

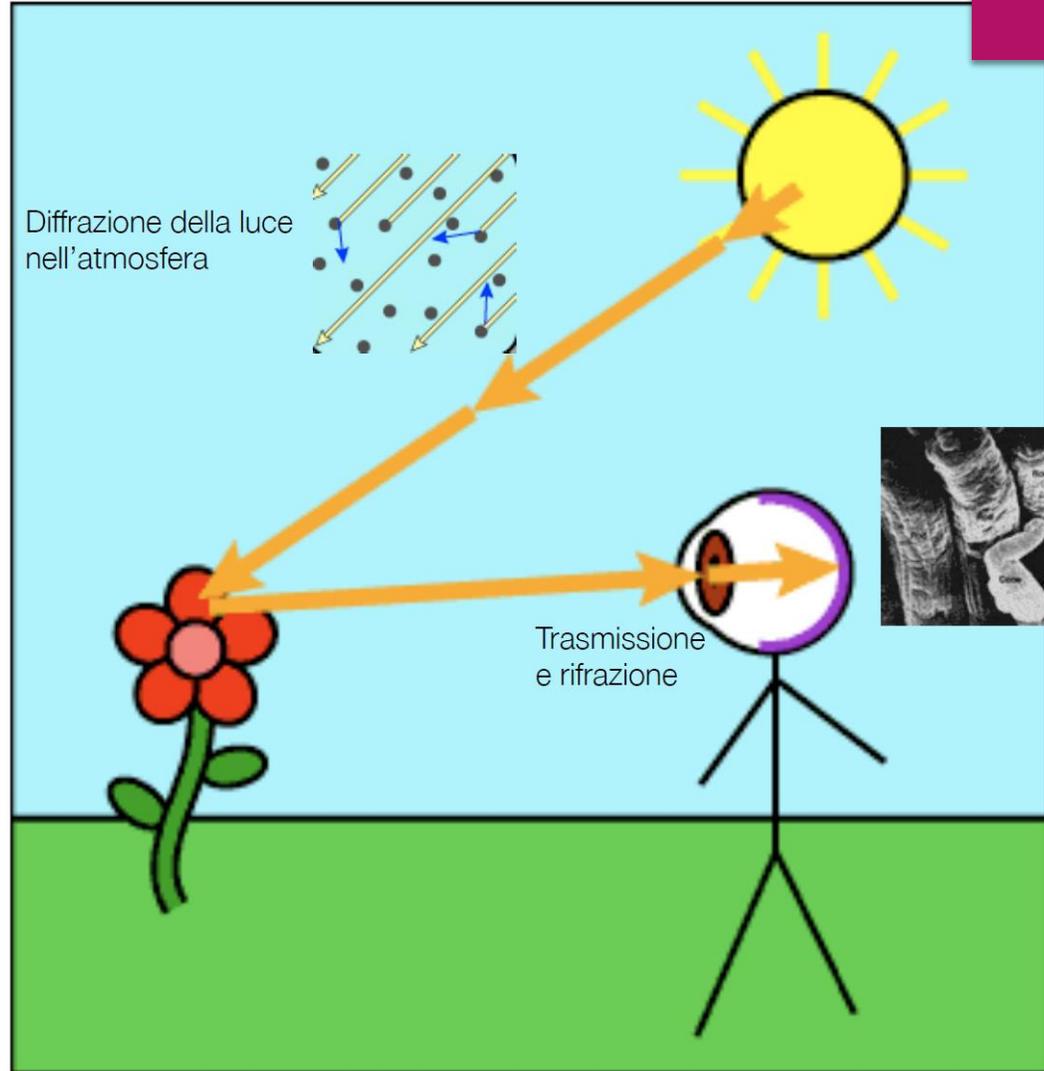


La Visione

L'informazione visiva è contenuta nella luce riflessa dagli oggetti



imento e
re da
oggetti

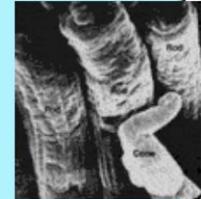


Diffrazione della luce
nell'atmosfera

Trasmissione
e rifrazione



Generazioni
elettromagnetiche
include luce
e 700 nm



Assorbimento
e trasduzione

UNA PANORAMICA

- La **cornea** è lo strato esterno. La cornea è una membrana trasparente priva di vasi, ma ricca di fibre nervose.

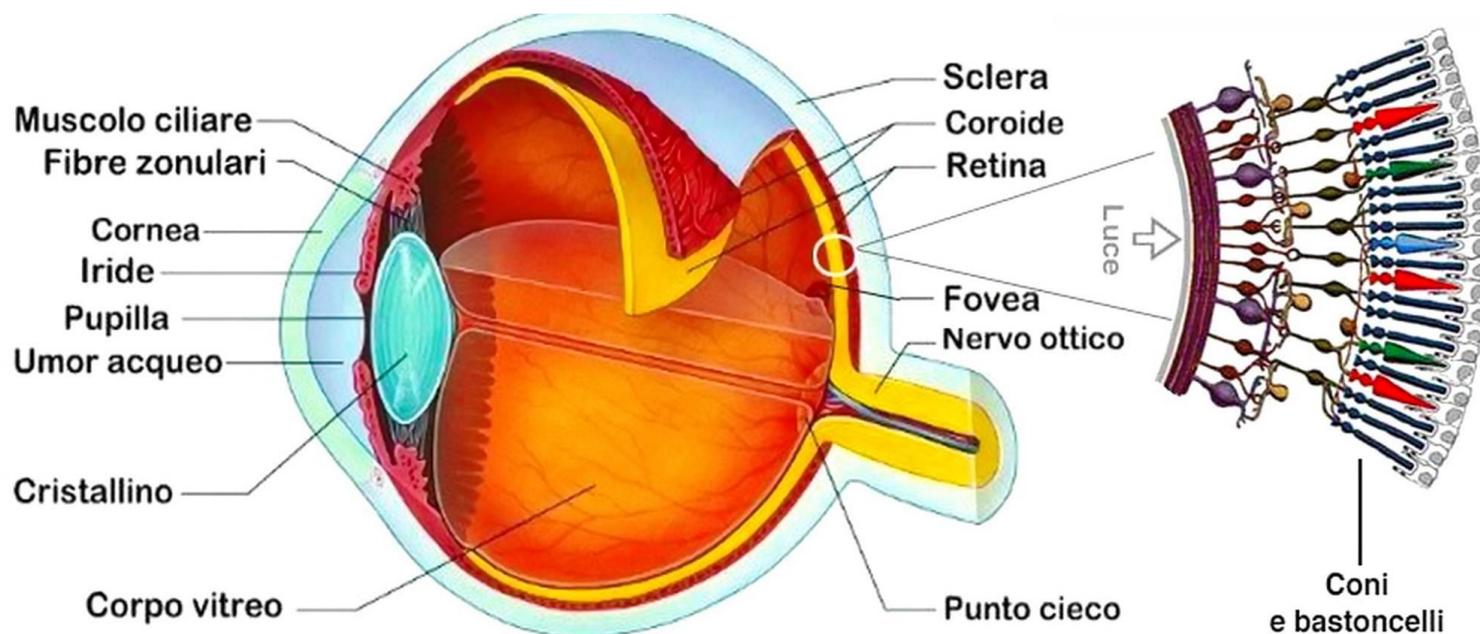
- **L'iride** è una membrana circolare posta, come un diaframma, tra la camera anteriore ed il cristallino. Ha un foro centrale, la pupilla che, dilatandosi o restringendosi, regola l'accesso del flusso luminoso all'interno dell'occhio.

- **IL cristallino** E' una lente convergente biconvessa di potere variabile situata dietro l'iride e davanti all'umor vitreo.

- **La sclera:** il cosiddetto bianco dell'occhio, è attraversata da nervi e vasi,

- **Il corpo vitreo:** E' una sostanza gelatinosa e trasparente che occupa tutto lo spazio interposto tra la retina e la faccia posteriore del cristallino, mantiene la forma e la consistenza del bulbo oculare.

- Nella **retina** avvengono i meccanismi più complessi della visione

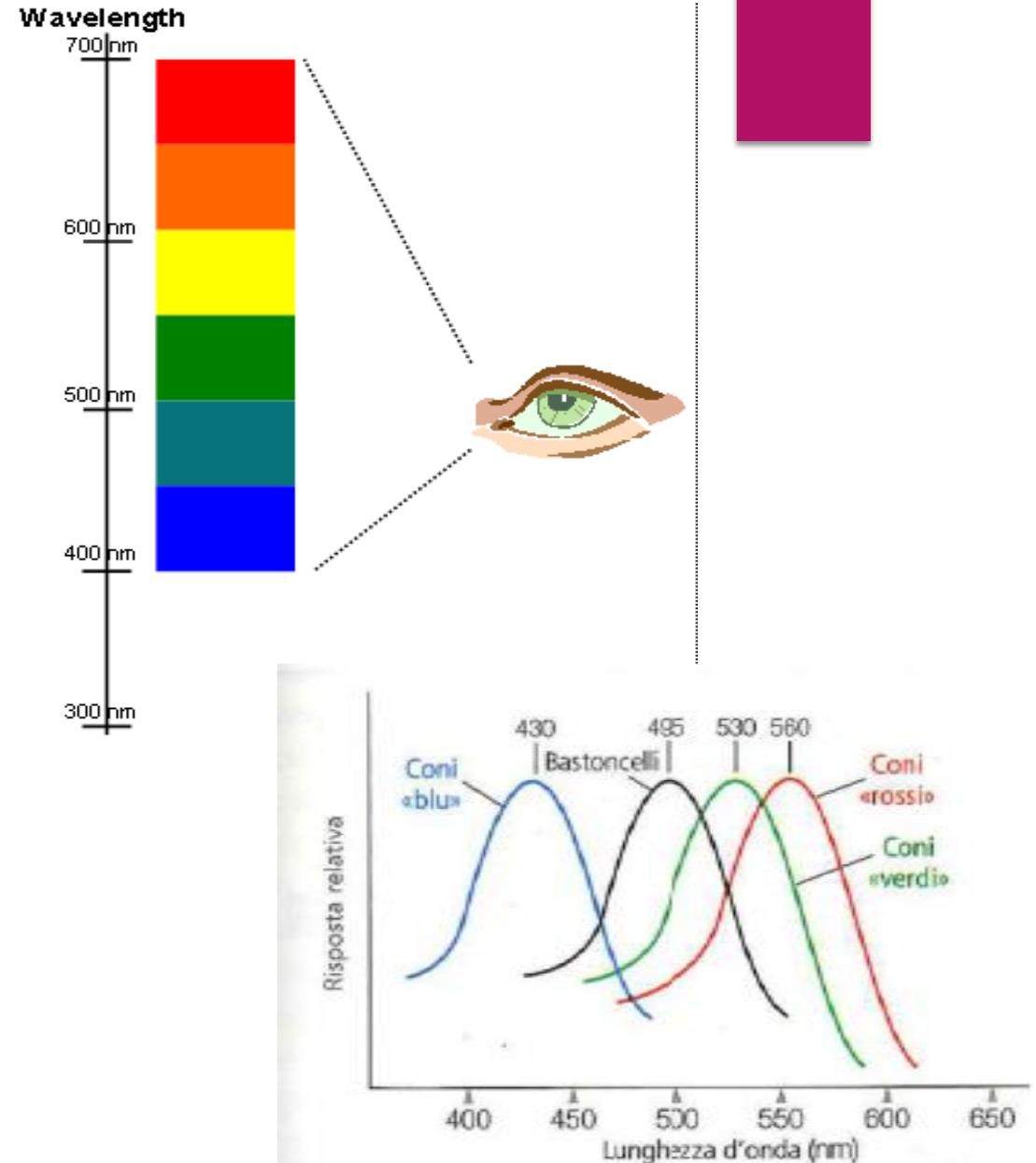


Sui recettori...

- ▶ I **bastoncelli**: Contengono **rodopsina** che si *decompon*e a bassi livelli di luce. Cio' li rende particolarmente utili durante la visione notturna. Tale **fotopigmento** si **rigenera lentamente**.
- ▶ I **coni**: consentono di percepire i colori . Contengono **fotopsina o conopsina** che si *decompon*e a livelli di luce piu' elevati. Cio' li rende rilevanti per la visione diurna. Tale **fotopigmento** si **rigenera rapidamente**.

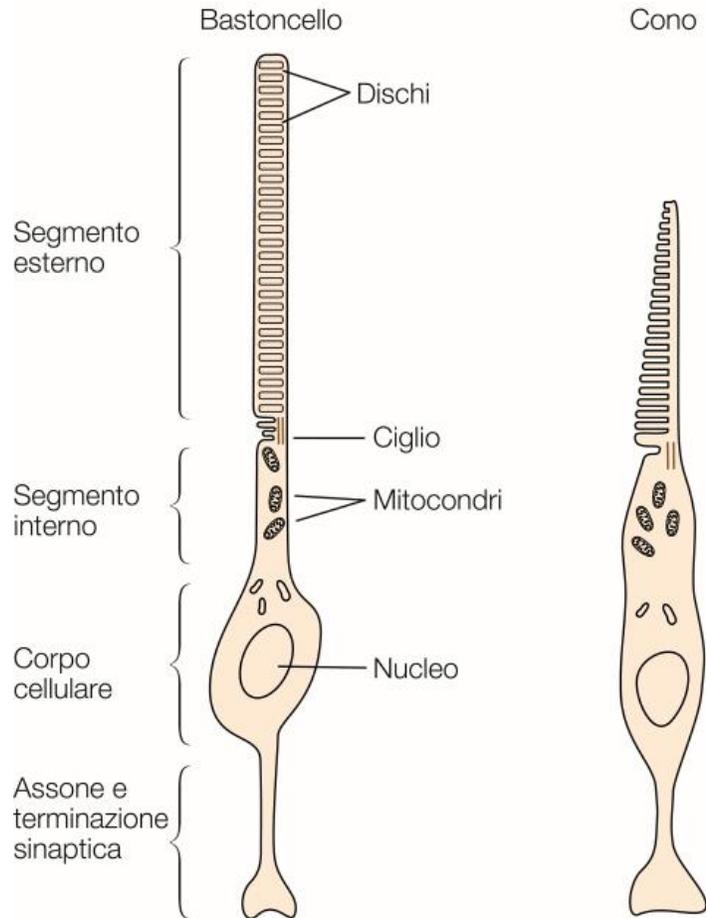
3 tipologie di coni: coni che rispondono alle **lunghezze d'onde corte** (ovvero quelle **blu** dello spettro della luce); coni che rispondo a lunghezze d'onda **medie** (ovvero quelle **verdi** dello spettro); coni che rispondono a lunghezze **ampie** (ovvero le quelle **rosse** dello spettro).

La distribuzione dei recettori lungo la retina: I coni sono maggiormente addensati lungo la **fovea**; i bastoncelli sono uniformemente distribuiti lungo la retina.

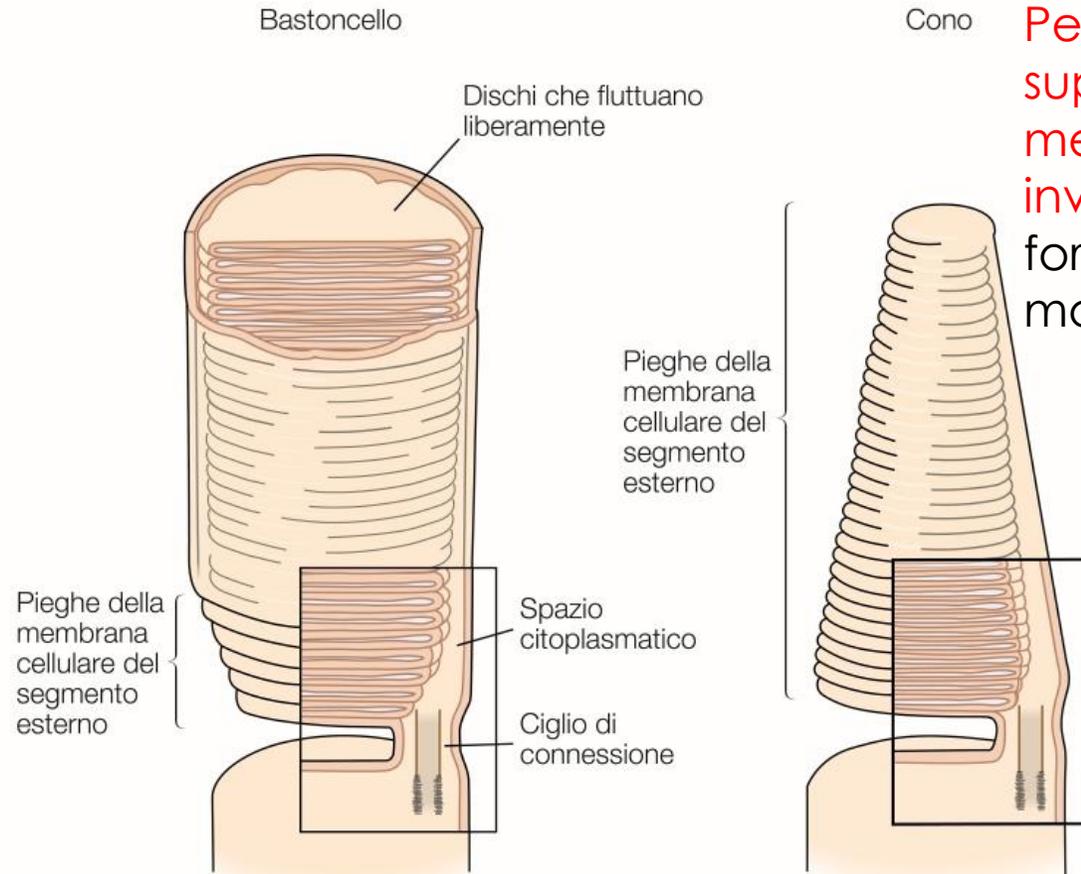


Morfologia dei fotorecettori

A Morfologia dei fotorecettori



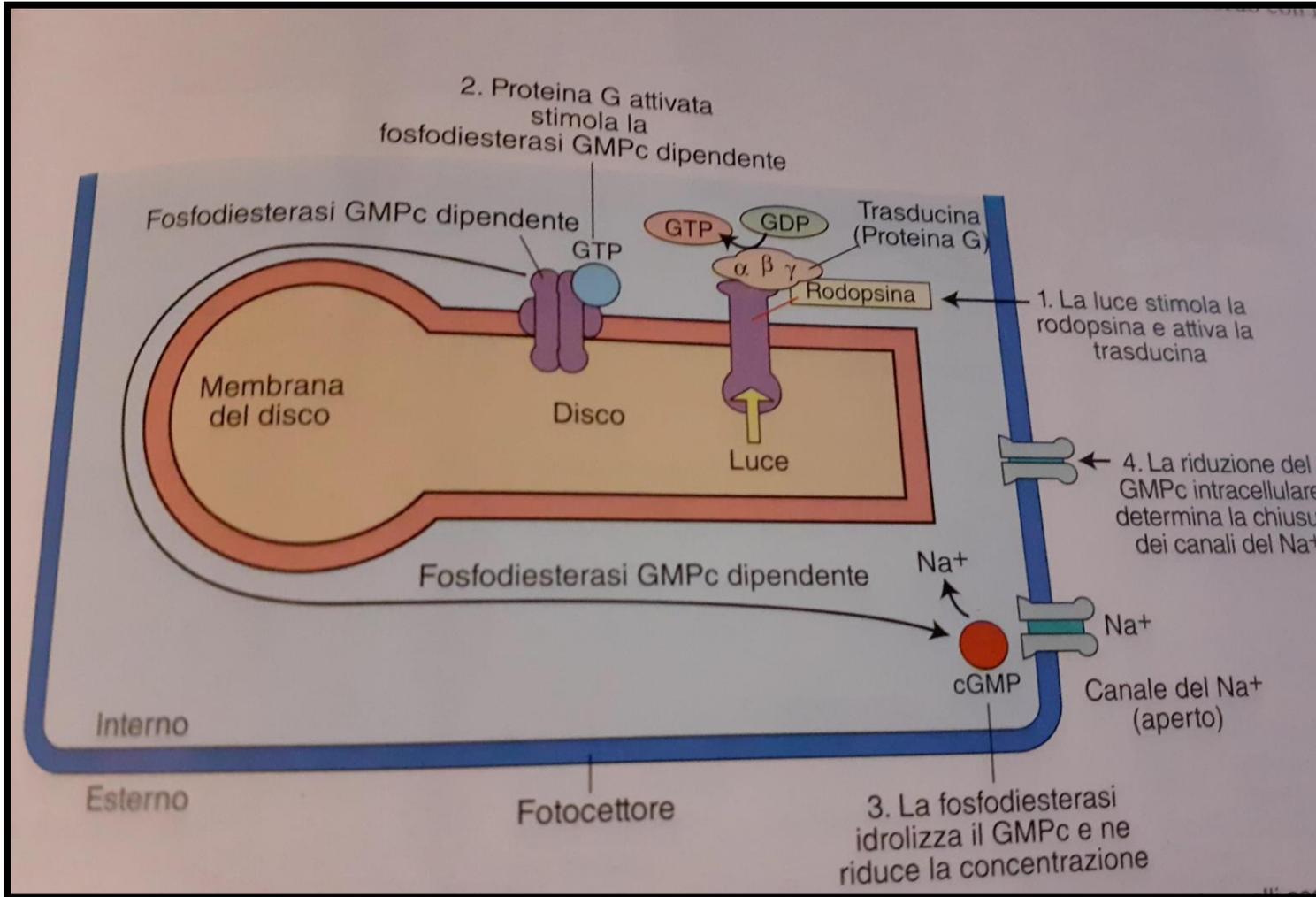
B Segmento esterno dei fotorecettori



Per aumentare la superficie, la membrana è invaginata a formare dischi ($\sim 10^8$ molecole).

Figura 26-5 I fotorecettori dei bastoncelli e dei coni hanno strutture simili.

LA FOTOTRASDUZIONE NEI RECETTORI



- 1) Il retinale assorbe la luce e la **proteina G** (chiamata **trasducina**) è stimolata
- 2) **la proteina G attiva** una **fosfodiesterasi della guanosina monofosfato ciclico (GMPc)**
- 3) La **fosfodiesterasi idrolizza** la guanosina monofosfato ciclico e **ne riduce la concentrazione**
- 4) Questa riduzione **determina** una **chiusura dei canali del sodio**
- 5) La riduzione del flusso di sodio determina **l'iperpolarizzazione del fotorecettore**.

Il fotorecettore produce un potenziale **generatore iperpolarizzante**.

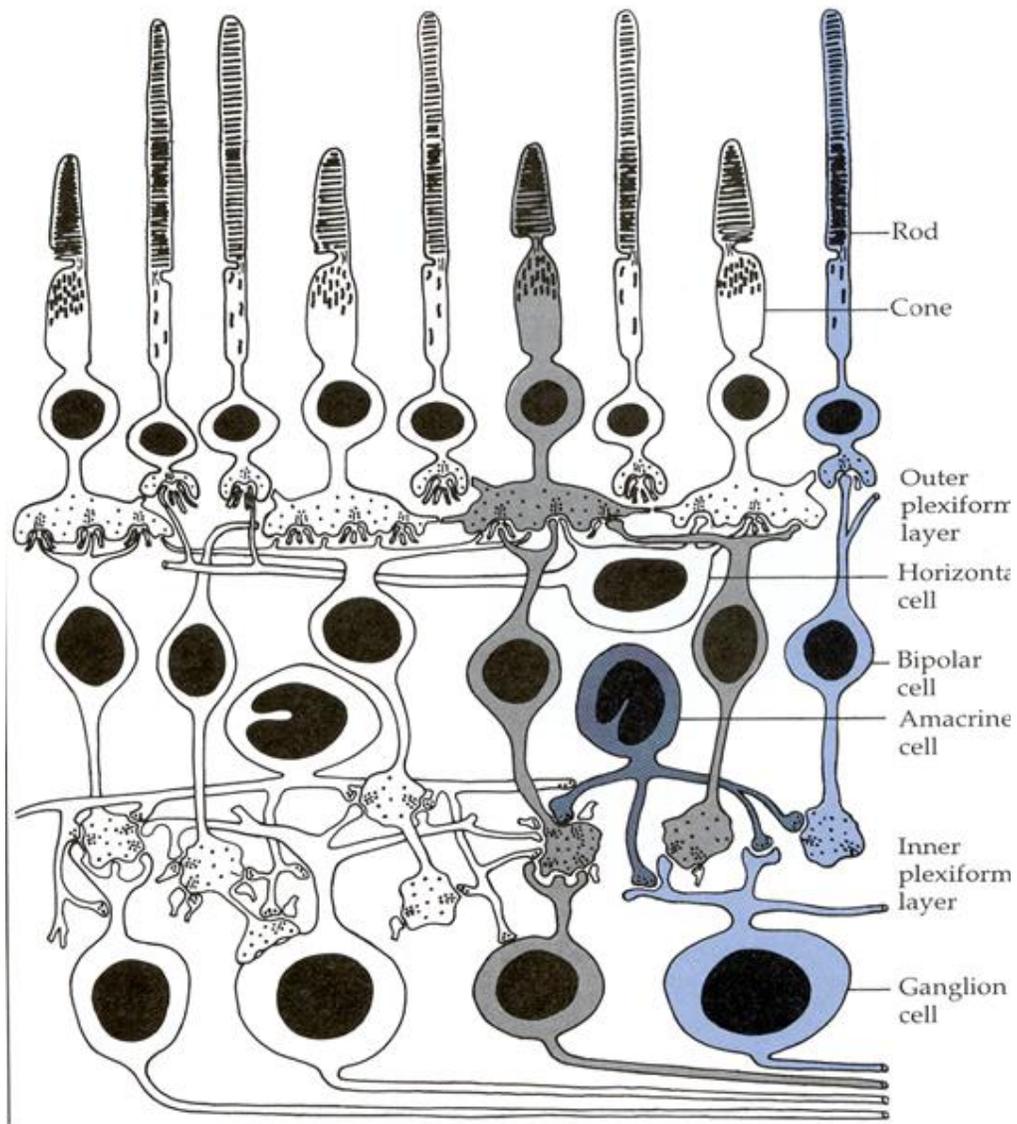
I fotorecettori (coni e bastoncelli) non generano potenziali d'azione.

La trasmissione dell'informazione visiva

L'iperpolarizzazione dei fotocettori causa l'attivazione delle cellule gangliari ad essi connesse che si riuniscono a formare il **nervo ottico**.

Molti bastoncelli confluiscano su una singola cellula gangliare.

Pochi coni confluiscano su una singola cellula gangliare. Ciò consente una visione più **nitida e particolareggiata** rispetto a quella fornita dai bastoncelli.



Sinapsi citoneurali

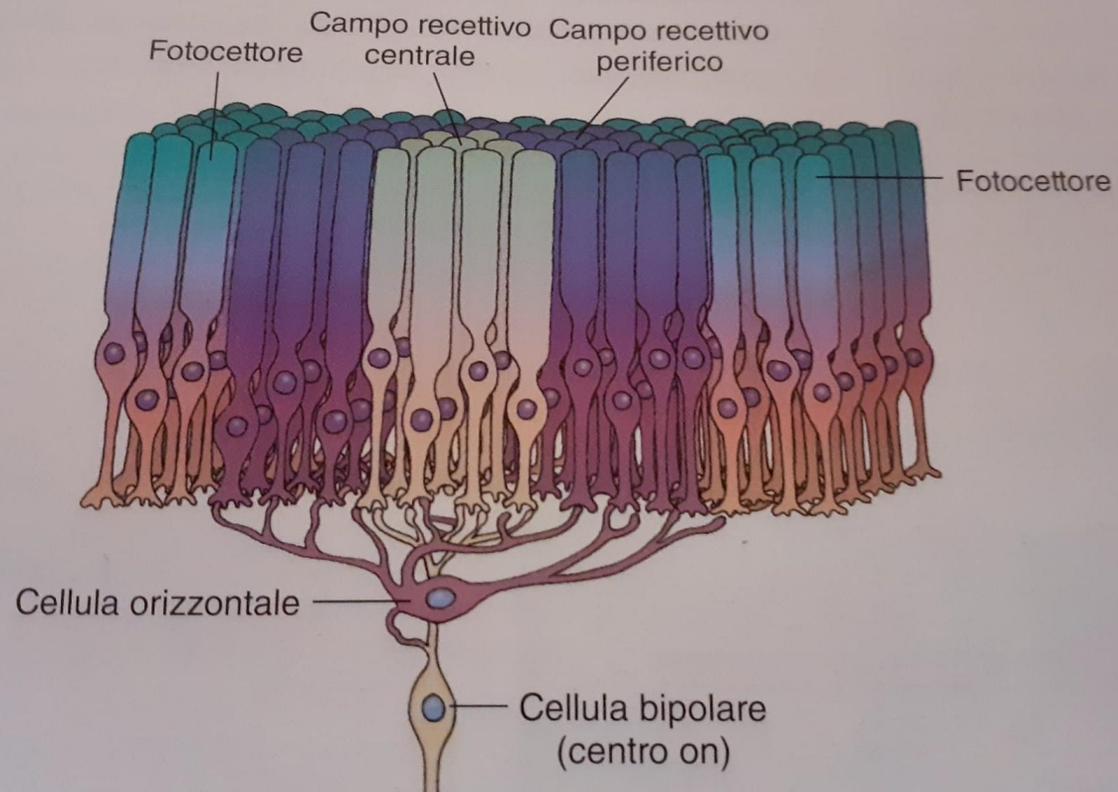
Cellula orizzontale

Cellula bipolare

Sinapsi interneuroniche

Cellula gangliare
Nervo ottico

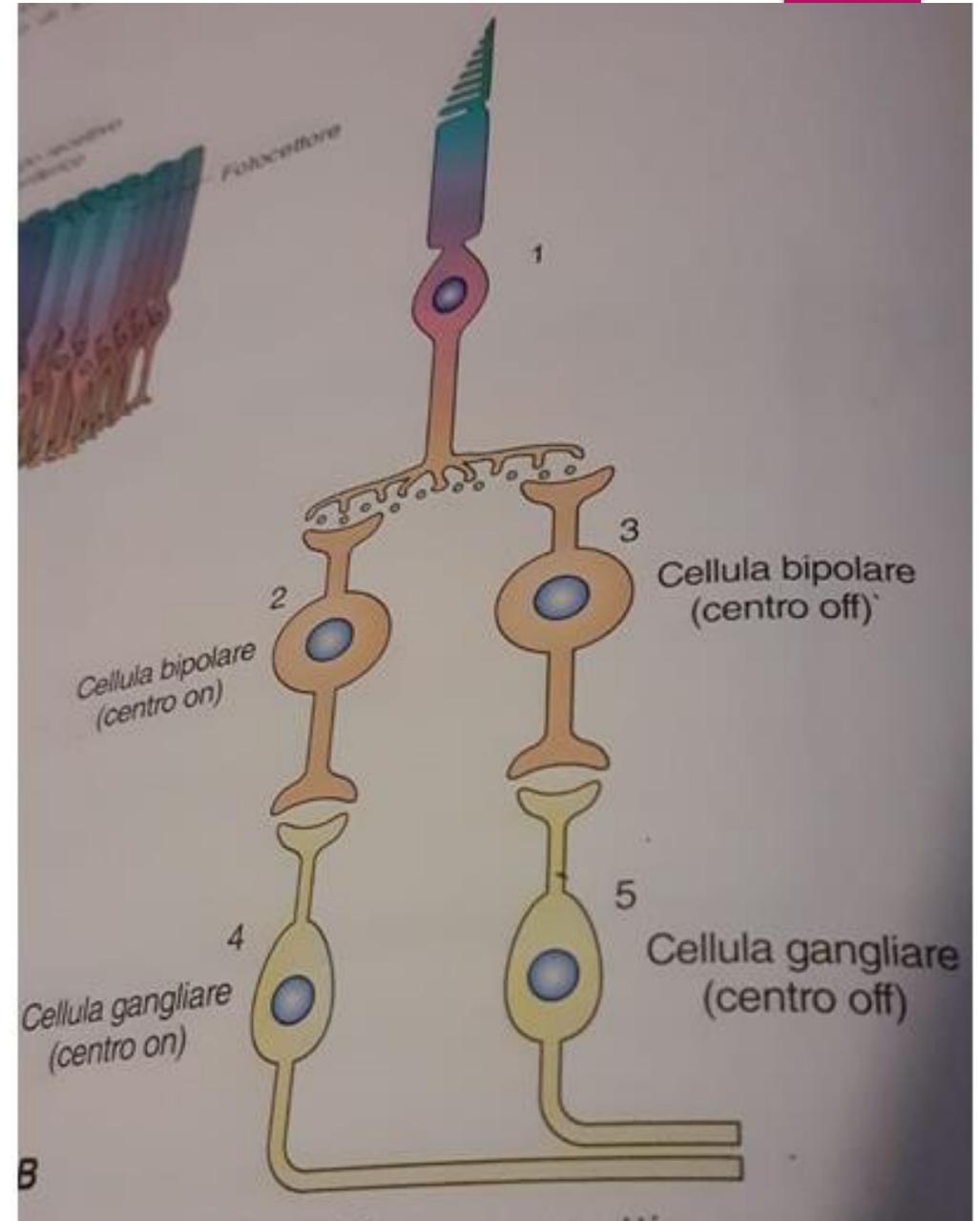




Il campo recettivo

Meccanismo che porta alle modifiche del potenziale di membrana delle cellule bipolari in risposta alla luce:

Vi sono **due popolazione di cellule bipolari: cellule bipolari a centro on e cellule bipolari a centro off**. Quando sono stimulate, **le cellule bipolari generano dei potenziali graduati**. Ogni cono forma un contatto sinaptico con una cellula bipolare ON e una cellula bipolare OFF. Ogni cellula bipolare ON, a sua volta, forma un contatto sinaptico con una cellula gangliare ON e ogni cellula bipolare OFF con una cellula gangliare OFF.



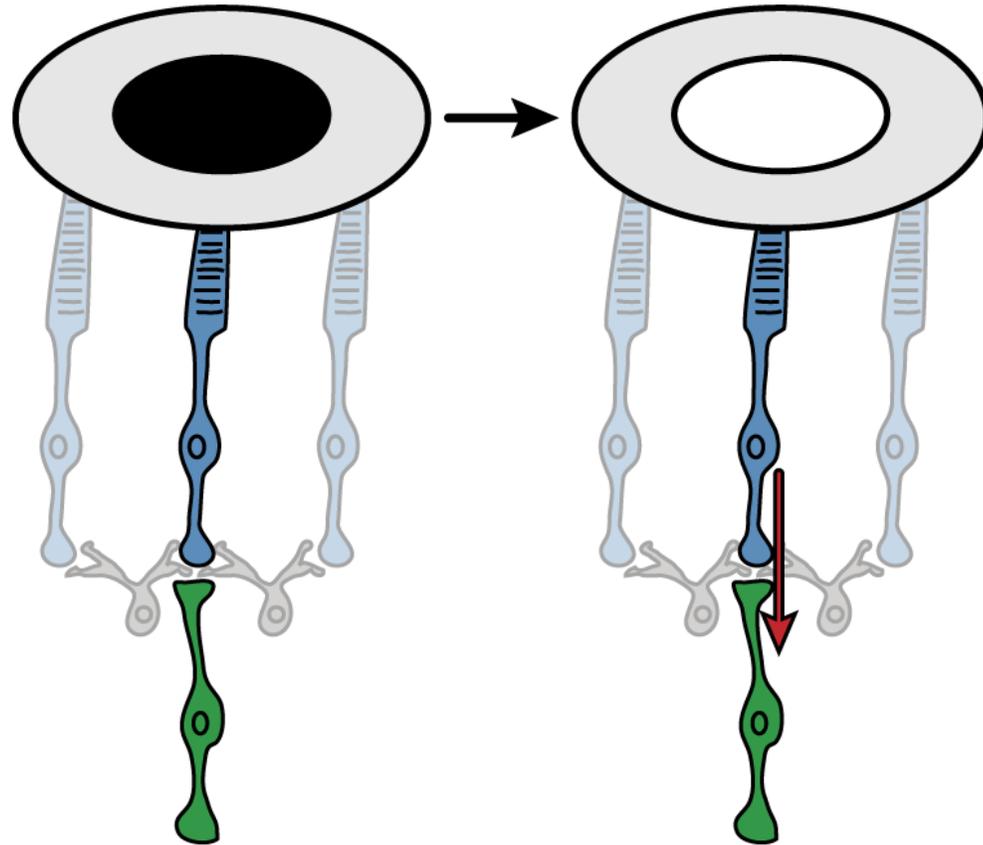
Risposte alla luce e al buio nel centro del campo recettivo



Quando il centro del campo recettivo è buio, i fotorecettori sono depolarizzati e rilasciano glutammato continuamente. Il glutammato rilasciato dai terminali dei fotorecettori stimola i recettori metabotropici per il glutammato delle cellule bipolari ON, che determinano l'apertura dei canali del potassio con il conseguente flusso in uscita del potassio che determina l'iperpolarizzazione della cellula bipolare.

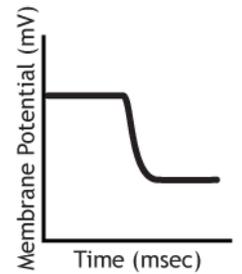
Dall'altro lato, il glutammato rilasciato dai fotorecettori stimola i canali ionotropici del glutammato delle cellule bipolari OFF, che comporta l'apertura dei canali del potassio e la depolarizzazione della cellula bipolare con l'aumento del rilascio del suo neurotrasmettitore.

Si verifica una situazione opposta quando il centro è illuminato a discapito della periferia. In questo caso, le cellule a centro ON depolarizzano, quelle a centro OFF iperpolarizzano.

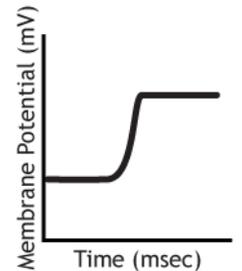


Center Photoreceptor

Dark Light
● ○



ON bipolar cell



Risposte alla luce e al buio nella periferia del campo recettivo

Ci sono anche altre cellule che possono modulare l'attività delle cellule bipolari.

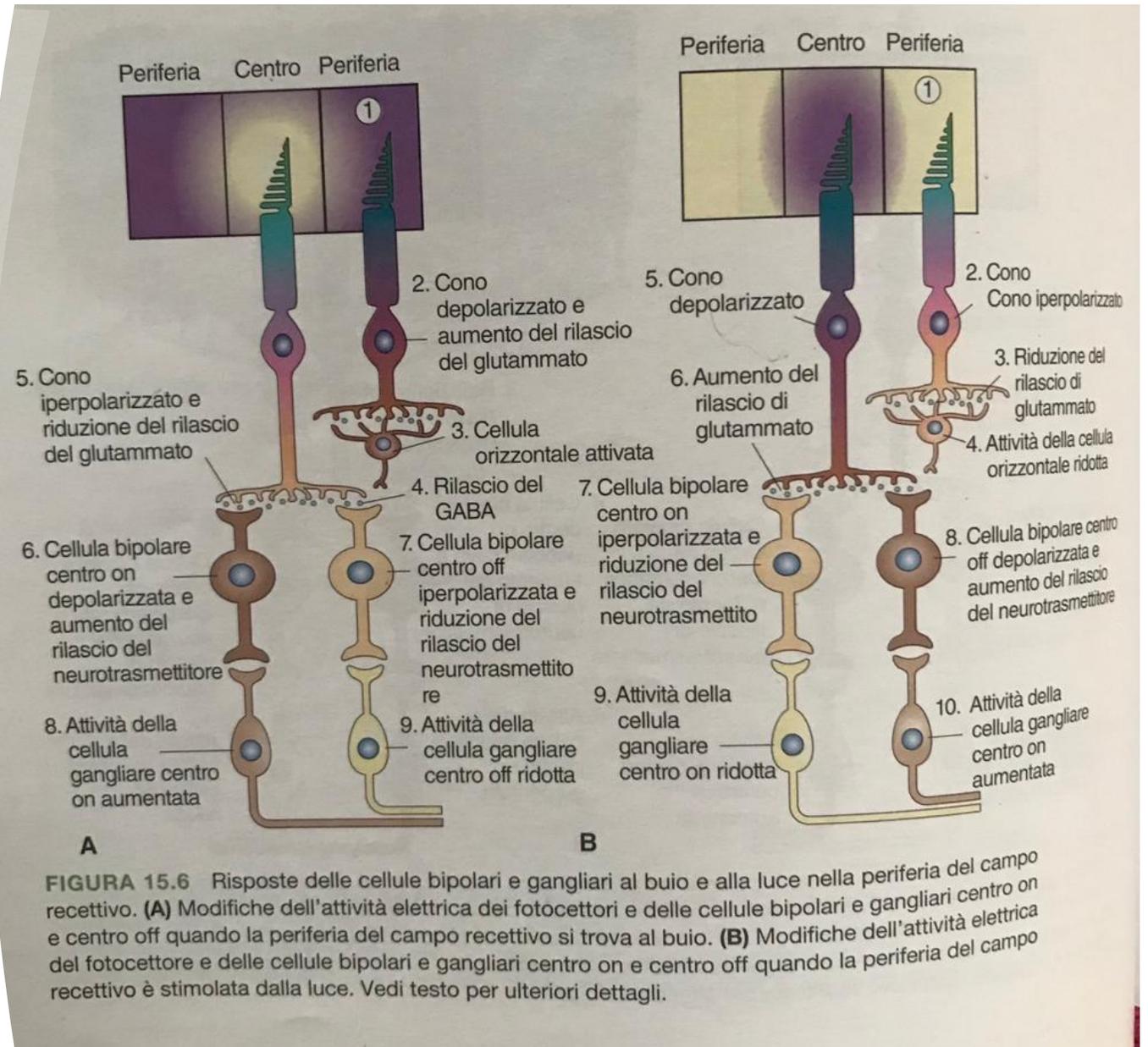
In questo caso si considera in maniera congiunta l'attività di un fotorecettore nella zona centrale e di un cono nella zona periferica: quello della zona centrale, illuminata, comporta un'attivazione delle cellule bipolare a centro ON e un'inibizione di quelle a centro OFF. In realtà, questa inibizione viene mantenuta anche dal cono in periferia, il quale si mantiene in una condizione di depolarizzazione (la sua attivazione avverrebbe nel caso di una iperpolarizzazione, raggiunto dalla luce).

L'attivazione della cellula orizzontale, che rilascia GABA (neurotrasmettitore inibitorio), contribuisce all'iperpolarizzazione delle cellule a centro OFF.

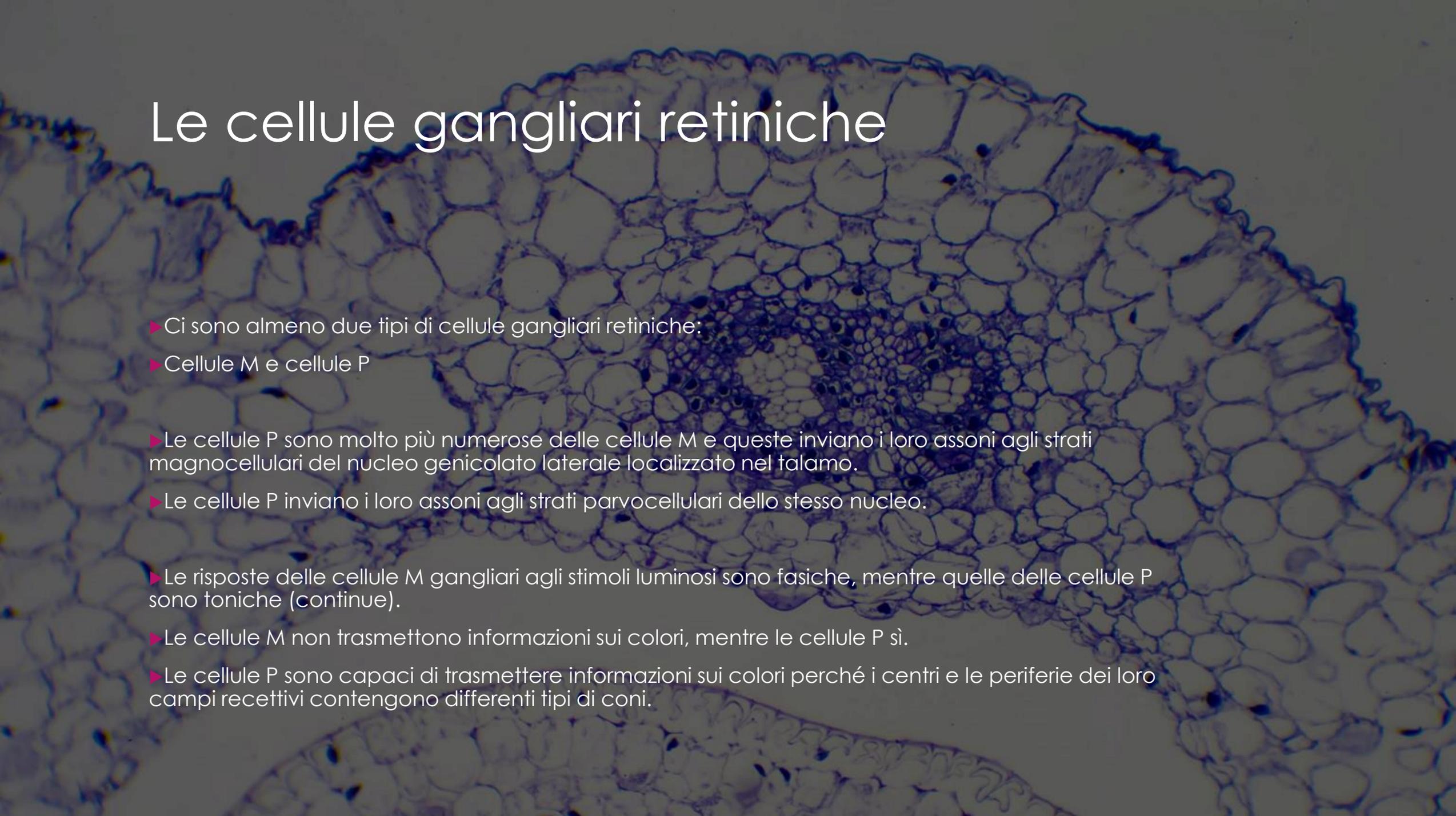
Il risultato finale è sia mediato da ciò che succede al centro ma anche in periferia.

Più coni o bastoncelli possono fare sinapsi al livello della stessa cellula bipolare e, a seconda di ciò che scaricano in termini di neurotrasmettitore, si avrà un determinato stato.

Nel caso delle cellule bipolari a centro OFF è il contrario, in quanto si attivano da un lato perché la periferia è illuminata ma anche perché i recettori periferici, essendo illuminati, funzionano meno e non rilasciano GABA, non interferendo con l'attivazione.



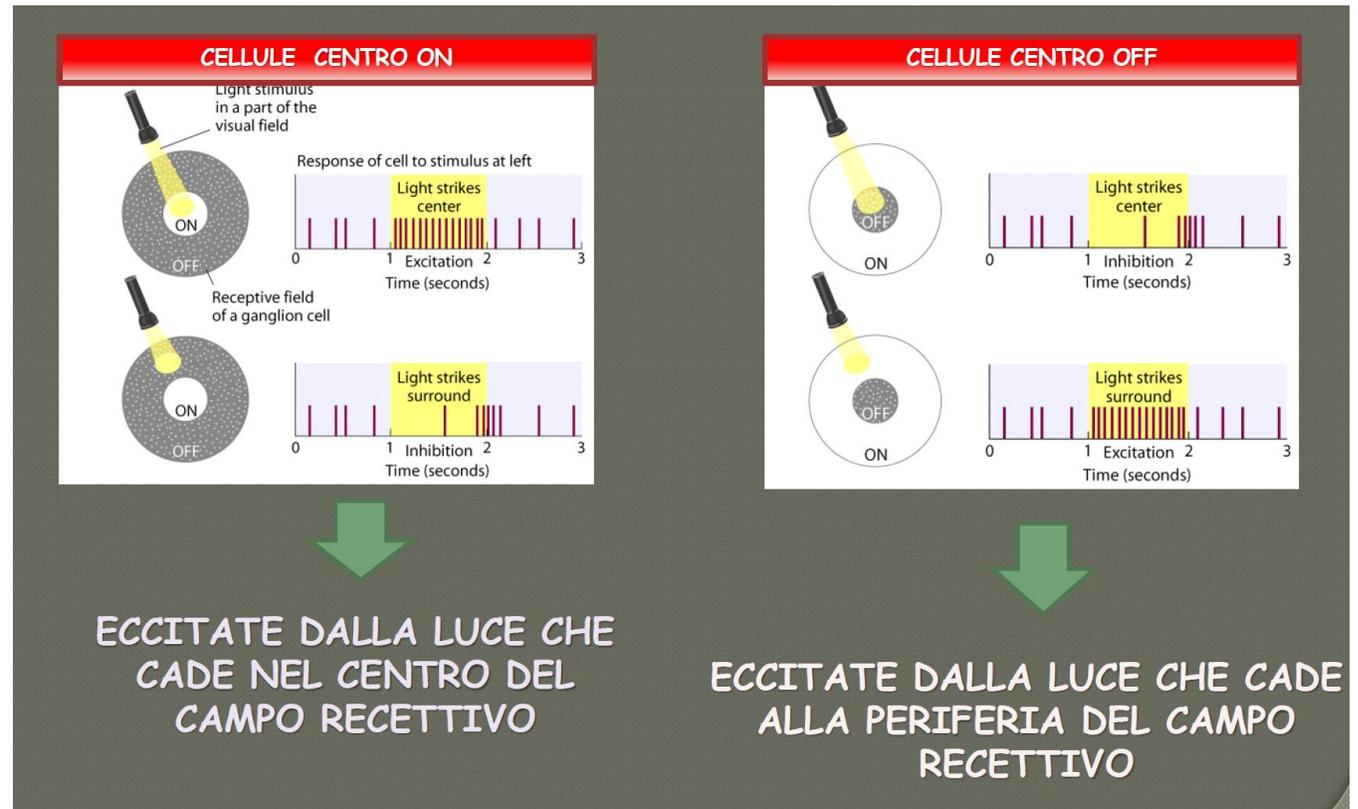
Le cellule gangliari retiniche

A microscopic image of a retinal section, showing various cell types. The image is a cross-section of the retina, with the outer layers (photoreceptors and bipolar cells) visible on the left and the inner layers (ganglion cells and optic nerve fibers) on the right. The ganglion cells are the most prominent feature, appearing as large, dark, rounded cells with distinct nuclei and some visible axons extending towards the optic nerve. The overall structure is organized into layers, with the ganglion cell layer being the most densely packed and prominent.

- ▶ Ci sono almeno due tipi di cellule gangliari retiniche:
- ▶ Cellule M e cellule P
- ▶ Le cellule P sono molto più numerose delle cellule M e queste inviano i loro assoni agli strati magnocellulari del nucleo genicolato laterale localizzato nel talamo.
- ▶ Le cellule P inviano i loro assoni agli strati parvocellulari dello stesso nucleo.
- ▶ Le risposte delle cellule M gangliari agli stimoli luminosi sono fasiche, mentre quelle delle cellule P sono toniche (continue).
- ▶ Le cellule M non trasmettono informazioni sui colori, mentre le cellule P sì.
- ▶ Le cellule P sono capaci di trasmettere informazioni sui colori perché i centri e le periferie dei loro campi recettivi contengono differenti tipi di coni.

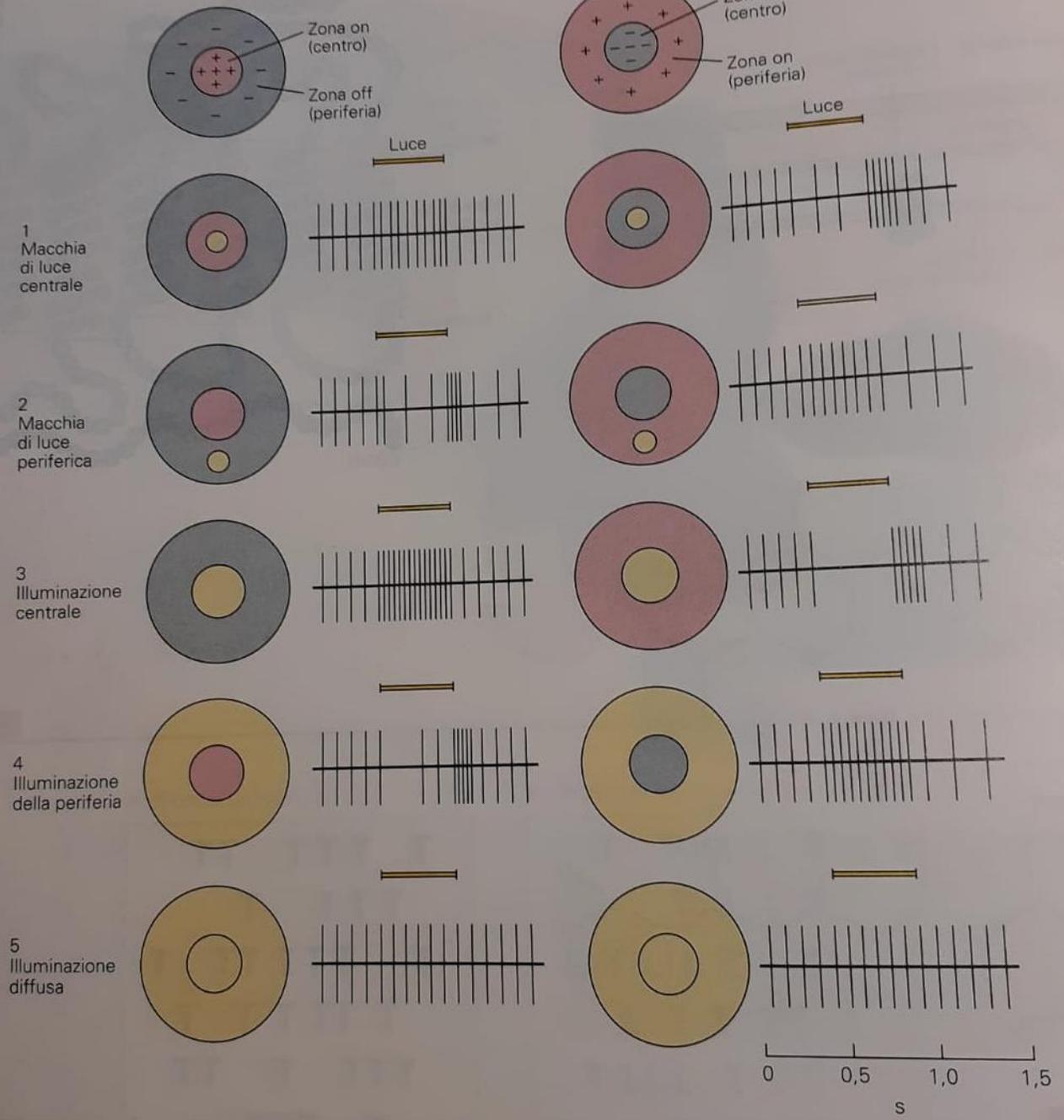
► Campo recettivo: Porzione del campo visivo in cui la presentazione di uno stimolo produrrà un'alterazione della frequenza di scarica di un neurone particolare.

► Risposte delle cellule ON e OFF agli stimoli presentati al centro o alla periferia del loro campo recettivo.



A Cellule gangliari centro-on

B Cellule gangliari centro-off



CAMPI VISIVI E RETINICI

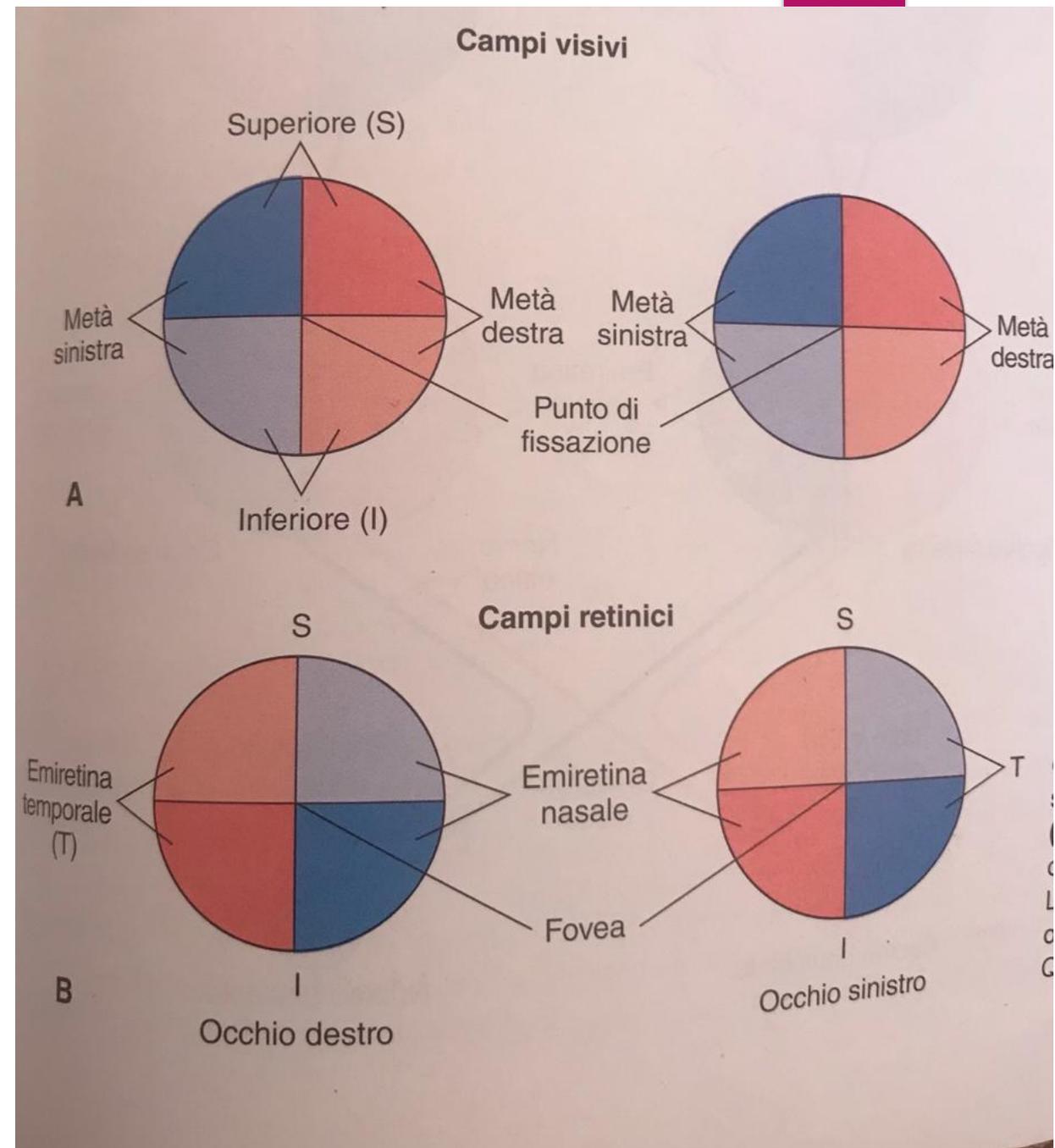
Il campo visivo di un occhio è la regione di spazio che un occhio può vedere guardando dritto davanti a sé senza alcun movimento della testa. La fovea di ciascuna retina è allineata con un punto detto **punto di fissazione** del campo visivo.

Una linea verticale può dividere il campo visivo di ciascun occhio in due metà: la metà sinistra del campo visivo e la metà destra del campo visivo. Una linea orizzontale può dividere ogni emicampo visivo in due metà, superiore ed inferiore.

Ogni metà può essere divisa in quadranti.

Analogamente, la superficie della retina può essere suddivisa in due metà da una linea verticale che passa per il centro della fovea: una **emiretina nasale** che si trova medialmente alla fovea e una **emiretina temporale** che si trova lateralmente alla fovea.

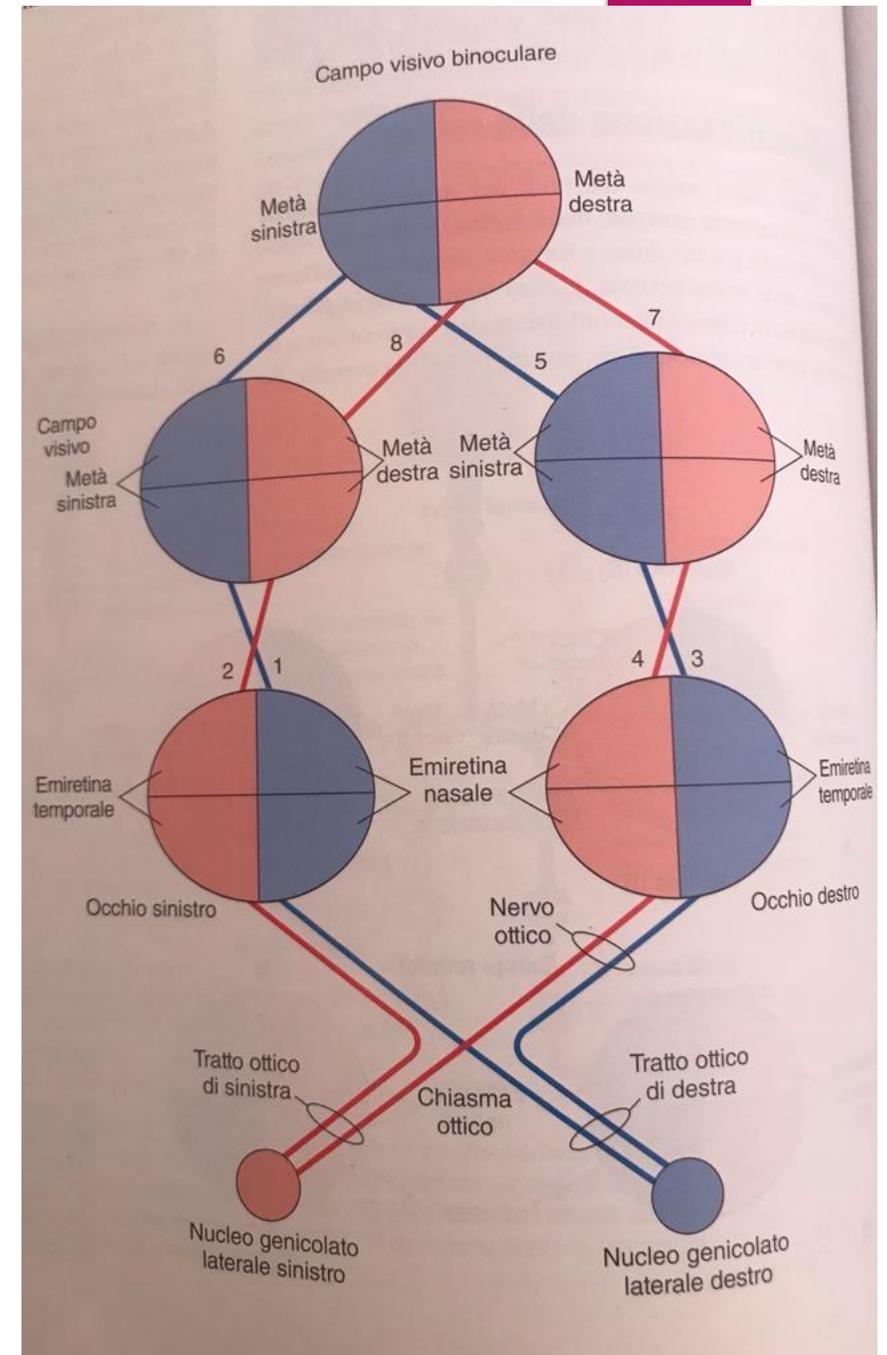
Ogni emiretina è suddivisa in 4 quadranti.



Le immagini degli oggetti del campo visivo sono invertite sulla retina. Pertanto, le immagini presenti nella metà sinistra del campo visivo dell'occhio sinistro cadono sull'emiretina nasale dell'occhio sinistro, le immagini presenti nella metà destra del campo visivo dell'occhio sinistro cadono sull'emiretina temporale dell'occhio sinistro (**linea 1-2**).

La regione centrale del campo visivo di ciascun occhio è chiamata **campo visivo binoculare**.

Quando i nervi ottici dei due occhi raggiungono il cervello, si uniscono a formare il **chiasma ottico**. In questo punto le fibre, che rappresentano la **metà nasale** della retina di ciascun occhio **decussano contralateralmente**, mentre le fibre che rappresentano la **metà temporale** della retina di ciascun occhio rimangono **omolateralmente**. Dopo aver lasciato il chiasma ottico, le fibre di ciascun lato si uniscono a formare i **tratti ottici**.



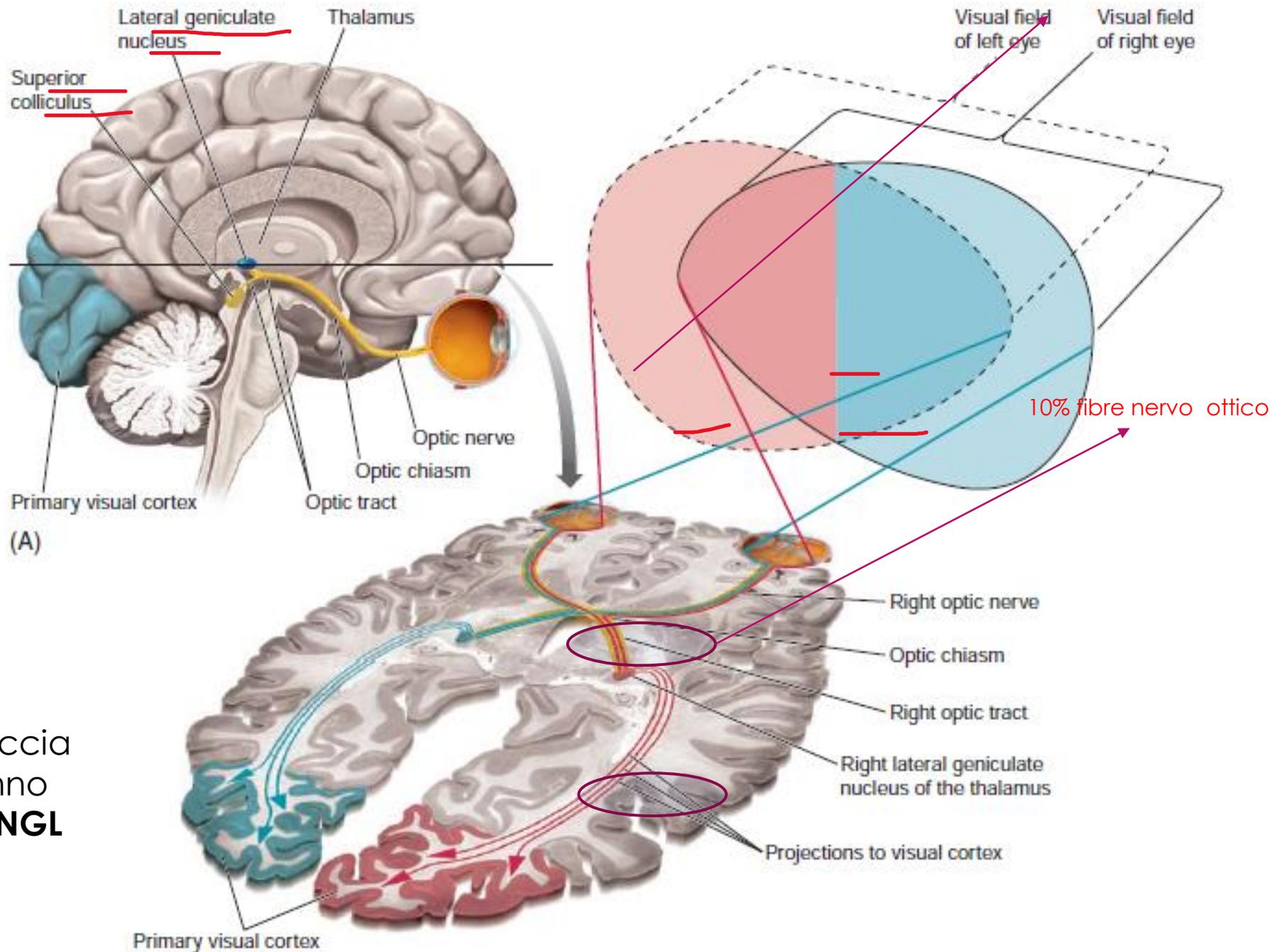
La fototrasduzion e nelle cellule gangliari

- ▶ In questo caso il meccanismo di attivazione
- ▶ risulta mediato da un processo dipendente dall'enzima fosfolipasi C che porta all'apertura dei canali cationici e conseguente processo di depolarizzazione

Prima di entrare nel cervello ciascun **nervo ottico si divide in due rami: temporale**, che procede in modo ipsilaterale e **nasale**, che decussa la linea mediana all'altezza del **chiasma ottico**. Tale incrocio consente la condivisione delle informazioni tra i due emisferi cerebrali.

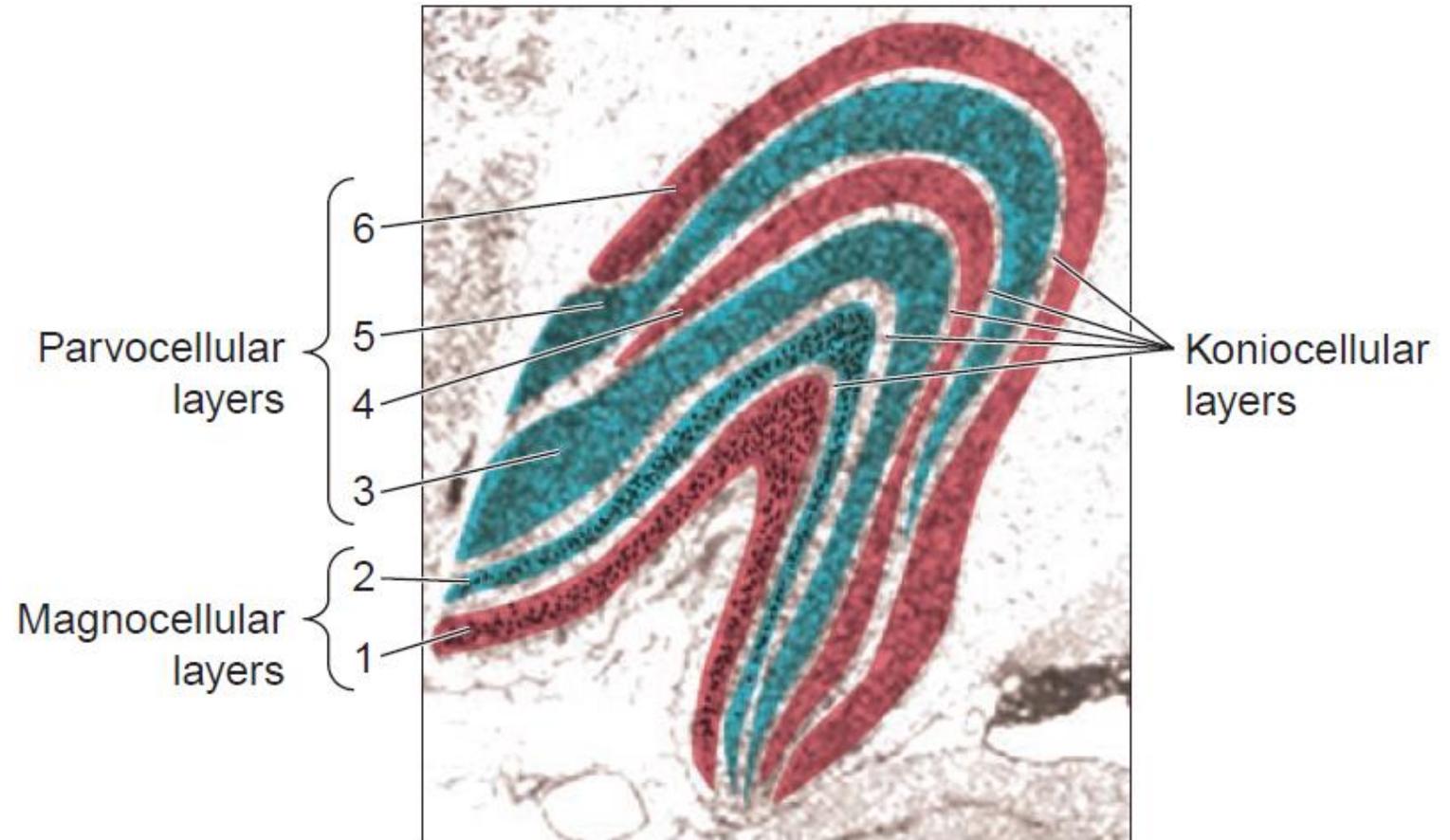
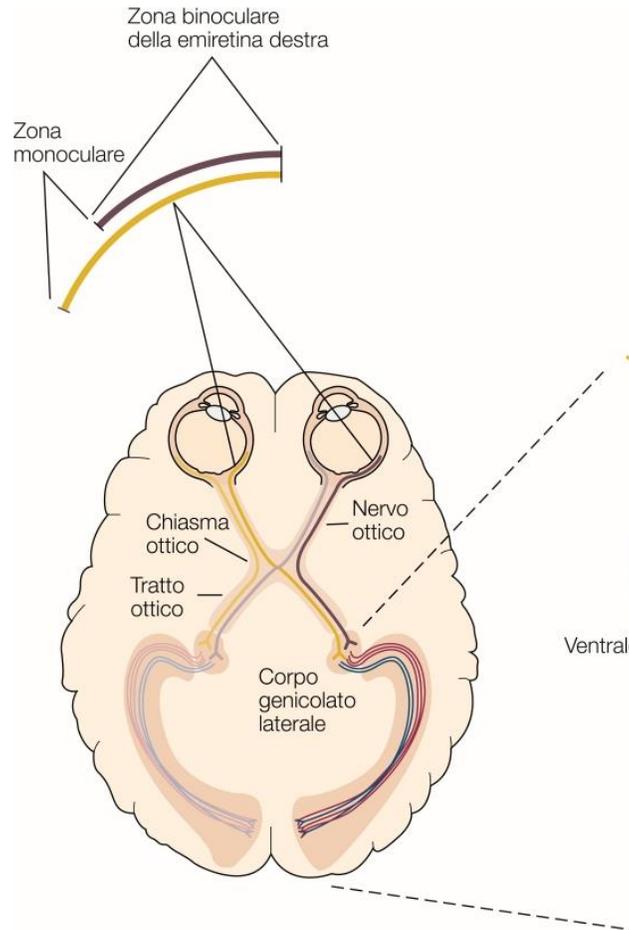
Per via della curvatura della retina, l'informazione visiva proveniente da ciascun campo visivo andrà ad attivare i rami temporale e nasale di entrambi gli occhi.

Prima di raggiungere la corteccia visiva primaria i nervi ottici fanno sinapsi in corrispondenza del **NGL** ma anche del **pulvinar** e del **collicolo superiore**.



Proiezioni del nucleo genicolato laterale alla corteccia visiva.

- 1) Vi arrivano il 90% delle fibre retiniche, la metà di queste è occupata dalle afferenze provenienti dalla fovea.
- 2) 6 strati di cellule centro on e centro off, 2 tipi di cellule: M, P .
- 3) Le informazioni spaziali codificate dalla retina si mantengono quando arrivano in questa struttura .



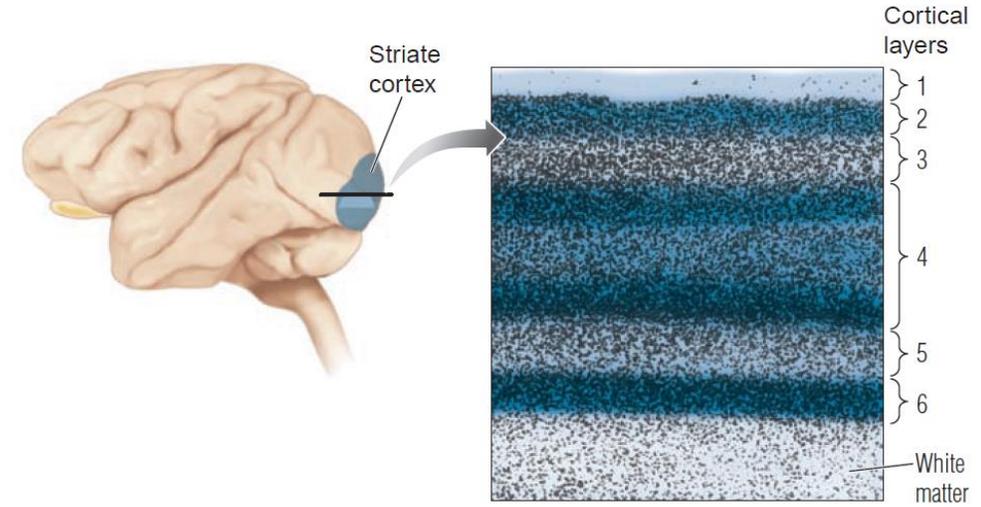
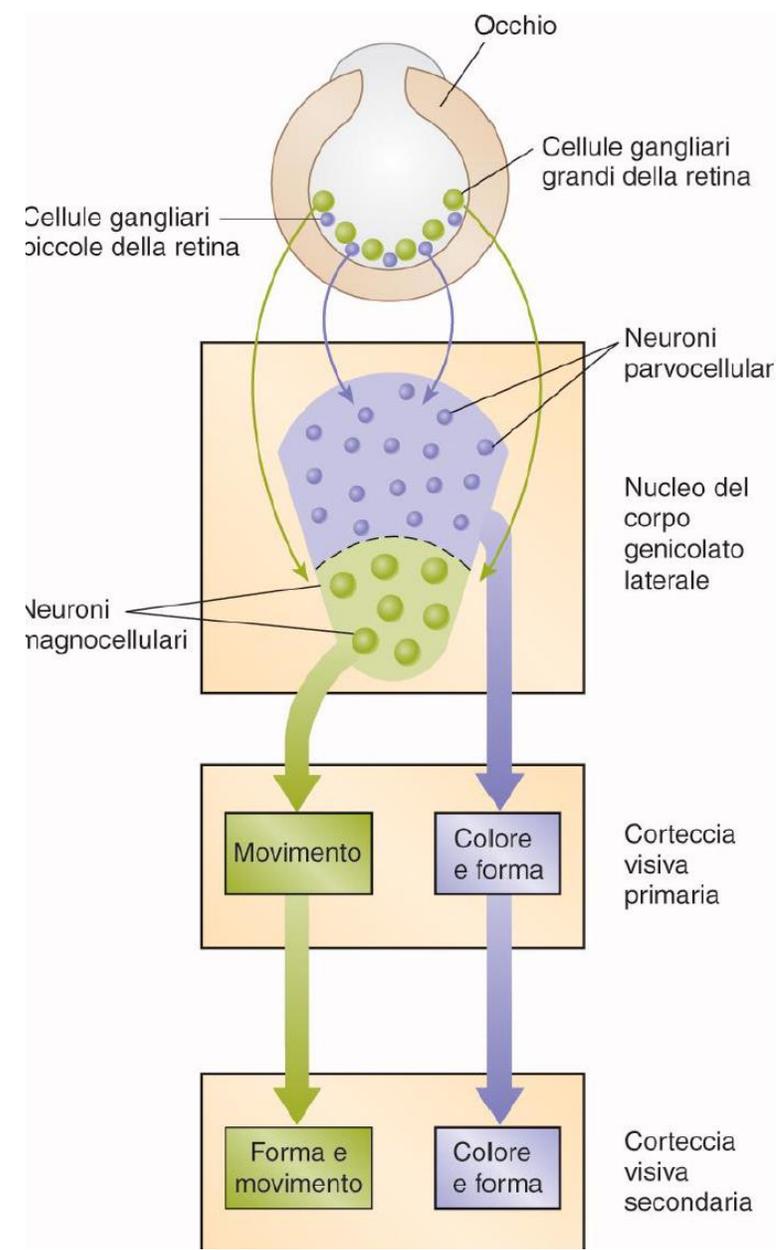
VIA RETINO-GENICOLO-STRIATA O VIA VISIVA PRIMARIA



Una volta abbandonato il NGL le fibre procedono fino a raggiungere la **corteccia visiva primaria (V1)** o *corteccia striata* e la **corteccia visiva secondaria (V2)** nelle aree occipitali.

L'organizzazione spaziale **retinotopica** delle info codificate nel NGL viene mantenuta anche nella V1.

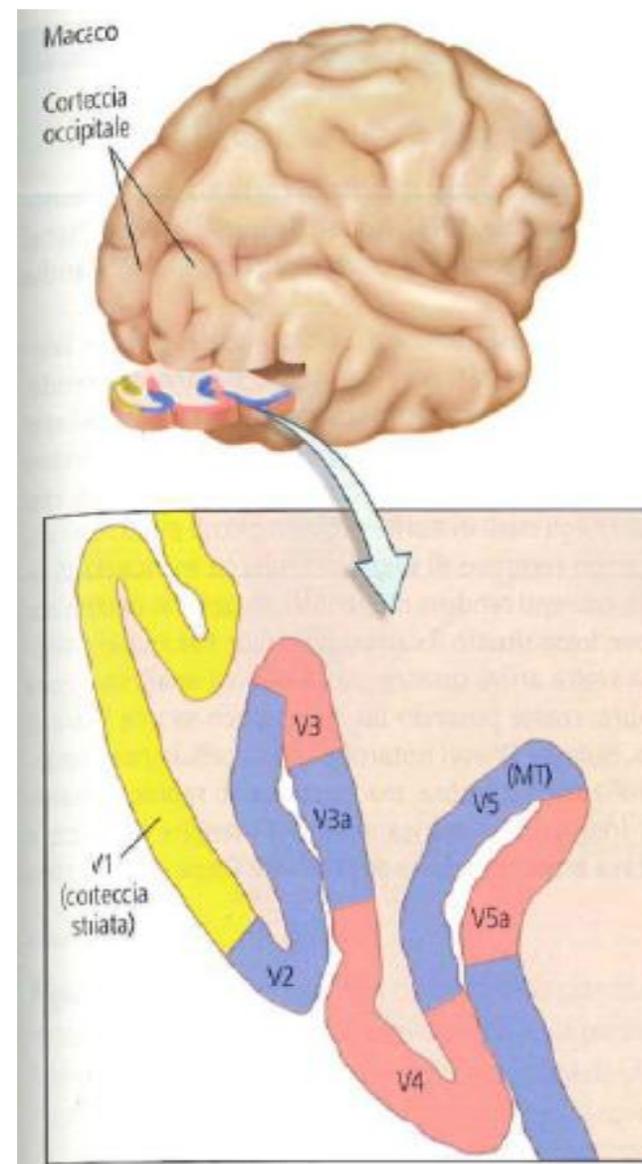
La maggior parte della V1 codifica info proveniente dalla **fovea** essendo tale struttura ricca di fotorecettori che codificano aspetti particolareggiati del campo visivo.



Il processamento dell'informazione potrebbe avvenire in modo gerarchico o analitico

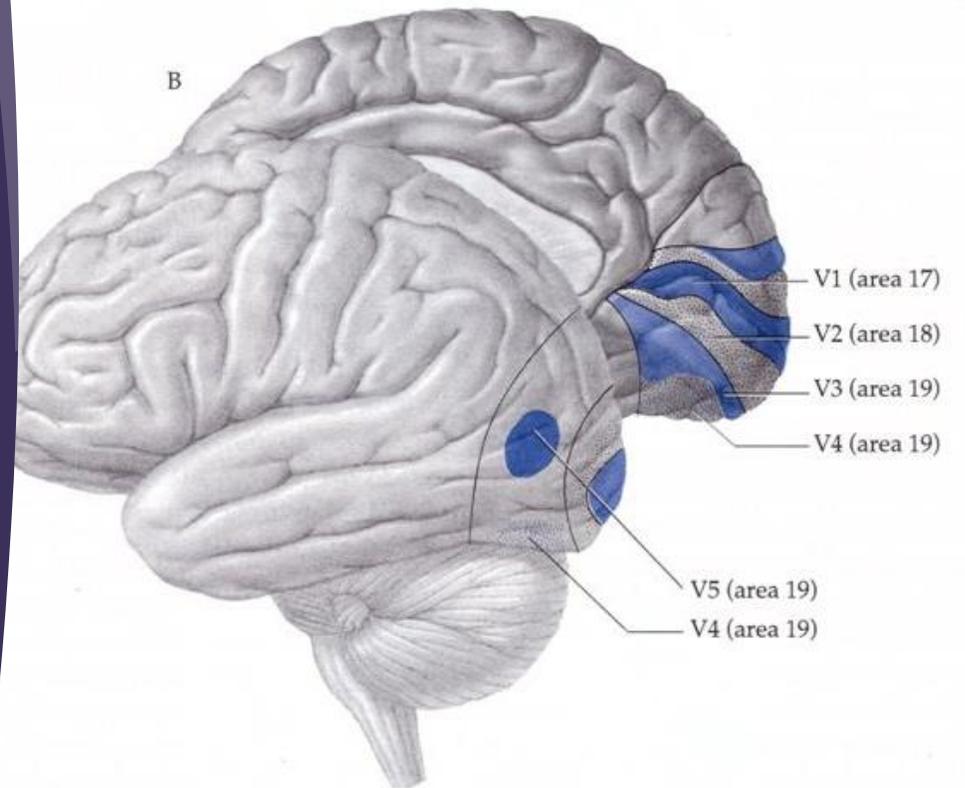
► Secondo il modello gerarchico Le cellule semplici della V1 codificano i margini della info visiva. A questa elaborazione si aggiunge quella delle cellule complesse delle are successive (V2, V3,) che aggiungono ulteriori dettagli (angoli). In un ulteriore livello di processamento si codificano le forme, per culminare nella strutturazione dello stimolo in una modalità già presente (o meno) in memoria.

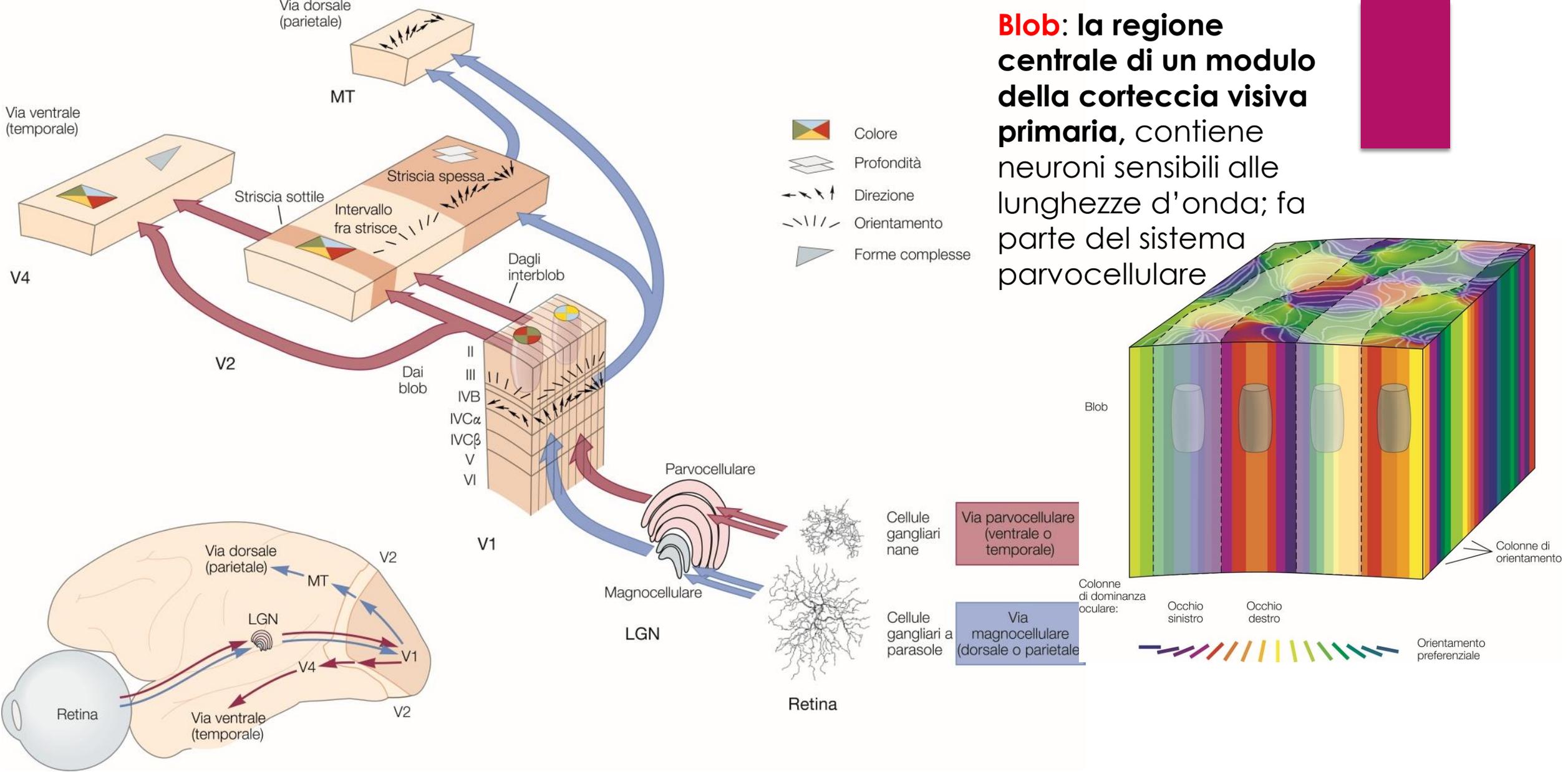
► Secondo il modello analitico l'informazione visiva raggiunge il suo stadio finale (ovvero la formazione di un percelto riconoscibile) dopo un processo di elaborazione che tende ad integrare informazioni elaborate in modo relativamente distinto.



Aree visive

- ▶ V1: direzione, movimento, colore (primo Livello di elaboraz.)
- ▶ V2: aggiunge a V1 la profondità
- ▶ V3: elaborazione della forma
- ▶ V4 elaboraz colori
- ▶ V5 (o MT) movimento





La Corteccia visiva umana è suddivisa in circa **2500 moduli** ciascuno dei quali contiene circa **150.000** neuroni deputati all'analisi di varie proprietà contenute in ogni piccola parte del campo visivo.

The background features a complex, circular digital interface. At the center is a stylized eye with a blue iris and black pupil. Radiating from this center are numerous thin, glowing orange and red lines that form a dense, web-like pattern. Overlaid on this are several concentric, semi-transparent circular rings and angular, metallic-looking segments that suggest a high-tech control panel or data visualization. The overall color palette is dominated by warm tones of orange, red, and brown, with a cool blue at the center.

<https://www.youtube.com/watch?v=jBwVY8XmJiE>

Sede della lesione (lato destro)	Deficit nel campo visivo		Denominazione della lesione
	Occhio sinistro	Occhio destro	
Nervo ottico: 1			a. Perdita totale della visione nell'occhio destro
Chiasma ottico (linea mediana): 2			b. Emianopsia bitemporale non omonima
Tratto ottico: 3			c. Emianopsia omonima controlaterale (sinistra)
Lobo temporale (ansa di Meyer): 4			d. Quadrantopsia superiore sinistra omonima (torta nel cielo)
Lobo parietale: 5			e. Quadrantopsia inferiore sinistra omonima (torta sul pavimento)
Fascio genicolocalcarino: 6			f. Emianopsia omonima controlaterale (sinistra)
Bordo inferiore della scissura calcarina: 7			g. Quadrantopsia superiore sinistra omonima (con risparmio maculare)
Bordo superiore della scissura calcarina: 8			h. Quadrantopsia inferiore sinistra omonima (con risparmio maculare)
Entrambi i bordi della scissura calcarina: 9			i. Emianopsia omonima controlaterale (sinistra) (con risparmio maculare)

B