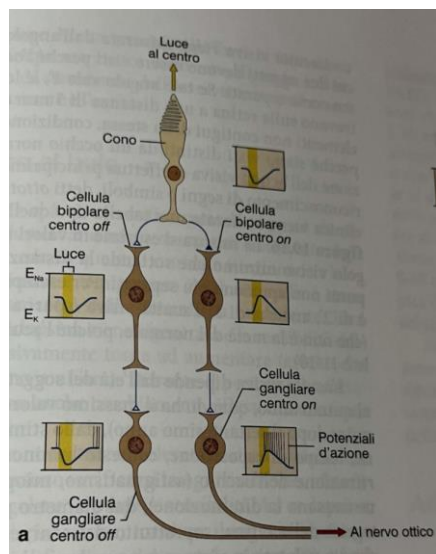
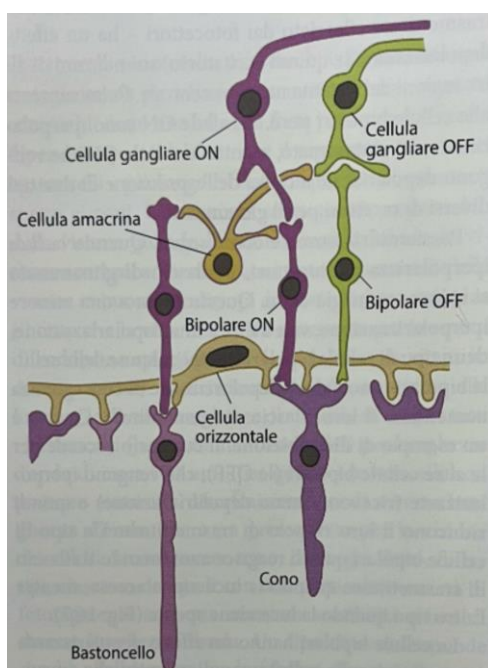


Figura 19.14 Cellule retiniche responsabili della codificazione visiva. Le cellule bipolari hanno i dendriti in rapporto con le terminazioni sinaptiche di coni e bastoncelli e un assone in sinapsi con i dendriti o il soma delle cellule gangliari. Le cellule orizzontali sono cellule associative che stabiliscono collegamenti fra gruppi di fotorecettori. Le cellule amacrine sono neuroni associativi i cui dendriti contraggono rapporto con i dendriti delle cellule gangliari.

L'immagine a sinistra è più semplice mentre quella a destra è più complicata perché ci sono nella realtà le cellule amacrine e le cellule orizzontali.



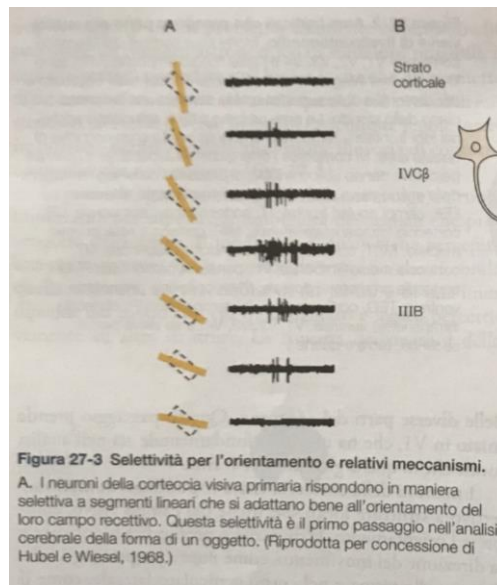
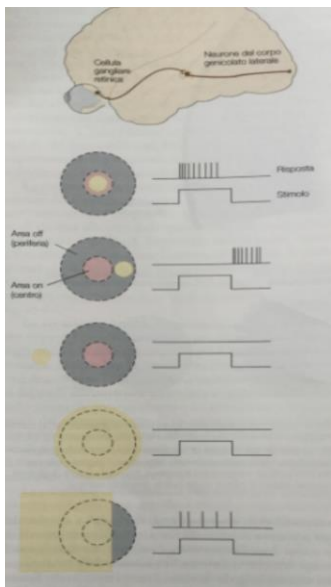
Cellule gangliari e bipolari ON e OFF nella retina. Grafico semplificato che mostra l'appaiamento di un cono con due diverse cellule bipolari e, più oltre, l'appaiamento delle bipolari alle cellule gangliari che aumentano o diminuiscono la loro attività, rispettivamente, quando la luce cade nei loro campi recettivi. Le cellule amacrine sono intercalate nell'appaiamento dei bastoncelli alle cellule gangliari.

Mentre le informazioni provenienti dal cono vanno direttamente alle **bipolari** e da queste alle **gangliari**, quelle del bastoncello passano prima dalle cellule **amacrine** o dalle cellule **orizzontali**, poi alla bipolare e infine alle gangliari; quindi c'è un passaggio in più, motivo per cui il fascio di luce che ci porta informazioni, che parte dai bastoncelli, è un po' meno veloce.

Quando la luce cade nel campo recettivo del cono in base a dove cade disattiverà una cellula bipolare e attiverà un'altra cellula bipolare. (**cellula on e off**)

L'occhio come già detto non è una macchina fotografica perché tutto quello che avviene è a livello del cervello però inizia a livello della retina.

Se il fascio di luce va al centro del campo recettivo le cellule che rispondono saranno il centro on mentre le cellule che non rispondono saranno il centro off. Se il fascio di luce va in periferia accade l'opposto ovvero le cellule che erano on diventano off e viceversa.



A sinistra vi è quello che succede a livello retinico mentre a destra vi è una scomposizione elementare di quello che succede a livello della corteccia.

Nell'immagine a sinistra: il cerchio grigio è un **campo recettivo**, il cerchio giallo è la **luce**.

Andando al centro di questo campo recettivo c'è una

cellula on (come visibile nel primo caso sempre dell'immagine a sinistra dove è indicata con un cerchio rosa) che andando nella periferia del campo recettivo diventa off (come visibile nel secondo caso) mentre la cellula che prima era off diviene on.

Nell'immagine a destra vi è un esempio di quello che avviene a livello della corteccia, molto semplice ma molto significativo (quello giallo è un fascio di luce).

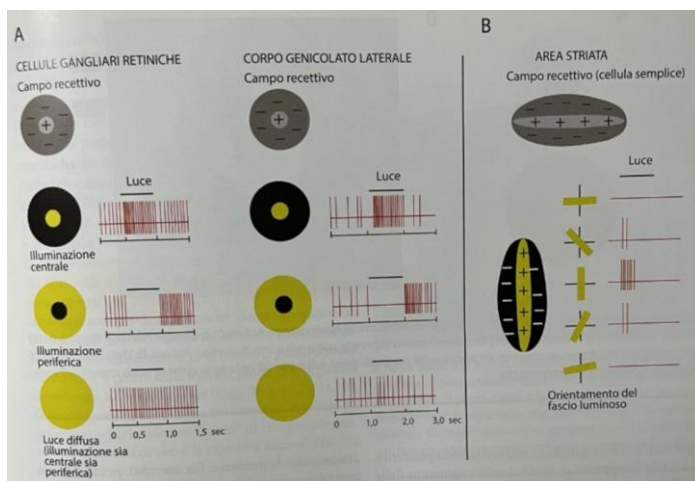
Questo per dire che quando noi guardiamo facciamo domande non fotografie.

Se non troviamo un oggetto come quello del quarto caso (sempre dell'immagine a destra) non vedremo nulla.

In pratica si ha una batteria di risposte che è necessario trovare al fine di poter vedere. Noi guardando le cose abbiamo delle cellule che rispondono, grazie ad esse riusciamo a riconoscere cioè che osserviamo.

Il discorso è simile a quando si fa una fotografia non è che la realtà entra nella fotografia ma solo una parte.

Abbiamo dunque delle griglie interpretative che non sono universali ma sono adattate sulla vita di homo sapiens.



Questi campi recettivi on/off cominciano dalla fronte e arrivano dietro la testa mantenendosi: sulla gangliare, sul corpo genicolato e poi sull'area striata.

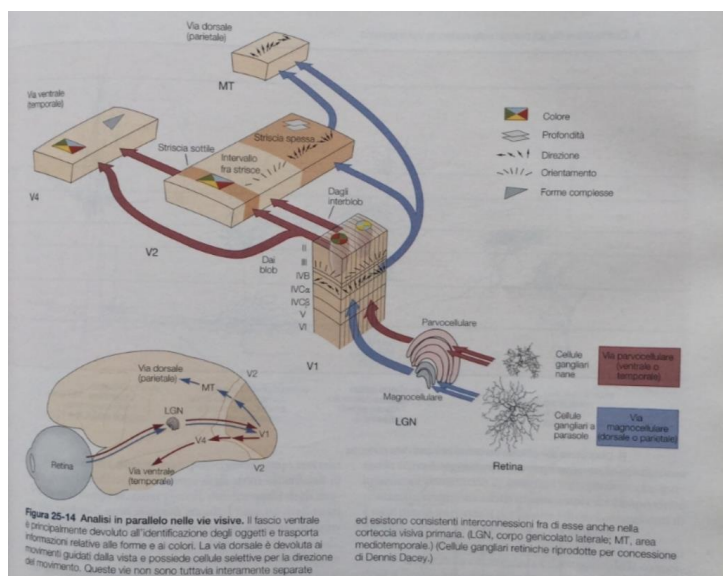
In basso a destra nell'immagine (dove c'è scritto orientamento del fascio luminoso) si può vedere che nel terzo caso vi è risposta mentre nell'ultimo caso la risposta è assente.

Un'immagine viene ricostruita come un

puzzle, per cui ci sono queste cellule che rispondono in base al loro campo recettivo sì o no e vi si mantengono.

Come detto precedente "tutto viene ricostruito dal cervello ma l'inizio di tale costruzione è a livello della retina" perché, oltre a quanto visto, vi sono i due canali: la via del come posso interagire con l'oggetto (**dorsale o parietale o magno cellulare**) e la via del cosa vedo (**ventrale o temporale o parvo cellulare**).

Si parte dall'occhio poi: corpo genicolato laterale, corteccia striata e da essa l'immagine va alla via del come-dove (dorsale) e alla via del cosa (ventrale).

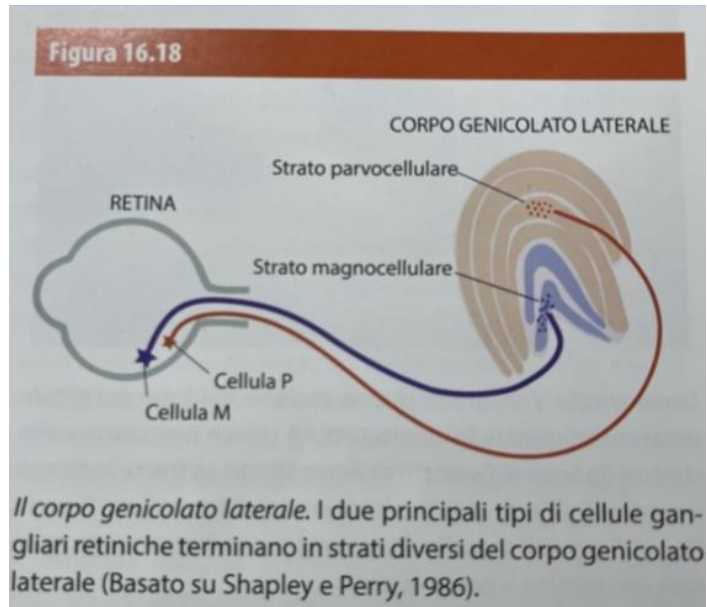
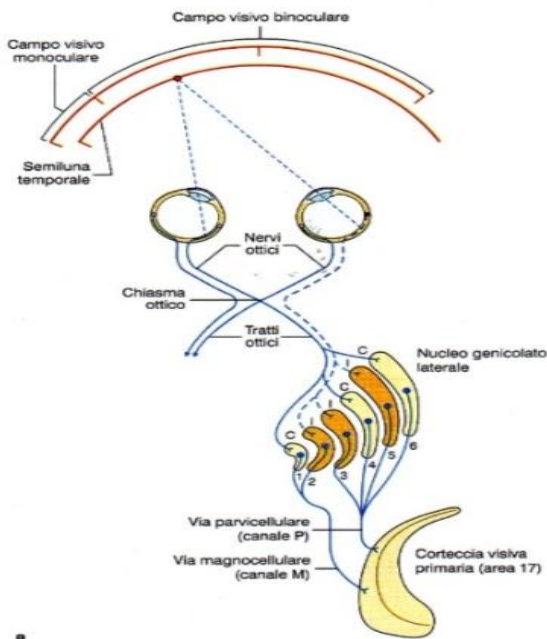


Osservando in basso a sinistra nell'immagine (dove c'è scritto figura 25-14) si può notare la **via visiva primaria** (area striata), va dalla retina al **corpo genicolato laterale (LGN)**, poi attraverso la **radiazione ottica** ci troviamo a livello della **corteccia striata** (l'area più scura) si va alla **via dorsale** o alla **via ventrale**, passando per l'**area medio temporale** (equivalente a v5).

Quando non funziona l'area medio temporale si riscontra una perdita del senso di movimento, ad esempio nel

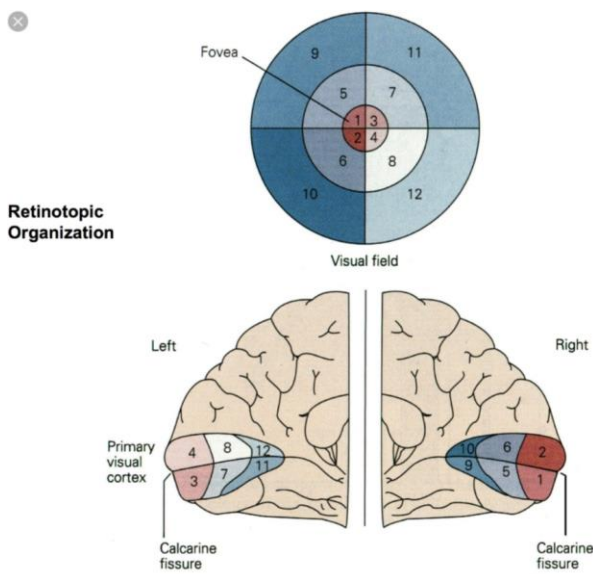
caso in cui il soggetto interessato dovesse attraversare la strada non sarebbe in grado di comprendere la velocità e la lontananza dell'automobile che sta arrivando oppure se dovesse versare dell'acqua in un bicchiere non avrebbe la percezione della fuoriuscita di acqua da quest'ultimo quando è pieno.

Le due vie iniziano già a livello della retina, come si può osservare nell'immagine, dove vi sono 2 tipi di cellule: **cellule gangliari nane** e **cellule gangliari a parasole**.



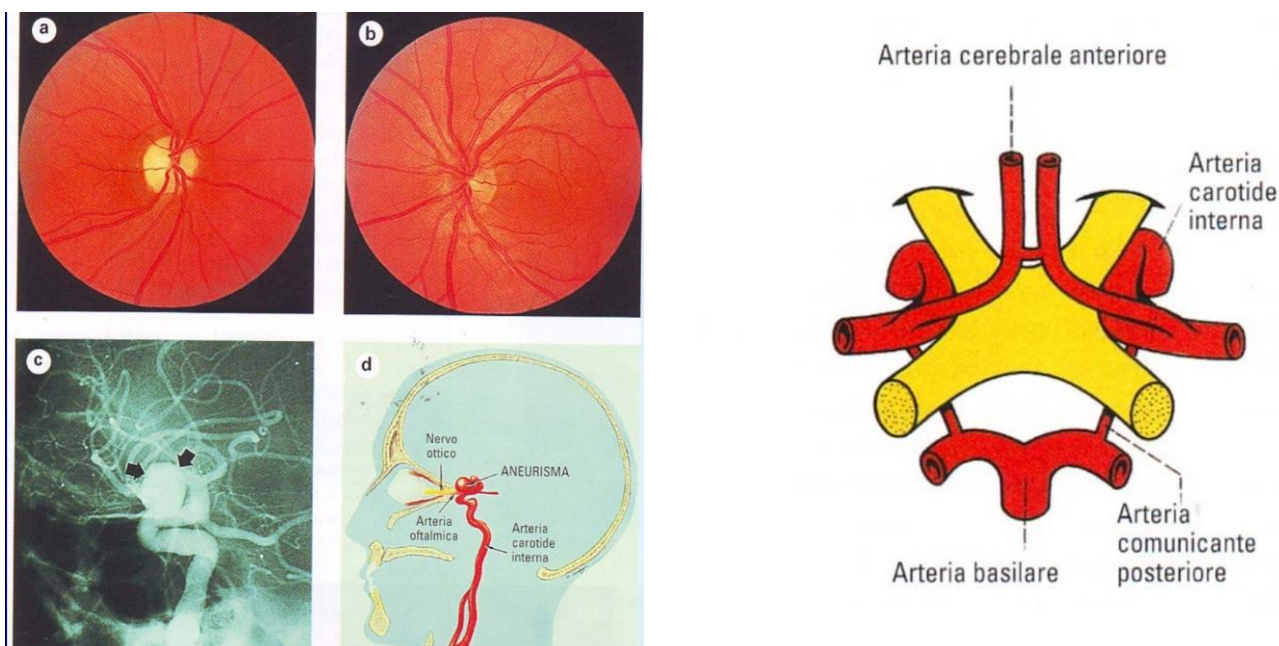
Nell'immagine di destra sono presenti la **cellula magno** (M) e la cellula **parva** (P).

In basso a destra nell'immagine di sinistra vi è la corteccia e si può osservare che la **via parvi cellulare** e la **via magno cellulare** vanno nella corteccia in posti diversi perché partono da posti diversi a livello del corpo genicolato laterale.



Questa nell'immagine è la **retinotopia** (la proiezione della retina nei centri encefalici); la parte della retina con cui si vede meglio è la **fovea** infatti si può notare che a livello corticale vi è una grande rappresentazione della fovea.

La parte rossa dell'immagine in alto è la fovea; la retina periferica avverte della presenza di qualcosa, ma se si vuole sapere di cosa si tratta è necessario l'utilizzo della fovea, che dunque è piccola a livello della retina ma grande a livello della corteccia.

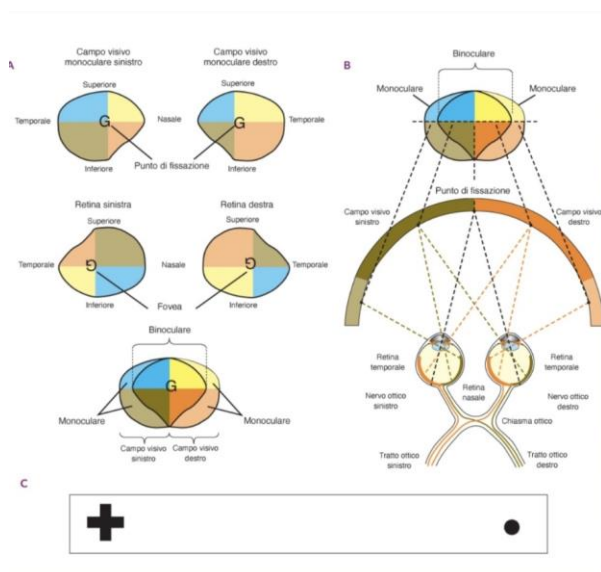


Con l'**oftalmoscopio** (è uno strumento che permette di osservare il fondo dell'occhio e dunque delle varie strutture che compongono la tonaca retinica del bulbo oculare) è possibile vedere il **nervo ottico** e i **vasi intra retinici** (è l'unica sede del corpo dove è possibile realmente vedere i vasi).

In questo modo è possibile vedere se c'è un edema della papilla ottica e tante altre cose: come lo stato di ipertensione endocranica che si riscontra anche sul nervo ottico.

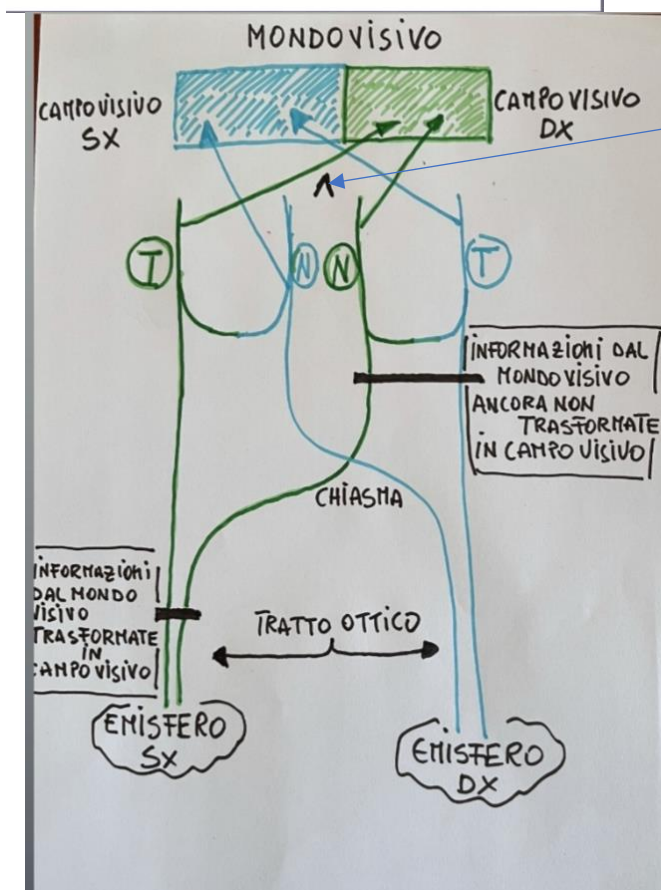
Il nervo ottico a livello della cavità orbitaria non è diritto ma risulta essere leggermente flessuoso (ha un po' di gioco) per permettere il movimento dell'occhio.

Il punto in cui esce, il nervo, è il **punto cieco** della retina.



Se si fa una foto a questa immagine con il telefonino e si guarda il + fisso a un certo punto il puntino nero non si vede più.

Questo significa che l'immagine visiva è stata messa a livello della **papilla ottica** che è la zona cieca, dove vi sono solamente gli assoni delle cellule gangliari quindi non è possibile vedere.



Le due parabole visibili nell'immagine rappresentano gli occhi mentre il triangolo nero senza base dovrebbe essere il naso.

Prendendo come riferimento il campo visivo di destra quest'ultimo viene portato nell'emisfero di sinistra e allora è necessario dividere il bulbo oculare in una **retina nasale** e in una **retina temporale** (quella vicino la n è la retina nasale mentre quella vicino la t è la retina temporale).

La retina temporale di sinistra guarda la parte indicata dalla freccia verde (quella che parte vicino la t verde) del campo visivo di destra, mentre la retina nasale di destra guarda la parte del campo visivo di destra indicata dall'altra freccia verde (quella che parte vicino la n verde).

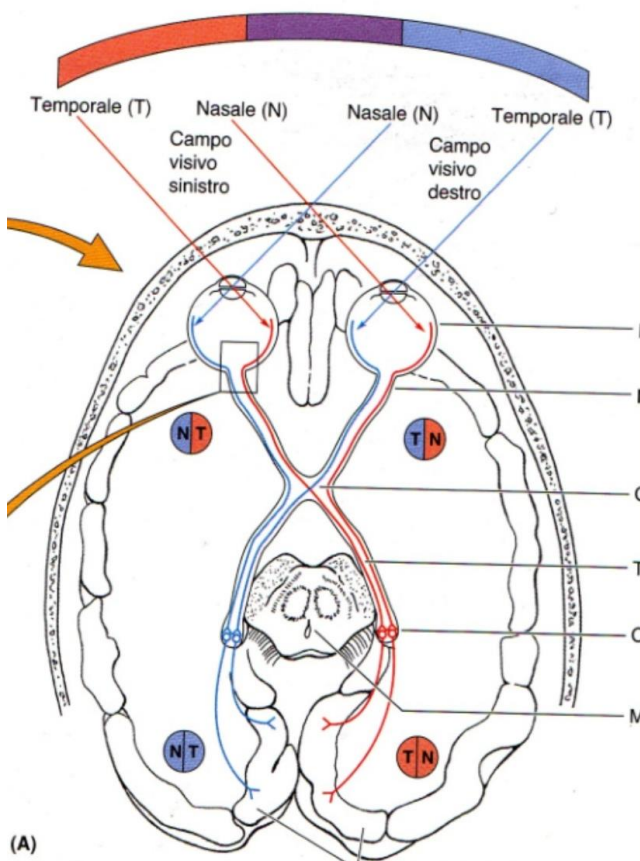
Ciò che si trova nel campo visivo di destra dovrà poi andare nell'emisfero sinistro ma, mentre la temporale è già dalla sua parte, la

nasale invece non è dalla sua parte. Essa nasce dall'occhio di destra per cui andando all'emisfero di sinistra forma il chiasma ottico (punto di incrocio tra i nervi ottici) poiché l'analogo discorso vale per il campo visivo di sinistra.

Come si fa a fare la fotografia a questo campo visivo di sinistra? Temporale di destra e nasale di sinistra.

Nell'immagine sono presenti due sezioni (indicate dalle linee nere): la linea nera destra è dove ancora non è stato costruito il campo visivo mentre la linea nera a sinistra è dove già è stato

costruito il campo visivo. Dopo la linea nera di sinistra in realtà non vado direttamente all'emisfero poiché vi è il corpo genicolato laterale inoltre tra il chiasma e il corpo genicolato laterale vi è una parte delle vie visive che prende il nome il **tratto ottico**.



-Il **campo visivo di destra** (nell'immagine è di colore blu) lo si vede con la retina temporale di destra e con la nasale di sinistra

-Il **campo visivo centrale** (nell'immagine è di colore viola) lo si costruisce con la nasale di destra e con la nasale di sinistra

-Il **campo visivo di sinistra** (nell'immagine è di colore arancione) lo si vede con la nasale di destra e con la temporale di sinistra

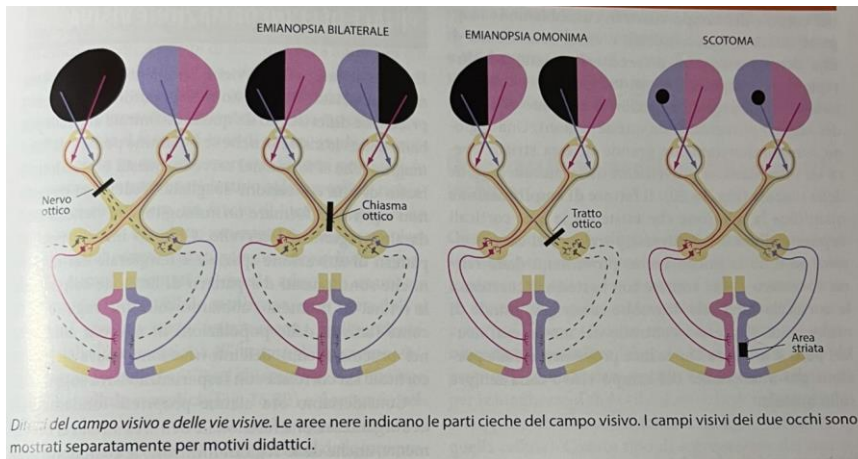
Un campo visivo può essere **monoculare** (quello che vedo con un occhio solo) oppure **binoculare** (comprende i 2 campi visivi monoculari, quello dell'occhio di destra e quello dell'occhio di sinistra).

Vi è però una parte del campo visivo che rimane monoculare perché c'è il naso (i campi visivi si analizzano non muovendo la testa e rimanendo dritti).

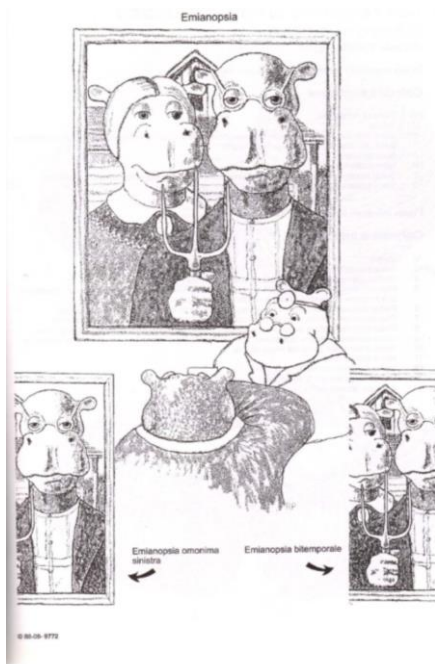
Nell'immagine possiamo osservare i nervi ottici che si incrociano in un punto detto **chiasma ottico**.

La continuazione del nervo ottico che corre dal chiasma ottico al corpo genicolato laterale (nell'immagine è indicato da una freccia che porta ad una c) prende il nome di tratto ottico; ricordiamo che tra il chiasma ottico e il corpo genicolato laterale già vi è il campo visivo che è stato costruito dopo il chiasma e va alla corteccia occipitale.

Tra il corpo genicolato laterale e la corteccia vi è un tratto delle vie visive che si chiama non tratto ottico ma **radiazione ottica**.



Se vengono tagliate le retine nasali, dobbiamo ricordare che queste facevano vedere la parte temporale del campo visivo, nella quale conseguentemente non si vedrà più nulla come visibile nell'immagine (nel secondo caso, dove vi è un taglio a livello del chiasma dove incrociano solo le nasali) dove le aree nere indicano le parti cieche, emianopsia bilaterale.



Nella parte in alto dell'immagine vi è il quadro completo; in caso di emianopsia bitemporale (già trattata nell'immagine precedente) si perdono le parti laterali e si vede solamente la parte centrale (come visibile in basso a destra nell'immagine) mentre in caso di emianopsia omonima sinistra si vede solamente la parte destra del quadro (come visibile in basso a sinistra nell'immagine).

In alto a sinistra nell'immagine a destra, sono presenti 2 cerchi che indicano rispettivamente il campo visivo dell'occhio sinistro e il campo visivo dell'occhio destro.

In alto a destra viene mostrata centralmente la sovrapposizione dei campi visivi monoculari e forma la visione binoculare, mentre la parte laterale è monoculare.

Se vengono tagliate le nasali a livello del chiasma si riesce a vedere al centro grazie alle temporali ma non si vedono le periferie. In pratica se si effettua un taglio a livello del chiasma ottico vengono perse le parti scolorite della curva (sia la parte verde che la parte arancione) che nell'immagine indica il campo visivo.

