

APPUNTI DI FISIOPATOLOGIA OCULARE:  
IL RIFLESSO ACCOMODAZIONE-MIOSI-CONVERGENZA

Edoardo Motolese, Laura Ferri

-Per studenti del Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia

-Per studenti del Corso di Laurea per Ortottista Assistente di Oftalmologia

Anno 2002

# IL Riflesso

## Accomodazione-Miosi-Convergenza

### LA REAZIONE PER VICINO

#### INTRODUZIONE

L'occhio viene considerato normale od "emmetropie" quando in condizioni di completo rilasciamento del muscolo ciliare( riposo accomodativo ) i raggi luminosi paralleli provenienti dall'infinito( o più semplicemente da oggetti lontani ) cadono perfettamente a fuoco sulla retina. Questo comporta che gli oggetti lontani sono visti in maniera distinta, mentre quelli posti vicino(raggi divergenti) risultano essere sfuocati in quanto cadono dietro la retina.

Quando l'oggetto dall'infinito si avvicini progressivamente all'osservatore o viceversa, devono essere contemporaneamente attuati tre meccanismi che configurano il complesso fenomeno della visione per vicino:

- 1) **accomodazione**( *si modifica il potere rifrattivo del cristallino*);
- 2) **convergenza**(*degli assi visivi , in modo che l'immagine cada sulla fovea di entrambi gli occhi*);
- 3) **miosi**(*al fine di aumentare la profondità del fuoco,con miglioramento dell'immagine*).

Data la complessità dell'argomento tratteremo prima separatamente ciascuno dei tre eventi, per valutarli poi nella loro sinergia in modo tale da ottenere un quadro il più semplice, completo e chiaro possibile.

## IL MECCANISMO DELL'ACCOMODAZIONE

### INTRODUZIONE

L'accomodazione è una delle più fini proprietà oculari: quando un oggetto viene posto a distanza ravvicinata, la sua immagine non cade più perfettamente a fuoco sulla retina maculare. La corteccia risponde alla percezione dell'immagine sfuocata inducendo la modificazione del raggio di curvatura del cristallino o accomodazione del suo potere diottrico. Dunque il meccanismo dell'accomodazione visiva è essenziale per un alto grado di acuità visiva.

### IL CRISTALLINO COME MEZZO DIOTTRICO

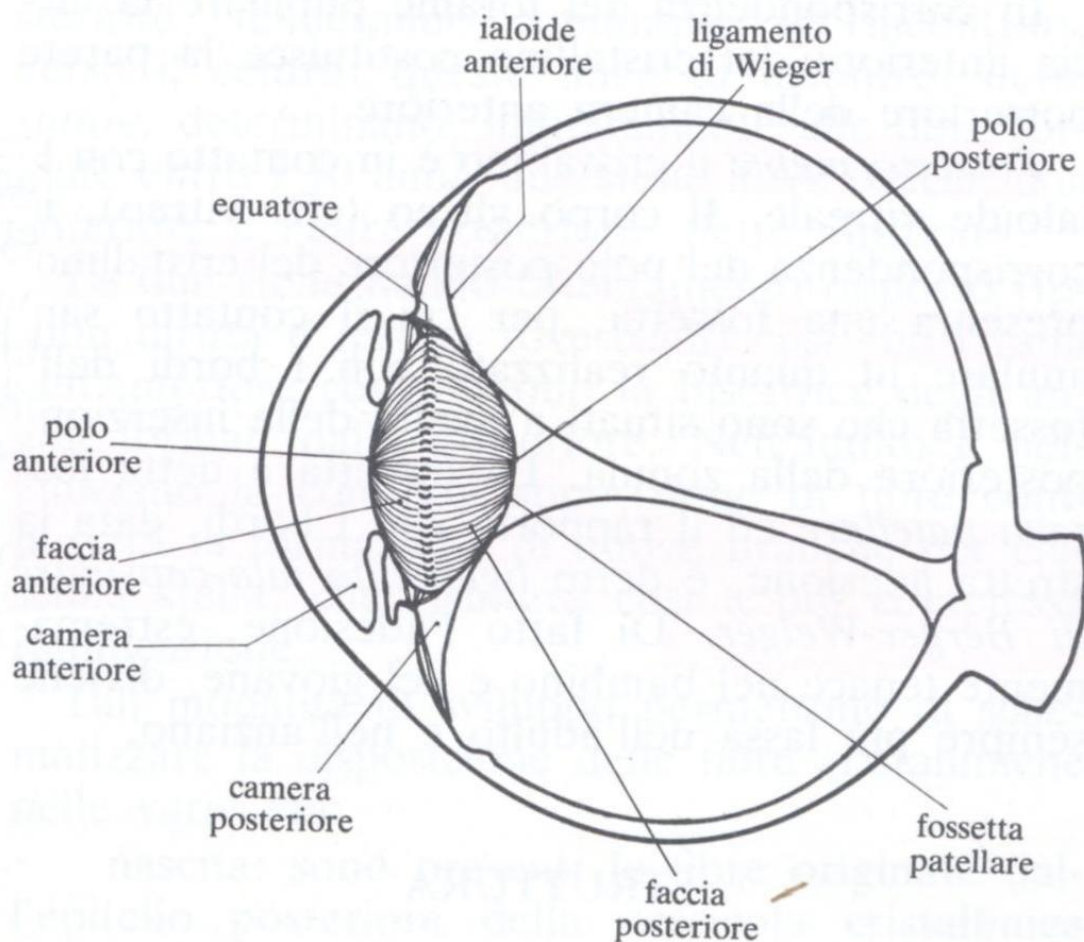
Questa lente rappresenta uno dei mezzi diottrici dell'occhio insieme alla cornea, l'umor acqueo, il corpo vitreo; in realtà il potere refrattivo nell'uomo dipende soprattutto dalla superficie anteriore della cornea poiché l'indice di rifrazione di quest'ultima è nettamente differente da quello dell'aria. Invece i liquidi con cui il cristallino in sede è a contatto hanno indici di rifrazione praticamente sovrapponibili, per cui il grado di rifrazione della luce in corrispondenza delle sue facce è piuttosto limitato. Così "nell'occhio ridotto", emmetrope e accomodato a distanza, il potere di rifrazione totale è di circa 59 diottrie, di cui solo 20 dovute al cristallino in sede (a contatto con l'aria tale valore sarebbe all'incirca 6 volte maggiore!).

Ma la strabiliante proprietà di questa lente sta proprio nel fatto che essa può, rispondendo alle esigenze della visione distinta, modificare il proprio potere diottrico fino a circa 34 diottrie nel soggetto giovane, con una variazione cioè di ben 14 diottrie.

Per ottenere ciò viene modificata la sua forma. da quella di una lente modicamente concava, a convessa.

#### ANATOMIA DEL CRISTALLINO E DEL MUSCOLO CILIARE

La conoscenza dell'anatomia del cristallino e delle strutture adiacenti è fondamentale per comprendere come tale variazione di forma sia possibile: ricordiamo che, nel soggetto giovane, il cristallino è formato da una robusta capsula elastica al cui interno troviamo un materiale viscoso, trasparente e prevalentemente proteico. Nello stato di riposo questa lente presenta una forma sferica in virtù dell'elasticità della sua capsula.

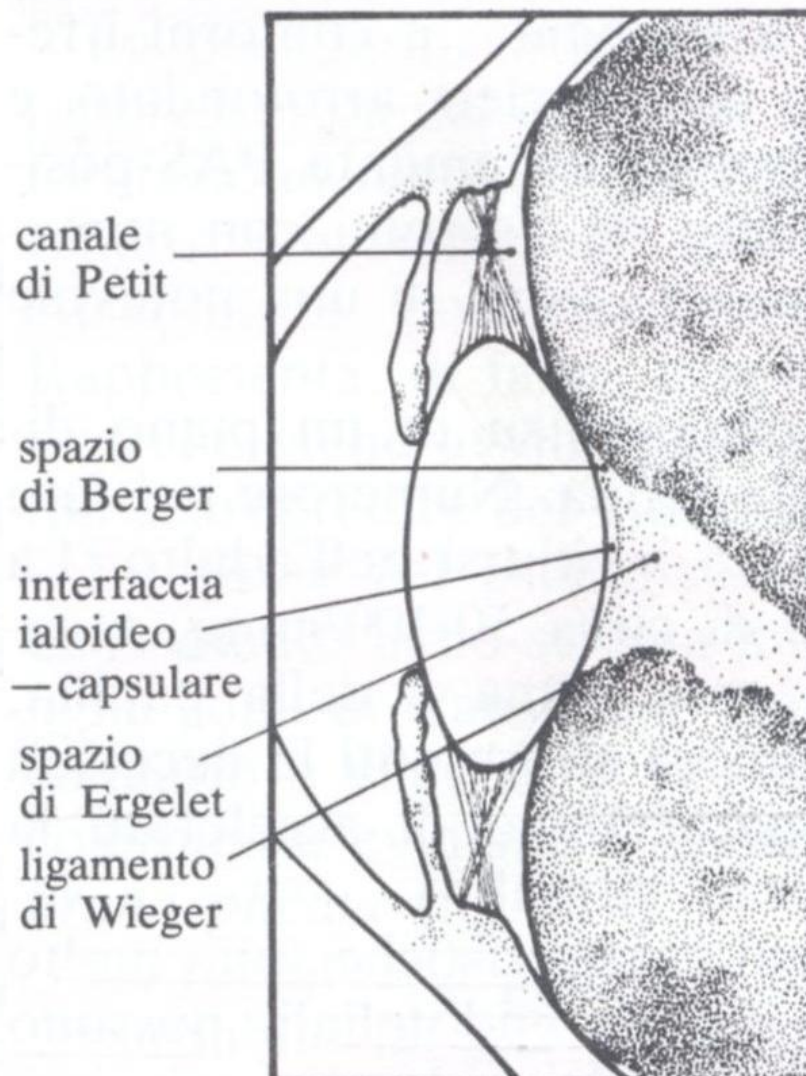


Conformazione e rapporti del cristallino.

Peraltro il cristallino è dotato di un apparato sospensore che svolge fondamentalmente tre funzioni:

- a) lo mantiene in situ;
- b) lo connette al muscolo ciliare;
- c) permette la funzione accomodativa.

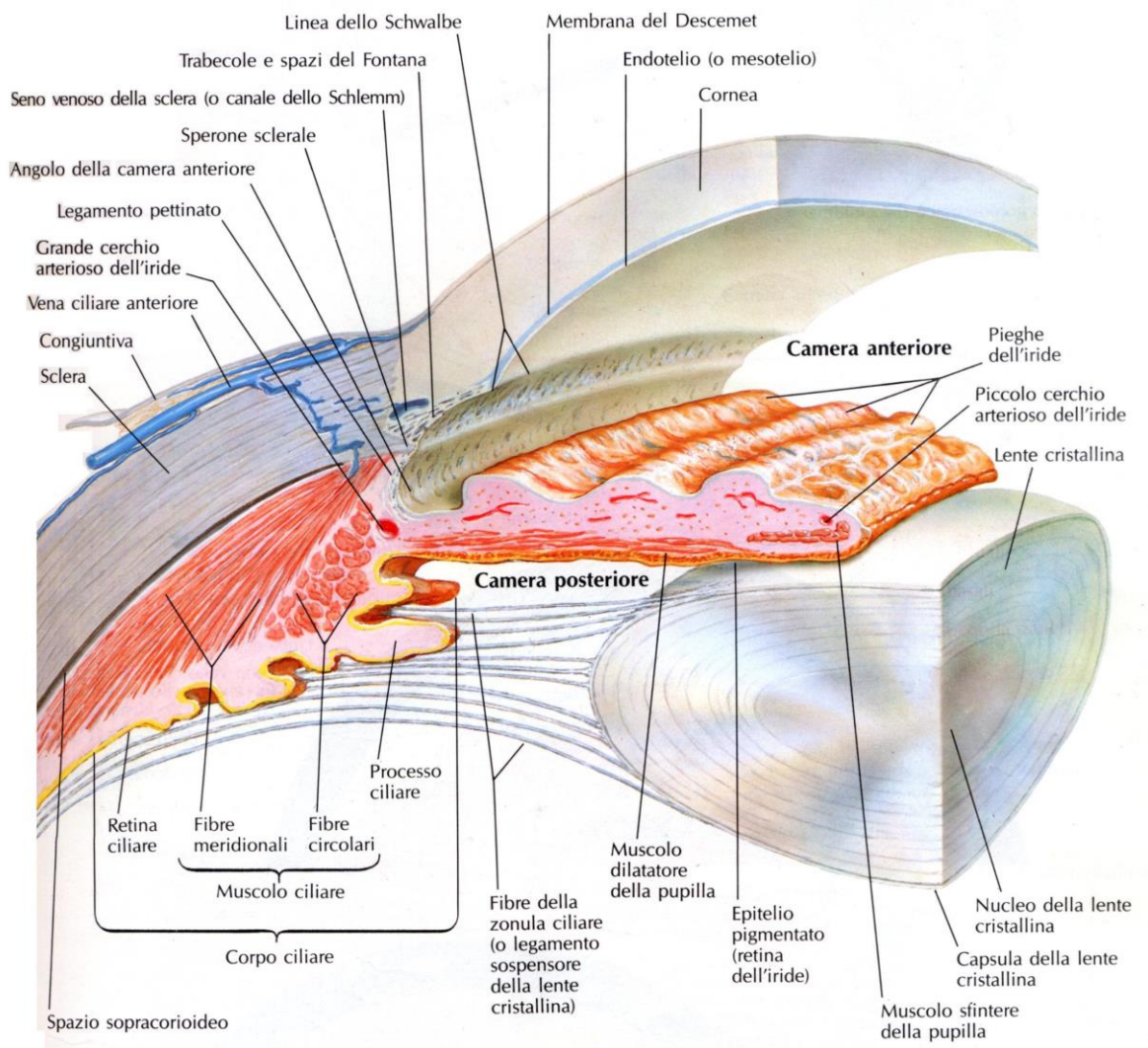
Il margine anulare del cristallino, detto equatore, dà infatti inserzione alle fibre dell'apparato sospensore o zonula ciliare, provenienti dal corpo ciliare: in realtà le fibre non penetrano nella cristalloide, ma sono saldate da una particolare sostanza cementante, così da mantenere trasparente la struttura. I principali fasci di fibre provengono dalla zona media del corpo ciliare, dove si inseriscono in particolar modo al fondo delle vallecole e sulle facce laterali dei processi ciliari. In base alla zona di ancoraggio sono classificate in fibre ciliocapsulari anteriori, posteriori e cilioequatoriali. Tra le fibre che

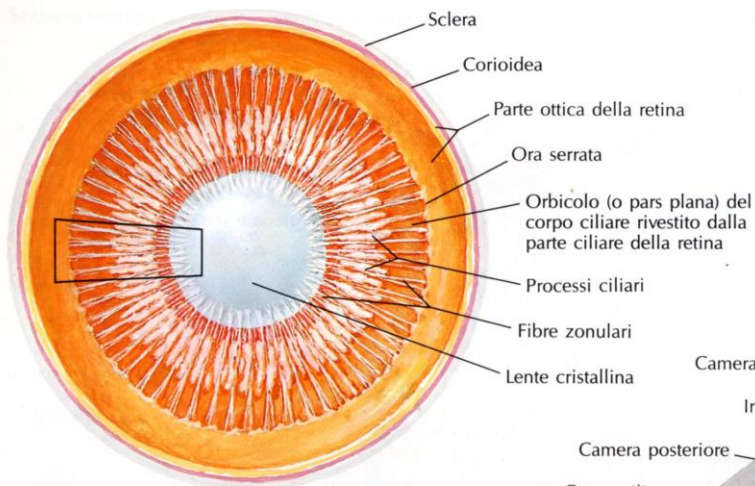


si localizzano sulla cristalloide anteriore e sulla posteriore, esiste lo spazio o canale di Petit, che circonda l'equatore.

Questi legamenti sospensori sono tenuti costantemente in tensione per la trazione elastica esercitata dalle loro inserzioni alla coroide: la tensione sui legamenti fa sì che nelle normali condizioni di riposo dell'occhio il cristallino assuma una forma relativamente appiattita.

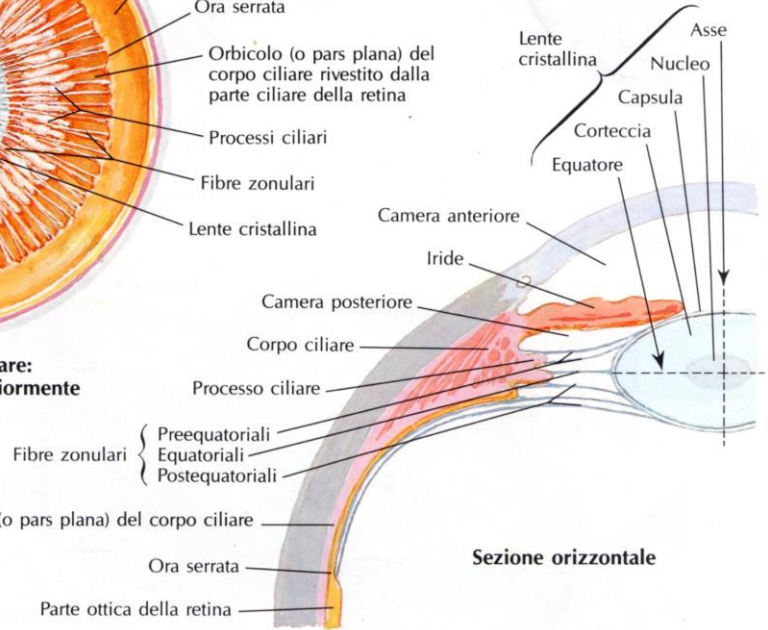
In corrispondenza del punto in cui le fibre prendono rapporti con la coroide si trova il muscolo ciliare. Questo è composto da due differenti ordini di fibre, **le meridiane (o radiali o muscolo di Brucke-Wallace, innervate dall'ortosimpatico)** e **le circolari (o muscolo di Rouget-Müller, innervate dal parasimpatico)**.



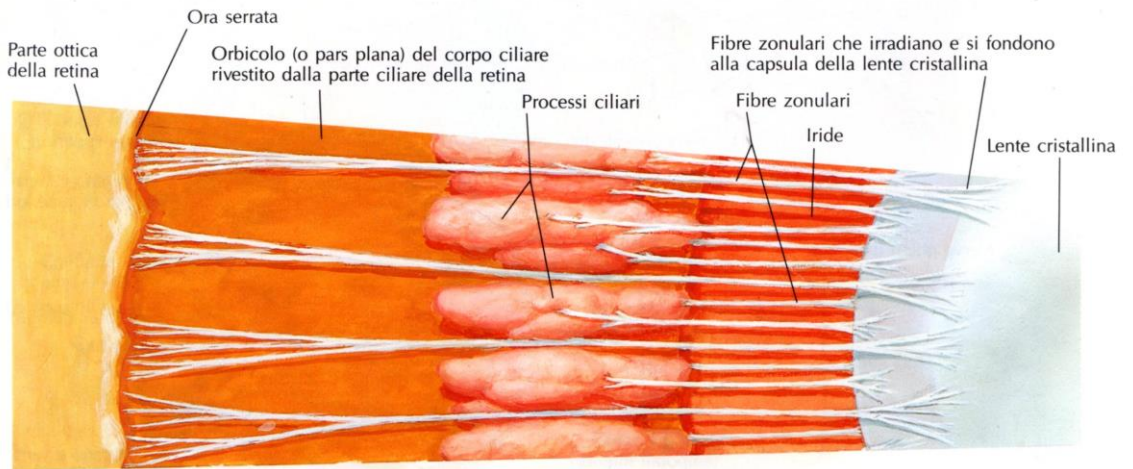


**Sezione frontale del bulbo oculare:  
segmento anteriore visto posteriormente**

*F. Netter M.D.*  
© CIBA-GEIGY



**Sezione orizzontale**



**Segmento evidenziato nell'illustrazione superiore ingrandito a livello ultrastrutturale (semischematico)**



**Le prime** originano dall'inserzione sclero-corneale per terminare là dove i legamenti prendono contatto con la coroide, circa 2-3 mm. posteriormente alla giunzione suddetta. Queste fibre contraendosi portano in avanti le inserzioni legamentose, aumentando in una certa misura la tensione sul cristallino che tende così ad appiattirsi. L'occhio è predisposto per vedere cioè oltre i 5 metri circa.

**Le seconde** invece si dispongono tutto intorno alla grande circonferenza iridea: al momento della contrazione operano a guisa di sfintere, riducono il diametro del cerchio di inserzione dei legamenti ed operano quindi un rilasciamento sulla capsula del cristallino.

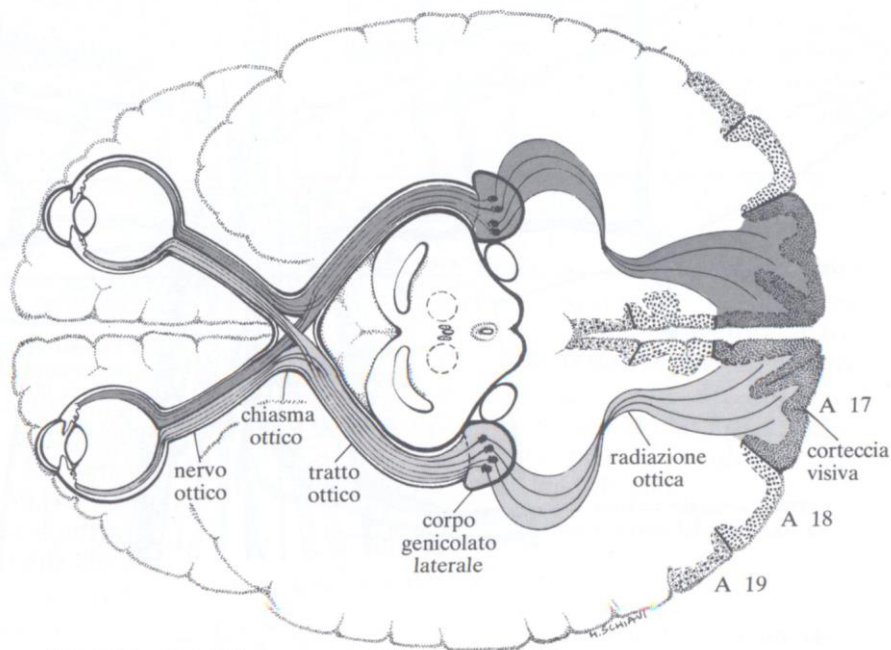
Dunque, il potere diottrico del cristallino **dipende dal fine equilibrio che si realizza tra il tono delle due componenti del muscolo ciliare.**

Quando l'occhio è predisposto per la visione da vicino, si assiste ad una riduzione del tono delle componenti radiali, mentre prevale quello delle circolari:

- I legamenti sospensori si rilassano, smettendo di "tirare" la lente che, per sua natura, assume una forma più sferica, a lente biconcava. In pratica cioè l'apparato sospensore si rilascia ed il cristallino, non più stirato equatorialmente, assume una forma più sferica e il suo potere diottrico raggiunge il livello massimale. Infatti la lente aumenta il raggio di curvatura della superficie anteriore, (cosicché il suo spessore viene incrementato) ed inoltre si avvicina maggiormente alla faccia posteriore della cornea riducendo la profondità della camera anteriore..
- La situazione esattamente opposta si realizza invece in condizioni di normalità, quando cioè nel muscolo prevale cioè il fattore radiale ed i legamenti sono nel naturale stato di tensione che appiattisce la

lente, la quale presenta dunque in questa condizione il valore più basso di potere diottrico ed è accomodata per la vista nitida a distanza.

Ovviamente vale anche in questo caso la legge di Sherrington sui muscoli antagonisti: "alla contrazione di un muscolo corrisponde la decontrazione graduata del suo antagonista", solo che qui va applicata alle due componenti del muscolo ciliare. Questo sistema permette dunque una regolazione estremamente fine della tensione zonulare e quindi una focalizzazione retinica ottimale e dinamica.



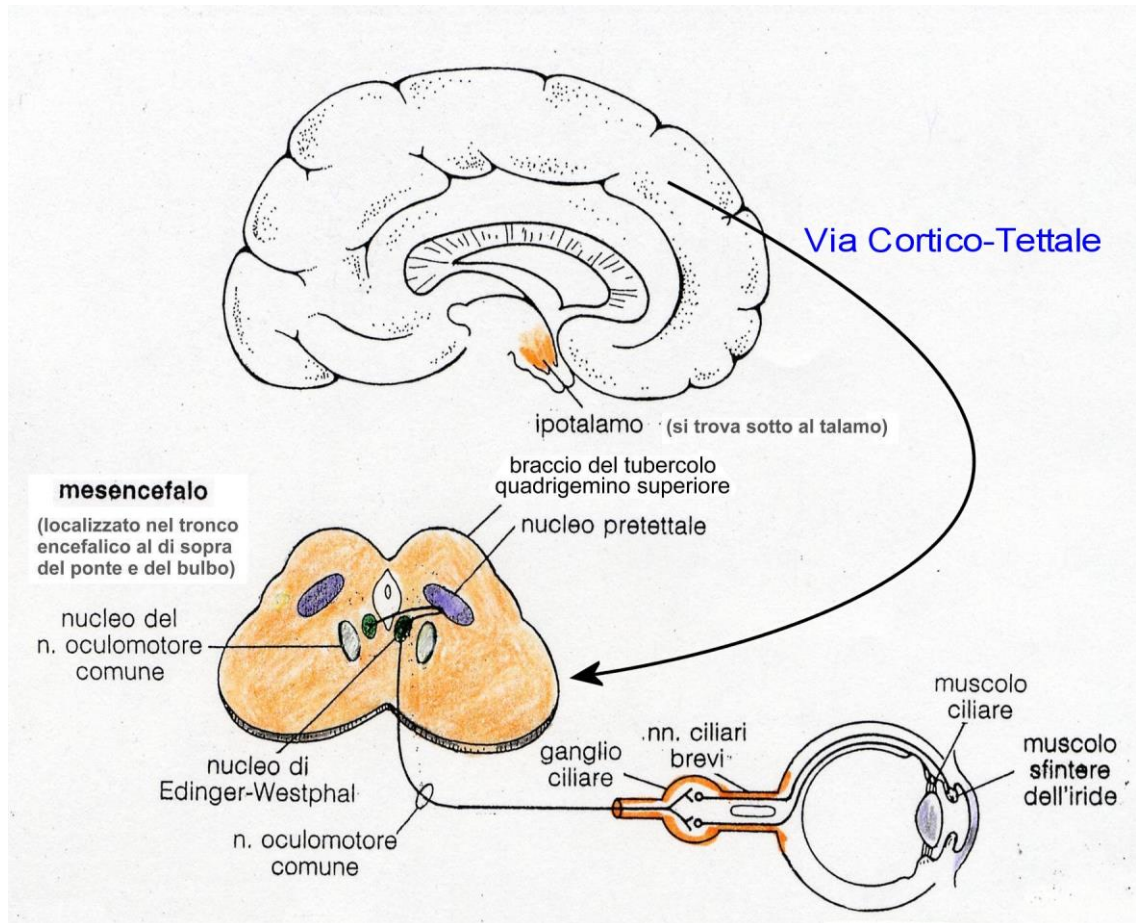
Via ottica sensoriale.

## NEUROFISIOLOGIA DELLE VIE OTTICHE

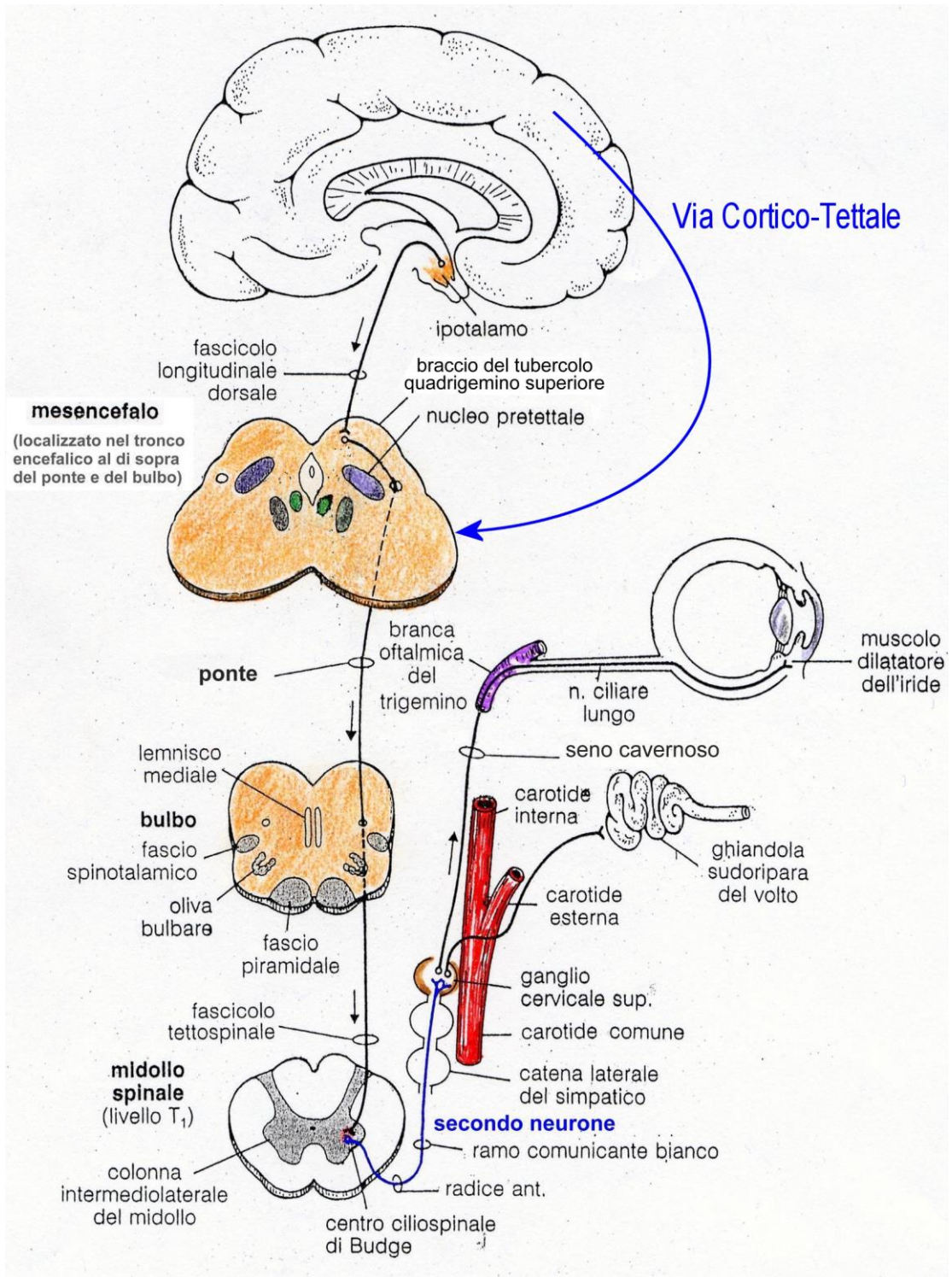
In precedenza avevamo illustrato come l'accomodazione sia innescata dalla percezione sfuocata di un oggetto posto per vicino. A questo punto è opportuno approfondire quali siano le vie nervose che garantiscono l'attuazione e la modulazione di questo riflesso.

*VIA AFFERENTE:* L'informazione viene trasportata attraverso le vie ottiche classiche fino ai centri visivi di elaborazione corticale. Prende quindi origine dalle cellule gangliari della retina per proseguire lungo il nervo ottico; le fibre decussano parzialmente a livello del chiasma e continuano nei tratti ottici. Le fibre della radiazione ottica decorrono dal corpo genicolato laterale alle aree visive corticali (area striata 17 di Brodmann e area peristriata 19 ).

*VIA EFFERENTE PARASIMPATICA:* Dalla corteccia gli stimoli proseguono lungo una via cortico-tettale (ancora non del tutto identificata e localizzata) per terminare a livello del tetto mesencefalico, in corrispondenza del nucleo di Edinger-Westphal. Da qui gli assoni pregangliari parasimpatici afferenti decorrono nel 3° nervo cranico, penetrano nell'orbita percorrendo la divisione inferiore del 3°, si distaccano attraverso la radice breve e raggiungono il ganglio ciliare posto all'apice orbitale, ove prendono contatto con il 2° neurone. Le fibre post-gangliari raggiungono il bulbo oculare attraverso i nervi ciliari brevi, perforano la sclera al polo posteriore e terminano sui muscoli sfintere e ciliare, in particolar modo sulle fibre [circolari](#) di quest'ultimo.



*VIA EFFERENTE ORTOSIMPATICA:* Dalla corteccia gli stimoli proseguono lungo una via cortico-tettale che giunge a livello del centro ipotalamico di Karpus e Kreidl, per proseguire nella porzione anterolaterale di tronco e midollo fino al centro ciliospinale di Budge a livello di C8-T1-T2. Le fibre pregangliari lasciano il midollo soprattutto attraverso al radice anteriore T1, raggiungono attraverso il ramo comunicante bianco la catena laterale del simpatico per terminare nel ganglio cervicale superiore. Qui le fibre postgangliari formano un plesso attorno all'arteria carotide comune, se ne distaccano per seguire la carotide interna che lasceranno una volta giunte nella fossa cerebrale media per accollarsi alla prima branca del trigemino, con la quale penetrano nell'orbita. Si distaccano infine come nervi ciliari lunghi che si distribuiscono al muscolo dilatatore dell'iride, al tarsale e, con un piccolo contingente, alle fibre **radiali** del muscolo ciliare.



## NEUROFISIOLOGIA: CONTROLLO DELL'ACCOMODAZIONE

L'accomodazione del cristallino è controllata con un meccanismo a feedback negativo che automaticamente ottimizza il potere diottrico della lente in modo tale da ottenere il miglior risultato in termini di acuità visiva. Basti pensare che nell'arco di meno di 1 sec. il cristallino si accomoda in maniera perfetta: se infatti volgiamo rapidamente lo sguardo da un oggetto lontano ad uno vicino, la lente non va a tentoni, ma fornisce immediatamente il fuoco ottimale. In realtà ancora non conosciamo le modalità che permettono una regolazione così fine ed accurata, oltre che rapida, del potere diottrico al modificarsi della situazione ambientale: sono però stati fatti degli studi e proposte delle ipotesi attendibili.

- L'aberrazione cromatica sembra essere un elemento sfruttato a livello centrale: si ritiene infatti che la luce rossa, rispetto ai raggi blu, cada a fuoco sulla retina leggermente indietro e che questa rilevazione-informazione rappresenti un'indicazione sulla necessità di aumentare o di diminuire il potere rifrattivo della lente.
- Inoltre poiché la fovea presenta una regione centrale concava, sussiste necessariamente una differenza di fuoco tra la porzione centrale e periferica della stessa: anche da questo dato potrebbero essere ricavati elementi utili per accomodare.
- Infine il grado di accomodazione del cristallino oscilla costantemente all'incirca due volte al secondo: ovviamente l'immagine retinica sarà più nitida quando ci si avvicina al valore corretto e viceversa. Queste variazioni di qualità dell'immagine retinica potrebbero essere un altro elemento per valutare rapidamente se e come deve essere modificato il potere diottrico del cristallino.

Abbiamo inoltre accennato come il meccanismo dell'accomodazione si sviluppi in contemporanea con altre modificazioni; ebbene nella fissazione

di un oggetto vicino gli occhi convergono. Questa condizione è regolata in maniera fine a livello cerebrale e probabilmente condiziona le variazioni del potere diottrico. Ciò sarebbe confermato dal fatto che le vie nervose che determinano la convergenza, determinano la liberazione di un segnale simultaneo che promuove l'aumento del potere diottrico del cristallino, anche se le modalità con cui i due fenomeni si influenzano vicendevolmente a livello corticale, non sono ancora chiarite.

*In definitiva in condizioni di normalità l'accomodazione si sviluppa come atto riflesso, senza cioè che il soggetto se ne renda conto o possa interferire sulla realizzazione dello stesso mediante un atto di volontà. Inoltre questo processo viene considerato un vero e proprio riflesso condizionato: dipende dalla visione retino-corticale sfocata ed ovviamente presuppone che la stessa immagine sia stata percepita in modo nitido a livello centrale in precedenza. E' cioè necessario che vi sia stata in passato una percezione ottimale dell'immagine cosicché le strutture corticali possono, confrontandole, valutare la migliore e apportare le correzioni anatomico-posturali più idonee alle attuali esigenze.*

# IL MECCANISMO DELLA CONVERGENZA

## INTRODUZIONE

Allorché un oggetto fissato a distanza si avvicina, l'occhio deve modificare la posizione degli assi visivi (che non deve più essere parallela) al fine di garantire che l'oggetto venga rilevato con una immagine retinica nitida: l'immagine cioè deve cadere in entrambi gli occhi nella stessa simmetrica,corrispettiva sede maculare.

## RIFLESSO

Anche la convergenza,che si attua con la contrazione simultanea dei muscoli adduttori e la decontrazione degli abduttori,è un fenomeno riflesso: esso viene regolato da un centro localizzato nella corteccia cerebrale occipitale visiva che, ricevuta l'immagine visiva sfuocata attraverso le classiche vie ottiche, risponde modificando lo stato funzionale dei nervi oculomotori.

Anzi per essere ancora più precisi , tre sono gli stimoli che attivano il riflesso di convergenza:

1. *s.accomodativi* :indotti dall'accomodazione attuata a sua volta per mettere a fuoco le immagini;
2. *s.proximale*: indotti dalla sensazione di vicinanza dell'oggetto;
3. *s.fusionale* : indotti dalla necessità di evitare la diplopia che si instaurerebbe se l'oggetto fosse percepito con una immagine foveale nitida in un occhio e con una sfuocata nella periferia retinica dell'altro occhio.

In condizioni ordinarie la convergenza viene realizzata come fenomeno riflesso, il quale presenta quattro componenti:



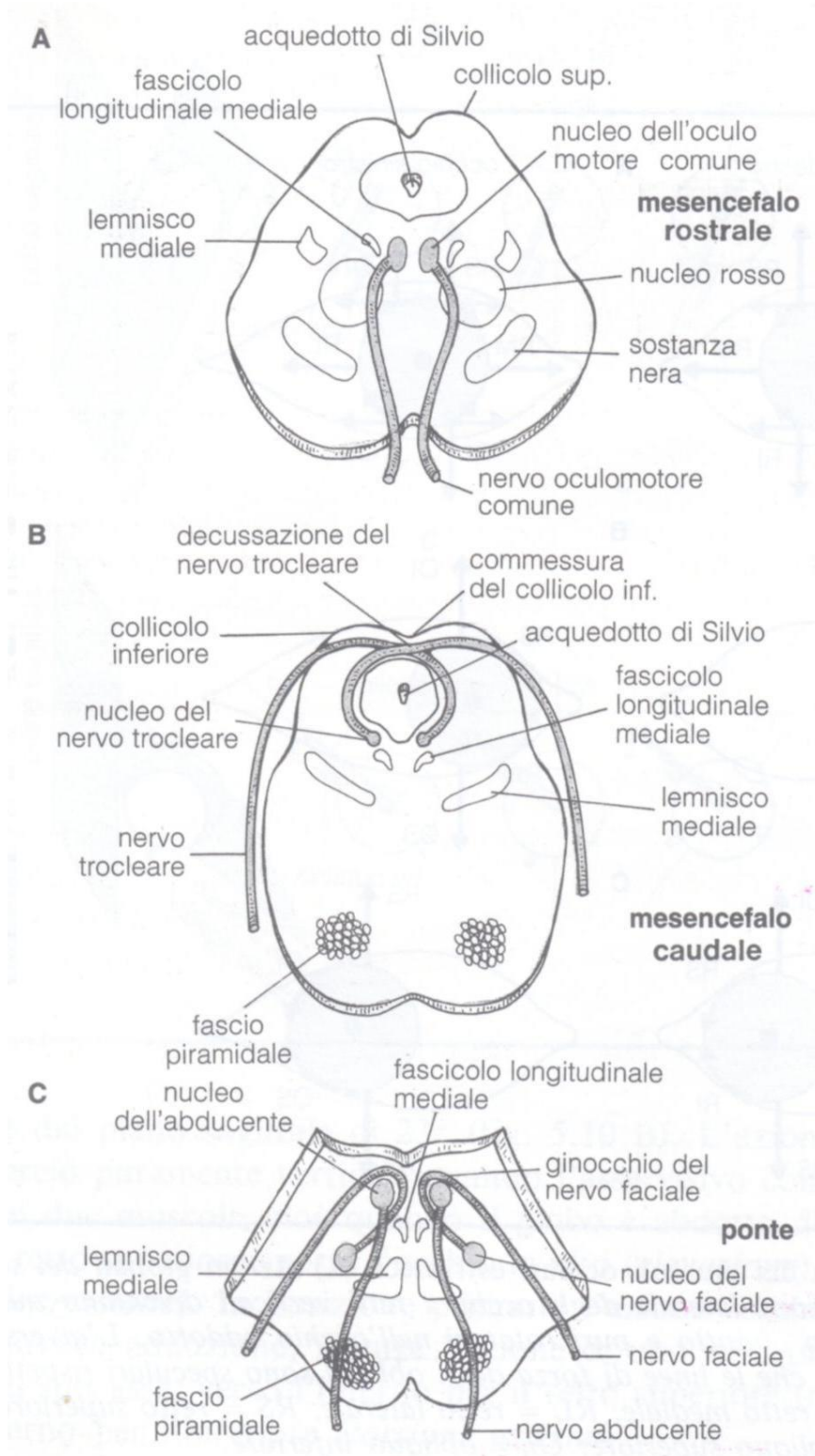
- *componente tonica* grazie ad essa gli occhi passano dalla posizione anatomica a quella fisiologica di riposo; è esercitata dal tono dei muscoli extraoculari ed è stabile durante la vita;
- *componente accomodativa* è provocata o innescata dallo sforzo accomodativo di per sé;
- *componente fusionale* permette la più fine e sincrona regolazione degli assestamenti degli assi visivi, al fine di ottenere una visione binoculare soddisfacente. Come gli altri movimenti fusionali è involontario ed innescato dalle immagini retiniche fuori fuoco;
- *componente prossimale* è innescata dalla consapevolezza dell'oggetto vicino; ovviamente prevede una natura psicologico-cognitiva.

La convergenza è inoltre l'unica vergenza dotata di una componente volontaria, la cui ampiezza è considerevole e può raggiungere il doppio della volontaria. Presenta un'unità di misura, detta angolo metrico che in realtà non è altro che il reciproco della distanza di fissazione in metri.

#### VIE NERVOSE:

L'arco afferente è quello classico che segue le vie visive fino alle aree corticali-occipitali della visione distinta (corteccia striata e peristriata).

Le vie efferenti invece sono quelle complesse che si distribuiscono alla muscolatura estrinseca dell'occhio e che fanno capo ai nuclei del 3°, 4° e 6° nervo cranico. Importante ricordare il ruolo del fascicolo longitudinale mediale: attraverso quest'ultimo ed altre vie strettamente associate viene attuata la legge di Sherrington, per cui ognuna delle tre coppie di muscoli di ciascun occhio è dotata di una innervazione reciproca cosicché, quando il muscolo di una coppia si contrae, l'altro si rilascia.



Nervi oculomotori: oculomotore comune (3°), abducente (4°), trocleare (6°).

A) Sezione assiale del mesencefalo a livello dei collicoli superiori

B) Sezione assiale del mesencefalo a livello dei collicoli inferiori

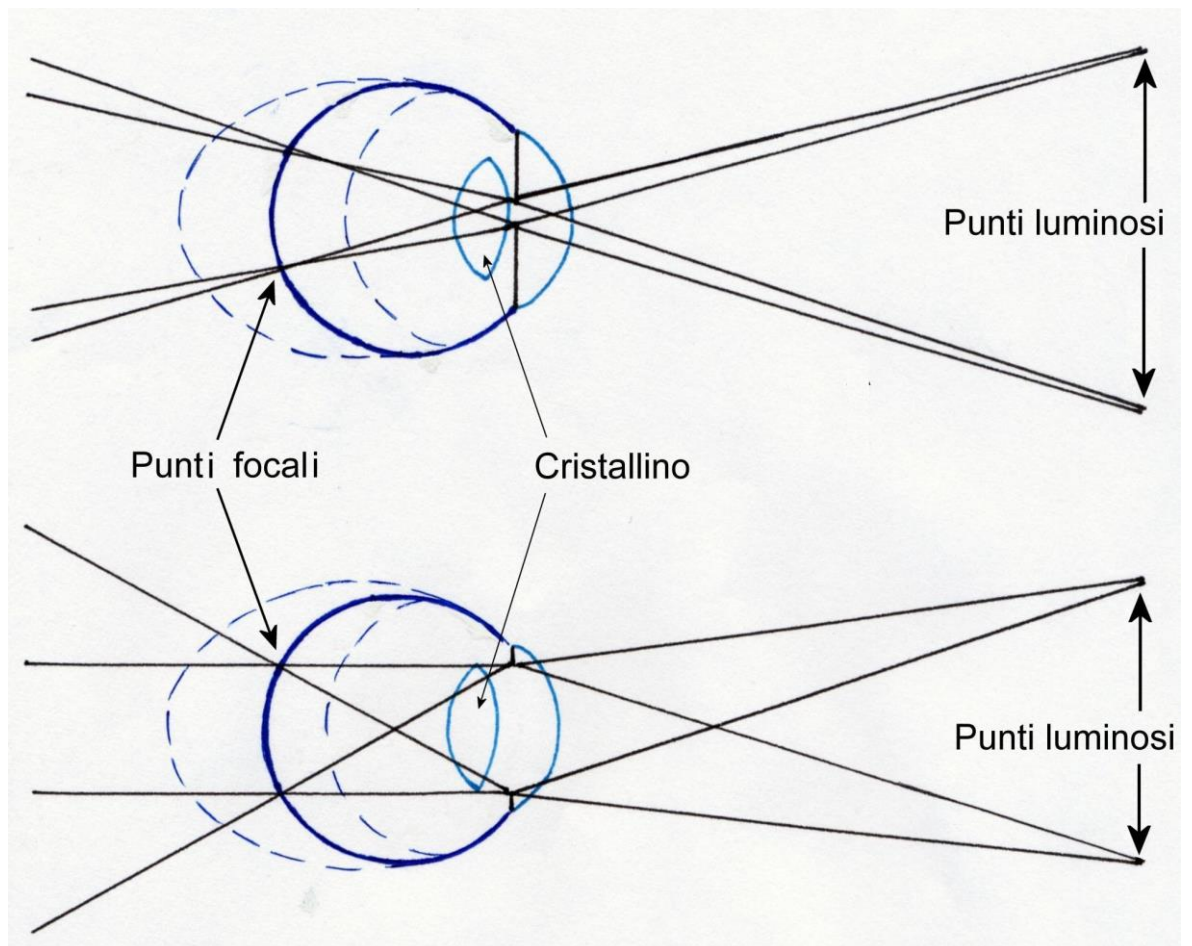
C) Sezione assiale del ponte

# IL MECCANISMO DELLA MIOSI

## INTRODUZIONE

Con il termine “ miosi “ si indica il restringimento del diametro pupillare. Esso compare nella reazione per vicino per garantire la massima profondità focale e quindi permettere una visione nitida anche durante la modificazione della distanza tra l’oggetto e l’osservatore.

Per comprendere il perché, è necessario osservare la seguente immagine:



I due occhi sono identici per forma, dimensione, e distanza dai piccoli punti luminosi considerati; cambia però l’apertura pupillare che risulta nettamente inferiore nella prima immagine rispetto alla seconda.

Ora è facile osservare come in entrambe le situazioni descritte i punti luminosi cadano perfettamente a fuoco sulla retina: tuttavia appare altrettanto chiaro che se la retina si sposta avanti o indietro su una posizione di “ fuori fuoco “ la dimensione delle immagini non varierà affatto nell’occhio miotico, mentre in quello in midriasi si formerà un “alone confuso”. In altri termini, il sistema di lenti della prima figura ha una profondità di fuoco molto maggiore di quella della seconda figura. Il motivo sta nel fatto che con una apertura pupillare molto piccola tutti i raggi luminosi devono passare attraverso il centro della lente e, come si è visto prima, i raggi più centrali sono sempre nel fuoco.

Le basi fisiopatologiche di questo fenomeno sono identiche a quelle dell’accomodazione e della convergenza: l’input è cioè dato dalla percezione sfuocata dell’immagine retinica-foveale.

#### VIE NERVOSE

La via afferente ,avendo origine dalla retina,segue il nervo ottico fino alla corteccia calcarina (si sviluppa cioè secondo il normale decorso delle vie ottiche):

La via efferente invece decorre lungo i tratti cortico-tettali, attraverso la parte posteriore della capsula interna, giunge nella porzione centrale dello strato ottico follicolare superiore per proiettarsi a livello mesencefalico sul nucleo di Edinger-Westphal. Quindi prosegue attraverso la via parasimpatica fino al muscolo sfintere dell’iride (vedi: riflesso fotomotore!)

## DIFFERENZE CON IL RIFLESSO FOTOMOTORE

La miosi interviene, come si è detto, ogni volta in cui la vergenza e l'accomodazione si rendono attuali. Questa reazione pupillare però differisce da quella che avviene per modificazione dell'illuminazione:

- -insorge più lentamente,
- -persiste per tutta la durata della fissazione ravvicinata.

Quando poi l'oggetto si allontana la pupilla si dilata lentamente.

Inoltre si differenzia dal riflesso fotomotore anche sotto il profilo muscolare infatti, data la connessione anatomica esistente tra iride e muscolo ciliare, in condizioni fisiologiche la miosi sinergica all'accomodazione-convergenza si realizza con un movimento globale di tutta l'iride dalla periferia verso il centro. Invece il riflesso fotomotore presenta un movimento limitato alla parte pupillare dell'iride.

## CONCLUSIONI

Dunque le tre funzioni (accomodazione, convergenza, miosi ) sono indipendenti, ma simultaneamente evocate dall'impulso centrale della visione da vicino e quindi dallo sfuocamento dell'immagine retino-corticale..

La sincinesia funzionale dei tre eventi poi sembrerebbe realizzarsi grazie all'esistenza di un centro sopranucleare coordinatore: esso viene indicato come **centro di Perlia**. In realtà la sua localizzazione anatomica, la reale modalità di azione e di coordinazione non è nota in tutti i particolari: probabilmente comunque si identifica con una struttura complessa della sostanza reticolare mesencefalica a cui giungono le informazioni centrali grazie al cosiddetto fascio cortico-tettale.

Infine accomodazione e miosi sono sì concomitanti, ma non interdipendenti, ad esempio la contrazione pupillare si realizza anche in caso di afachia, quando cioè l'accomodazione è soppressa.

In pratica cioè quando si realizza l'accomodazione è contemporaneamente presente la miosi, ma non viceversa.

Lo stesso dicasi per la convergenza: essa è sempre presente quando si instaura il meccanismo dell'accomodazione, ma la convergenza si può verificare (ad esempio sotto lo stimolo della volontà ), senza che sia contemporaneamente presente la modificazione del potere diottrico del cristallino.

Schema del riflesso Miosi -  
Accomodazione - Convergenza

