



**Università degli
Studi di Bologna**

**Prof. Sergio
Zaccaria Scalinci**

La Presbiopia

La Presbiopia

La presbiopia è caratterizzata da una perdita progressiva dell'ampiezza accomodativa dovuta alla minore elasticità della capsula del cristallino e alla sclerosi del nucleo. In tale condizione il cristallino non è più in grado di assumere la forma globosa rilasciata quando il muscolo ciliare si contrae e pertanto non si verifica più un aumento del potere della lente necessario per la messa a fuoco di oggetti vicini. L'entità del difetto aumenta in misura lineare con l'età: già a 45 anni il punto prossimo supera i 25 cm e continua ad allontanarsi fino a 60 anni, età in cui viene perso ogni residuo di funzione accomodativa nell'occhio emmetrope.



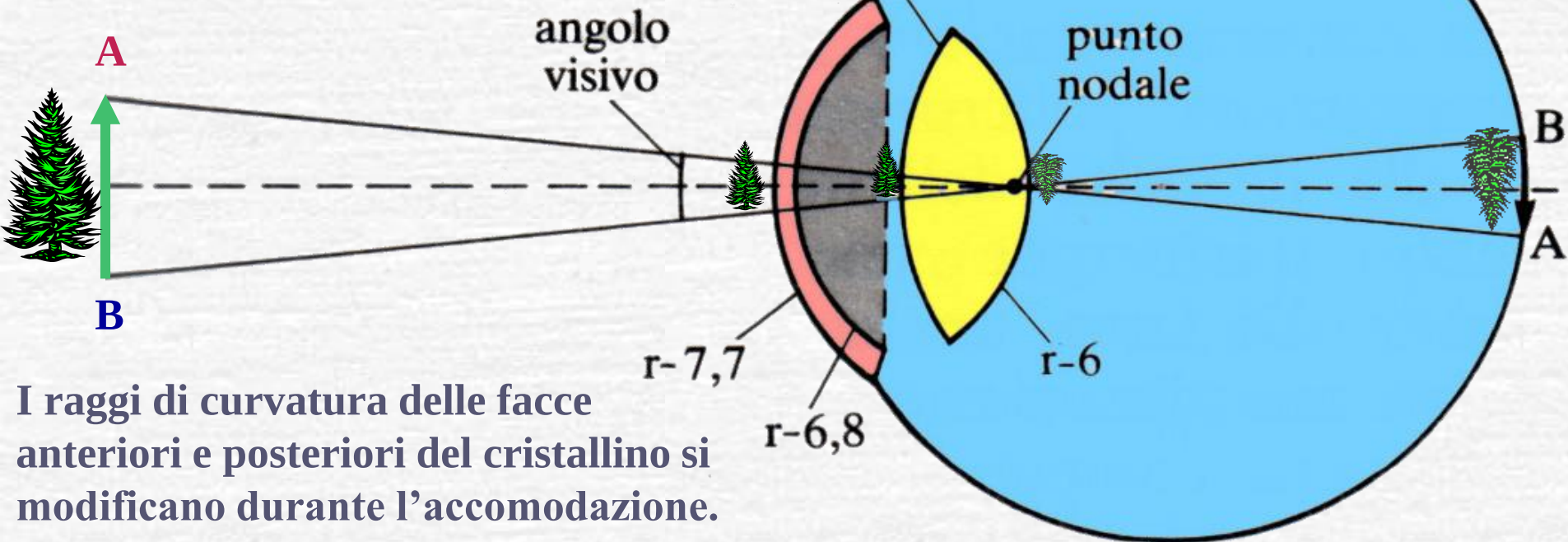
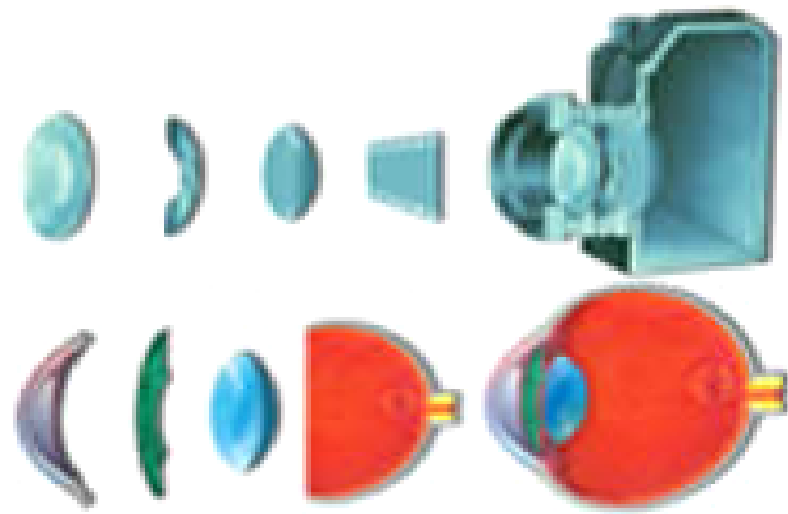
La correzione della presbiopia si può ottenere con mezzi ottici, quali occhiali oppure lenti a contatto anche bifocali o progressivi, oppure con varie tecniche chirurgiche che si basano sul meccanismo etiopatogenetico della presbiopia stessa. Attraverso tali tecniche si può giungere alla realizzazione della monovisione, della multifocalità o si può tentare di ripristinare l'ampiezza accomodativa.

SISTEMA DIOTTRICO BULBARE

Il sistema accomodativo controlla la potenza diottrica (vergenza) dell'occhio in modo da focalizzare sulla retina l'immagine di un oggetto situato a distanza finita.

cornea-acqueo
+ 42 D

cristallino
+ 20 D



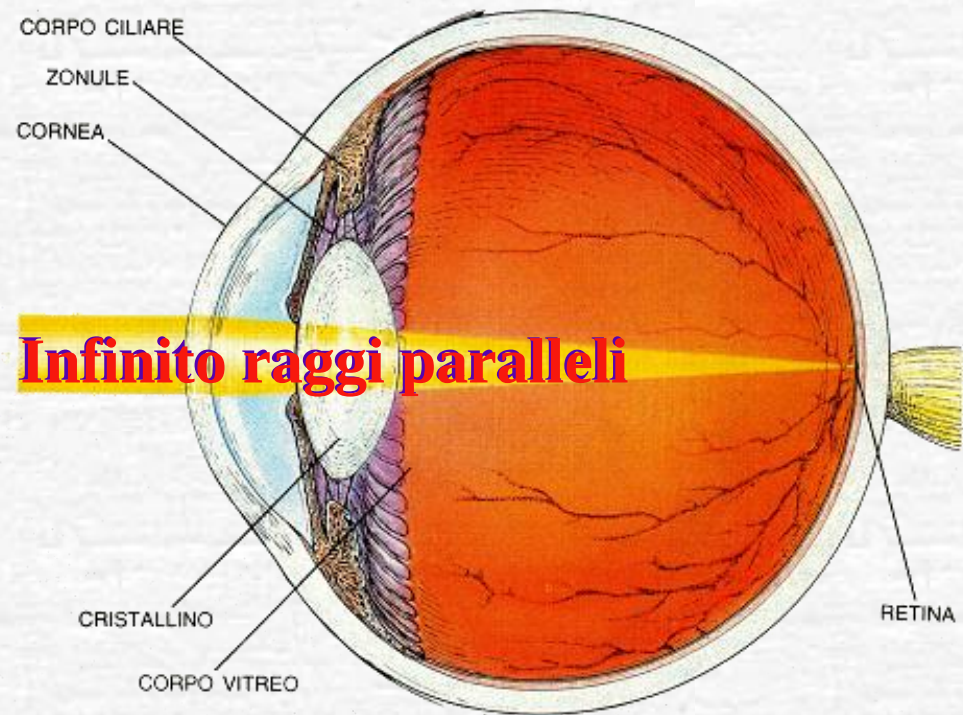
I raggi di curvatura delle facce anteriori e posteriori del cristallino si modificano durante l'accomodazione.

Secondo LeGrand (1965), l'occhio assimila la cornea a 2D sferiche, di vergenza globale 42 D e il cristallino ad una lente di vergenza variabile da 22 a 31 D a secondo dello stato accomodativo, il che conferisce all'insieme una vergenza a riposo di 60D, simile alla vergenza di un occhio emmetrope.

Contrariamente ai sistemi ottici convenzionali, l'occhio possiede un insieme di caratteristiche particolari: è una struttura molle, costituita da una successione di superficie rifrangenti non perfettamente sferiche e non centrate: oltretutto, i mezzi trasparenti dell'occhio sono eterogenei e presentano indici variabili. Malgrado queste particolarità, l'occhio segue le leggi fisiche dell'ottica che regolano il cammino dei raggi luminosi.

L'occhio è un sistema diottrico dinamico in grado di adeguare il suo potere refrattometrico al variare della distanza del punto fissato: *dall'infinito* = raggi paralleli
alla lettura = raggi divergenti

Dopo la captazione dell'immagine, l'accomodazione permette, a traverso la messa a fuoco dell'immagine ottica sulla retina, l'acquisizione dell'informazione visiva nelle migliori condizioni, secondo una dimensione dello spazio (profondità).

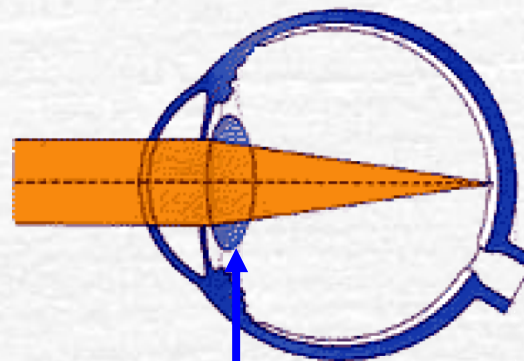




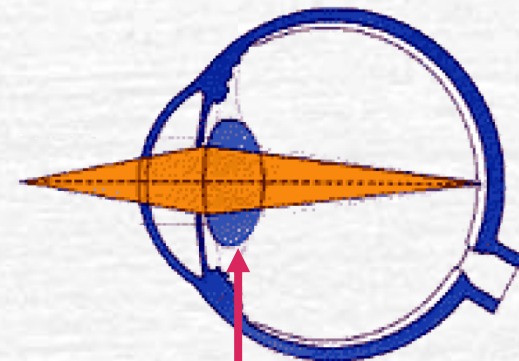
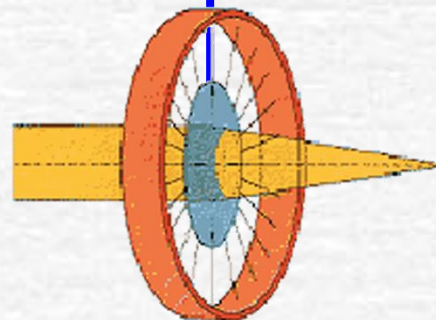
Herman von Helmholtz

La prima valida descrizione e spiegazione del fenomeno fu formulata dal medico tedesco Herman von Helmholtz alla metà del XIX secolo in una sua pubblicazione sulla ottica fisiologica “*Handbuchs der physiologischen Optik*”

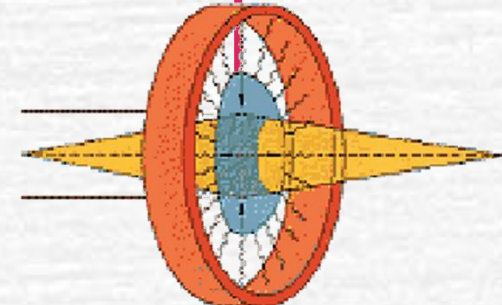
Individuò zonula-muscolo ciliare e modificazioni delle curvature cristalliniche prodotte dallo stato di contrazione ciliare

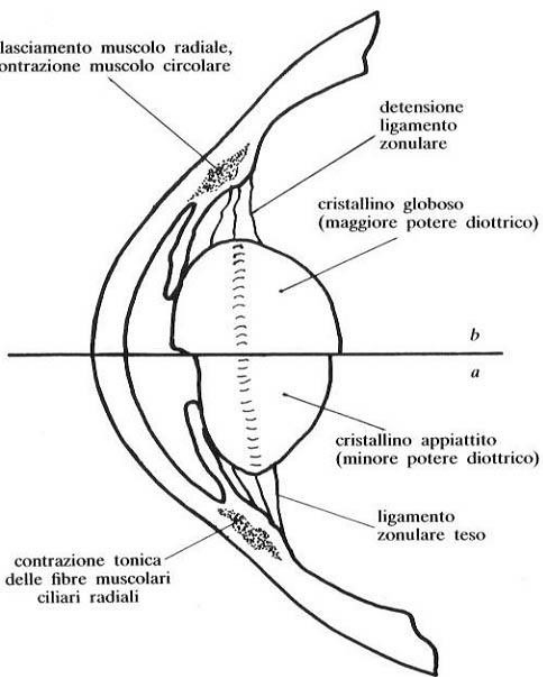


LONTANO
Muscolo sfintere rilasciato
Cristallino appiattito



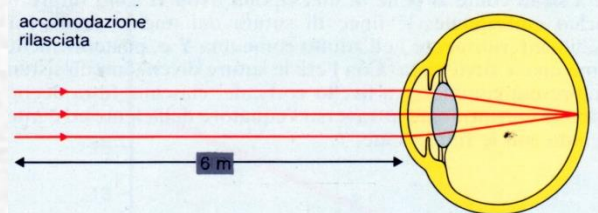
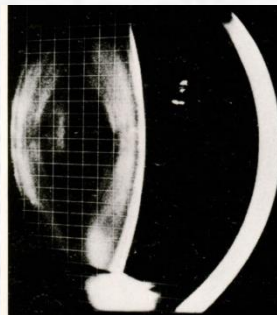
VICINO
Muscolo sfintere contratto
Cristallino rilasciato



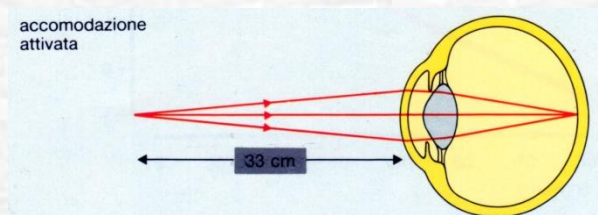
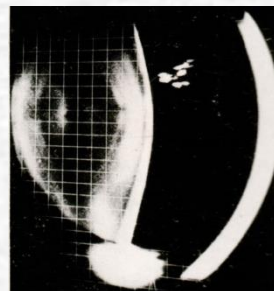


La decontrazione del muscolo ciliare induce un aumento del diametro dello sfintere mettendo in tensione i legamenti zonulari che esercitano trazione sull'equatore del cristallino con appiattimento delle superfici anteriori e posteriori. Il potere diottrico del cristallino raggiunge il suo minimo. Tale situazione definita “disaccomodazione” è idonea per un occhio emmetrope alla messa a fuoco sulla retina di raggi provenienti dall'infinito (*che per l'uomo è da considerarsi oltre i sei metri*).

Viceversa la contrazione del muscolo ciliare corrisponde allo stato di accomodazione per vicino cioè all'acquisizione da parte del cristallino della massima potenza refrattiva

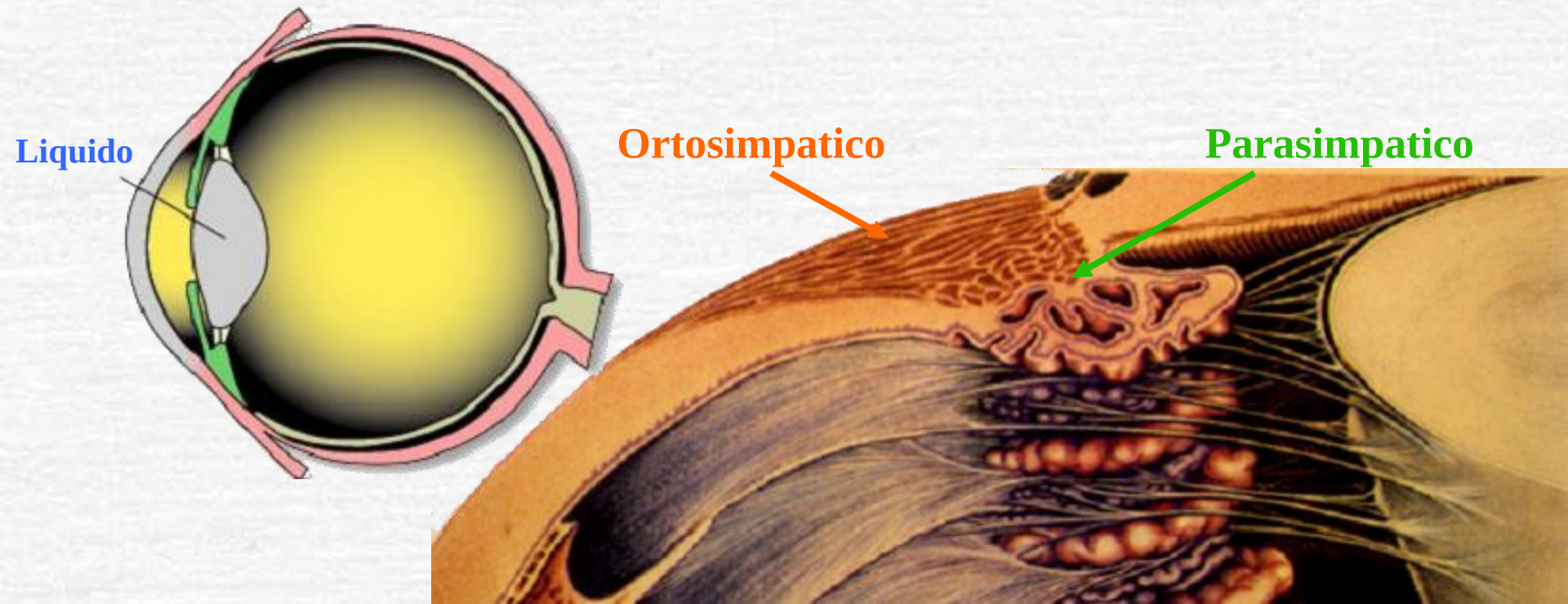


Muscolo ciliare decontratto

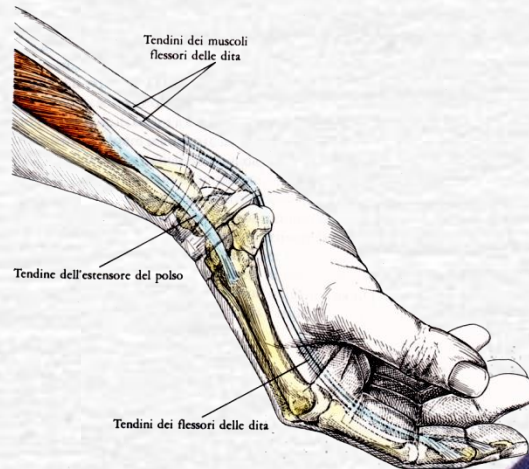


Muscolo ciliare contratto

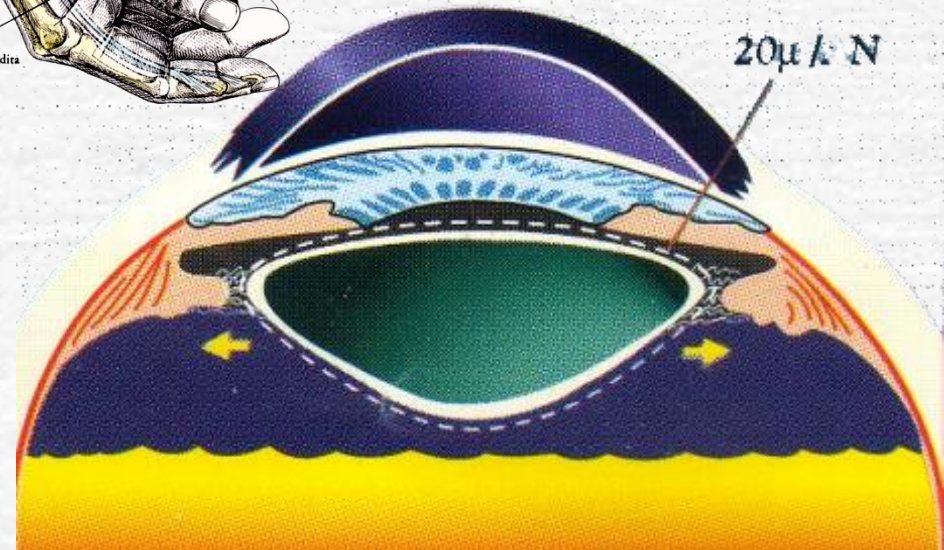
Il modello di dinamica accomodativa elaborato da Helmholtz ha trovato sostanziale conferma seppure con affinamenti giustificati dal fatto che Helmholtz riteneva il cristallino come vescicola ricolma di liquido e non aveva considerato la doppia natura simpatica e parasimpatica del muscolo ciliare.



La doppia natura simpatica e parasimpatica del muscolo ciliare è invece considerata nella teoria di Schachar: l'accomodazione è la risultante della simultanea aumentata tensione esercitata dalle fibre zonulari equatoriali e dal rilassamento delle fibre zonulari anteriori e posteriori: ciò determinerebbe un incurvamento centrale con appiattimento periferico.



Ortosimpatico Parasimpatico



R.A. Schachar. "Is Helmholtz's Theory of Accommodation Correct ?" Annals of Ophthalmology 31 :10-17, 1999

Umm S. et al. "Age related changes of human ciliary muscle: a quantitative morphometric study. Mech Ageing Dev. 1992; 62:209-221

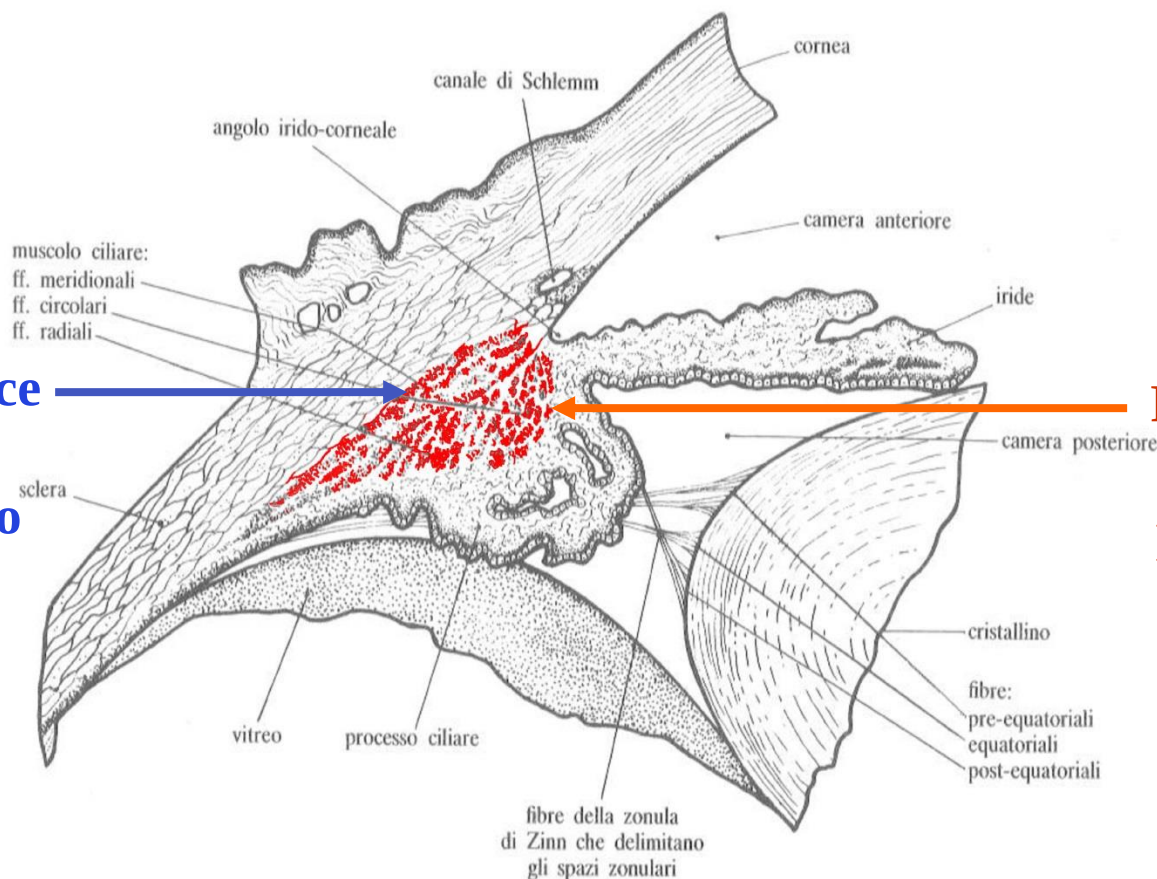
MUSCOLO CILIARE

È costituito da due ordini di fibre muscolari.

Fibre radiali e meridionali che si estendono dallo sperone sclerale verso l'indietro innervate dall'ortosimpatico: muscolo di Brucke-Wallace.

Fibre circolari: disposte come un vero sfintere nella regione infero interna del corpo ciliare innervate dal parasimpatico: muscolo di Rouget-Muller

Brucke-Wallace
Meridiano
ortosimpatico



Rouget-Muller
Circolari
parasimpatico

Il *corpo ciliare* occupa una zona intermedia fra la *coroide*, situata posteriormente, e l'*iride*, anteriormente; forma una specie d'anello sporgente verso l'interno del globo. Il corpo ciliare, simile all'*iride*, è formato, infatti, da una porzione epiteliale e da una mesenchimale; fornisce l'inserzione alla zonula e, per questo, gioca un ruolo essenziale nell'accomodazione.

Il *muscolo ciliare*, di forma « triangolo rettangolare », è composto da un insieme di fibre muscolari lisce circondate da una guaina fibroblastica, la cui disposizione costituisce un intreccio complesso. Questo muscolo differisce dai restanti muscoli lisci per la rapidità della risposta contrattile. Esso appartiene all'insieme dei muscoli lisci, anche se le sue proprietà contrattili lo avvicinano di più ad un muscolo striato.



FISIOLOGIA DEL MUSCOLO CILIARE

Lo stato di contrazione tonica delle fibre radiali e meridiane tende il legamento zonulare appiattendolo così il cristallino.

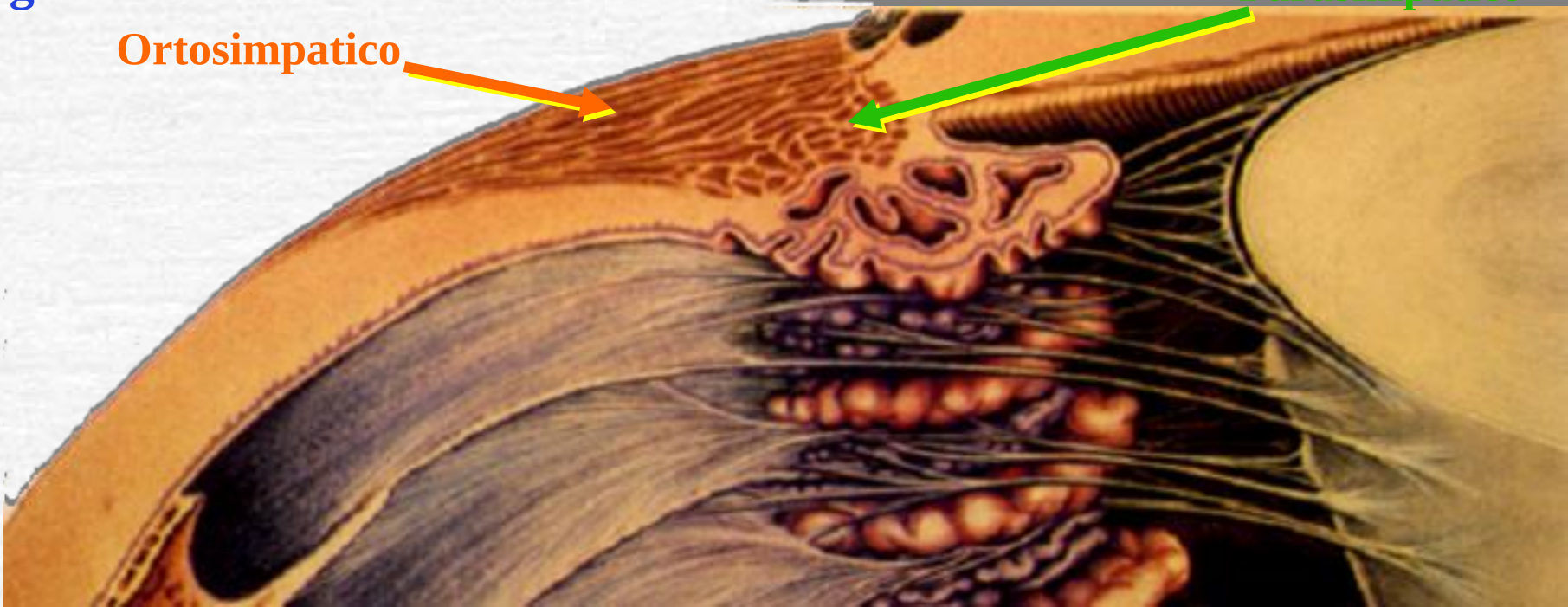
Lo stato di contrazione tonica delle fibre circolari ridurrà la tensione zonulare permettendo al cristallino una forma più globosa con aumento del potere diottrico.

L'equilibrio fra tono delle fibre radiali e circolari sottostà alla legge di Sherrington sui muscoli antagonisti: nella contrazione di un muscolo corrisponde una decontrazione graduata del suo antagonista.

Regolazione ottimale della funzione

Ortosimpatico

Parasimpatico



La zonula

La zonula è di derivazione mesodermica e al 4° mese si forma da vitreo primitivo: la zonula vitreale.

La zonula continua la sua evoluzione per tutta la vita; vi sono meno fibre nel bambino che nel feto e il numero delle fibre zonulari diminuisce con l'età parallelamente all'aumento di calibro.

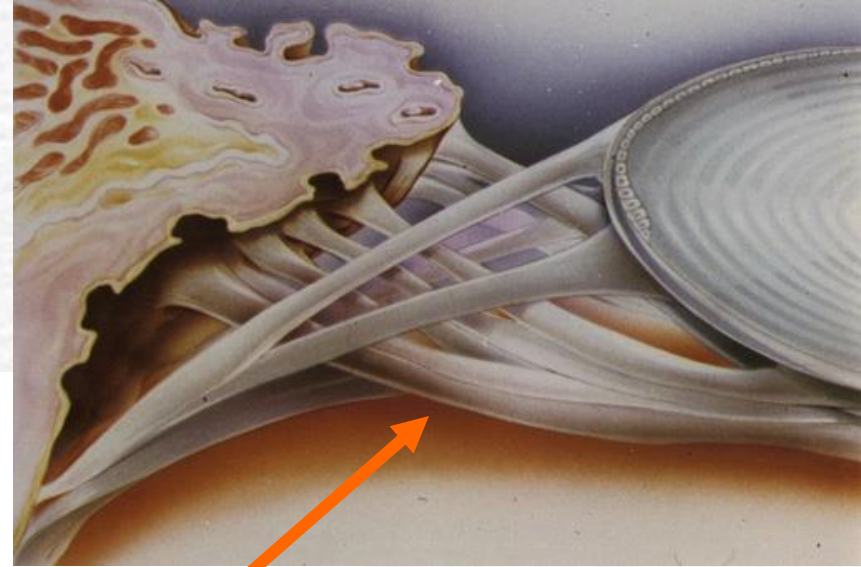
L'inserzione sull'epitelio ciliare avviene per mezzo di sottili fibrille che, al microscopio ottico, sembrano penetrare nelle cellule dell'epitelio.

Queste fibre non hanno la periodicità del collagene e Brini considera la zonula un tessuto della stessa natura delle membrane basali e non un connettivo.



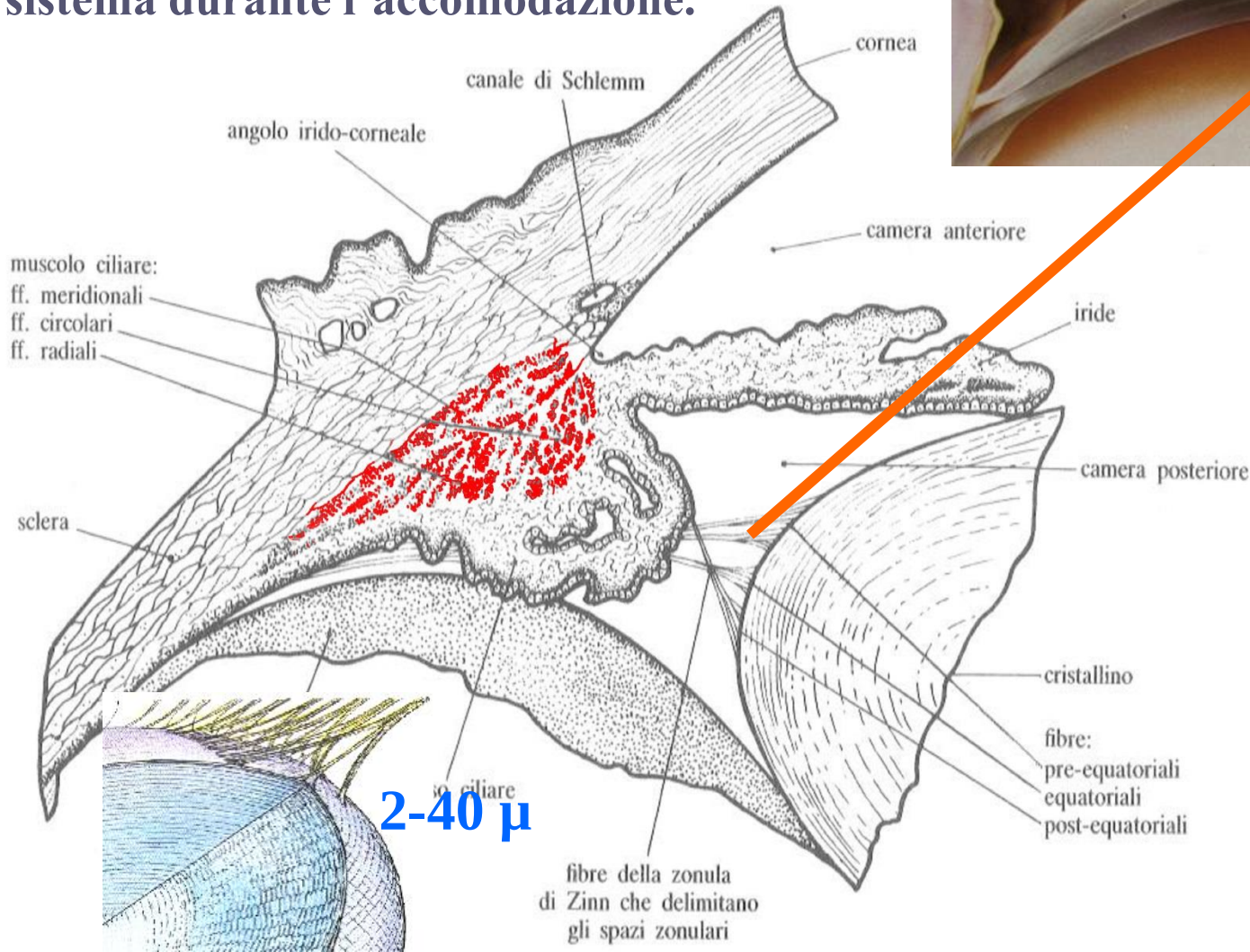
FIBRE ZONULARI

La zonula è un sistema di fibre tese dal corpo ciliare al cristallino. Queste fibre mantengono il cristallino in situ e conferiscono solidità al sistema durante l'accomodazione.

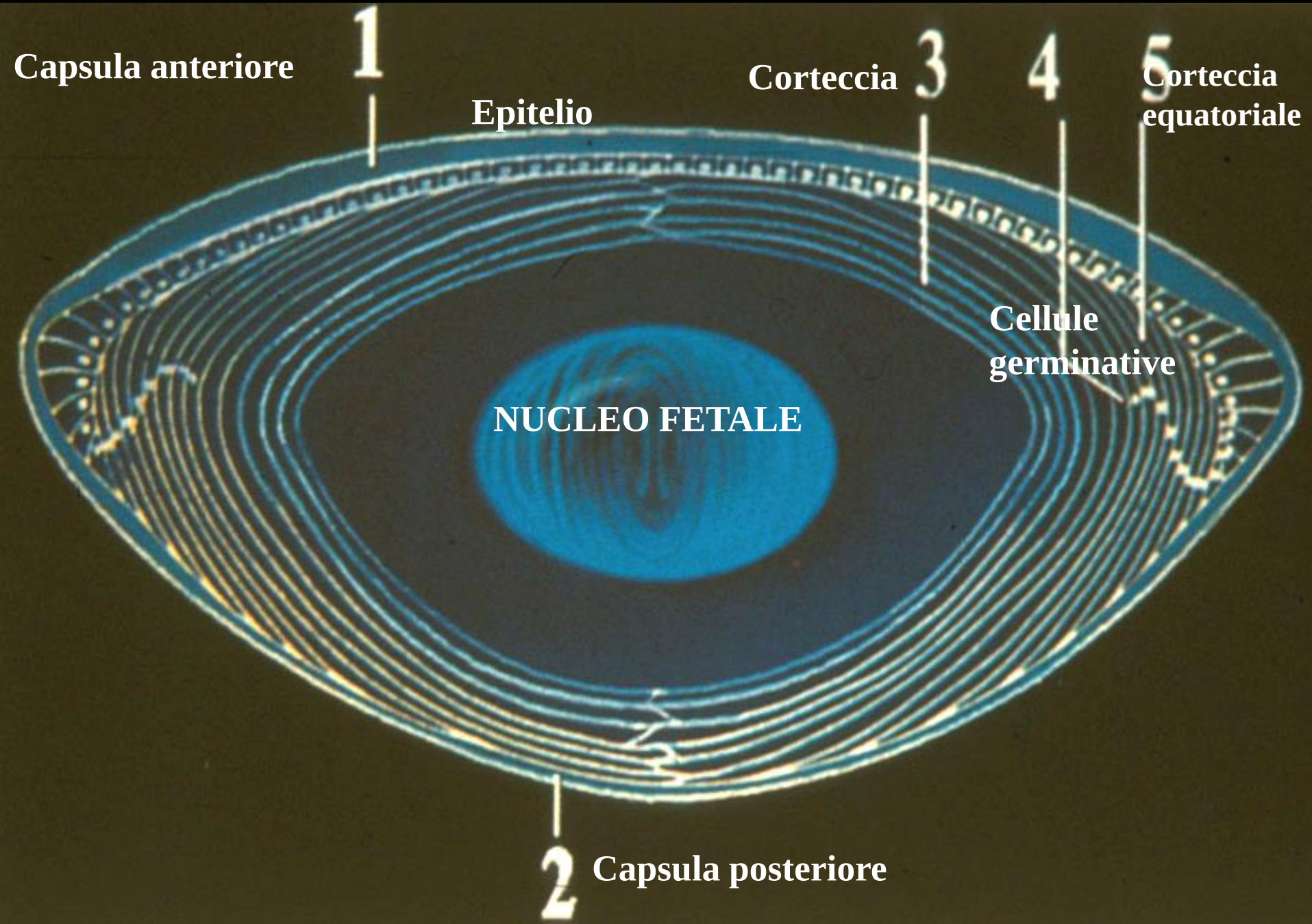


Caratteristiche ed inserzione

La zonula trasmette indirettamente al cristallino la contrazione del muscolo ciliare, permettendogli di deformarsi durante l'accomodazione.



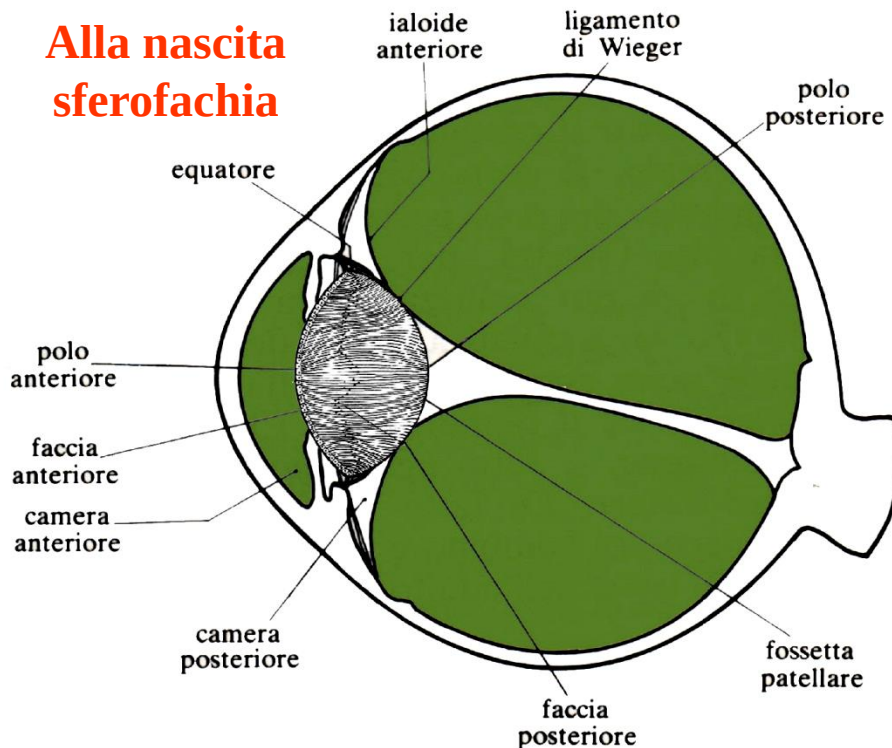
PROTAGONISTA : *IL CRISTALLINO*



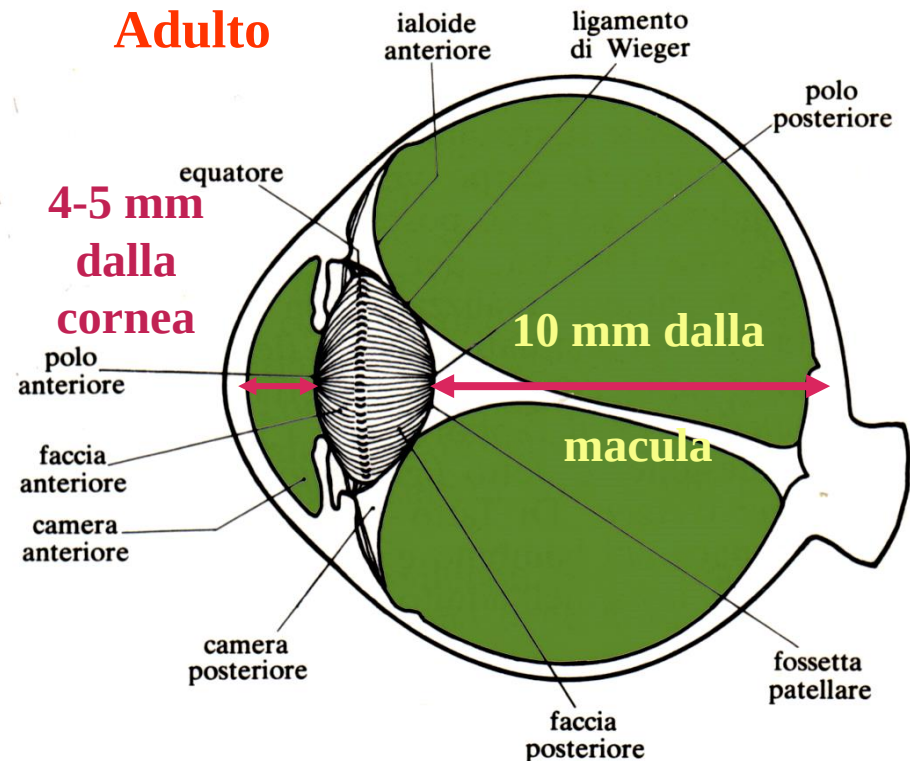
CONFORMAZIONE E POSIZIONE

- Il cristallino nel neonato ha forma pressoché sferica: non sussistono differenze fra curvatura della faccia anteriore e posteriore.
- Il diametro è di 6-8 mm nel neonato, 9-11 nell'adulto.
- Lo spessore è di 3,7 mm nel neonato, 4,5-5 nell'adulto.
- Il peso ed il volume del cristallino subiscono vistosi incrementi dalla nascita alla maturità: dai 65 mg di peso 64 mm cubici di volume si arriva a 230 mg e 213 mm cubici nell'età matura.
- Ruotato temporalmente di 3-7° ed inclinato in avanti di 2-3°

Alla nascita sferofachia



Adulto



La capsula del cristallino è una membrana il cui spessore varia in funzione delle regioni. Essa risulta costituita da tre involucri distinti: la membrana pericapsulare, la cristalloide e la lamella zonulare. Ha la funzione di isolare all'interno dell'occhio i diversi compartimenti del cristallino, le cellule epiteliali e le fibre. Serve da punto di ancoraggio alle fibre zonulari.

Possiede le seguenti proprietà: elasticità, trasparenza, solidità, oltre che un ruolo nella crescita delle cellule epiteliali e funge da barriera tra umor acqueo, corpo vitreo e cristallino.

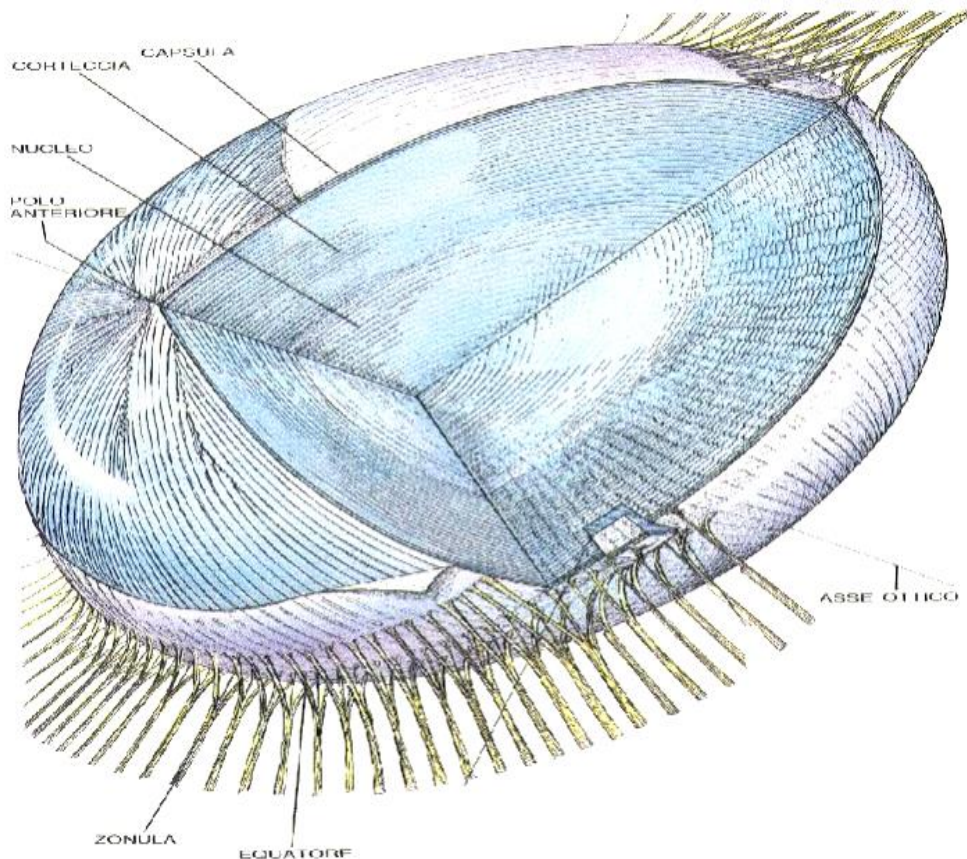


La capsula: finemente lamellare simil collagene:

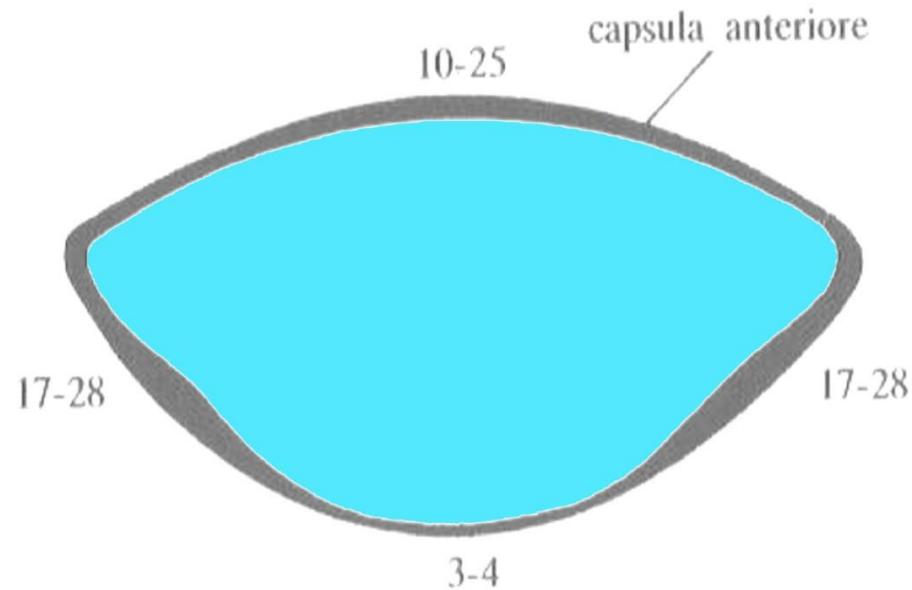
- elastica senza fibre elastiche
- contiene mannosio
- permeabilità passiva

Derivazione epiteliale: 5° settimana embrionale

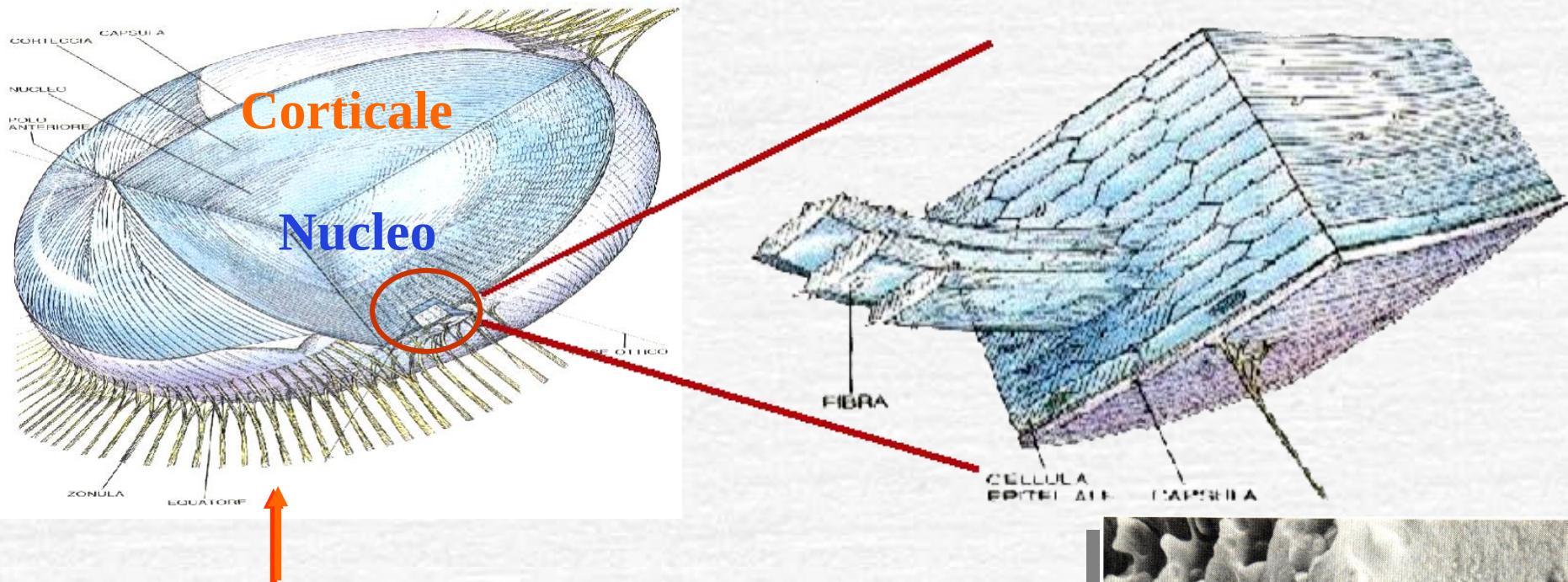
- Mantiene le sue caratteristiche anche in età avanzata



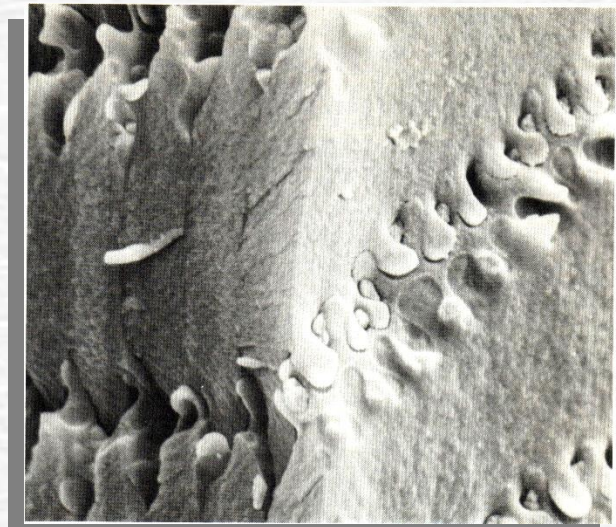
Differenti spessori



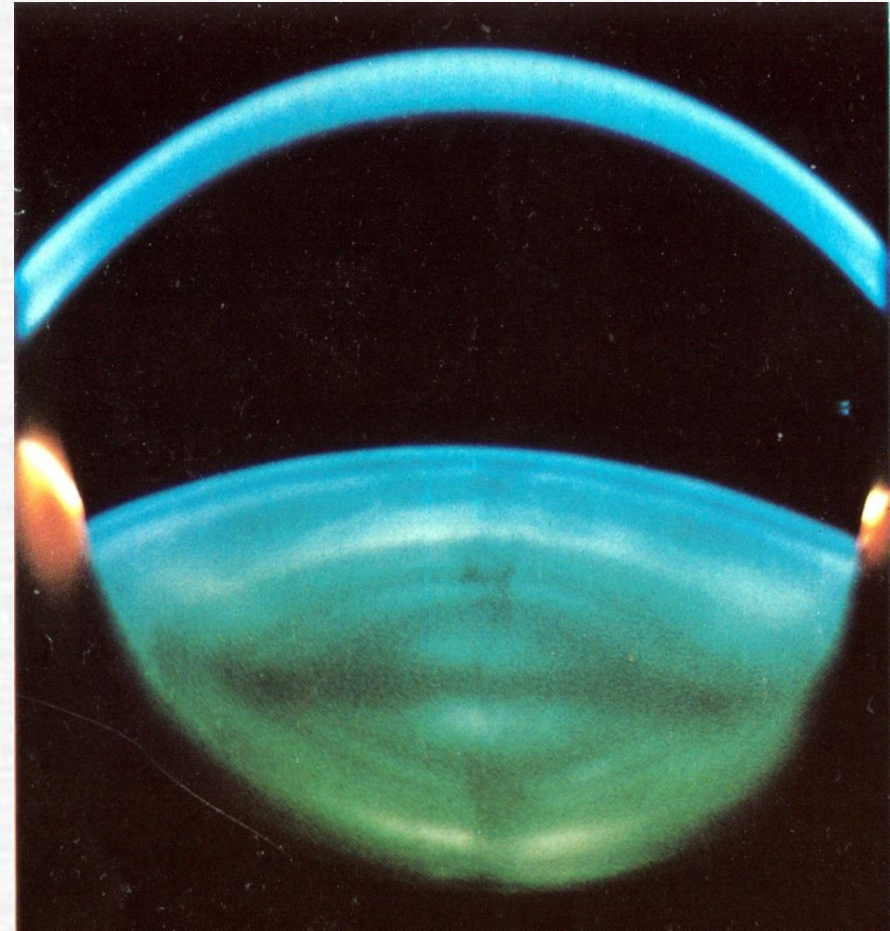
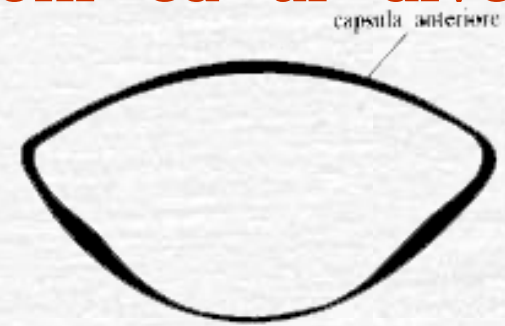
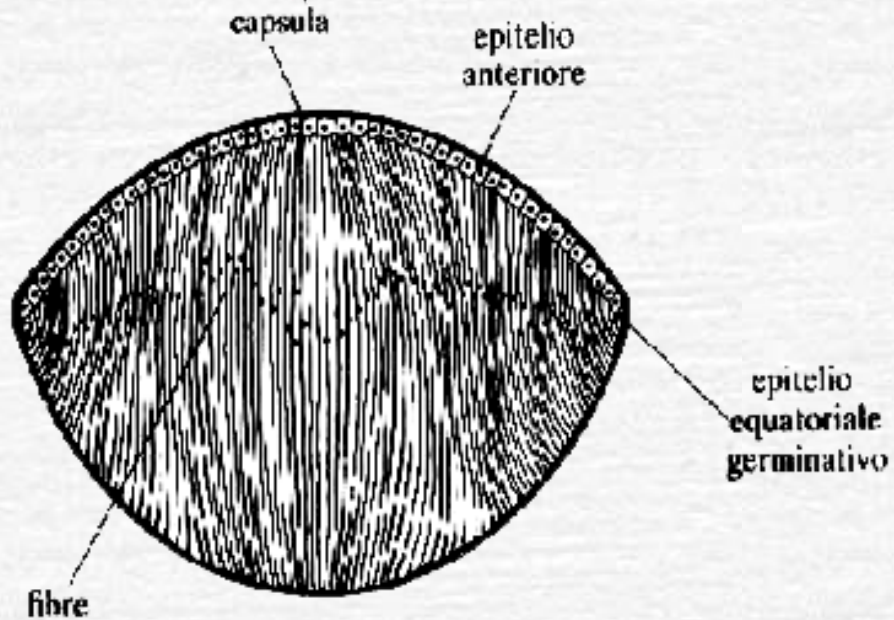
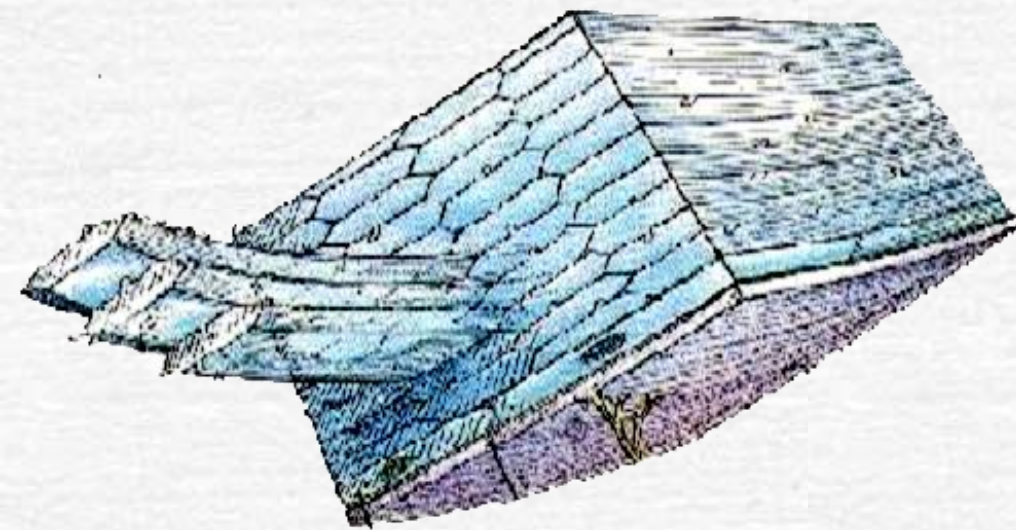
La capsula contiene un insieme organizzato di fibrocellule con linee di forza intrinseche complesse in ragione delle fini connessioni



Le **fibrocellule** derivano dall'epitelio germinativo equatoriale: continuano a proliferare dalla nascita all'età avanzata, per cui gli strati più interni resteranno sequestrati e perderanno progressivamente il nucleo ed è così possibile identificare diverse zone del cristallino



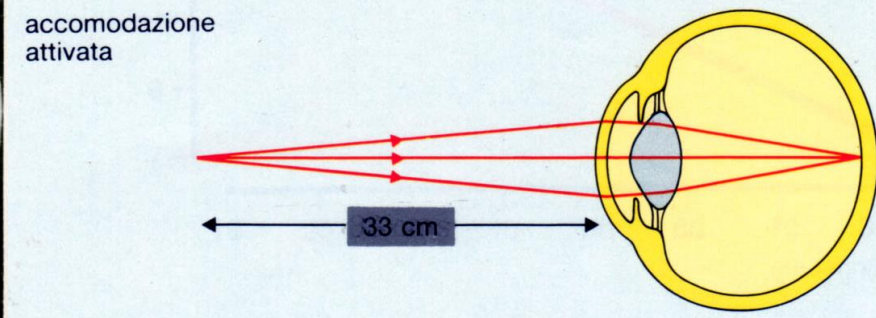
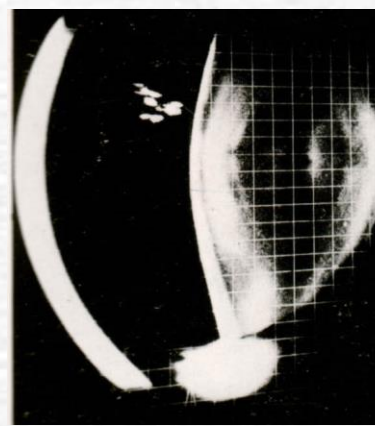
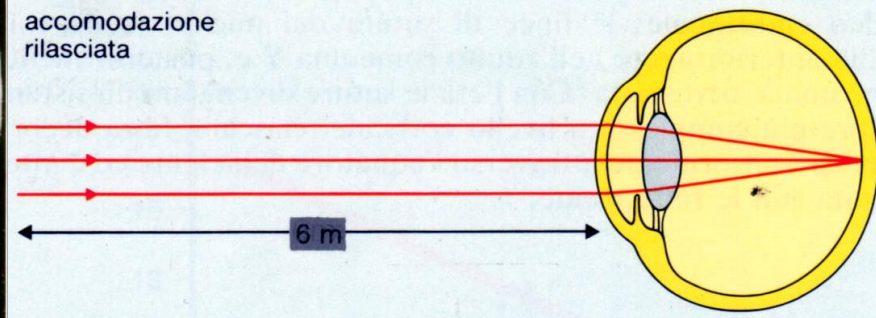
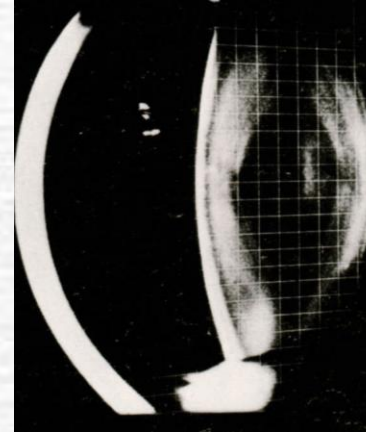
La diversità di curvatura è correlata alla tensione del sistema fibre ed alle loro connessioni ed al diverso spessore della capsula.



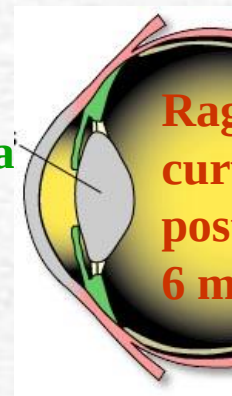
CURVATURA FACCE

Queste fotografie alla lampada a fessura mostrano le variazioni in un cristallino di 30 anni, messo a fuoco all'infinito e durante l'accomodazione di 10 diottrie.

Si osservano chiaramente l'aumento di curvatura della superficie anteriore della lente e il suo lieve spostamento in avanti. La superficie posteriore della lente è relativamente inalterata.



Raggio curvatura anteriore 10.5 mm

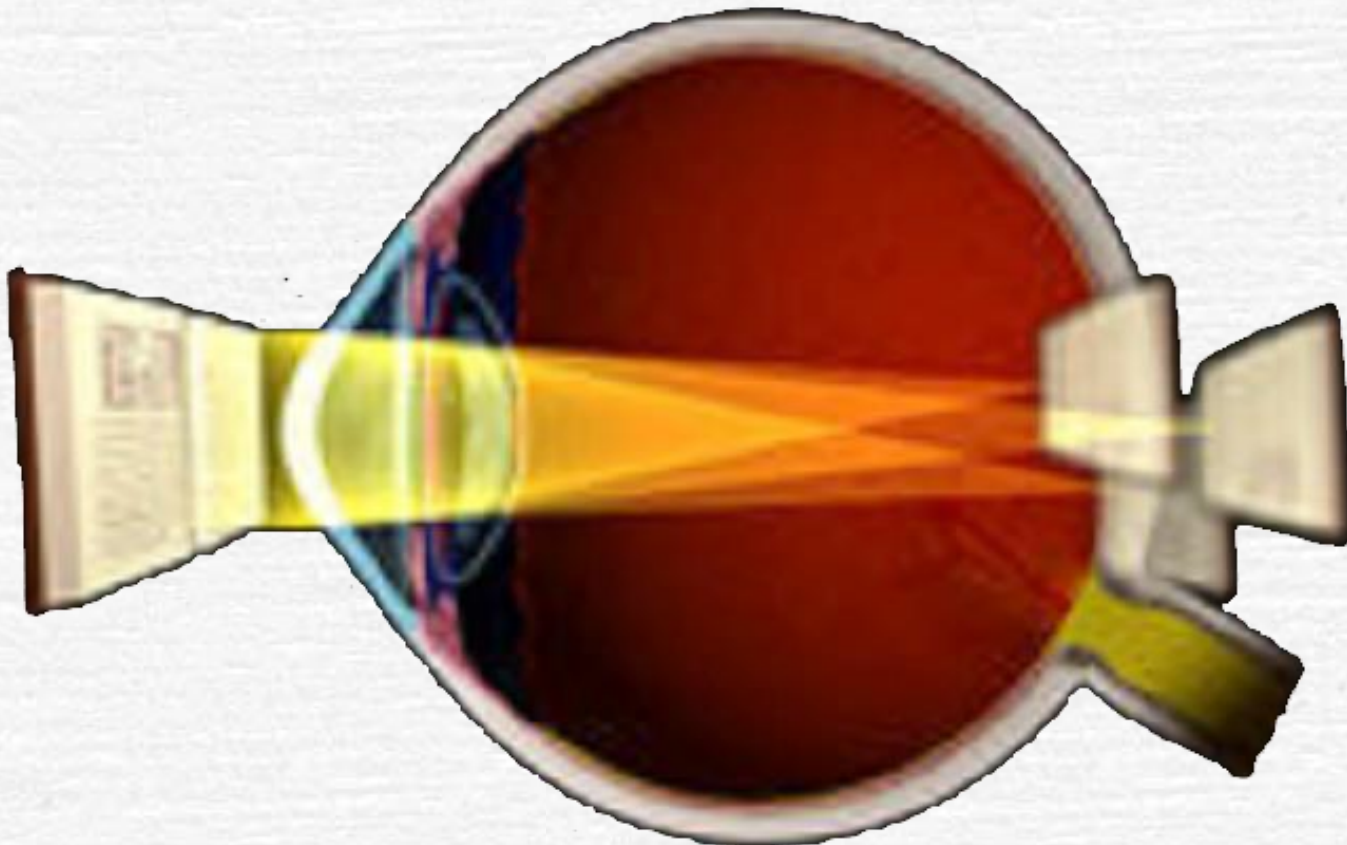


Raggio curvatura posteriore 6 mm

Durante l'accomodazione il raggio anteriore si riduce mediamente di 2 mm, quello posteriore di 0,5 mm

ASTIGMATISMO DI CURVATURA

La faccia posteriore non ha sempre una curvatura simmetrica nei meridiani orizzontali e verticali: generalmente il meridiano verticale è meno curvo del meridiano orizzontale di circa 0,75 diottrie, e presenta, per questo, un astigmatismo contro-regola o inverso, che, compensa l'astigmatismo secondo-regola corneale.

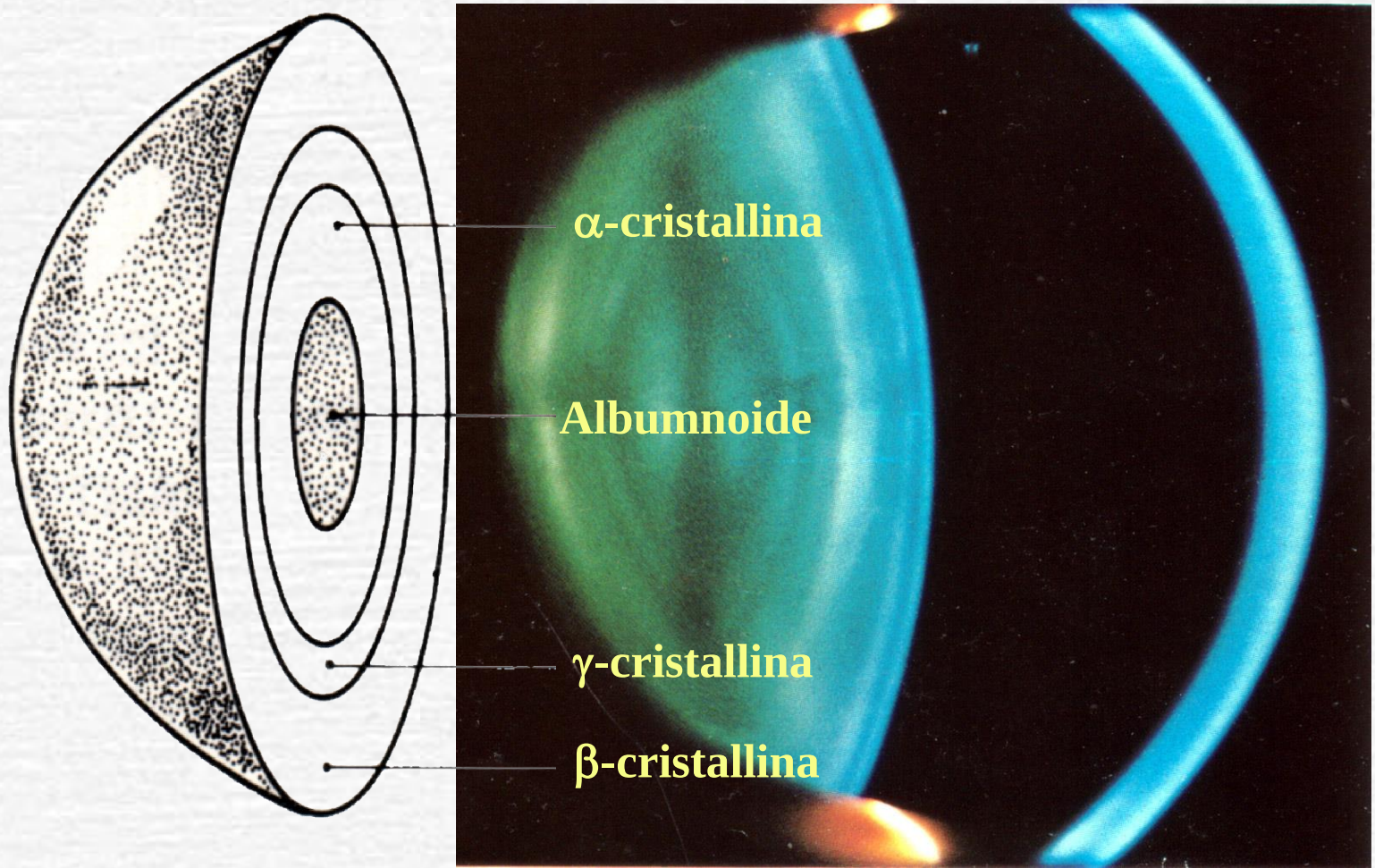


B I O C H I M I C A
C R E S C I T A
T R A S P A R E N Z A



BIOCHIMICA E CORRISPETTIVE BANDE DI DISCONTINUITÀ OTTICA E LORO CURVATURA

Le modificazioni nel tempo delle componenti proteiche dei diversi strati comporta una progressiva insolubilizzazione delle proteine più vecchie cioè più interne: l'albuminoide è insolubile. La disposizione a strati comporta l'evidenziazione ottica di bande di discontinuità a diversa curvatura.



Il cristallino contiene al suo interno una quantità di acqua pari al 63% del suo peso a fresco: è l'organo meno idratato del corpo umano. La concentrazione cristallinica di proteine (33%) è la più alta di qualsiasi altro organo. Tali proteine si dividono in solubili (85 %) ed insolubili (15 %). Le solubili sono: α - , β - e γ -cristalline; le insolubili sono albuminoidi. Si pensa che le albuminoidi siano cristalline divenute insolubili a causa dei processi di invecchiamento.

Infatti, l' α cristallina è più abbondante nella corticale esterna del cristallino, nelle porzioni di tessuto più anziano e si insolubilizza dando origine all'albuminoide.

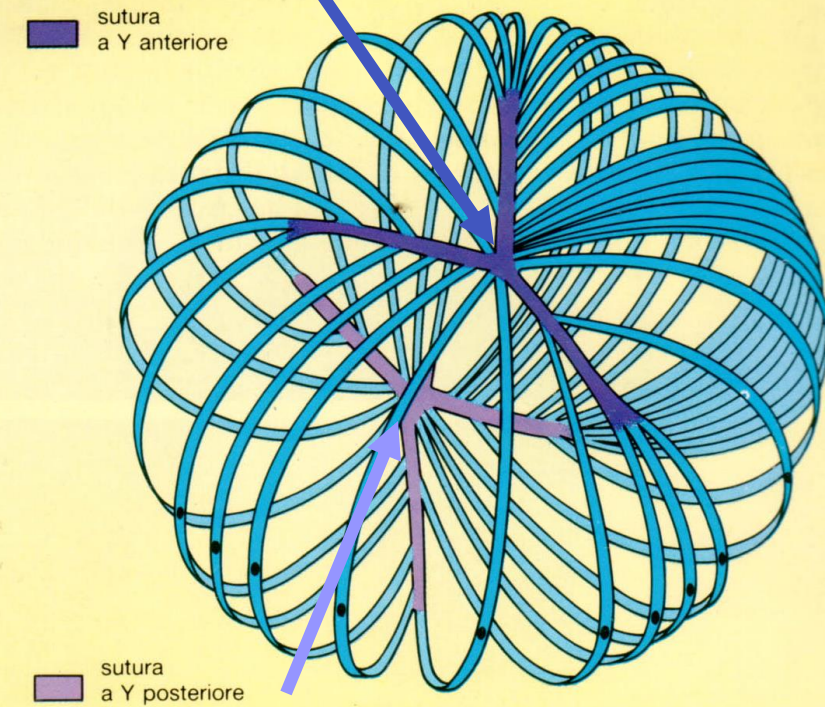


Le fibre della lente, esagonali in sezione, sono disposte a strati come la pelle di una cipolla. Non vi sono suture nel nucleo embrionale: le linee di sutura del nucleo fetale sono visibili anteriormente nell'adulto come una Y e, posteriormente come una Y rovesciata.

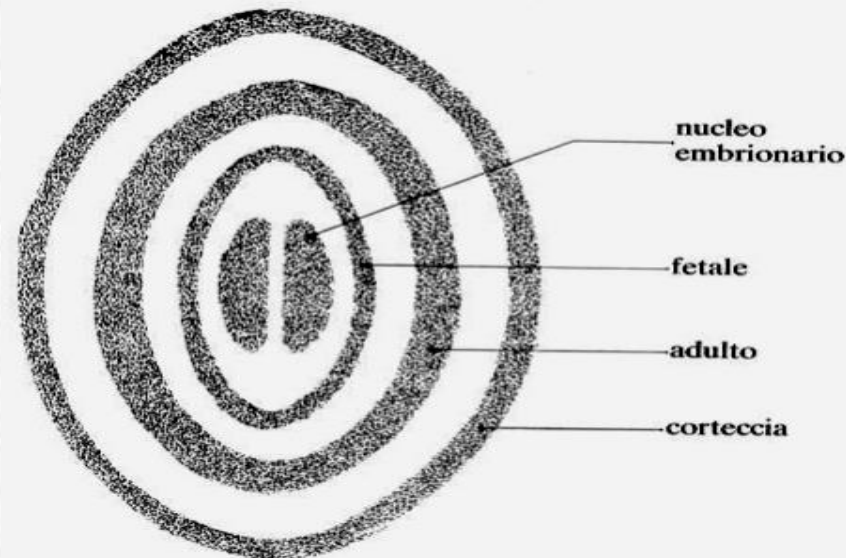
Con l'età le suture divengono un sistema sempre più complesso a livello corticale: ciascuna fibra decorre antero-posteriormente attraverso l'equatore della lente.

CRISTALLINO ADULTO:
strati sovrapposti
peso: 65 mg 230 mg

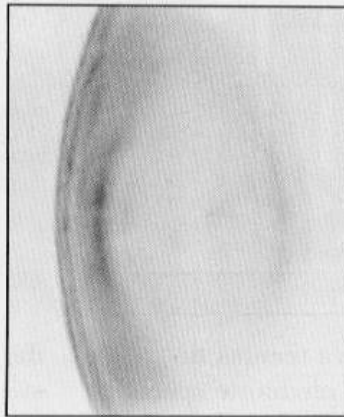
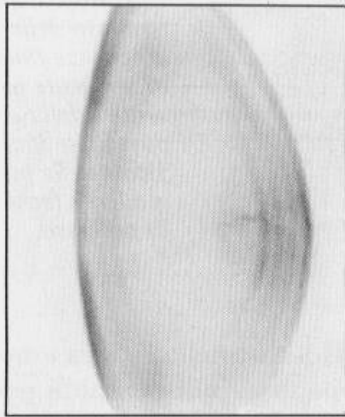
Sutura a Y anteriore



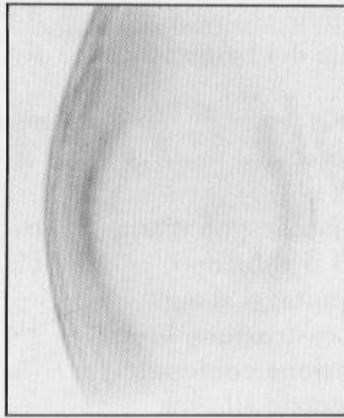
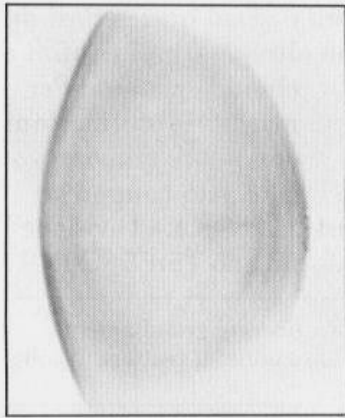
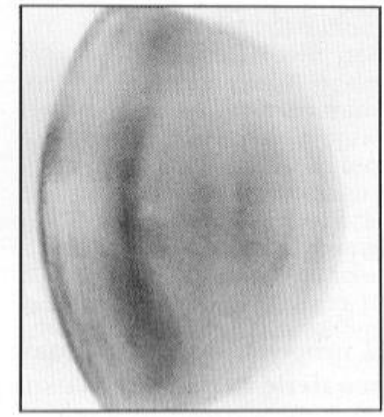
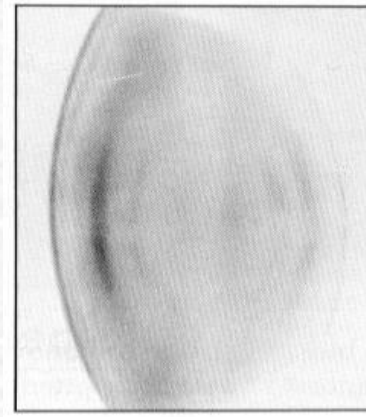
Sutura a λ posteriore



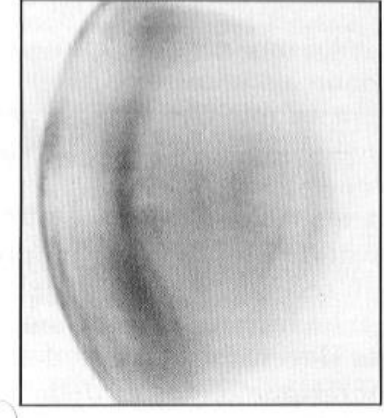
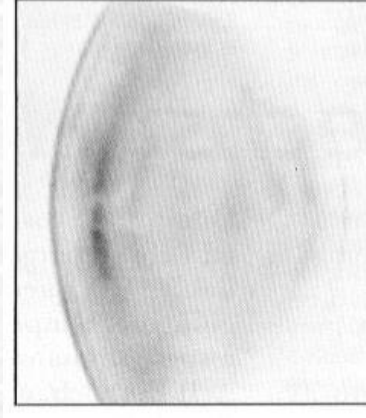
CRESCITA E CALENDARIO DI CRESCITA SI EVIDENZIANO ATTRAVERSO L'ANALISI OTTICA



a



b



**a) 18 aa, visione
da lontano**

**a) 25 aa, visione
da lontano**

**a) 35 aa, visione
da lontano**

**a) 55 aa, visione
da lontano**

**b) 18 aa, visione
da vicino**

**b) 25 aa, visione
da vicino**

**b) 35 aa, visione
da vicino**

**b) 55 aa, visione
da vicino**

NEUROFISIOLOGIA

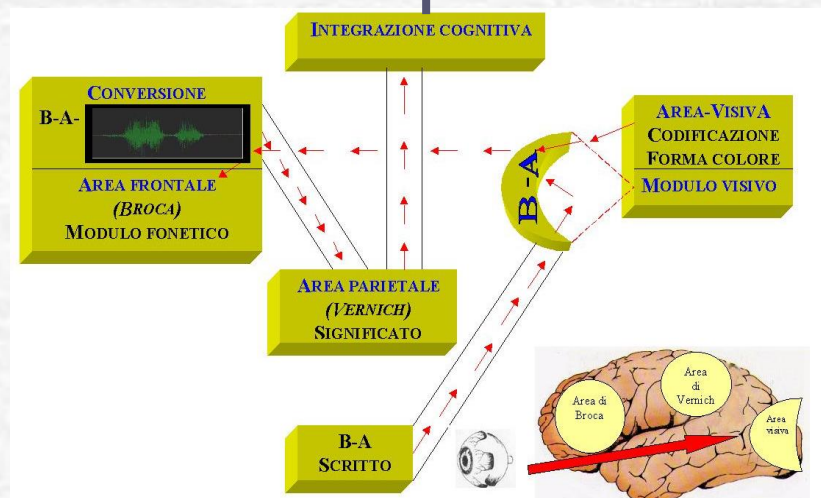
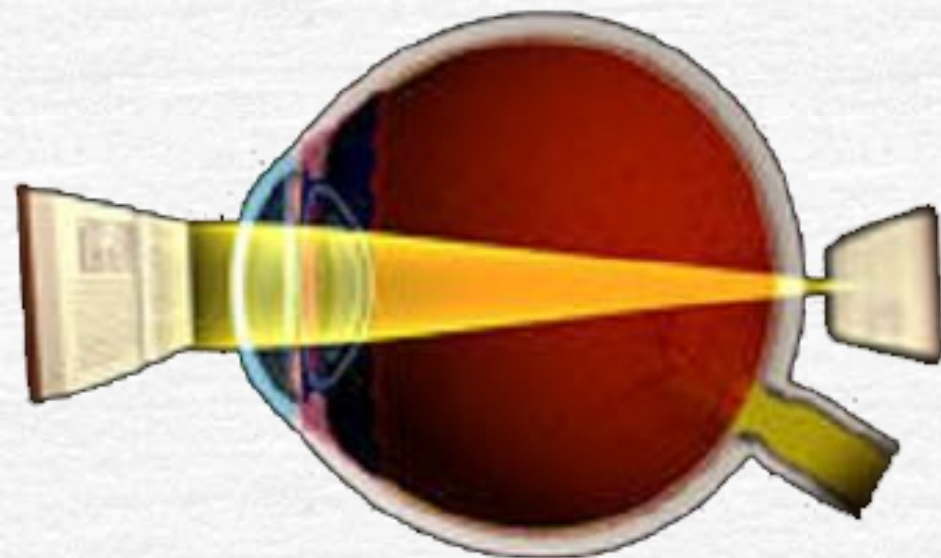
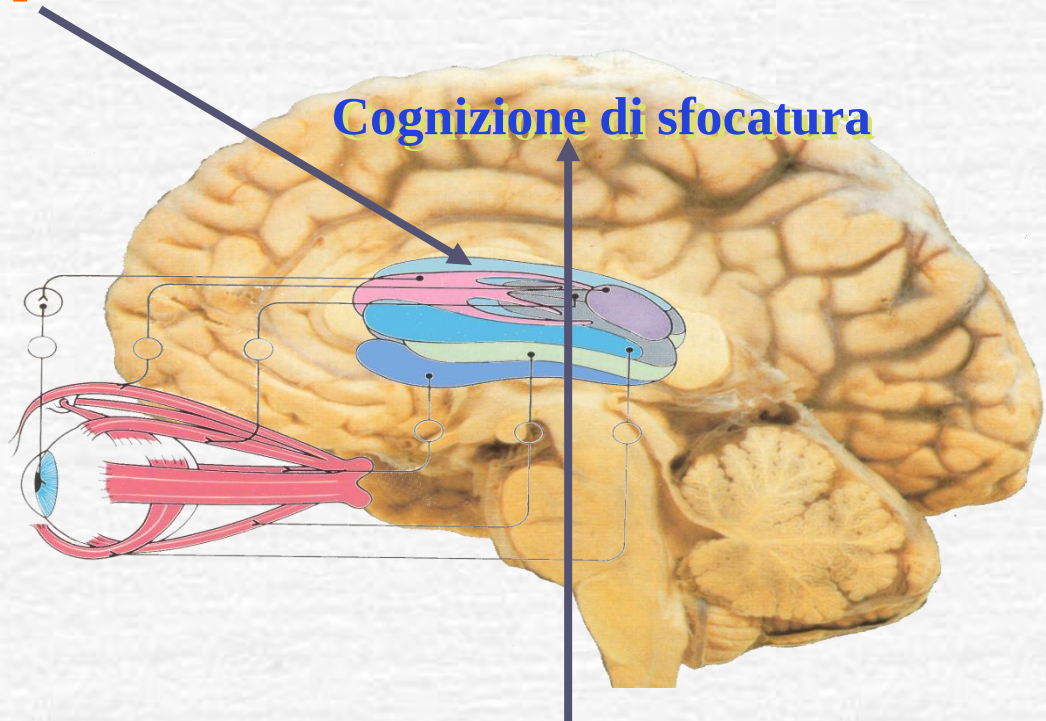


ATTIVITÀ RIFLESSA

L'accomodazione è un atto riflesso elicitato dalla sfocatura delle immagini a livello retinico foveale: la corteccia informata della imprecisione predispone i comandi necessari all'aggiustamento: per avere coscienza dell'imprecisione deve avere già avuto esperienza di immagine nitida

Input ai centri mesencefalici

Cognizione di sfocatura



LA COSCIENZA VISIVA È SOGGETTIVA

