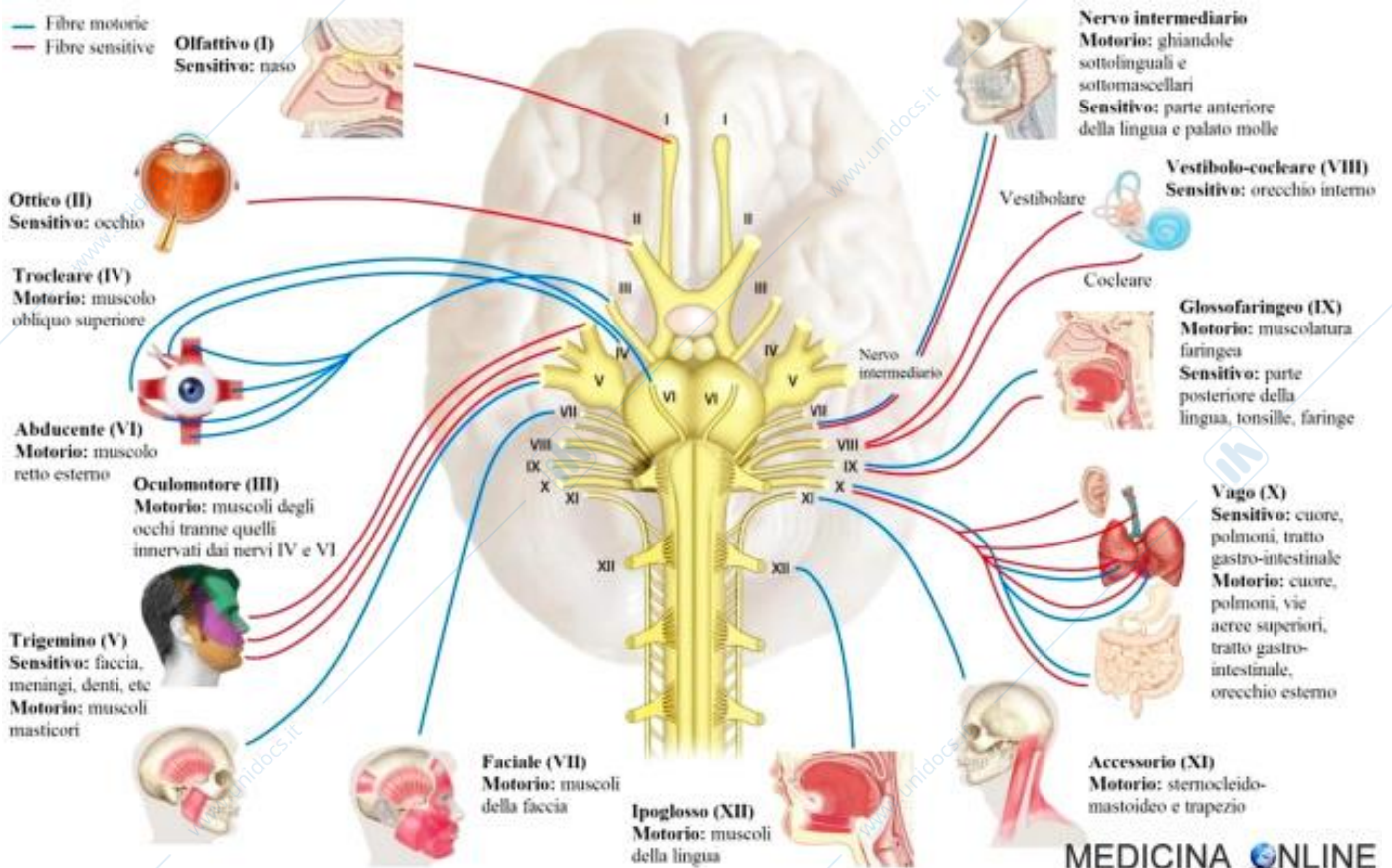


Nervi Cranici- Introduzione OCCHIO

Con “**nervi cranici**”, anche chiamati “**nervi encefalici**” si indica un gruppo di nervi che originano direttamente dall'encefalo, più precisamente dal tronco encefalico, e che fanno parte del sistema nervoso periferico. Nel corpo umano esistono 12 paia di nervi cranici (24 in totale, esistendo un nervo destro e sinistro), numerati con la numerazione romana. Considerando la loro origine, essi sono numerati in senso cranio-caudale, ovvero dall'alto verso il basso, e sono:

- I nervo cranico (primo): nervo olfattivo;
- II nervo cranico (secondo): nervo ottico;
- III nervo cranico (terzo): nervo oculomotore;
- IV nervo cranico (quarto): nervo trocleare;
- V nervo cranico (quinto): nervo trigemino;
- VI nervo cranico (sesto): nervo abducente;
- VII nervo cranico (settimo): nervo facciale;
- VIII nervo cranico (ottavo): nervo vestibolococleare;
- IX nervo cranico (nono): nervo glossofaringeo;
- X nervo cranico (decimo): nervo vago;
- XI nervo cranico (undicesimo): nervo accessorio;
- XII nervo cranico (dodicesimo): nervo ipoglosso.

I nervi cranici decorrono sia all'interno, sia all'esterno del cranio. I percorsi all'interno del cranio sono chiamati “intracranici” mentre quelli al di fuori “extracranici”. Nel cranio sono presenti molti fori chiamati “*foramina*” attraverso i quali i nervi possono uscire da esso. Tutti i nervi cranici sono accoppiati, il che significa che si trovano su entrambi i lati, destro e sinistro, del corpo. Se un nervo innerva un muscolo, la cute o realizza una funzione sullo stesso lato del corpo da cui esso origina, la sua funzione è detta “ipsilaterale”, se invece è sul lato opposto questa è nota come funzione “controlaterale”.



I corpi cellulari di molti dei neuroni della maggior parte dei nervi cranici sono contenuti in uno o più nuclei nel tronco cerebrale. Questi nuclei sono importanti in relazione alla disfunzione del nervo cranico perché il danno ad essi, come nel caso di un *ictus* o di un trauma, può simulare il danno a uno o più rami di un nervo cranico. In termini di specifici nuclei del nervo cranico, la porzione mesencefalica del tronco cerebrale possiede i nuclei del nervo oculomotorio (III) e del nervo trocleare (IV); il ponte ha i nuclei del nervo trigemino (V), del nervo abducente (VI), del nervo facciale (VII) e del nervo vestibolococleare (VIII); e il midollo ha i nuclei del nervo glossofaringeo (IX), del nervo vago (X), del nervo accessorio (XI) e del nervo ipoglosso (XII). Le fibre di questi nervi cranici escono dal tronco cerebrale da questi nuclei.

Nel dettaglio ci interessiamo alle prime 7 paia di nervi cranici, poiché interessano l'OCCHIO:

Dopo essere emersi dal cervello, i nervi cranici decorrono all'interno del cranio e alcuni di essi devono emergere da questa struttura ossea per raggiungere le loro destinazioni. Spesso i nervi passano attraverso fori presenti nel cranio, chiamati "forami". Altri nervi passano attraverso i canali ossei, percorsi più lunghi racchiusi da ossa. Questi forami e canali possono contenere più di un nervo cranico e possono contenere anche vasi sanguigni.

- Il nervo olfattivo (I), in realtà composto da molte piccole fibre nervose separate, passa attraverso perforazioni nella parte della lamina cribrosa dell'osso etmoide. Queste fibre terminano nella parte superiore della cavità nasale e servono per trasmettere al cervello impulsi contenenti informazioni sugli odori.
- Il nervo ottico (II) passa attraverso il forame ottico nell'osso sfenoide mentre decorre verso l'occhio. Trasmette informazioni visive al cervello. Si tratta di un nervo sensitivo specifico, legato alla vista per il trasporto delle impressioni luminose, ed è considerato un prolungamento del diencefalo. Le fibre ottiche, tramite il canale (forame) ottico, si portano al chiasma ottico, dove si incrociano.
- Il nervo oculomotorio (III) innerva la maggior parte dei muscoli estrinseci dell'occhio, esclusi i muscoli retto laterale e obliquo superiore. Permette i movimenti dell'occhio verso l'alto, il basso e medialmente. Le sue fibre post-gangliari, appartenenti al parasimpatico, innervano i muscoli ciliare e sfintere della pupilla, determinando la costrizione di quest'ultima (miosi).
- Il nervo trocleare (IV) innerva un solo muscolo, detto grande obliquo dell'occhio o anche muscolo trocleare, che permette la rotazione dell'occhio verso il basso e lateralmente.
- Il nervo trigemino (V) è un voluminoso nervo misto, sensitivo e motorio, che si estende per tutta la lunghezza del tronco encefalico; è formato da tre radici, per ciò chiamato trigemino. Le tre radici del trigemino danno origine ai nervi:
 - nervo oftalmico (cornea, ghiandole lacrimali, vasi nasali etc.);
 - nervo mascellare (mascella, arcata dentale etc.);
 - nervo mandibolare (muscoli masticatori, ghiandole salivari, lingua).

- Il Nervo abducente (VI) è un altro nervo occhio motore, le cui fibre motrici innervano il muscolo retto esterno dell'occhio, che ruota l'occhio verso l'esterno. È detto abducente in quanto abduce, ossia tira lateralmente l'occhio.
- Il nervo facciale (VII) e il nervo vestibolococleare (VIII) entrano entrambi nel canale uditivo interno nell'osso temporale. Il nervo facciale raggiunge poi il lato del viso usando il forame stilomastoideo, anch'esso nell'osso temporale. Le sue fibre si espandono per raggiungere e controllare tutti i muscoli dell'espressione facciale. Inoltre si occupa dell'innervazione delle ghiandole lacrimali.

Osserviamo più da vicino l'apparato della vista.

L'apparato della vista costa, essenzialmente di tre formazioni:

- l'occhio o bulbo oculare;
- il nervo ottico;
- gli annessi oculari.

L'occhio è un organo dalla forma sferoidale, alloggiato nella cavità orbitaria e protetto dalle palpebre ed annessi oculari.

La sua funzione è quella di captare le radiazioni luminose provenienti dal mondo esterno e di trasformarle in impulsi nervosi che saranno utilizzati a scopi percettivi (visione) e riflessi.

Dalla luce alle immagini:

Sostanzialmente l'occhio funziona come una fotocamera: attraverso un complesso sistema ottico sulla retina si forma un'immagine nitida: innanzitutto un raggio di luce colpisce la cornea che mette già a fuoco a grandi linee l'immagine. Come il diaframma di una fotocamera, l'iride regola la quantità di luce che attraversa l'occhio: più si chiude, meno luce raggiunge la pupilla. Il cristallino, attraverso l'accomodazione, può mettere a fuoco a diverse distanze. Convoglia i raggi di luce in modo che un punto focale si formi sulla retina. Qui, i coni e i bastoncelli trasformano gli stimoli ottici luminosi in impulsi elettrici che, a loro volta, raggiungono il cervello attraverso il nervo ottico. Solo qui si forma l'immagine che percepiamo.

Sviluppo dell'occhio:

Lo sviluppo dell'occhio richiede l'intervento di due dei tre foglietti embrionali: l'ectoderma ed il mesoderma. Intorno al 18° giorno, sulla parete neuroectodermica del futuro proencefalo, prima della chiusura completa della doccia encefalica, compare una evaginazione laterale: la vescicola ottica primaria, collegata col diencefalo tramite un peduncolo, il **peduncolo ottico**. La vescicola si accresce e si invagina, formando così il **calice ottico**, o vescicola ottica secondaria. Essendo costituito dalla invaginazione su sé stessa della parete neuroectodermica, il calice ottico è costituito da due foglietti: interno ed esterno. L'invaginazione interessa anche il peduncolo, determinandovi la fessura coroidea, attraverso la quale l'arteria ialoidea (struttura fetale che nutre l'area in via di sviluppo del cristallino e che si estende dal disco ottico al centro della parte posteriore del cristallino stesso) penetra nel peduncolo. A livello del calice ottico, fra i due foglietti resta uno spazio,

detto retinico, che comunica col 3° ventricolo tramite il peduncolo. Questo spazio, virtuale nell'adulto, spiega la possibilità del distacco della **retina**.

Nello stesso periodo in cui si forma la vescicola ottica primaria, si forma anche, davanti ad essa, un ispessimento del foglietto corneo (anch'esso di derivazione ectodermica), il placode ottico. Rapidamente questa placca si deprime per originare una vescicola che si isola dal foglietto corneo, distaccandovisi e rimanendo costituita da un solo strato di cellule. Verso il 40° giorno, le cellule della parete posteriore della vescicola si moltiplicano ed emettono fibre verso le cellule della parete anteriore, colonizzando la cavità della vescicola stessa, dal dietro verso l'avanti. Le fibre più centrali, le più precoci, formano il nucleo del **crystallino** e diventano molto presto trasparenti grazie alla comparsa di proteine particolari. La crescita del cristallino, per aggiunta di nuove fibre alla periferia del nucleo, continuerà fino all'età di 20 anni.

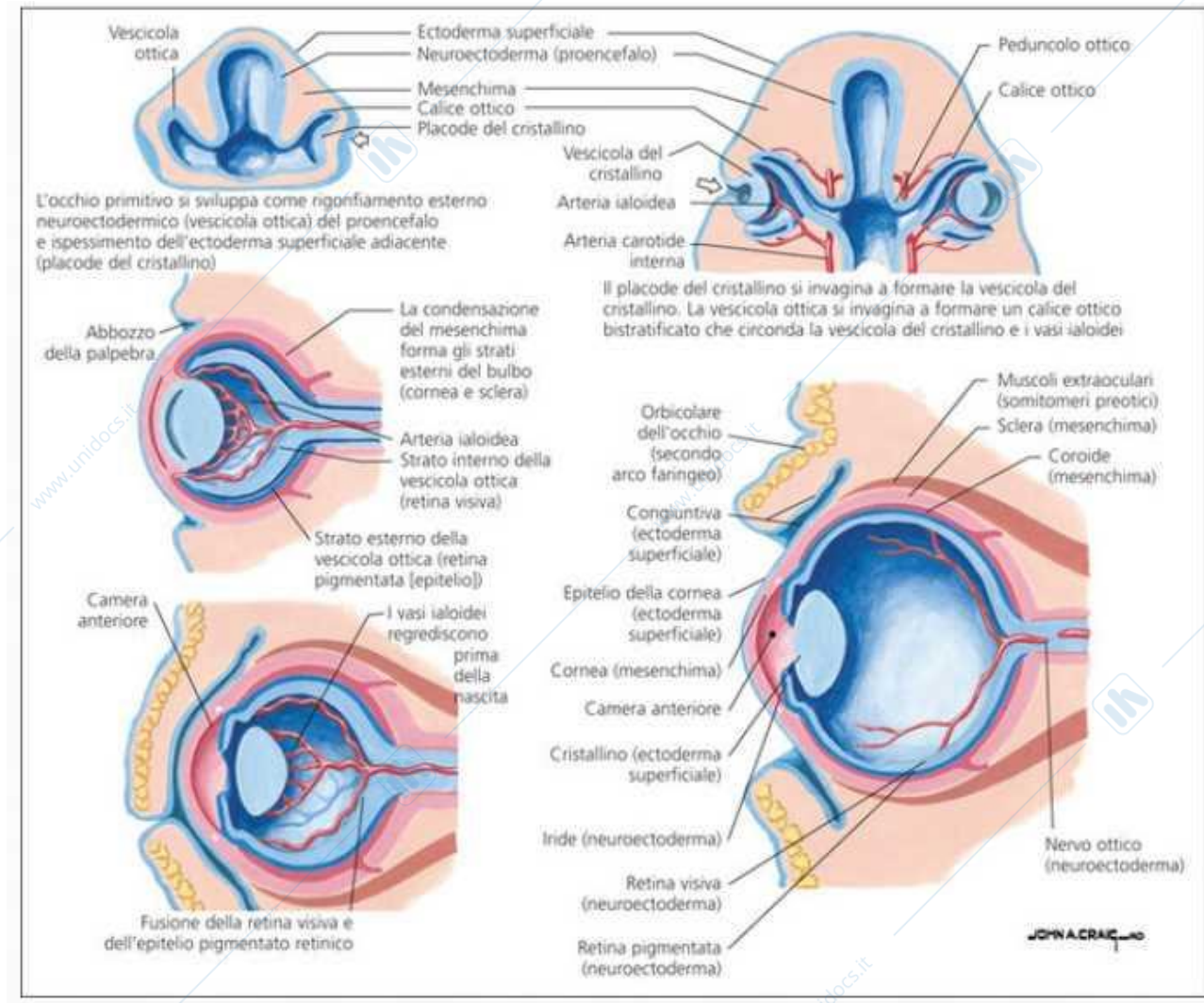
Nello stesso periodo in cui il cristallino comincia ad abbozzarsi, compaiono, a spese del materiale mesodermico che circondava la vescicola ottica secondaria, gli abbozzi di quelle che saranno le due tuniche esterne dell'occhio. Di queste, la corioide è analoga alla pia madre, mentre la sclera è analoga alla dura madre. Nello spazio interposto tra abbozzo vescicolare del cristallino e vescicola ottica secondaria, il suddetto materiale mesodermico partecipa attivamente alla formazione del corpo vitreo primario. Nel frattempo, il foglietto esterno del calice resta semplice, ed origina lo strato pigmentato della retina, per la comparsa di granuli di pigmento in seno alle cellule epiteliali. Il foglietto interno, invece, dà origine allo strato nervoso della retina: si ispessisce e si differenzia in più strati cellulari, come le pareti delle vescicole cerebrali, che daranno origine al tessuto cerebrale. Questa differenziazione termina al 7° mese: da allora l'occhio è sensibile alla luce, anche se la fovea si differenzierà solo 4 mesi dopo la nascita.

Verso la 7a settimana, il peduncolo ottico si chiude, inglobando l'arteria ialoidea ed una parte di mesenchima, che verrà colonizzato dagli assoni delle cellule gangliari costituendo, così, il nervo ottico. Gli assoni procedono poi verso il diencefalo e, arrivati nel suo pavimento, subiscono una decussazione parziale che formerà il chiasma ottico, da dove le fibre raggiungeranno i loro bersagli sottocorticali.

Nella sua evoluzione, intanto, il calice ottico tende a chiudersi anteriormente, al davanti del cristallino, delimitando un orifizio, che resterà come **pupilla**. A questo livello, i foglietti interno ed esterno della retina si riuniscono: il primo, che resta sottile e non subisce qui differenziazioni sensoriali, originerà lo strato interno dell'iride; il secondo darà origine all'epitelio pigmentato dell'iride. Dietro l'iride, i due foglietti retinici accollati presentano qualche plica sollevata dal mesenchima: i processi ciliari. Fra le pieghe ciliari ed il cristallino sono presenti alcune fibre lasse che si trasformeranno nel delicato legamento sospenditore del cristallino.

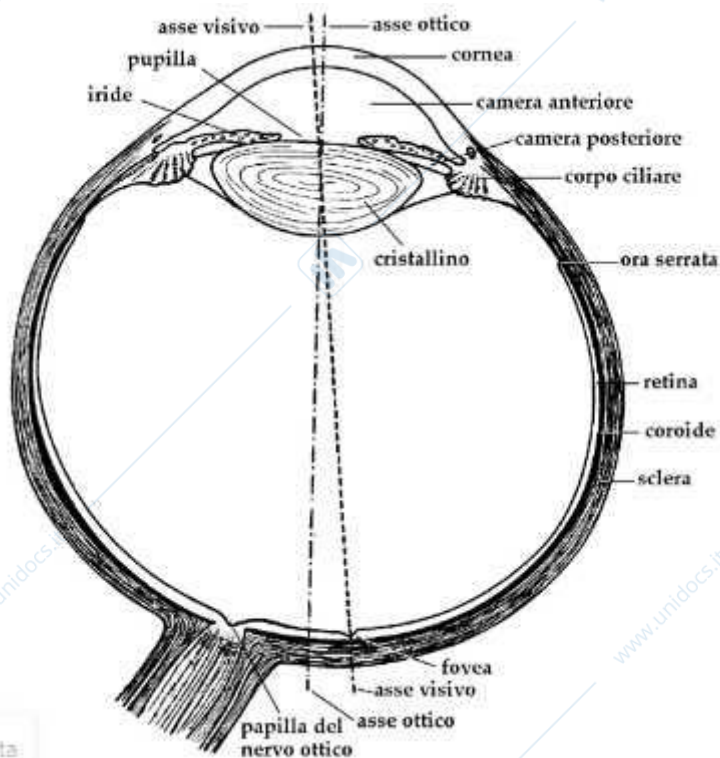
A spese del tessuto mesenchimale che avvolge il primitivo abbozzo dell'occhio vengono quindi a formarsi la **corioide**, l'**iride** ed il **corpo ciliare**. Questa tonaca vascolare, cui arriva sangue tramite l'arteria ialoidea, avvolge completamente il cristallino. In seguito, tale rivestimento scompare lentamente e, al posto dell'arteria ialoidea, permane il canale ialoideo. La porzione più esterna del tessuto mesodermico costituisce la sclerotica. Successivamente, tutto il bulbo oculare, infossandosi progressivamente nella cavità orbitaria, viene a formare un solco circolare che darà origine al fornice congiuntivale. Tale

solco, approfondendosi sempre più, determina la formazione delle due pliche cutanee che formeranno le palpebre.



INOLTRE:

Vi si considerano il due poli, uno anteriore, al centro della cornea (che ne è il punto di maggior sporgenza detto anche vertice) ed uno posteriore, un asse anatomico o asse ottico, che li congiunge, un equatore (circonferenza sul piano frontale equidistante tra i due poli) che lo divide in due emisferi (o segmento anteriore e posteriore) di dimensioni pressoché uguali.



Si considerano anche i meridiani, grandi cerchi passanti per i due poli, di questi i più importanti sono il meridiano orizzontale e il meridiano verticale che dividono l'occhio in quattro quadranti. Come detto, l'**asse anatomico** è la linea sagittale che congiunge i due poli, nella sua totalità prende il nome di asse esterno, mentre per asse interno si intende il segmento che decorre all'interno dell'occhio, fra la cornea e la retina; quest'ultimo prende il nome di **asse ottico** che, passando per il centro della

pupilla (se questa è centrata) incontra il punto nodale, che è il centro ottico dell'occhio, situato internamente al cristallino.

L'asse anatomico non coincide con quello visivo, l'**asse visivo** congiunge un oggetto esterno fissato con lo sguardo con la fovea, passando per il punto nodale.

Nel dettaglio, l'occhio o bulbo oculare è composto macroscopicamente in 3 diverse membrane, che avvolgono in strati l'organo e sono distribuite su più livelli, dall'esterno all'interno.

Ogni membrana è chiamata tonaca. Partendo dall'esterno all'interno dell'occhio abbiamo:

- **Tonaca fibrosa** (comprende la Sclera e la Cornea);
- **Tonaca vascolare**, detta anche Uvea, suddivisa a sua volta da uvea anteriore (corpo ciliare ed iride) e uvea posteriore (coroide)
- **Tonaca nervosa**, o propriamente detta retina, suddivisa in due zone: cieca e ottica.

La **tonaca fibrosa dell'occhio** è la più esterna delle tre tonache concentriche che costituiscono il bulbo oculare: si tratta di una struttura omologa alla dura madre dell'encefalo. E' a sua volta formata dalla *cornea*, che rappresenta il sesto anteriore ed è traslucida, e dalla *sclera*, che rappresenta invece i cinque sestanti posteriori. Il punto d'incontro di sclera e cornea prende il nome di limbo sclerocorneale. La tonaca sottostante intermedia è formata dall'uvea, e garantisce il supporto vascolare per la tonaca soprastante. E' costituita da un groviglio di fili e fibre: il tessuto **connettivo**.

Per definizione il tessuto connettivo costituisce l'imbottitura e anche l'impalcatura del nostro corpo (anche l'osso, infatti, è un tessuto connettivo, sia pure di tipo particolare).



I suoi materiali sono prodotti da certe cellule chiamate fibroblasti e fibrociti. Queste fibre e fibrille si uniscono e si intrecciano, così come i fili, intrecciandosi, formano delle funi. Fibre e cellule si insinuano ovunque, estendendosi, raggomitolandosi, imbrigliando cellule di grasso, servendo da tralicci per vasi e nervi e creando dei riempimenti.

Le fibre del connettivo sono di vario tipo. Alcune (e sono le più abbondanti) non possono estendersi: sono le cosiddette fibre collagene, che devono questa loro grande solidità a una proteina straordinariamente resistente, il collagene. Altre sono elastiche, grazie alla proteina elastina, e dopo l'estensione possono tornare nella posizione iniziale.

Gli spazi vuoti sono occupati da liquidi extra-cellulari, qui circolano sostanze nutrienti, ormoni, macrofagi, linfociti.

La **sclera** è la membrana che costituisce i 5/6 posteriori della tonaca fibrosa dell'occhio (o bulbo oculare). Essendo molto resistente, svolge funzioni di protezione e di sostegno nei riguardi delle membrane oculari più interne. Povera di vasi e molto resistente, è composta da un fitto intreccio di *fibre collagene* disposte in modo da costituire un'intelaiatura a strati capace di conferire all'occhio la massima resistenza alle sollecitazioni meccaniche esterne. Duplice la sua funzione: strutturale e protettiva.

Strutturale perchè insieme alla pressione oculare stabilizza la forma "sferica" del bulbo oculare e permette l'inserzione nel bulbo dei muscoli estrinseci, ovvero della muscolatura che controlla il movimento oculare. Protettiva perchè vista l'elevata resistenza alle sollecitazioni meccaniche protegge al contempo le strutture contenute all'interno dell'occhio. Su di essa si inseriscono i tendini dei muscoli estrinseci dell'occhio. La sclera ha un colorito bianco esternamente, mentre la sua superficie interna si presenta lievemente bruna in quanto vi aderisce, prendendo il nome di *lamina fusca*, parte del tessuto pigmentato della lamina sovracorioidea, con la quale la sclera è direttamente a contatto.

Nell'adulto il colorito esterno della sclera diventa giallastro, mentre nel bambino è di solito bluastrò in relazione alla maggior sottigliezza della membrana che lascia così trasparire la sottostante corioidea riccamente vascolarizzata. La sclera ha posteriormente uno spessore di circa 2 mm e si va assottigliando in avanti. La zona di minor spessore è a livello del punto di uscita delle fibre del nervo ottico: questa zona a forma di diaframma circolare crivellato da numerosi orifizi, prende il nome di *lamina cribrosa della sclera*; sul suo contorno la sclera continua con la guaina del nervo ottico. Attorno a questa si trovano altri piccoli fori per il passaggio dei vasi e dei nervi ciliari posteriori brevi e delle arterie ciliari posteriori lunghe, mentre, più anteriormente, in vicinanza dell'equatore, si trovano i quattro fori attraversati dalle vene vorticosose che raccolgono il sangue refluo della corioidea.

La superficie esterna della sclera è a contatto, mediante tessuto connettivo lasso, con la *fascia del bulbo* (o *capsula di Tenone*). Questa è una lamina connettivale connessa con la base dell'orbita, che costituisce un rivestimento parziale al bulbo oculare e contrae specifici rapporti con i muscoli estrinseci dell'occhio. Nella sua porzione più anteriore la sclera è rivestita esternamente da una sottile membrana trasparente, la *congiuntiva*; questa inizia a livello dell'orlo sclerocorneale e, dopo aver ricoperto parte della sclera, abbandona questa tonaca in corrispondenza del *fornice congiuntivale* per riflettersi sulla faccia posteriore delle *palpebre*.

La **cornea** è la parte anteriore trasparente dell'occhio, copre l'iride, la pupilla e la camera anteriore occupando circa un sesto della superficie oculare totale. Insieme al cristallino, la funzione della cornea è quella di permettere il passaggio della luce verso le strutture interne dell'occhio, facendo convergere i raggi luminosi verso la fovea e fornisce circa i due terzi della potenza ottica totale dell'occhio (capacità di messa a fuoco). Il suo potere di lente è di circa 43 diottrie; infatti la superficie anteriore, convessa ha un potere diottrico di +48 diottrie, mentre la faccia interna (concava) ha un potere diottrico di -5 diottrie; assieme al cristallino forma il diottero oculare. Tuttavia la sua capacità di convergenza è fissa, a differenza del cristallino dove la curvatura della lente può variare per "sintonizzare" la messa a fuoco a seconda della distanza dell'oggetto.

Strutturalmente si compone di 5 strati:

- *Epitelio*
- *Membrana di Bowman*
- *Lo Stroma corneale*
- *Membrana di Descemet*
- *Endotelio*

Si presenta trasparente, senza vasi sanguigni e densamente innervata di fibre nervose sensoriali sensibili al tatto, alla temperatura e ai prodotti chimici; un tocco della cornea infatti provoca un riflesso involontario per chiudere la palpebra. L'avascolarità, fa sì che essa riceva le sostanze nutritive tramite diffusione dal liquido lacrimale all'esterno e tramite l'umore acqueo all'interno, l'ossigeno invece proviene direttamente dall'aria (esso si scioglie prima in lacrime e poi si diffonde in tutta la cornea).

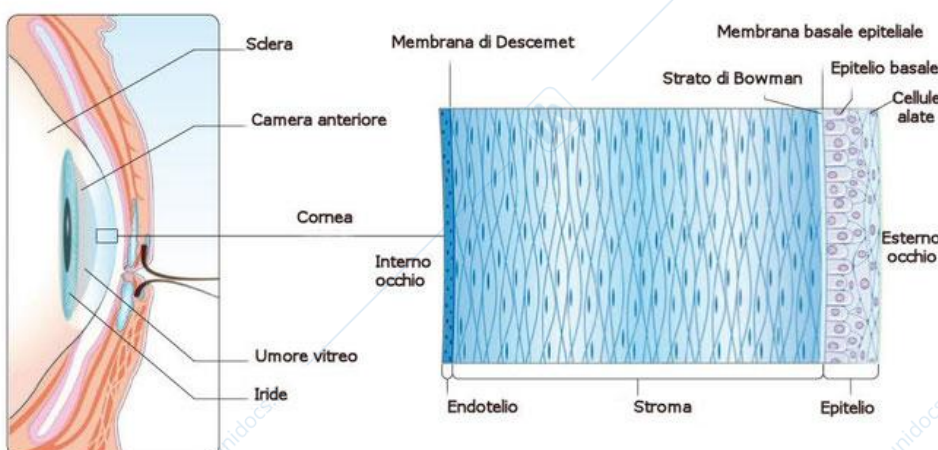
Trasparenza, avascolarità, associate alla presenza costante di particolari cellule immunitarie immature, rendono la cornea un tessuto molto speciale.

Lo spessore "normale" della cornea al centro è di poco superiore a mezzo millimetro (520-540 μ). La cornea forma parte della porzione anteriore della tonaca esterna dell'occhio, si tratta di una membrana trasparente convessa anteriormente e dal raggio di curvatura minore rispetto alla sclera, e forma il 7% della superficie dell'occhio esterno. Vista anteriormente ha una forma leggermente ellittica con il diametro maggiore orizzontale lungo 11,7 mm contro i 10,6 mm del diametro minore e un diametro variabile dal limbo dov'è più spessa (0,67 mm) alla porzione centrale e più anteriore, la più sottile (0,52 mm). Posteriormente aderisce alla sclera presso la giunzione sclerocorneale formando un lieve solco detto *limbo*. Lo strato più superficiale della cornea è l'*epitelio corneale*, spesso circa 50 μ m, cioè circa un decimo dello spessore totale della membrana. È un epitelio pluristratificato (5-6 strati), con cellule piatte nei primi due strati, poliedriche nei successivi due o tre e allungate, quasi cilindriche, negli ultimi due. Al microscopio appare basofilo, i nuclei sono allungati con l'asse maggiore orizzontale nelle cellule pavimentose, tondeggianti o ovalari nelle poliedriche e ovoidali con l'asse maggiore verticale nelle cilindriche. Le cellule, dalla forma otticamente perfetta, sono unite tra loro da giunzioni serrate e quelle più superficiali presentano numerosi microvilli visibili solo al microscopio elettronico. Sotto l'epitelio corneale si trova lo *strato di Bowman* o membrana limitante anteriore. Al microscopio ha un aspetto amorfo e eosinofilo, è priva di cellule, spessa circa 12 μ m e formata da fibre collagene immerse in una matrice di proteoglicani. Il terzo strato

è lo *stroma corneale*, di 500 μm , forma il 75-90% dello spessore totale della cornea. Questo strato è costituito da circa 200 lamelle spesse appena 2 μm e larghe da poche decine a qualche centinaio di micrometri, formate da fibre collagene di tipo I parallele tra loro. Le fibrille di due lamelle contigue formano tra loro un angolo ottuso. Tra una lamella e l'altra sono presenti dei caratteristici fibroblasti dalla forma dendritica, i cheratociti, che formano una sorta di rete e maglie larghe tra uno strato lamellare e il successivo. Lo spessore delle fibre collagene tende ad aumentare dalla zona centrale dirigendosi verso il limbo e l'età contribuisce all'ispessimento della cornea. Gli strati lamellari permettono il passaggio della luce perché le loro fibrille sono più piccole della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica che le attraversa, inoltre sono precisamente distanziate tra loro e la dispersione è ridotta al minimo dato che le fibrille collagene determinano interferenza distruttiva in tutte le direzioni, tranne in quella anteriore.

Il quarto strato è la *membrana del Descemet* o membrana limitante posteriore, con uno spessore variabile di 4-12 μm , tende a ispessirsi proporzionalmente all'età. Ha carattere più basofilo della membrana limitante anteriore, ma appare anch'essa amorfa e priva di cellule; talvolta è considerata la membrana basale dell'endotelio corneale. L'*endotelio corneale* è il quinto e più profondo strato della cornea. Si tratta di un singolo strato di cellule piatte e dalla forma esagonale, con nuclei allungati orizzontalmente. Le sue cellule sono strettamente adese tra loro grazie a interdigitazioni che si dipartono dalle porzioni laterali delle loro membrane plasmatiche, coadiuvate da giunzioni serrate e giunzioni comunicanti. Il loro citoplasma è basofilo a causa dello sviluppo del reticolo endoplasmatico rugoso, possiedono inoltre numerosi mitocondri, risultano cellule ad alta attività metabolica. Il suo compito è essenzialmente quello di fungere da filtro posteriore per gli strati superiori della cornea, è inoltre il principale responsabile della sua idratazione. Le sue cellule hanno una modesta capacità mitotica. La cornea è innervata da piccoli rami mielinizzati del nervo oftalmico che in parte formano un plesso profondo sopra l'endotelio, in parte attraversano l'endotelio corneale e si proiettano perpendicolarmente nello stroma per poi formare un plesso (sottoepiteliale) al di sotto dell'epitelio corneale. Un ultimo plesso sottobasale è costituito da quei piccoli nervi che attraversano la membrana limitante anteriore e si proiettano come terminazioni nervose libere tra le cellule epiteliali; tali assoni presentano caratteristiche espansioni tondeggianti. A partire dall'entrata nello stroma le sottili terminazioni nervose diventano amieliniche. I nervi della cornea sono responsabili dei riflessi dell'ammicciamento e della lacrimazione. La cornea ha una

funzione protettiva da parte di abrasioni e patogeni nei confronti delle strutture poste più in profondità, nel contempo è il principale mezzo diottrico dell'occhio; è inoltre permeabile a piccole molecole come acqua e ioni. Non è vascolarizzata ed è nutrita dall'umore acqueo proveniente



dalla camera posteriore dell'occhio, che defluisce nella camera anteriore, davanti alla quale si trova la cornea.

La **tonaca vascolare** dell'occhio è posta subito al disotto della tonaca fibrosa; è detta con termine complessivo **uvea**. Si tratta della membrana destinata a fornire nutrimento a tutte le strutture facenti parte dell'occhio. Assieme allo strato pigmentato della retina inoltre ha il compito di assorbire i raggi luminosi che penetrano nell'occhio, impedendone la riflessione all'esterno. I due terzi posteriori dell'uvea sono costituiti da una membrana detta **corioidea**. Si tratta di una struttura costituita essenzialmente da vasi sanguigni, nella quale è presente uno strato capillare addetto agli scambi metabolici veri e propri. I vasi sanguigni che irrorano la corioidea derivano da rami delle arterie ciliari posteriori brevi; il sangue venoso si scarica attraverso vene che, per la particolare disposizione spiraliforme delle loro radici, sono dette "vene vorticose". Il terzo anteriore dell'uvea è costituito da una delle strutture più complesse dell'occhio; comprende infatti sia l'**iride** che il **corpo ciliare**. Il corpo ciliare è una zona dalla forma di una corona circolare; risulta interposto fra la corioidea e l'iride. Si tratta di una struttura specializzata per la produzione di umore acqueo (processi ciliari) e per l'inserzione di filamenti che vanno poi ad attaccarsi al cristallino. Contiene anche fibre muscolari (*muscolo ciliare*) che, con la loro contrazione o il loro rilassamento, determinano un cambiamento della curvatura del cristallino e quindi il processo dell'*accomodazione*. L'iride è una struttura posta anteriormente al corpo ciliare. Anch'essa ha la forma di una corona circolare; la sua posizione è tale da farne un diaframma teso frontalmente. L'iride si inserisce sulla sclera a livello del trapasso fra questa struttura e la cornea; la zona circolare di inserzione è detta angolo irido-corneale e rappresenta uno dei punti più delicati dell'occhio. Subito al di sotto dell'angolo irido-corneale infatti esiste un sottile canalicolo, detto seno venoso o *canale dello Schlemm*, che ha la fondamentale funzione di rimuovere l'umore acqueo, drenandolo; il drenaggio coincide, istante per istante, con la produzione da parte del corpo ciliare, ed il quantitativo locale, così come la pressione intraoculare, rimangono in tal modo costanti. Se si determina una occlusione del canale per un qualunque motivo si assiste al rapido sviluppo di una grave condizione patologica contraddistinta dall'aumento della pressione intraoculare, detta glaucoma. L'iride è attraversata al centro da un foro detto *pupilla*. È attraverso la pupilla che i raggi di luce penetrano nella parte profonda dell'occhio dopo avere attraversato la sclera, andando a colpire la tonaca nervosa (retina) e dando origine ai processi che stanno alla base della visione. Il diametro della pupilla non è fisso ma modificabile a seconda delle condizioni ambientali di illuminazione. Si tratta di una delle principali metodiche di adattamento dell'occhio all'ampia gamma di illuminazione che esso deve essere in grado di "vedere"; in un ambiente molto illuminato il diametro pupillare è piccolo, in uno poco illuminato è grande. La regolazione del diametro pupillare è un atto puramente riflesso che dipende dal bilancio fra *sistema ortosimpatico* e *parasimpatico*.

La **coroide** è la porzione posteriore, la più estesa della *tunica vascolare*, è anche lo strato medio dell'occhio, dalla struttura eminentemente vascolare, interposta tra la faccia profonda della sclera e lo strato più superficiale della retina.

Particolarità

Partendo indietro dall'orifizio sclerale del nervo ottico, la coroide si distende in avanti fino a raggiungere il corpo ciliare, inserendosi fra la sovrastante sclera e la sottostante retina; è un tessuto straordinariamente vascolarizzato, molto ricco di pigmento, ma poverissimo di connettivo; da ciò deriva la sua fragilità, al punto che un trauma contusivo del bulbo oculare può facilmente provocare nella coroide una lesione di tipo emorragico, lasciando invece indenne la sclera. Lo spessore della coroide non è uniforme ed inoltre è molto variabile, a seconda dell'entità dell'onda ematica dei vasi coroideali, per cui si alternano stati di replezione con aumento dello spessore e stati di relativo svuotamento con forte diminuzione dello spessore. La faccia esterna della coroide, in rapporto con la superficie profonda della sclera, forma con questa lo spazio sovracoroideale (o sottosclerale), uno spazio quasi virtuale attraverso il quale transitano le arterie ciliari posteriori lunghe e i nervi ciliari brevi e lunghi che, oltrepassata la parete sclerale, si dirigono verso i corpi ciliari e l'iride. La faccia interna della coroide è in rapporto molto stretto con la retina; l'aderenza con il foglietto più esterno della retina è così tenace da rendere impossibile una separazione spontanea tra la coroide e la retina.

Il distacco di retina non è mai una disgiunzione della coroide dalla retina, ma è sempre una separazione tra i due foglietti della retina stessa e cioè tra il foglietto interno nervoso e il foglietto esterno pigmentato; questo intimo contatto anatomico tra coroide e retina trova il suo equivalente in uno strettissimo rapporto funzionale, tant'è vero che è la coroide a nutrire gli strati più esterni della retina, per mezzo delle sierosità trasudanti dalla sua abbondantissima rete vascolare. E' proprio il sangue circolante a conferire alla coroide il suo tipico colore rosso, che sfuma nel bruno per l'influenza cromatica della componente pigmentaria.

La coroide rappresenta i 2/3 posteriori della tonaca vascolare; è strettamente associata alla retina visiva e si organizza in 4 strati (dall'esterno verso l'interno):

- *lamina sovracoroidea*, strato formato da sottili lamelle collagene tra le quali si riscontra una ricca presenza di cellule pigmentate, rappresenta la 'camera oscura', fondamentale per impedire la riflessione dei raggi luminosi all'interno del bulbo oculare;
- *lamina epicoroideale*, delicato intreccio di lamelle connettivali;
- *lamina vascolare vera e propria*, nella quale si distinguono tre substrati:
 - *substrato dei grandi vasi* (di Haller), più esterno con arterie e vene di grande calibro;
 - *substrato dei medi vasi*, più interna con arterie e vene di medio calibro;
 - *substrato dei piccoli vasi* (di Sattler), con arterie e vene più ancora piccole;
- *lamina coriicapillare*, frammiste alle fibre collagene contrattili dette periciti, si caratterizza per la presenza di una fitta rete di capillari dal lume ampio, le arterie ciliari posteriori brevi, che, decorrendo inizialmente assieme alle arterie ciliari posteriori lunghe, formano una corona arteriosa attorno al decorso del nervo ottico (cerchio vascolare di Zinn-Haller).
- *membrana di Bruch*, formata, esternamente, da uno strato di fibre elastiche e collagene in continuità con lo strato coriicapillare e, internamente, da una

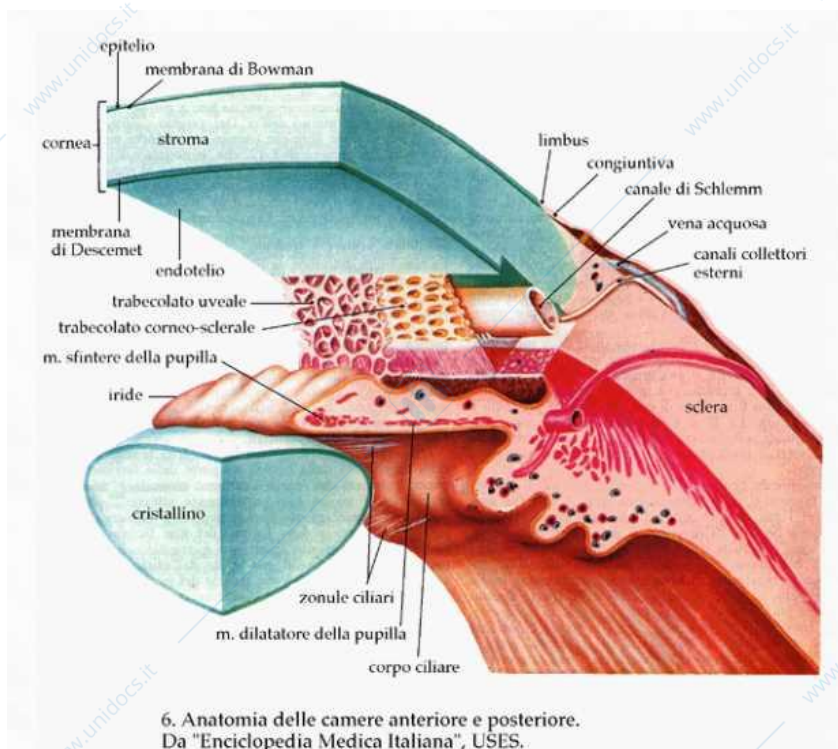
membrana trasparente che rappresenta la membrana basale dell'epitelio pigmentato della retina. E' la linea di transito per i nutrienti (provenienti dalla coriocapillare e diretti alla retina) e per i cataboliti (risalenti dalla retina verso la coroide).

L'**iride** è una membrana vascolare dell'occhio di colore variabile, con forma e funzione di diaframma, pigmentata, situata posteriormente alla cornea e davanti al cristallino, perforata dalla pupilla.

E' il terzo distretto, il più anteriore della tunica vascolare ed è la sola componente dell'uvea ad essere visibile attraverso la cornea. L'iride appare come un disco colorato, forato al centro, posto come un sottile diaframma al davanti del cristallino; il forame centrale, ad

apertura variabile, è noto come pupilla. Il comparto anteriore dell'occhio, compreso tra la cornea in avanti ed il cristallino e i corpi ciliari indietro, viene diviso dall'iride in due spazi:

- una *camera anteriore*, tra la faccia posteriore della cornea in avanti e la faccia anteriore dell'iride e il polo anteriore del cristallino indietro;
- una *camera posteriore*, tra la faccia posteriore dell'iride in avanti, l'equatore del cristallino e i processi ciliari con le fibre zonulari indietro.



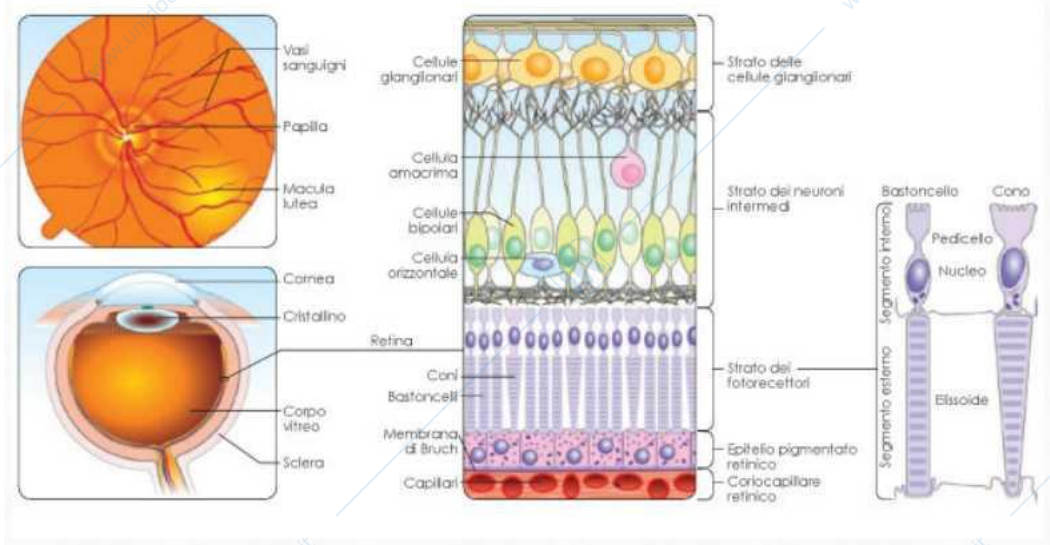
La struttura dell'iride è rappresentata, in senso antero-posteriore, fondamentalmente da tre strati:

- *endotelio*, strato di cellule appiattite che rivestono la faccia anteriore dell'iride, apparentemente simili all'endotelio corneale con il quale sono in continuazione, ma in realtà composto di fibroblasti e melanociti di variabile quantità; spesso il rivestimento endoteliale manca nella profondità delle cripte, apparendo così discontinuo;
- *stroma*, formato da un intreccio di fibre collagene, rare fibre elastiche, fibrociti, cellule pigmentate e macrofagi; in corrispondenza del margine pupillare dell'iride è presente un anello di fibro-cellule muscolari lisce che costituisce il *muscolo sfintere* della pupilla (innervato da fibre parasimpatiche post-gangliari del ganglio ciliare, il quale riceve, a sua volta, fibre pre-gangliari dal nucleo viscerale di Edinger-Westphal);
- *strato pigmentato* o parte iridea della retina, riveste la faccia posteriore dell'iride e risulta formata da due strati di cellule: uno interno, che guarda verso la camera

posteriore del bulbo, costituito da cellule ricche di pigmento e uno esterno, che aderisce allo stroma, costituito da cellule a struttura molto complessa a formare una sorta di epitelio cubico semplice; dal loro corpo cellulare si dipartono le cellule mioepiteliali, prolungamenti fusiformi, contrattili, disposti radialmente che costituiscono il *muscolo dilatatore* della pupilla (innervato da fibre ortosimpatiche post-gangliari del ganglio cervicale superiore che riceve a sua volta fibre pre-gangliari provenienti dal centro ciliospinale del midollo spinale).

La **tonaca** più interna dell'occhio è di natura **nervosa** e si chiama **retina**. Si tratta di una estroflessione diretta del *diencefalo*. La retina riveste anteriormente tutta la superficie dell'occhio; si distinguono pertanto una parte ottica addossata alla corioidea, una parte ciliare addossata al corpo ciliare ed una parte iridea posta a ricoprire al di dietro l'iride. Quest'ultima porzione è perforata al centro, in corrispondenza della pupilla. Delle tre parti qui citate, l'unica ad essere sensibile alla luce e quindi ad avere un ruolo significativo nel processo della visione è la parte ottica. È ben visibile, sulla superficie rosea, il disegno dei vasi che si dipartono da un'area posta un po' medialmente ed inferiormente, corrispondente alla *papilla* del nervo ottico. I vasi arteriosi provengono dall'arteria centrale della retina, contenuta all'interno del nervo ottico stesso. Più lateralmente è evidente una zona di colore un po' diverso dallo sfondo detta *macula lutea*. Si tratta della zona della visione distinta, sulla quale si proiettano le immagini sulle quali è focalizzata l'attenzione del soggetto. Al centro della macula lutea si trova la *fovea* centrale, zona di massima acuità della retina. Esternamente la retina è costituita da un epitelio pigmentato di colorito nero. Le cellule hanno forma di prismi esagonali. La funzione di questo epitelio, oltre ad essere quella di assorbire i raggi di luce che penetrano nell'occhio, è anche sintetizzare i materiali necessari per la formazione dei pigmenti visivi da parte dei *coni* e dei *bastoncelli*; tali materiali vengono prodotti in sede epiteliale ed in un secondo tempo passati alle strutture nervose. La *lamina nervosa* vera e propria della retina è una struttura molto complessa, costituita da un gran numero di cellule diverse. Fondamentali sono i *fotorecettori* veri e propri, cioè le cellule capaci di convertire una stimolazione luminosa in un messaggio nervoso che dà origine ai fenomeni relativi

alla visione cosciente. I fotorecettori sono di due tipi: coni e bastoncelli. Mentre i coni sono adatti alla visione dei colori e dei dettagli, i bastoncelli sono collegati con la visione a bassa intensità di



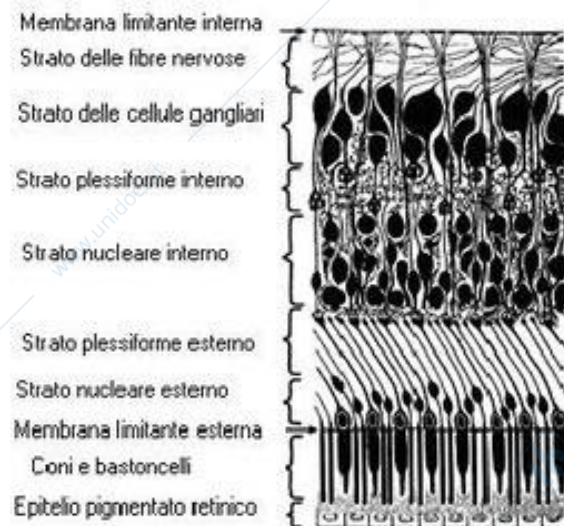
illuminazione e con la percezione dei livelli generali di luminosità. Altre cellule contenute nella parte nervosa della retina sono le *bipolari*, le multipolari o *gangliari*, le orizzontali. Nel complesso costituiscono una complicata rete di cellule nervose che già a livello

retinico elabora l'informazione derivante dalla luce che colpisce la retina stessa. Le fibre del nervo ottico derivano dai prolungamenti centrali di un particolare tipo di cellule, dette "gangliari". Queste cellule ricevono le afferenze di molti altri tipi cellulari che sono a loro volta collegati reciprocamente e con i fotorecettori. L'elaborazione retinica dell'informazione visiva sembra essere della massima importanza nei confronti di processi come la percezione del movimento.

Strati della retina

Nella retina si distinguono dieci strati, che procedendo dall'esterno all'interno, sono:

- 1) epitelio pigmentato,
- 2) strato dei coni e dei bastoncelli,
- 3) membrana limitante esterna,
- 4) strato dei granuli esterni,
- 5) strato plessiforme esterno,
- 6) strato dei granuli interni,
- 7) strato plessiforme interno,
- 8) strato delle cellule gangliari,
- 9) strato delle fibre ottiche,
- 10) membrana limitante interna.



L'*epitelio pigmentato*, strettamente solidale con la membrana di Bruch, è costituito da un unico strato di cellule ricchissime di pigmento fuscino. I restanti strati della retina sono trasparenti, hanno uno spessore complessivo variabile da 0,5 a 0,1 mm a seconda dell'area considerata. In corrispondenza del polo posteriore vi è un'area denominata area maculare al cui centro si trova una piccola depressione rotondeggiante (fovea centrale). I *coni e i bastoncelli*, elementi recettoriali di forma allungata che attraversano la membrana limitante esterna e il cui nucleo costituisce lo *strato dei granuli esterni*, con la loro fibra entrano in rapporto con i prolungamenti dendritici delle cellule bipolari a livello dello *strato plessiforme esterno*.

Lo *strato dei granuli interni* è costituito dai corpi delle cellule bipolari, orizzontali, amacrine (neurite o assone) e dai corpi delle cellule (fibre) di Müller. Gli assoni (prolungamenti filiformi) delle cellule bipolari e di quelle amacrine entrano in rapporto (sinapsi) con i dendriti (prolungamenti ramificati) delle cellule gangliari formando in tal modo lo *strato plessiforme interno*. Lo *strato delle cellule ganglionari* è formato dal nucleo di queste stesse cellule, i cui assoni vanno a costituire lo *strato delle fibre nervose* che successivamente confluiscono a formare il nervo ottico. La *membrana limitante interna*, che come quella *esterna* è formata dai prolungamenti delle cellule (fibre) di Müller separa la retina dal corpo vitreo.

Il disco ottico o papilla, di forma rotondeggiante, rappresenta il punto in cui le fibre nervose, distribuite sulla superficie retinica e veicolo di trasmissione dell'informazione visiva raccolta

dai fotorecettori, convergono per formare il nervo ottico e uscire dal bulbo oculare. Essa è anche la zona di passaggio dei vasi retinici arteriosi e venosi. A livello della papilla ottica si interrompe la struttura a coni e bastoncelli della restante parte ottica della retina, per cui tale area non è sensibile alla luce: è detta anche punto cieco della retina.

CAMERA ANTERIORE, CAMERA POSTERIORE, UMORE ACQUEO

La camera anteriore è quello spazio delimitato anteriormente dalla cornea e posteriormente dall'iride. La camera posteriore è delimitata dall'iride e dalla capsula anteriore del cristallino. L'umore acqueo riempie le due camere. È un liquido incolore, prodotto dai processi ciliari. Dalla camera posteriore passa a quella anteriore attraverso il foro papillare e defluisce a livello del canale di Schlemm verso le vene ciliari anteriori. Serve al nutrimento degli elementi che bagna, in particolare del cristallino.

CRISTALLINO

È la seconda lente naturale che la luce incontra, dopo la cornea, prima di raggiungere la retina. È una lente trasparente, elastica, biconvessa. Il raggio di curvatura delle due facce (soprattutto della anteriore) varia a seconda delle condizioni di visione, dando origine al fenomeno dell'accomodazione. Il cristallino manca di nervi, di vasi sanguigni e linfatici; alla sua nutrizione provvede l'umore acqueo. Con il passare degli anni il cristallino perde elasticità, irrigidendosi. Diventano allora indispensabili gli occhiali correttivi per la visione da vicino: questa condizione fisiologica prende il nome di presbiopia. A causa di una degenerazione spesso legata all'età ma non solo, il cristallino in alcuni casi perde la sua normale trasparenza: parliamo in questo caso di cataratta.

CORPO VITREO

Si tratta di una sostanza gelatinosa e trasparente. È il mezzo diottrico più voluminoso dell'occhio. Occupa tutta parte della cavità del globo oculare fra il cristallino, il suo sistema sospensore e la retina. È trasparente e aderisce perfettamente alla retina, e ha due funzioni:

- nutritive nei confronti della retina.
- Morfostatica, cioè mantiene il bulbo oculare tonico e tondo.

Struttura dell'occhio

