



Università degli studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

Sviluppo e prevenzione del sistema visivo: principali caratteristiche anatomiche e optometriche nell'infanzia.

Relatore: Prof. Federico Silvoni

Laureando: Mariyam Tariq

Matricola: 1099962

A.A. 2016-2017

A Dio: le mie preghiere.

A mamma e papà: il mio affetto.

A Talha, Taaha, Tubba, Maliqa e Zainab: i miei sorrisi.

Al Prof. Cappelletti: la mia stima.

Ai miei amici: la mia gratitudine.

INDICE

Introduzione

Capitolo 1: Cenni di embriologia.....pag.1

1.1 Retina.....	pag.3
1.2 Fovea.....	pag.7
1.3 Vitreo	pag.9
1.4 Nervo ottico.....	pag.10
1.5 Cristallino.....	pag.12
1.6 Cornea.....	pag.14
1.7 Camera anteriore e angolo.....	pag.15
irido - corneale	
1.8 Iride.....	pag.16
1.9 Corpo ciliare.....	pag.17
1.10 Coroide.....	pag.19
1.11 Sclera.....	pag.19
1.12 Annessi oculari.....	pag.21
1.13 Proiezioni retinugenicolate.....	pag.23
1.14 Regolazione molecolare.....	pag.24
dello sviluppo dell'occhio	

Capitolo 2: Sviluppo normale della visione.....pag.26

1.1 L'acuità visiva.....	pag.26
1.2 La sensibilità al contrasto.....	pag.30
1.3 La visione binoculare.....	pag.33
1.4 Selettività per l'orientamento.....	pag.37
e per il movimento	
1.5 Percezione per il colore.....	pag.40

Capitolo 3: Sviluppo anormale della visione.....pag.44

1.1 La condizione generale refrattiva.....	pag.45
del neonato	
1.2 Lo strabismo.....	pag.46
1.3 L'anisometropia.....	pag.49
1.4 L'ambliopia.....	pag.51

Capitolo 4: Optometria nei bambini.....pag.55

1.1 Prima dei tre anni.....pag.55

1.2 Età prescolare.....pag.58

1.3 Età scolare.....pag.70

Capitolo 5: Come favorire lo sviluppo visivo.....pag.79

1.1 Prima dei sei mesi.....pag.79

1.2 Dopo i sei mesi.....pag.83

1.3 Età prescolare e scolare.....pag.84

Conclusioni.....pag.91

Bibliografia.....pag.93

INTRODUZIONE

Tra i cinque sensi che possediamo la vista è sicuramente quello che maggiormente ci permette di conoscere il mondo esterno e che rappresenta il canale di comunicazione primario. Grazie agli occhi riceviamo l'83% delle informazioni del mondo che ci sta attorno: il messaggio visivo è l'unico che può essere captato a piacere dal ricettore per tutto il tempo che lo desidera. Infatti, gli altri quattro sensi giocano un ruolo meno importante nel gestire lo spazio percettivo: il tatto e il gusto necessitano di prossimità immediata, l'odorato ci permette di captare stimoli che si trovano a maggiore distanza ma l'impiego delle sue informazioni avviene, soprattutto, in funzione di necessità vegetative e, infine, l'udito ha un campo d'azione più vasto; tuttavia, il messaggio uditivo ci viene imposto, esiste fintanto che dura l'emissione dello stimolo e non esiste la possibilità di riesaminarlo.

L'intervento della visione non si limita solo all'acquisizione delle immagini, ma, gioca un ruolo privilegiato durante il rapporto mamma-neonato diventando, così, il principale veicolo dei rapporti sociali.

La vista, però, non è innata e non rimane uguale per tutta la vita ma subisce delle modifiche, ossia, "matura". Quando il bambino nasce non è ancora in grado di camminare, di stare dritto, di mangiare, così, non è neanche in grado di vedere come gli adulti e imparerà a farlo man mano durante la crescita.

Il bambino "arriva" e sorride: la sua vista non è nitida, è limitata nella visione a distanza per cui il suo mondo è governato, soprattutto, dal tatto e dal gusto.

La figura illustra le differenze nella dimensione complessiva, nella forma della lente e nella profondità della camera anteriore.

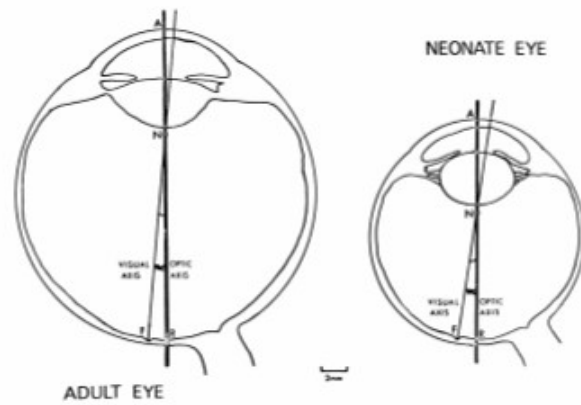


Fig.: Schematica rappresentazione della sezione orizzontale dell'occhio dell'adulto, a sinistra, e dell'occhio del neonato a destra.

L'occhio alla nascita, come il cervello, è relativamente grande: entrambi aumentano di volume di circa 3 o 4 volte rispetto al resto del corpo che aumenta di 21 volte per raggiungere la dimensione degli adulti. Al momento della nascita la retina periferica è relativamente ben sviluppata, mentre, la retina centrale (la regione maculare e la fovea), che consente la rilevazione dei dettagli, è meno sviluppata. Nei capitoli successivi vedremo come si sviluppa la vista; quando il bambino acquisisce le varie funzioni visive che caratterizzano gli adulti; le anomalie che possono insorgere quando non avviene un corretto sviluppo della vista, come effettuare un esame visivo accurato nelle diverse fasce d'età dei bambini e come favorire lo sviluppo visivo e, quindi, prevenire le anomalie.

CENNI DI EMBRIOLOGIA

La prima bozza di sviluppo dell'occhio nell'embrione comincia dalla terza settimana di gestazione. All'inizio di questa settimana l'embrione è un insieme di tre lamine formate dall'ectoderma, dal mesoderma e dall'endoderma. Soltanto l'ectoderma e il mesoderma partecipano alla formazione delle strutture oculari.

Dall'ectoderma ha origine la placca neurale che s'invagina per formare la doccia neurale che, a sua volta, forma il tubo neurale. Nella parte anteriore del tubo neurale si formano tre dilatazioni: il cervello anteriore o prosencefalo; il cervello medio o mesencefalo; e il cervello posteriore o rombencefalo.

Il primo accenno oculare è costituito da due depressioni simmetriche che rappresentano le fossette ottiche, che si presentano su entrambi i lati della placca neurale che si sta invaginando. Durante la chiusura del solco neurale le fossette ottiche si ingrandiscono formando due sporgenze che costituiscono le vescicole ottiche primarie, unite al cervello anteriore grazie ai peduncoli ottici.

La formazione delle diverse strutture oculari avviene dalla quarta all'ottava settimana di gestazione dai foglietti primitivi; questo periodo rappresenta il periodo dell'*organogenesi*. La vescicola ottica diminuisce progressivamente di spessore nella sua faccia anteriore e si invagina fino a formare una cupola aperta formata da due foglietti: uno esterno e uno interno. Il foglietto esterno diventerà l'epitelio pigmentato della retina, mentre, quello interno rappresenterà il neuroepitelio. Lo spazio compreso tra i due foglietti costituisce lo spazio intraretinico che, normalmente, successivamente tende a scomparire, però, può essere sede di un eventuale,

distacco retinico. In questo periodo avviene, anche, la formazione della cupola ottica che si invaginerà dando origine alla fessura embrionaria. Durante lo sviluppo della cupola ottica l'ectoderma superficiale aumenta di spessore a causa della proliferazione e dell'allungamento delle cellule formando la prima bozza del cristallino. L'ectoderma superficiale residuo contribuirà alla formazione delle palpebre, della congiuntiva, della cornea e del vitreo primitivo.

Il mesoderma para-assiale dà origine alla bozza dell'uvea, della sclera, dell'orbita e; in parte, attraverso la fessura embrionaria penetra all'interno per formare il vitreo primitivo. Oltre a questo, la fessura embrionaria permette la crescita all'interno degli elementi vascolari del sistema ialoideo.

Intorno alla quinta settimana di gestazione la fessura embrionaria comincia a chiudersi nella zona intermedia e, successivamente, nella zona anteriore e posteriore dando origine alla pupilla. Dopo la chiusura della fessura embrionaria sono presenti, normalmente, le strutture fondamentali dell'occhio. Il passo successivo è rappresentato da una differenziazione dei diversi tessuti oculari.

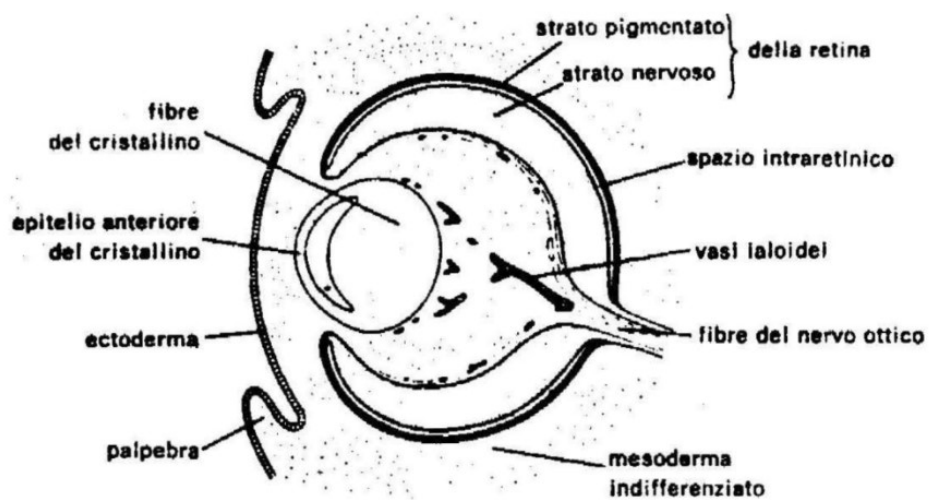


Fig. 1: Questa è la sezione di un occhio di un embrione avente sette settimane. L'abbozzo oculare si trova immerso nel mesenchima e le fibre della retina nervosa si dirigono al nervo ottico.

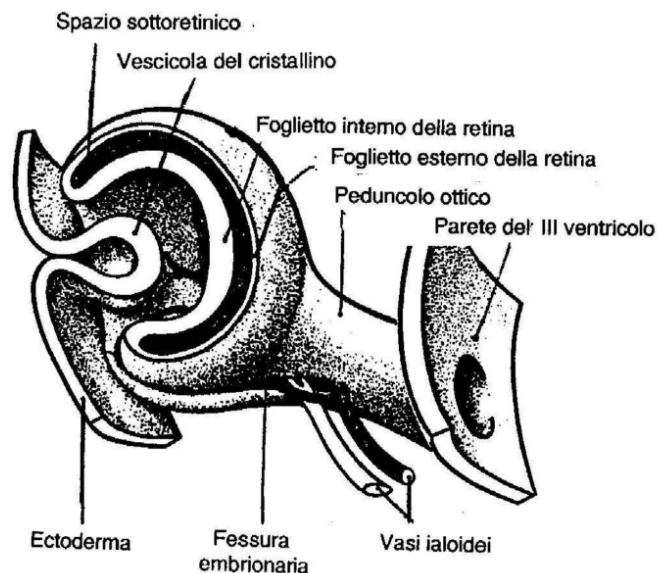


Fig. 2: Organogenesi: la cupola ottica, la vescicola cristallinica e i vasi ialoidei.

1.1 RETINA

La retina rappresenta la più interna delle tre membrane che ricoprono la parete del bulbo oculare. La funzione della retina è quella di captare gli stimoli luminosi, trasformargli in segnali nervosi e di trasmettergli alle strutture cerebrali. È una membrana sottile, delicata e leggermente rosea perché è vascolarizzata; viene strutturalmente suddivisa in un foglietto esterno che rappresenta l'epitelio pigmentato e in un foglietto interno che costituisce una membrana nervosa pluristratificata: la retina sensoriale. Quest'ultima è costituita da nove

differenti strati; andando dall'esterno verso l'interno troviamo:

- Strato dei coni e dei bastoncelli.
- Membrana limitante esterna.
- Strato nucleare esterno.
- Strato plessiforme esterno.
- Strato nucleare interno.
- Strato plessiforme interno.
- Strato delle cellule gangliari.
- Strato delle fibre nervose.
- Membrana limitante interna.

Oltre a essere costituita da nove strati diversi è anche costituita da sette tipi di cellule che si differenziano in base alle caratteristiche che possiedono e alla funzione che devono esercitare.

La differenziazione della retina inizia molto presto: intorno, circa, alla quarta settimana di gestazione. In questa settimana la cupola ottica è formata da due foglietti: uno esterno che formerà l'epitelio pigmentato e uno interno che formerà il neuroepitelio. Durante la formazione dello strato esterno nelle cellule epiteliali iniziano a comparire piccoli granuli di pigmento. Intorno al terzo mese la pigmentazione si completa e si assiste, anche, a un cambiamento dell'epitelio che da prismatico pluristratificato diventa cubico monostratificato.

Alla quarta settimana il foglietto interno può essere suddiviso in due zone: uno strato nucleato e uno strato anucleato: alcuni nuclei dello strato nucleato migrano verso lo strato anucleato e vanno a formare lo strato neuroblastico interno. Il resto dello strato anucleato si trasforma in strato nucleato secondario. Quindi, dal secondo mese di gestazione si possono distinguere due

strati nucleati: 1) lo strato neuroblastico interno e 2) lo strato neuroblastico esterno che corrisponde al vecchio strato nucleato.

Nello strato neuroblastico interno avviene la prima differenziazione delle cellule retiniche: è da questo strato che si sviluppano le cellule gangliari che, successivamente, si dirigono verso lo strato anucleato secondario, però, la loro maturazione completa avviene solo verso l'ottavo mese di gravidanza.

Le cellule dello strato neuroblastico interno non formano solo le cellule gangliari, ma, anche le cellule amacrine e le cellule di Muller: quest'ultime due tipologie di cellule vengono formate intorno al quarto o al quinto mese fetale, in cui le cellule dello strato neuroblastico migrano verso l'esterno.

In corrispondenza le cellule dello strato neuroblastico esterno migrano all'interno per dare origine alle cellule bipolari e orizzontali. Questa migrazione delle cellule verso l'interno e l'esterno dà luogo allo strato nucleare interno dell'adulto.

Dalle cellule dello strato neuroblastico vengono differenziati anche i coni e i bastoncelli.

Quindi, i diversi tipi di cellule presenti nella retina hanno origine da cellule progenitrici che, come abbiamo visto sopra, sono le cellule dello strato neuroblastico interno ed esterno.

Si pensa che i fattori estrinseci possano seriamente inibire l'abilità delle cellule progenitrici di acquisizione o perdita della capacità di differenziarsi in differenti tipologie di cellule. I fattori ambientali possono modificare le proporzioni di produzione dei diversi tipi di cellule di una particolare fase, ma, non possono indurre la produzione di cellule che sono inadeguate per quella specifica fase. Quindi, le cellule progenitrici attraversano dei stadi

particolari in cui sono competenti alla produzione di un specifico sottoinsieme di tipologie di cellule, mentre, le proporzioni di popolazioni che producono in queste fasi sono controllate da fattori ambientali. Questo prende il nome di “*modello di competenza dello sviluppo retinico*”. Una volta che le cellule retiniche e i neuroni retinici si sono formati devono migrare nelle loro posizioni affinché si formino correttamente le sinapsi e la struttura laminare della retina. Tutto ciò avviene in due fasi:

- Nella prima fase le cellule vengono imprecisamente portate nelle loro posizioni. Questa fase è regolata dalle proprietà di adesione e repulsione delle cellule e può essere caratterizzata da mutazioni dei geni che codificano le molecole di adesione alterando così la struttura laminare della retina.
- Nella seconda fase le cellule vengono organizzate, più precisamente, in mosaici omogenei distribuiti con un'adeguata struttura laminare. I meccanismi che caratterizzano questa fase possono funzionare correttamente quando la distanza tra le cellule è regolare, costante e quando la sovrapposizione dendritica è minima. Se una cellula viene rimossa o aggiunta questa può alterare il corretto sviluppo del mosaico retinico e, per impedire ciò, i componenti coinvolti in questa fase intervengono per mantenere tutto in ordine.

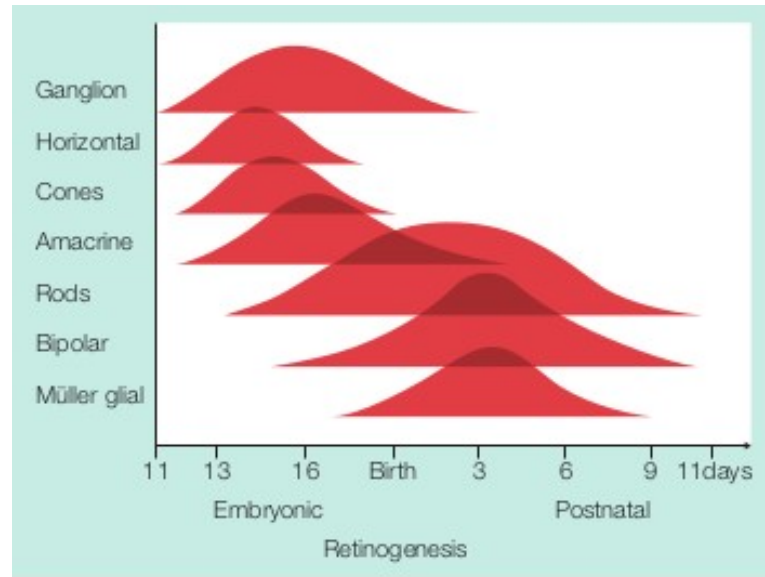


Fig. 1.1: La neurogenesi della retina segue una sequenza: le cellule gangliari e le cellule orizzontali si differenziano per prima; seguite dai coni, dalle cellule amacrine, dai bastoncelli e dalle cellule bipolari. Le curve rappresentano le proporzioni relative delle cellule che si differenziano in ogni fase, ma non il loro numero assoluto.

1.2 FOVEA

La fovea è una regione che si trova al centro della retina e corrisponde al punto di massima acutezza visiva: quando fissiamo un oggetto, la sua immagine si forma nella fovea e la visione è detta foveale o centrale. Se l'immagine dell'oggetto non si forma nella fovea allora la visione è detta periferica. La fovea è una depressione con una forma a cerchio e con un diametro di circa 1,5 mm. In questa regione sono presenti i coni (solo quelli che permettono la visione del rosso e del verde) ma non i bastoncelli.

La fovea si sviluppa prima della retina periferica ma è immatura alla nascita.

All'inizio appare come un collasso formato da cellule

gangliari, ma, a partire dalle 25 settimane di gestazione le cellule foveali del ganglio e le cellule dello strato nucleare interno migrano alla periferia creando la depressione che è caratteristica della fovea, a circa 15 mesi.

Alla nascita la densità dei fotorecettori nella fovea equivale a una piccola frazione di quella adulta: i fotorecettori periferici migrano verso la fovea da prima della nascita fino ad almeno 45 mesi dopo la nascita. Durante questo periodo i coni si riducono in diametro, i segmenti interni si accorciano, mentre, i segmenti esterni s'allungano in lunghe e sottili appendici.

Le cellule gangliari e i fotorecettori migrano in direzioni opposte e, così, si formano i processi di connessioni che sono estesi dai peduncoli dei coni ai loro corpi cellulari.

La fovea del bimbo rimane immatura anche da sei a otto mesi dopo la nascita: la morfologia e la densità delle cellule richiedono almeno 15 mesi per avvicinarsi alla maturità. In questo periodo avvengono anche alcuni sviluppi della visione che sono misurati sperimentalmente.

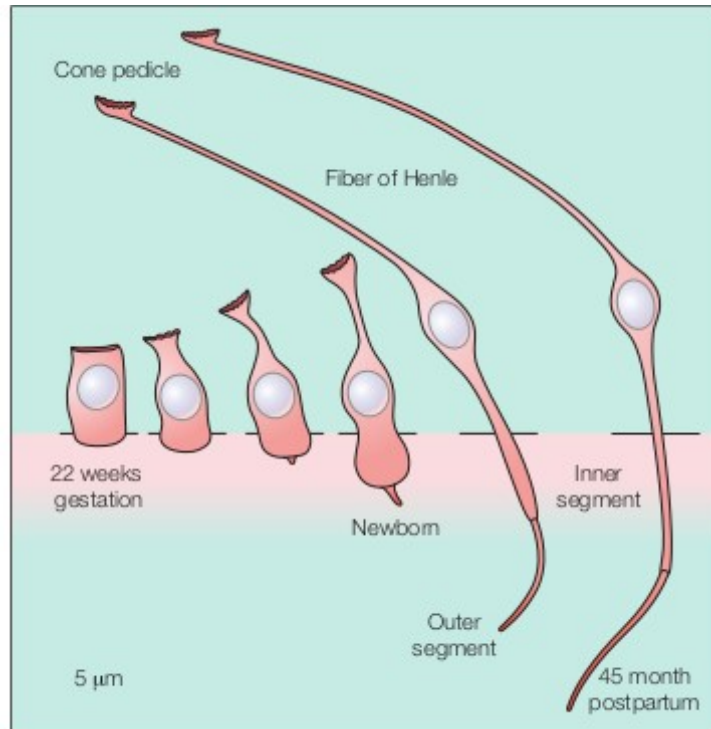


Fig. 1.2: Rappresentazione schematica dello sviluppo dei coni da 22, 24 a 26 e da 34 a 36 mesi di gestazione; alla nascita e da 15 a 45 mesi dopo il parto. Il segmento interno è presente alla nascita, mentre, il segmento esterno si forma dopo la nascita poiché si presenta come un piccolo ceppo alla nascita.

1.3 VITREO

Il vitreo è una struttura di tipo gelatinoso presente all'interno della cavità vitreale: occupa circa i 2/3 del globo oculare. È in contatto con tutte le strutture che “guardano” la camera vitrea: anteriormente con la parete posteriore del cristallino, con la zonula di Zinn e con il corpo ciliare.

Posteriormente è in contatto con la membrana limitante interna e con il nervo ottico. Da questi rapporti deriva anche la forma del vitreo: lievemente concava anteriormente data dalla convessità posteriore del cristallino; sferica posteriormente poiché segue il profilo

interno della retina.

Il vitreo origina dal tessuto mesenchimale e si forma attraverso tre tappe fondamentali:

1. Il *vitreo primitivo* che fa la sua apparizione durante il primo mese ed è formato dalle cellule del mesenchima. Queste cellule non sono ancora differenziate e sono attaccate alle fibrille di collagene, anch' esse immature che si insinuano tra la vescicola del cristallino e la cupola ottica; e si assiste alla vascolarizzazione da parte dell'arteria jaloidea.
2. A partire dalla sesta settimana il vitreo primario viene sostituito dal *vitreo secondario*. Quest'ultimo è acellulare e con la sua formazione i residui del vitreo primario si dirigono attorno ai vasi ialodei. Quest'ultimi si riducono progressivamente, scomparendo del tutto dopo la nascita. Verso il sesto mese fetale si assiste alla migrazione degli ialociti all'interno del vitreo secondario.
3. Verso il quarto mese fetale nella porzione anteriore della cavità vitreale, attorno al cristallino, si forma il *vitreo terziario* che dà origine all' apparato zonulare e a una piccola parte del vitreo confinante con la retina ciliare. Quest'ultima rappresenta la base del vitreo.

Alla fine della terza tappa si forma il vitreo finale che è costituito dal vitreo secondario, da una piccola porzione del vitreo terziario e dai pochi residui del vitreo primario. I residui del vitreo primario sono identificabili nel canale di Cloquet.

1.4 NERVO OTTICO

Il nervo ottico rappresenta il secondo paio di nervi cranici

e si diffonde dalla retina al chiasma ottico. È costituito da circa un milione di fibre nervose che costituiscono gli assoni delle cellule gangliari della retina. Tra le fibre presenti in questi assoni vi sono le fibre afferenti visive che hanno il compito di trasmettere gli stimoli al corpo genicolato laterale; le fibre pretettali destinate all'attività pupillare e, infine, sono presenti, in minima parte, fibre efferenti che conducono gli impulsi alla retina. Il meccanismo e il funzionamento di quest'ultimo tipo di fibre non è ancora conosciuto in maniera chiara.

Il primo abbozzo del nervo ottico è rappresentato dal peduncolo ottico che serve alla vescicola ottica per rimanere attaccata al cervello anteriore. Durante il secondo mese il peduncolo viene circondato dagli assoni delle cellule gangliari e, successivamente, la numerosità delle fibre nervose che si dirigono verso il cervello e le cellule presenti nello strato interno del peduncolo vanno a costituire una rete di nevroglia che svolgerà il compito di sostegno delle fibre nervose ottiche. È in questo modo che il peduncolo ottico si trasforma nel nervo ottico: nella sua porzione centrale presenta una piccola parte dell'arteria ialoidea che diventerà, poi, l'arteria centrale della retina.

In contemporanea, si assiste alla mielinizzazione delle fibre che parte dal cervello in direzione del globo oculare; e che raggiunge il chiasma solo verso il settimo mese fetale. La mielinizzazione nel nervo ottico si completa soltanto alla nascita.

La superficie esterna del nervo ottico viene rivestita da prolungamenti provenienti dalla coroide e dalla sclera che prendono il nome di pia madre, aracnoide e dura madre.

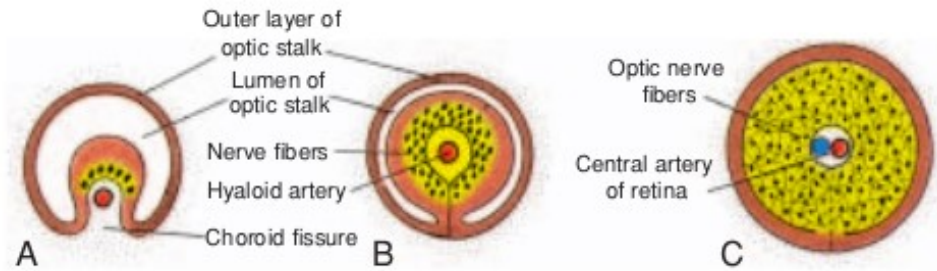


Fig. 1.4: La figura illustra in maniera schematica la trasformazione del peduncolo ottico in nervo ottico. A. 6[^] settimana; B. 7[^] settimana e C. 9[^] settimana in cui è presente l'arteria centrale della retina nel nervo ottico.

1.5 CRISTALLINO

Si tratta di una lente biconvessa, trasparente, situata tra l'iride e il corpo vitreo. La funzione del cristallino è quella di far convergere i raggi luminosi sul piano retinico e di consentire, grazie al suo potere d'accomodazione, una costante focalizzazione delle immagini sulla retina. Questa capacità, normalmente, si riduce dopo i 40 anni perché insorge la presbiopia.

Embriologicamente il cristallino deriva dall'ectoderma superficiale e, per tale motivo, non presenta vasi. Gli scambi metabolici, quindi, avvengono attraverso la cristalloide con l'umore acqueo circostante.

Il cristallino si forma a partire dalla terza settimana di gestazione: infatti, in questo periodo, è già presente davanti alla vescicola ottica la bozza del placode. Quest'ultimo s'invagina in una fossetta la cui profondità aumenta formando una vescicola che, verso la quinta settimana di gestazione, perde contatto con l'ectoderma superficiale e si sposta nella bocca del calice ottico. Le pareti di questa vescicola del cristallino sono formate da

cellule cilindriche, in seguito, le cellule della parete anteriore diventano cubiche; mentre quelle della parete posteriore si allungano formando la gemma cristallina di Kolliker. L'allungamento di queste cellule riempie la cavità della vescicola. Verso la sesta settimana di gestazione viene a formarsi il nucleo embrionario del cristallino che origina dalle fibre primarie che, a loro volta, prendono origine dall'allungamento delle cellule presenti nella parete posteriore della vescicola.

La capsula del cristallino è costituita dalla membrana basale delle cellule che costituiscono la bozza del cristallino.

Verso l'ottava settimana di gestazione insorgono all'equatore le fibre secondarie che circondano il nucleo embrionario e si incrociano per formare sulla faccia anteriore una Y dritta, mentre, sulla faccia posteriore formano una Y rovesciata. E, così, si viene a formare il nucleo fetale del cristallino che si può osservare alla nascita.

La crescita del cristallino è abbastanza veloce durante la vita uterina; la lente continua a crescere, in maniera irregolare durante gli anni attraverso la sovrapposizione di fibre all'equatore che portano alla formazione di suture complicate e di una vera e propria stratificazione del cristallino adulto: infatti, il diametro equatoriale del cristallino è di 6,5 mm alla nascita e, successivamente, arriva a 16 mm verso i 15 anni e poi rimane costante, mentre, il diametro antero - posteriore è di 3,5 mm alla nascita e nell'età adulta arriva fino ai 5 mm. Il peso del cristallino è di circa 60 mg alla nascita, all'età di un anno arriva a circa 140 mg e, infine, verso l'età di 80 anni arriva a pesare 250 mg.

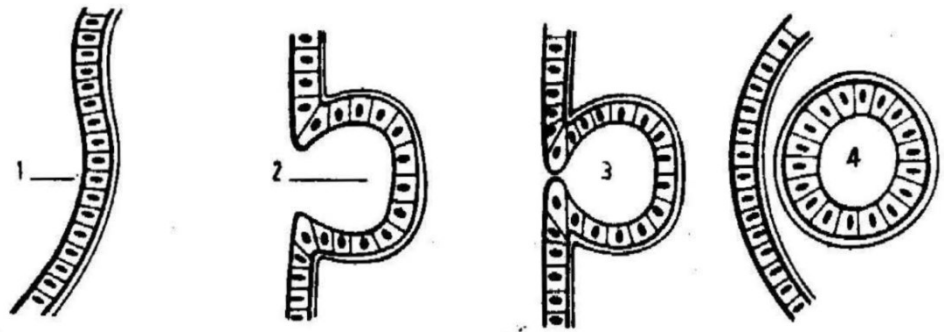


Fig. 1.5: *Raffigurazione schematica delle quattro fasi dello sviluppo del cristallino.*

1.6 CORNEA

La cornea forma la parte anteriore della tunica dell'occhio. Insieme al cristallino è la lente più importante dell'apparato oculare. Il cristallino è indispensabile per una corretta visione ma, parlando in termini di potenza, la cornea presenta il doppio del potere refrattivo rispetto ad esso; ossia, equivale circa a 43 diottrie. La cornea, quindi, è la struttura che presenta il maggior potere refrattivo del sistema visivo.

L'efficienza ottica della cornea è fornita da due caratteristiche fondamentali che possiede: la trasparenza e una curvatura regolare. Una cornea trasparente e con una curvatura regolare, insieme al cristallino, permette a un occhio emmetrope di avere una visione nitida (se anche le altre strutture oculari sono sane).

La cornea origina dal foglietto ectodermico e mesodermico: l'ectoderma superficiale forma l'epitelio della cornea e questo rappresenta la cornea primitiva fino a circa sei settimane di gestazione. Successivamente il mesoderma anteriore, che si trova situato tra l'ectoderma superficiale e il cristallino, forma lo stroma e l'endotelio corneale. Verso l'ottava settimana di gestazione

l'endotelio crea una membrana basale che al quarto mese diviene la membrana di Descemet e nei mesi che seguono, al materiale che la compongono si aggiungono anche delle strutture striate. Infine, a partire dal quarto mese si sviluppa la membrana di Bowman per differenziazione delle fibre di collagene dello stroma anteriore.

1.7 CAMERA ANTERIORE E ANGOLO IRIDO-CORNEALE

La camera anteriore è una struttura del bulbo oculare e fa parte del segmento anteriore dell'occhio. È uno spazio convesso la cui profondità diminuisce dal centro alla periferia e termina con un angolo chiamato angolo irido-corneale (formato dal punto in cui l'iride tocca la cornea). Si può osservare che il cristallino e l'iride separano la camera anteriore dalla camera posteriore. Questa separazione fa sì che le due camere siano in collegamento tra di loro e viene, così, permessa la circolazione dell'umor acqueo; infatti la camera anteriore è un'area che contiene l'umor acqueo.

Embriologicamente l'angolo irido - corneale si forma verso il quinto mese di gestazione ed è costituito da un tessuto mesodermico in cui si distinguono due zone: una esterna e una interna.

La parte esterna di questo tessuto presenta una consistenza densa e si continua con la membrana di Descemet, andando a formare il trabecolato corneo - sclerale. Mentre, la parte interna più lassa, forma il trabecolato uveale. Tra il terzo e il quarto mese, sempre dal tessuto mesodermico, si assiste allo sviluppo del canale di Schlemm, al grande cerchio arterioso dell'iride e alla porzione longitudinale del muscolo ciliare che andrà

ad inserirsi nello sperone sclerale, che si forma al sesto mese.

Non si conosce ancora come avviene lo sviluppo della camera anteriore e dell'angolo irido-corneale, ma, vi sono varie teorie che cercano di spiegare questo fenomeno, alcune di queste sono:

- Un semplice clivaggio meccanico che divide il mesenchima in due porzioni (Brurian, Braley, Allen).
- Un cambiamento di orientamento del muscolo ciliare che tira sullo sperone sclerale aprendo l'angolo mesodermico (Worst).
- Un processo di rarefazione con rottura dei ponti intracellulari e formazione di lacune che confluiscono nella camera anteriore (Smelser, Ozanics).

1.8 IRIDE

L'iride è una membrana muscolare dell'occhio. Fa parte del segmento posteriore dell'occhio, si trova situata dietro la cornea e davanti al cristallino. La sua forma e la sua funzione sono di un diaframma; infatti separa la camera anteriore da quella posteriore. Al centro dell'iride, leggermente spostata nasalmente; è situata la pupilla.

Il colore dell'iride rappresenta uno dei segni fisionomici più importanti, ossia, il colore degli occhi. Il colore dell'iride deriva dal grado di densità dello stroma irideo e dal grado di sviluppo del pigmento irideo: il colore azzurro è dato da uno stroma lasso con una pigmentazione assente o molto scarsa; il colore marrone, invece, è fornito da uno stroma denso con un'alta pigmentazione e il colore verde è dato da uno stroma lasso ma con abbondante pigmentazione.

L'iride ha origine da due strutture: dal mesoderma e dal neuroectoderma.

Dal mesoderma si formano lo stroma dell'iride e la membrana pupillare, mentre, dal neuroectoderma prendono origine l'epitelio e i muscoli sfintere e dilatatore dell'iride. Dalla sesta alla nona settimana il mesoderma inizia a crescere circondando la faccia anteriore del cristallino e verrà a crearsi una lamina che parteciperà, in parte, alla formazione dello stroma irideo e della membrana pupillare. Intorno al terzo mese di gestazione il neuroectoderma della cupola ottica si estende sulla parte anteriore del cristallino forma l'epitelio bistratificato dell'iride. Quest'epitelio è costituito da una parte anteriore da cui deriva la muscolatura liscia dell'iride; e da una parte posteriore che andrà a pigmentarsi man mano. Verso l'ottavo mese i vasi situati nel centro dello stroma irideo si atrofizzano e si verifica il ritiro della membrana pupillare. Infine, la pigmentazione dello stroma si completa e può essere osservata solo dopo la nascita.

1.9 CORPO CILIARE

Il corpo ciliare, insieme all'iride e la coroide, concorre a formare la tonaca vascolare dell'occhio: l'uvea. Nella porzione anteriore del corpo ciliare troviamo il muscolo ciliare e i processi ciliari, mentre, nella sua porzione posteriore è presente la pars-plana. Quest'ultima rappresenta una regione che permette di raggiungere la corioretina.

Il muscolo ciliare si trova situato tra la sclera e i processi ciliari ed è formato da tre tipi di fibre muscolari: fibre muscolari che hanno un andamento longitudinale, fibre con andamento radiale e, infine, le fibre muscolari con un andamento circolare. Il compito del muscolo ciliare è

quello di regolare il potere refrattivo del cristallino e quello di facilitare il deflusso dell'umor acqueo.

I processi ciliari danno origine a delle pieghe radiali che sporgono nella camera posteriore. Questi processi ciliari sono vascolarizzati e sono formati da uno strato rivestito da un epitelio che si suddivide in uno strato interno non pigmentato; e in un secondo strato pigmentato che si trova collocato sotto il primo strato.

La funzione principale del corpo ciliare è quella nutritiva che viene effettuata attraverso la produzione dell'umor acqueo da parte dell'epitelio non pigmentato.

Il primo accenno di sviluppo dei processi ciliari avviene intorno al terzo mese di gestazione tra l'epitelio dell'iride e l'epitelio della retina. Verso il quinto mese si sviluppano la pars-plana e l'ora serrata. Il tessuto mesodermico concorre alla formazione dello stroma e del muscolo ciliare; quest'ultimi si differenziano dal mesoderma verso il quinto mese ma il loro sviluppo non è ancora completo alla nascita.

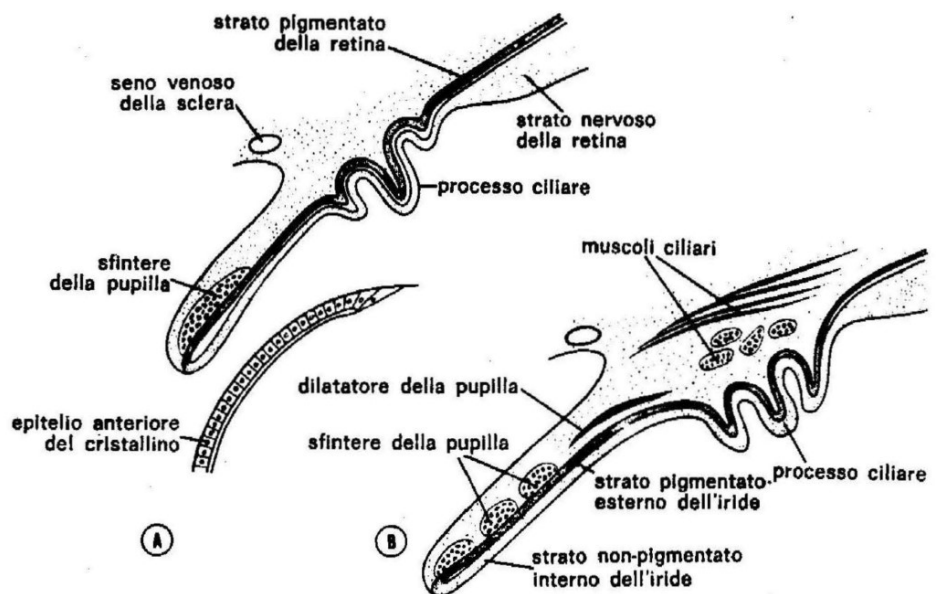


Fig. 1.8 e 1.9: Raffigurazione in modo schematico dello sviluppo dell'iride e del corpo ciliare. Il margine del calice

ottico è ricoperto dal mesenchima in cui si formeranno i muscoli sfintere e dilatatore della pupilla che prendono origine dall'ectoderma.

1.10 COROIDE

La coroide è una membrana di tipo vascolare pigmentata e di costituzione spugnosa. Si trova collocata tra la sclera e la retina.

La funzione principale della coroide è quella di fornire l'apporto nutritivo al neuroepitelio retinico, in particolar modo, alla macula che è irrorata soltanto dalla coriocapillare. Il compito di quest'ultima nella regione maculare è quella di termoregolazione: diffonde il calore tra i fotorecettori retinici proteggendoli dal surriscaldamento provocato dai raggi luminosi. Insieme al corpo ciliare concorre, anche, alla regolazione della pressione endoculare.

La coroide, embriologicamente, deriva dal tessuto mesenchimale che circonda la cupola ottica. Fino al secondo mese non è vascolare, successivamente, inizia a svilupparsi una rete di capillari che riveste l'epitelio neurale. La rete dei capillari da origine alla coriocapillare definitiva, quindi, si assiste allo sviluppo delle strutture venose e, poi, delle strutture arteriose; le arterie ciliari che sono osservabili all'incirca intorno al quarto mese. La membrana di Brunch è presente precocemente sotto forma di membrana basale e separa l'epitelio retinico dal mesoderma.

Al quinto mese la coroide è formata del tutto e compaiono i melanociti a partire dalla cresta neurale.

1.11 SCLERA

La sclera costituisce la membrana più esterna dell'occhio e ricopre i 5/6 della superficie oculare. Nella sclera sono presenti delle piccole fessure, all'incirca 20, che lasciano il transito di vasi e nervi: le arterie ciliari anteriori e posteriori brevi e lunghe, le 4 vene vorticosi e i nervi ciliari.

La sclera è una membrana compatta, non elastica e di colore bianco negli adulti; di colore bianco-azzurro nei bambini perché l'uvea sottostante è bianca e trasparente e bianco-giallastra negli anziani a causa della presenza dei depositi lipidici.

La sclera, come la coroide, prende origine dal mesoderma che ricopre la cupola ottica: dalla settimana di gestazione il mesoderma inizia a evolvere per raggiungere il polo posteriore; e tutto ciò avviene verso il quinto mese di gestazione. In contemporanea le cellule mesenchimali, che si differenziano in fibroblasti, producono fibre di collagene e fibre elastiche.

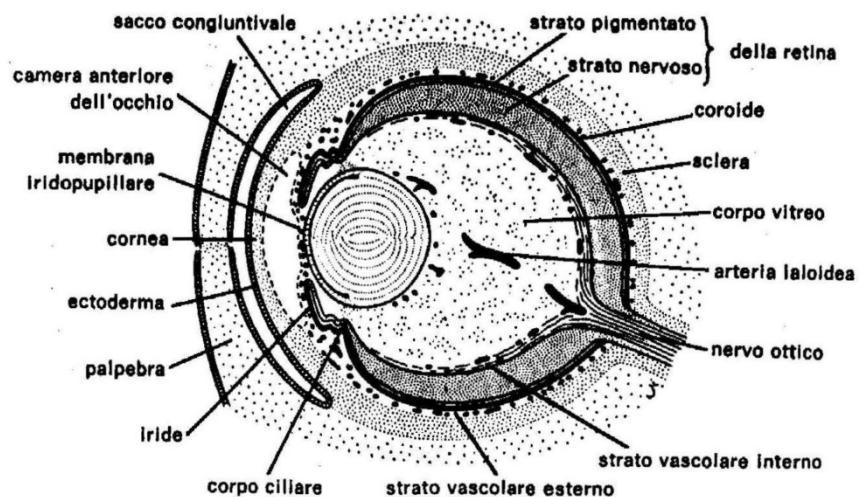


Fig. 1.11: Schema di una sezione antero - posteriore di un occhio di un embrione di 15 settimane.

1.12 ANNESSI OCULARI

Con il termine di annessi oculari ci si riferisce alle palpebre, all'apparato lacrimale, all'orbita e al suo contenuto.

Le palpebre sono delle pieghe costituite dal muco e dalla cute. Sono in numero di due per lato: una superiore e una inferiore. La funzione principale delle palpebre è quella di proteggere il bulbo oculare da traumi di vario genere, dai corpi estranei, dall'abbagliamento ecc ... però svolgono, anche, un'importante funzione: attraverso l'ammiccamento permettono la formazione del film lacrimale sul bulbo oculare e sulla cornea e permettono la rimozione del pigmento retinico.

L'apparato lacrimale è costituito dalle ghiandole lacrimali che hanno il compito di secernere le lacrime; dal film lacrimale che si trova sulla superficie del bulbo oculare e, infine, dalle vie lacrimali che svolgono il compito di escrezione del liquido lacrimale nella cavità nasale.

L'orbita è una cavità che si trova nel foro ottico, il bulbo è presente in questa depressione, mentre, il restante spazio è occupato dal tessuto adiposo. L'orbita è formata da sette ossa: l'osso sfenoide, frontale, zigomatico, mascellare, palatino, lacrimale e dall'etmoide. L'orbita contiene sei muscoli extraoculari che tengono sospeso il bulbo nella cavità, è innervata da sette nervi sensitivi e da quattro nervi motori.

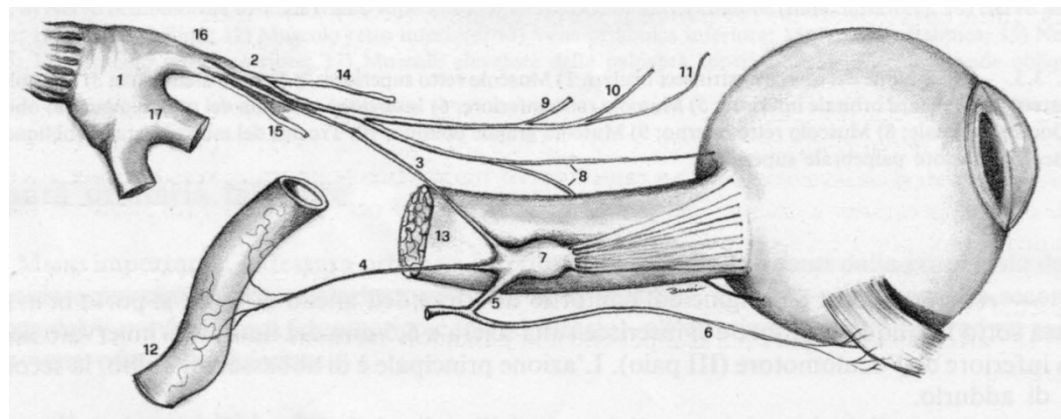


Fig. 1.12: Mostra gli elementi nervosi presenti nell'orbita.
 1) ganglio ciliare; 2) nervo naso – ciliare; 3) ramo sensitivo del n. naso – ciliare; 4) radice afferente simpatica; 5) radice motoria del ganglio ciliare; 6) ramo dell'oculomotore che si dirige al m. obliquo inferiore; 7) ganglio ciliare; 8) nervi ciliari lunghi; 9) etmoide posteriore; 10) etmoide anteriore; 11) n. infratrocleare; 12) arteria carotide interna; 13) nervo ottico; 14) nevo frontale; 15) nervo lacrimale; 16) nervo oftalmico; 17) nervo mascellare.

Embriologicamente le palpebre derivano dalla cute ectodermica e mesodermica: verso il secondo mese di gestazione si formano due pieghe con struttura ectodermica e mesodermica, una piega si trova superiormente e l'altra inferiormente. Queste due pieghe rappresentano le palpebre che si saldano in una sutura orizzontalmente davanti al sacco congiuntivale. Successivamente, nello spessore delle palpebre, originano i muscoli e il tarso dal mesoderma. Verso il quinto mese si formano le cellule basali dell'epitelio delle palpebre, i follicoli delle ciglia e le ghiandole di Zeiss, di Moll e di Meibomio. Intorno all'ottavo mese le palpebre si separano.

Passando all'apparato lacrimale, le ghiandole lacrimali iniziano a formarsi durante il terzo mese da cinque - otto gemme epiteliali della congiuntiva del fornice superiore. Inizialmente queste gemme epiteliali sono piene di lume, mentre gli acini si sviluppano dopo la nascita e le lacrime compaiono verso il terzo mese dopo la nascita.

Le vie lacrimali originano dalla fusione di due gemme epiteliali, una superiore e una inferiore. La gemma superiore si sviluppa verso la sesta settimana di gestazione dall'ectoderma superficiale e darà origine ai canalicoli lacrimali e al sacco lacrimale; invece, la gemma epiteliale inferiore ha origine dalla base delle fosse nasali e verso il sesto mese si unisce alle vie lacrimali superiori.

1.13 PROIEZIONI RETINOGENICULATE

Nei primati circa il 90% delle proiezioni retinogeniculate si dirige verso il corpo genicolato laterale CGL. Il corpo genicolato laterale è formato da sei strati differenti e ciascuno di questi strati è costituito da differenti cellule che presentano caratteristiche specifiche. Quattro dei strati principali (due per ogni occhio) contengono cellule piccole chiamate parvocellulari P, altri due strati (uno per ogni occhio) è formato da cellule grandi chiamate magnocellulari M. Lo spazio presente tra i diversi sei strati è occupato da una terza classe di cellule denominate koniocellule K.

Gli strati del CGL sono presenti alla nascita. Il loro sviluppo indica l'interazione tra meccanismi responsabili della trasmissione del segnale e tra meccanismi che sono responsabili della formazione dei percorsi visivi. Il periodo necessario alla formazione degli strati del CGL va da 14 a 30 settimane di gestazione e, durante questo periodo, la popolazione degli assoni delle proiezioni retinogenicolate

si riduce da 3,5 milioni a 1 milione. Si pensa che la perdita di questi assoni sia dovuto alla generazione degli strati per ciascun occhio e che, durante questo sviluppo, vengano eliminate le connessioni inappropriate o non necessarie, questa attività prende il nome di: *eliminazione selettiva*. L'eliminazione selettiva dei terminali degli assoni isola anche gli input binoculari al CGL. Lo sviluppo delle cellule P e M non avviene attraverso l'eliminazione selettiva: dopo la mitosi finale le proiezioni retinogeniculate si differenziano presto nelle cellule P e M. Gli afferenti delle cellule P sono i primi a raggiungere il CGL e vanno a innervare il segmento mediale che, successivamente, si svilupperà nei quattro strati che sono formati dalle cellule P. Gli afferenti retinici delle cellule M raggiungono il CGL in un secondo momento e vanno a innervare il segmento laterale e, anche quest'ultimo, successivamente si svilupperà nei due strati che contengono le cellule M. Quindi, gli afferenti retinici innervano selettivamente le cellule P e M e questo suggerisce un'attività di "*targeting selettivo*" più che di un'eliminazione selettiva.

1.14 REGOLAZIONE MOLECOLARE DELLO SVILUPPO DELL'OCCHIO

Il gene più importante nel regolare le strutture dell'occhio è il PAX6. La formazione del cristallino è data dal PAX6, infatti, lavora nello strato ectodermico per regolare lo sviluppo del cristallino. Il tutto inizia con la formazione del PAX6 nella placca neurale che, controlla anche, il gene SOX2 e la futura espressione del PAX6 nell'ectoderma del cristallino. Successivamente, la vescicola ottica porta alla formazione BMP-4 che partecipa alla regolazione e al mantenimento dell'espressione del SOX2 e del LMAF

che è un altro fattore di trascrizione. In seguito, il PAX6 controlla l'espressione di due geni: SIX3 e PROX1. L'espressione combinata di PAX6, SOX2 e LMAF porta all'espressione dei geni che hanno il compito di regolare lo sviluppo delle proteine del cristallino, mentre, il PROX1 ha il compito di regolare i geni che controllano la proliferazione cellulare.

I fattori che aumentano i fibroblasti FGF della superficie dell'ectoderma hanno il compito di formare lo strato interno della retina (retina nervosa); invece il fattore di crescita TGF- β , secreto dal mesenchima circostante, porta alla formazione dello strato esterno della retina (pigmentato).

NORMALE SVILUPPO DELLA VISIONE

Per comprendere al meglio come avviene lo sviluppo della visione bisogna conoscere com'è la visione nei neonati e come si sviluppa. Quest'ultimi non vedono il mondo, le persone, lo spazio che gli circonda come gli adulti. Infatti, l'occhio del neonato è sensibile alla luce, l'acuità visiva è molto povera e così anche la sensibilità al contrasto, la sensibilità alla forma e la sensibilità alla direzione del movimento. Anche il campo visivo del neonato è molto piccolo, infatti, non riesce a vedere elementi che si trovano in periferia.

Il neonato riesce a reagire alla stimolazione visiva attraverso i movimenti del capo e degli occhi.

2.1 L' ACUITÀ VISIVA

L'acuità visiva o l'acutezza visiva (A. V.) rappresenta la condizione rifrattiva del soggetto in esame.

Con il termine di acuità visiva ci si riferisce alla capacità dell'occhio di riconoscere i particolari in un oggetto; essa rappresenta l'inverso delle dimensioni angolari minime che un elemento deve avere per permettere all'osservatore d'identificarlo. Tanto più le dimensioni dell'elemento sono piccole maggiore è l'acutezza visiva. La grandezza dell'immagine dell'oggetto osservato aumenta all'aumentare della dimensione dell'oggetto, mentre, diminuisce man mano che aumenta la distanza tra l'osservatore e l'oggetto di osservazione. Esistono quattro tipi di acuità visiva:

1. *L'acutezza di visibilità*: si riferisce alla capacità di identificare o escludere la presenza di un oggetto.

2. *L'acutezza di risoluzione*: rappresenta la percezione dei dettagli dell'oggetto osservato.
3. *L'acutezza di localizzazione*: si riferisce alla capacità di localizzare nello spazio due oggetti.
4. *L'acutezza di ricognizione*: si riferisce alla capacità di riconoscere le caratteristiche o la forma dell'oggetto in osservazione.

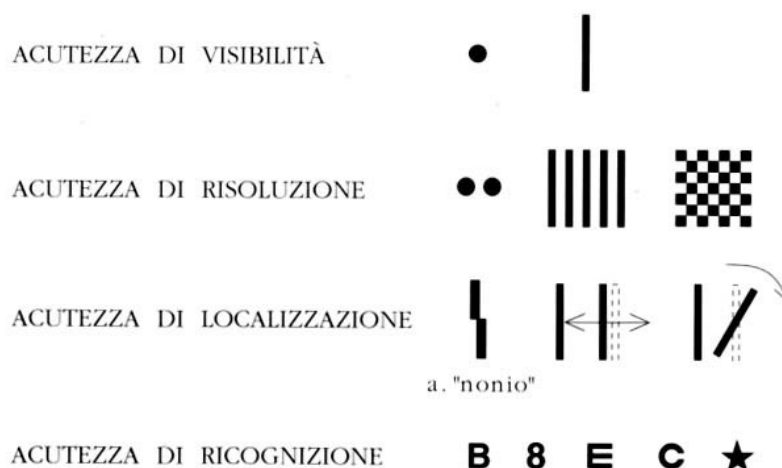


Fig. 2.1a: Rappresentazione dei compiti svolti dalle diverse acutezze visive.

Per gli adulti l'acuità di risoluzione è di circa 30 cicli/grado che equivale al valore di 20/20 dell'acuità di Snellen. Negli studi classici, effettuati con il nistagmo optocinetico, i bambini di età compresa tra 80 minuti e 5 giorni hanno mostrato un'acuità di 0,56 cicli /gradi che si muovono a 8,5 °/sec. L'acuità visiva non richiede solo i muscoli dell'occhio, dell'orbita e i muscoli ciliari ma richiede anche

la retina e la fovea. I muscoli che permettono il movimento dell'occhio iniziano a rafforzarsi dalla nascita e verso i due mesi d'età i neonati acquistano il controllo del loro occhio. Però, le immagini sono ancora poco chiare a due mesi a causa di altri componenti del sistema visivo come la fovea, la retina e le circuitature cerebrali sono ancora in fase di sviluppo. Ciò significa che anche se un neonato è in grado di concentrarsi su un'immagine che si forma sulla retina, la fovea e altre parti visive del cervello sono troppo immature per trasmettere un'immagine chiara.

Alla nascita l'acuità visiva è poverissima, infatti, è di 1/10, il campo visivo è piccolo, la pupilla si restringe alla luce; alla luce forte il bambino ammicca e lo sguardo del bimbo è attratto da una luce debole.

Verso circa due settimane il bambino riesce a coordinare i muscoli oculari riuscendo a mettere a fuoco oggetti che si trovano a 20-25 cm di distanza, cioè, alla distanza in cui si trova il volto della mamma quando viene allattato. Tutto ciò che è presente al di là dei 20-25 cm appare sfuocato e impreciso.

All'età di circa un mese compare il riflesso di fissazione e il piccolo è in grado di fissare un oggetto ed è in grado di seguire per qualche secondo con lo sguardo un lento movimento in orizzontale e/o in verticale di un oggetto che si trova a 20-25 cm di distanza. Sempre in questa fase, riesce a cogliere i contorni di un viso e sorride a qualsiasi cosa che somigli a un viso.

Infine inizia a comparire la chiusura palpebrale di fronte a un pericolo.

Verso due mesi di età il bambino è in grado di mantenere la fissazione durevole su un oggetto vicino, ad esempio un viso vicino, presentando piccoli e lenti movimenti d'inseguimento. A questo punto il parallelismo tra gli assi

visivi si stabilizza.

All'età di circa tre mesi il bambino riesce a gestire i muscoli del collo e, quindi, riesce a seguire gli spostamenti della mamma, insorge la convergenza, quindi, man mano che un oggetto si avvicina gli occhi ruotano verso l'interno.

All'età di circa cinque mesi la vista del piccolo arriva fino a qualche metro da se stesso, ma, non è in grado di mettere a fuoco gli oggetti in movimento. In questo periodo l'attenzione visiva del bimbo si sposta, anche, verso oggetti di piccole dimensioni e inizia a essere presente una discreta coordinazione oculo - manuale.

A sei mesi d'età l'acuità visiva del bimbo è oltre i 2/10, riesce a fissare bene gli oggetti che si trovano a distanza.

Tra il settimo e il nono mese il bambino riesce a raggiungere un'acuità di 5/10.

A un anno il bambino ha un'acuità visiva di 6/10, indica gli oggetti che desidera e anche il campo visivo del bimbo raggiunge quello di un adulto.

All'età di tre anni l'acuità visiva raggiunge il valore di 7-8/10 e a quest'età è consigliabile portare il bambino a fare una visita dall'ortottista per verificare la presenza di un eventuale ambliopia e/o strabismo.

Verso i quattro/cinque anni d'età l'acuità del bimbo arriva ai valori normali dell'adulto di 9-10/10.

A otto anni lo sviluppo può essere considerato terminato ma può, anche, verificarsi qualche modifica a qualche anno più tardi.

I neonati non hanno bisogno di vedere la bella stampa di un contratto o di vedere chiaramente in lontananza: gli stimoli visivi più importanti si trovano in stretta vicinanza e una buona acutezza, che permetterebbe ai neonati di vedere stimoli lontani, potrebbe, piuttosto, ostacolare che promuovere il loro sviluppo. Infatti, secondo Hainline

(1998) “i neonati visivamente normali hanno il livello di funzionamento visivo necessario per le cose che i neonati devono fare”.



Fig. 2.1b: Rappresentazione schematica di come evolve la vista nel bambino durante i primi mesi di vita.

2.2 LA SENSIBILITÀ AL CONTRASTO

Un oggetto non viene percepito solo attraverso l'acuità ma, anche, quando presenta delle dimensioni minime che permettono la sua percezione all'osservatore; e per poter essere identificato deve possedere un contrasto rispetto allo sfondo, che superi un certo valore. La sensibilità al contrasto si riferisce all'inverso del contrasto minimo che è necessario a una persona per percepire un oggetto distinguendolo dallo sfondo.

Alla nascita il neonato presenta già un lieve contrasto poiché è in grado di percepire il contrasto tra le zone chiare e le zone d'ombra come, per esempio, le sopracciglia e i capelli della mamma. La sensibilità al contrasto complessiva di un bambino è di circa 10 volte inferiore rispetto a quella di un adulto, anche se, i neonati sono più sensibili nella regione delle basse frequenze spaziali.

Infatti, fino a nove settimane di vita si verifica un aumento

della sensibilità al contrasto in tutte le frequenze spaziali ma, in particolar modo, l'aumento di sensibilità è limitata lungo il dominio delle alte frequenze spaziali indicando un miglioramento della risoluzione spaziale piuttosto che della sensibilità al contrasto. Quindi, lo sviluppo delle frequenze spaziali basse segue uno sviluppo temporale più basso rispetto a quello delle alte. Una spiegazione a questo fenomeno può essere data dal fatto che le frequenze temporali alte sono presenti nella fovea che si sviluppa in modo più lento rispetto alla periferia; quindi è probabile che il lento aumento della sensibilità alle alte frequenze spaziali sia causato da un lento sviluppo della fovea. Allo stesso modo, visto che la sensibilità alle basse frequenze spaziali non è influenzata dalla fovea, ne consegue che la precoce sensibilità alle basse frequenze spaziali sia dovuta a una maturazione, relativamente, avanzata dei fotorecettori localizzati in periferia.

Un'altra prova che va supportare quest'ipotesi è che anche le scimmie infantili, come i neonati, presentano la stessa depressione di sensibilità al contrasto rispetto agli adulti. Anche nelle scimmie infantili è evidente la maggior sensibilità alle basse frequenze spaziali e, come nei neonati umani, la differenza temporale nello sviluppo tra le basse e le alte frequenze temporali.

Probabilmente lo sviluppo dei fotorecettori periferici e centrali non è l'unico fattore che limita lo sviluppo della sensibilità al contrasto. Infatti, lo sviluppo della sensibilità al contrasto potrebbe essere influenzato dal corpo genicolato laterale e dalla corteccia visiva, ma non è semplice trovare risultati poiché quest'ultimi due ricevono già segnali da parte della retina immatura.

Già all'età di tre mesi il bimbo presenta una sensibilità al contrasto simile a quella di un adulto.

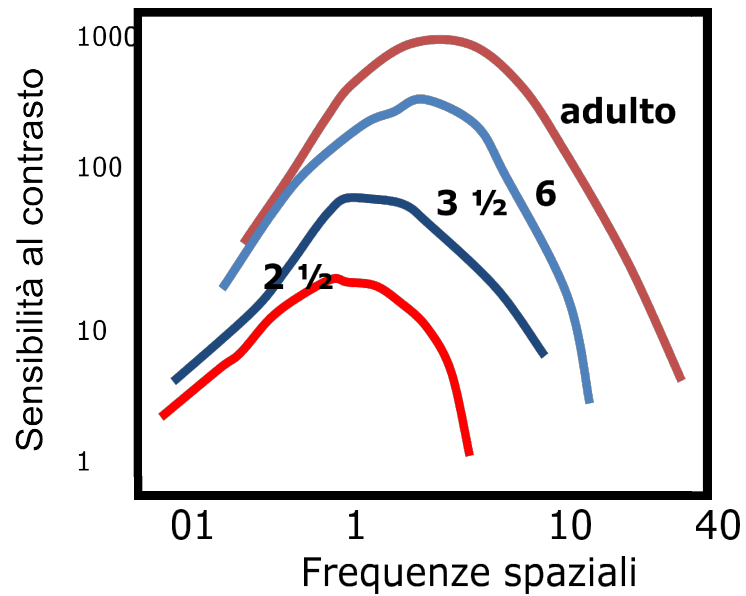


Fig. 2.2a: Mostra come si sviluppa la curva di sensibilità al contrasto nel bambino. Nel bambino si verifica una minore sensibilità assoluta, il picco della curva si trova spostato verso le frequenze spaziali basse; si nota che avviene una minore caduta alle frequenze spaziali basse rispetto alle alte e che la banda di frequenza è più ristretta.

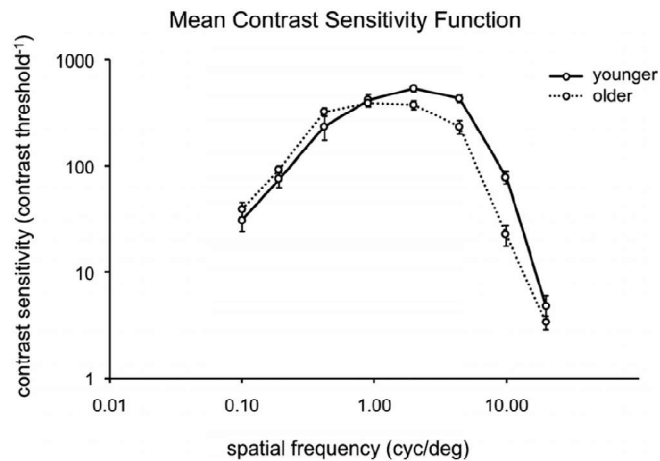


FIGURE 2. Mean binocular contrast sensitivity functions of younger (continuous line) and older observers (dotted line).

Fig. 2.2b: Questa rappresentazione mostra la tipica forma di una curva di sensibilità al contrasto in visione fotopica e centrale per soggetti adulti normovedenti.

2.3 LA VISIONE BINOCULARE

Una particolare caratteristica della visione nell'uomo è quella di possedere una visione binoculare, ossia, la capacità di fondere cerebralmente le due immagini provenienti dai due occhi per ottenere un'unica immagine di qualità superiore.

Nella maggior parte degli animali, invece, la visione dei due occhi è indipendente rinunciando, così, alla qualità dell'immagine ma ottenendo un maggior campo visivo.

La visione binoculare è un evento molto articolato che richiede la partecipazione e lo sviluppo di varie strutture, come per esempio, un adeguato sviluppo delle strutture neuro - anatomiche, una buona capacità visiva da parte di entrambi gli occhi e un'adeguata esperienza visiva. Per tali motivi la visione binoculare non è presente alla nascita ma viene acquisita dopo la nascita, in particolare, dall'età

di 0 a due anni e, man mano, si completa e si affina fino all'età di otto anni. Dopo quest'età tutto quello che non si è imparato e non si è acquisito viene perso. Questo può accadere quando sono presenti dei deficit che non permettono l'adeguato sviluppo delle strutture neuro-anatomiche e neuro - sensoriali, oppure, quando si è in presenza di un'elevata ametropia, instauratasi precocemente, che non viene riconosciuta e compensata in tempo, non permettendo così, una buona acuità visiva e, quindi, l'esperienza visiva necessaria.

La semidecussazione delle fibre nervose del nervo ottico a livello del chiasma è l'evento che sta alla base dello sviluppo della visione binoculare. La quantità di fibre che non si incrociano al chiasma è in rapporto alla sovrapposizione dei campi visivi. Per esempio, nel coniglio i campi visivi hanno un basso grado di sovrapposizione e, per questo, le fibre nervose omolaterali sono di un basso numero. Nell'uomo la sovrapposizione dei campi visivi è quasi completa e, anche, le fibre nervose omolaterali sono di quantità maggiore, quasi uguali, a quelle controlaterali.

Una buona visione binoculare offre all'uomo diversi vantaggi:

- Il campo visivo è maggiore rispetto a quello di altre specie non appartenenti ai primati.
- La sovrapposizione dei campi visivi elimina lo scotoma da parte di entrambi gli occhi che si verifica nel punto di emergenza del nervo ottico: la papilla ottica.
- In genere, l'acuità visiva binoculare è superiore a quella monoculare.

- La binocularità permette la percezione dello spazio: la *stereopsi*.

Alla nascita la fissazione binoculare non è presente perché i movimenti dei due occhi non sono coordinati e ognuno dei due occhi si muove indipendentemente l'uno dall'altro. Quindi, alla nascita è presente la fissazione monoculare ma non quella binoculare. Comunque, la fissazione monoculare non è stabile poiché richiede che il soggetto sia consapevole dell'oggetto che sta fissando, abbia un certo interesse verso l'oggetto di fissazione e che riesca a mantenere la fissazione per un certo tempo. Queste richieste sono ancora elevate per le capacità del neonato e, quindi, la fissazione è instabile e rudimentale. Verso due/tre settimane di vita il bimbo inizia a eseguire i movimenti visivi in maniera scoordinata.

Verso quattro/cinque settimane il neonato riesce a mantenere la fissazioni di oggetti grandi e vicini.

All'età di, circa, sei settimane il neonato riesce ad alternare la fissazione tra i due occhi. A questo punto inizia a instaurarsi la fissazione binoculare e il bimbo riesce a svolgere i movimenti d'inseguimento su oggetti o persone che si trovano a distanza prossimale. Inizialmente questi movimenti sono costituiti da saccadi, ossia, caratterizzati da salti, poi dai tre ai cinque mesi di vita evolvono diventando omogenei e continui.

Dopo i tre mesi di vita la fissazione diventa conscia e non è più riflessa.

I movimenti coniugati di vergenza si sviluppano verso i sei mesi di vita e, successivamente, si instaurano i movimenti di vergenza non coniugati.

Verso i due/tre anni compare la funzione accomodativa poiché il muscolo ciliare si è formato totalmente permettendo, così, una visione nitida degli oggetti in

osservazione. Man mano che aumenta la capacità accomodativa migliora l'acuità visiva degli oggetti posti a una distanza prossimale. Oltre allo sviluppo dell'accomodazione, avviene anche lo sviluppo dell'evento della fusione (generalmente entro i sei mesi di vita) che ha il compito di governare la funzione accomodativa e la vergenza.

La fusione è caratterizzata dalla:

1. **Fusione motoria** in cui l'apparato muscolare lavora per collocare l'immagine dell'oggetto osservato su aree corrispondenti.
2. **Fusione sensoriale** in cui il compito della psiche è quello di ottenere un'unica immagine dalle due immagini retiniche simili.

A questo punto che si sono instaurati questi processi si può considerare che la visione binoculare si sia formata del tutto e si può instaurare la stereopsi.

Quest'ultima migliora durante il corso della vita e con l'ottenimento di una normale e stabile visione binoculare.

La stereopsi rappresenta la capacità dell'individuo di vedere gli oggetti in profondità, ossia, nello spazio tridimensionale e prende origine dalla psiche che, tramite la disparità visiva orizzontale, trae importanti informazioni sulla forma tridimensionale degli oggetti e sulla loro posizione nello spazio.

Affinché si sviluppi la stereopsi devono esistere delle condizioni visive:

- Fissazione bifoveale.
- Adeguata capacità di fusione.
- Una buona e sufficiente acuità visiva in entrambi gli occhi.

Quindi, da tutto ciò si può capire che la stereopsi è un fenomeno fondamentale della visione binoculare e non può presentarsi finché non si instaurano le capacità di percezione simultanea e di fusione.

La stereopsi insorge verso i quattro mesi e continua a migliorare durante lo sviluppo del bimbo, infatti, verso i sette/undici mesi di vita il bimbo cerca di afferrare gli oggetti che vede in profondità. A tre anni è consigliabile verificare la presenza della stereopsi attraverso il test della mosca di Titmus.

Verso i sei anni la stereopsi dovrebbe essere maturata completamente ma si possono verificare miglioramenti fino agli otto anni di vita.

La stereopsi, oltre che dalla psiche, discende anche dalla capacità di fondere le immagini, però, non è infrequente trovare soggetti che presentano regolari capacità di fusione e povere capacità, a volte anche nulle, di stereopsi. Infatti, nella corteccia visiva è stata identificata una famiglia di neuroni con il compito di identificare le forme di disparità retinica; e il cui anormale sviluppo porta all'alterazione della visione stereoscopica. Infatti, lo sviluppo della stereopsi dipende dal normale aumento di numero di questi neuroni e dalla loro raffinatezza dei collegamenti extra striati.

2.4 SELETTIVITÀ PER L'ORIENTAMENTO E PER IL MOVIMENTO

La corteccia striata V1 in tutti i mammiferi si trova nel polo posteriore del lobo occipitale ed è caratterizzata da sei strati:

- Nello strato I non sono presenti neuroni.

- Lo strato IV si suddivide, a sua volta, nei strati IVa, IVb e IVc.
- Lo strato IVc si divide in IV α e in IV β .

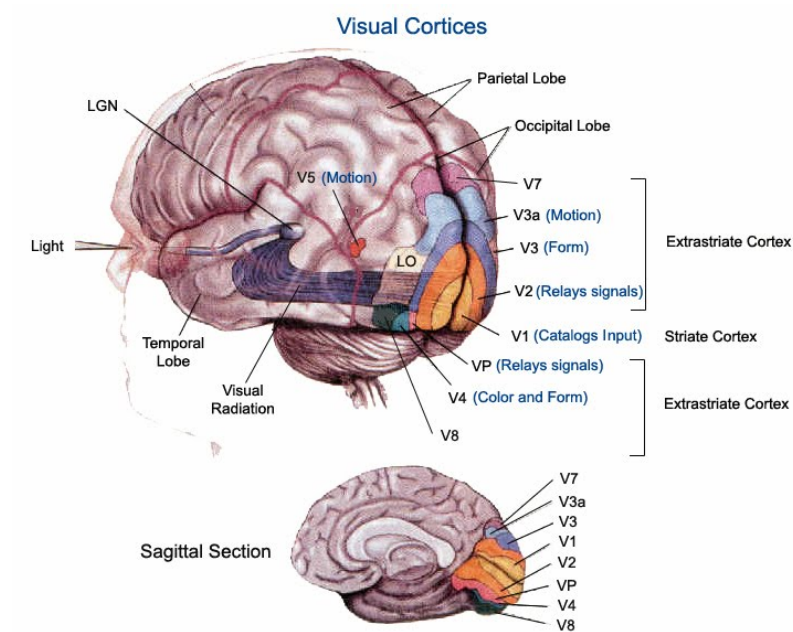


Fig. 2.4: *Rappresentazione schematica di com'è organizzata la corteccia striata.*

Uno dei compiti della corteccia visiva è quello di processare le informazioni riguardo alla forma e alla localizzazione degli oggetti statici e in movimento nel campo visivo. Infatti, nello strato IV α sono presenti cellule semplici che presentano campi visivi allineati e ricevono input da cellule gangliari che presentano campi ricettivi allineati. Le cellule dello strato IV α rispondono meglio a una barra di luce in relazione al suo orientamento: un neurone potrebbe rispondere meglio a una barra che si trova in orizzontale, piuttosto, che a una

barra che si trova verticalmente. Per tale motivo si parla di neuroni selettivi per l'orientamento. Se un neurone è selettivo per un particolare orientamento allora anche i neuroni che si trovano adiacenti saranno selettivi per quel particolare orientamento. E quindi, si è arrivati a parlare di colonne selettive per un certo tipo di orientamento. Questi neuroni sono fondamentali per il riconoscimento della forma degli oggetti.

Queste cellule selettive per l'orientamento sono state trovate nella corteccia visiva a tre settimane di vita. In questo periodo la corteccia visiva è inesperta e non è matura ma, nonostante questa fase precoce, le cellule si trovano organizzate in colonne d'orientamento, come si trovano negli adulti.

Oltre alle cellule selettive per l'orientamento, sono presenti anche cellule selettive per la direzione: alcune rispondono in modo efficace quando uno stimolo si muove in una particolare direzione, mentre, non rispondono per la direzione opposta.

I neuroni che presentano questa selettività sono importanti per il riconoscimento e l'analisi del movimento degli oggetti.

Gli studi effettuati con la tecnica del nistagmo optocinetico mostrano che la selettività per il movimento insorge molto presto nel neonato; questa tecnica di rilevazione, però, offre delle misure di determinazione grossolane e non offre una discriminazione fine tra i vari movimenti di direzione.

Gli esperimenti effettuati con la tecnica del potenziale visivo evocato mostrano che la discriminazione del movimento si sviluppa verso le dieci/tredici settimane di vita. Mentre, discriminazioni più fini sono state verificate utilizzando la tecnica FPL (scelta forzata o sguardo preferenziale) in cui ai neonati sono stati presentati su

uno schermo dei puntini che si muovevano in una direzione opposta rispetto a quella dei puntini di fondo. In questa verifica l'angolo di rilevazione dei puntini in considerazione e quella dei puntini di fondo è stata ridotta finché non è più stata possibile rilevare l'osservazione preferenziale del neonato. A tredici settimane i neonati sono stati in grado di rilevare movimenti all'ordine di 20°, mentre, a diciotto settimane sono stati in grado di rilevare movimenti fino a 15°. Questi valori, però, si discostano da quelli di un adulto che non presenta problemi a rilevare movimenti inferiori a 1°. Purtroppo non si conosce ancora molto sullo sviluppo selettivo per l'orientamento e per il movimento.

2.5 PERCEZIONE PER IL COLORE

Come per le principali funzioni visive anche la percezione del colore non è presente alla nascita ma si sviluppa dopo e migliora costantemente durante il primo anno di vita. Gli essere umani riescono a percepire il colore attraverso i tre tipi differenti di pigmenti che si trovano nei coni. Ciascun pigmento presenta una differente sensibilità spettrale, ossia, è in grado d'identificare diverse lunghezze d'onda:

- Lunghezze d'onda brevi sono identificati dal pigmento cianolabile. I coni che presentano questo pigmento sono detti anche "blu" e presentano un picco nella regione del viola. Questi coni rappresentano il 13% dei coni totali.
- Lunghezze d'onda medie sono identificate dal pigmento clorolabile. I coni che contengono questo pigmento sono detti anche "verdi" e hanno un picco nella regione del verde. Questi coni caratterizzano il 54% dei coni totali presenti nell'uomo.

- Lunghezze d'onda lunghe sono individuate dal pigmento eritrolabile. I coni che hanno questo pigmento sono anche detti "rossi" e hanno un picco nella regione del giallo-verde. Questi coni rappresentano il 38% dei coni.

I bastoncelli non sembrano partecipare alla visione dei colori.

Il percorso utilizzato per la discriminazione dei colori è la via koniocellulare che manda direttamente gli input ai blob. I blob sono delle cellule che si trovano negli strati II e III della corteccia visiva, in particolare, in corrispondenza delle colonne di dominanza dello strato IV; e si trovano divisi in regioni che prendono il nome di interblob. Queste cellule sono importanti per l'analisi del colore dell'oggetto.

Non si sa di preciso l'età esatta in cui il bimbo riesce a discriminare perfettamente i colori, infatti, è presente un dibattito generale su questo argomento poiché bisogna tenere in considerazione diversi fattori come la luminosità/luminanza, la saturazione e la tonalità.

Attraverso dei studi si è riusciti a dimostrare che a un mese il neonato non dimostra alcuna preferenza per gli stimoli colorati e si è visto che, indipendentemente dall'età esatta, il neonato inizia a percepire i colori verso, circa, il terzo mese di vita e, si è potuto osservare che, preferisce le tinte forti, piuttosto, che un bianco uniforme; e preferisce una luminosità intensa. Infatti, a tre mesi il bimbo preferisce la lunghezza d'onda lunga (rossa) agli stimoli di lunghezza d'onda corta (blu); mentre per l'adulto è il contrario. Tuttavia, sia per il neonato che l'adulto preferiscono stimoli colorati rispetto a stimoli non colorati. Le ricerche effettuate su scimmie infantili, per capire lo

sviluppo della visione dei colori, hanno mostrato che avere un'esperienza normale sui colori è fondamentale per avere uno sviluppo normale della visione in generale. Infatti, questi studi hanno utilizzato delle scimmie infantili che sono state rinchiuso in una stanza con un'illuminazione monocromatica. In questa stanza le scimmie non hanno potuto avere accesso a uno spettro d'onda normale per il periodo di un mese. Al termine di questo periodo si è osservato che queste scimmie presentavano una capacità di discriminazione dei colori minore rispetto a quella delle scimmie che non erano state sottoposte all'esperimento. Anche se questo studio si riferisce direttamente alle scimmie infantili, ci suggerisce che la visione dei colori è fondamentale per uno sviluppo sano della vista anche negli esseri umani.

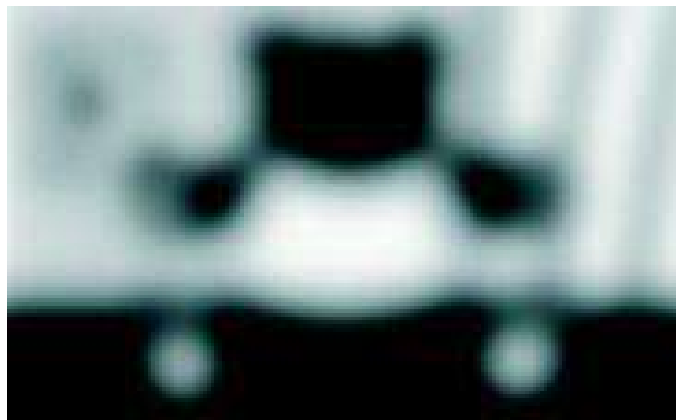


Fig. 2.5a: *La visione del neonato nei primi mesi di vita. Non riesce a distinguere nessun colore e la fissazione è molto limitata.*



Fig. 2.5b: *La visione del bimbo a 4-5 mesi. Il neonato riesce a distinguere alcuni de colori fondamentali.*



Fig. 2.5c: *La visione del bambino a 7-10 mesi. Riesce a distinguere i colori e a percepire la profondità.*

SVILUPPO ANORMALE DELLA VISIONE

Il termine periodo critico è stato studiato per la prima volta da Konrad Lorenz negli studi d'imprinting negli uccelli. Poi, è stato usato da Hubel e Wiesel per riferirsi al periodo in cui la privazione di un occhio nei gatti portava a un cambiamento delle cellule della corteccia striata. Questi due studiosi hanno verificato che la chiusura di un occhio del gatto per tre o più giorni porta alle cellule della corteccia striata a rispondere solo per l'occhio che rimase aperto.

Secondo Lorenz durante il periodo critico riguardo a qualsiasi funzione che non sia stata utilizzata o che non abbia avuto una stimolazione adeguata, lo sviluppo può essere interrotto permanentemente.

I periodi critici visivi, negli esseri viventi, iniziano dopo la stimolazione visiva come l'apertura dell'occhio nei gatti, la nascita nei primati e durano da settimane ad anni, a seconda, della specie e della funzione visiva in esame.

Sono stati trovati periodi critici per lo strabismo, per lo sviluppo della selettività per il movimento e per l'orientamento. Il periodo critico dei neuroni coinvolti nella visione binoculare è più lungo rispetto ai periodi critici dei neuroni sopra citati, anche, quello della dominanza oculare.

Nella scimmia la deprivazione monoculare prima dei tre mesi di vita influisce sulla percezione assoluta della sensibilità alla luce, la deprivazione dai 3 ai 6 mesi influisce sulla percezione della luminosità e della lunghezza d'onda, la deprivazione fino ai 18 mesi influisce sulla percezione delle frequenze spaziali alte e, infine, la deprivazione fino ai 24 mesi influisce sulla visione binoculare.

I periodi critici nell'essere umano sono meno definiti e

possono essere dedotti attraverso il follow up dei bambini che presentano delle anomalie come, per esempio, lo strabismo e l'ambliopia.

Il periodo critico visivo per l'essere umano è molto più lungo di quello dei gatti e delle scimmie. Infatti, nel bimbo deprivazioni dai 6 ai 18 mesi e i mesi di privazione fino ai 7-8 anni possono produrre deficit visivi permanenti.

Questo capitolo tratterà dei principali problemi che possono insorgere durante il periodo critico.

3.1 LA CONDIZIONE GENERALE REFRAITIVA DEL NEONATO

I neonati presentano un'ipermetropia media: infatti, all'età di 6-8 mesi tra il 6%-9% di loro possiede un'ipermetropia di circa +3,25 dt. Man mano che il sistema visivo inizia a svilupparsi, i neonati subiscono un processo di emmetropizzazione, ossia, una graduale riduzione del livello d'ipermetropia. Però, i neonati che possiedono alti livelli d'ipermetropia presentano maggiori probabilità di rimanere significativamente ipermetropi nell'infanzia; e anche i bimbi che presentano un'ipermetropia, con un astigmatismo contro regola significativo, la diminuzione dell'ipermetropia è inferiore rispetto a quelli che non lo possiedono o lo possiedono in quantità più bassa. Verso i 5 anni l'ipermetropia si è ridotta nella maggior parte dei bambini, infatti, in quest'età la prevalenza degli errori refrattivi è abbastanza bassa, e se sono presenti, si tratta di picchi lievi d'ipermetropia. Dall'età che va dai 10 ai 15 anni si verifica una significativa riduzione della prevalenza dell'ipermetropia, mentre, si assiste a un aumento dell'incidenza della miopia e l'astigmatismo è presente nel 22,5% degli alunni.

I neonati che presentano un'ipermetropia da lieve a

moderata (+3,50 dt) sono a rischio di tredici volte di sviluppare lo strabismo all'età di 4 anni e di sei volte di avere una riduzione dell'acuità visiva rispetto ai neonati con una bassa ipermetropia. Inoltre, esiste una forte associazione, quasi del 90%, tra livelli moderati d'ipermetropia con l'esotropia infantile. Se, oltre, all'ipermetropia è presente un'ipermetropia anisometropica che persiste al di là dei 3 anni allora il bimbo è, anche, a rischio di sviluppare l'ambliopia insieme allo strabismo. Quindi, la rilevazione e il trattamento precoce dell'ipermetropia può ridurre l'incidenza che s'instaurino queste complicazioni. Inoltre, l'ipermetropia non corretta può contribuire all'insorgenza di problemi d'apprendimento in alcuni bambini. I meccanismi precisi tra l'ipermetropia non corretta e i problemi d'apprendimento non sono chiari, ma, si verificano fenomeni come la sfocatura ottica, la disfunzione accomodativa e binoculare.

3.2 LO STRABISMO

Per strabismo s'intende il mancato allineamento degli assi visivi che può essere di origine muscolare o neurogena. Questi problemi possono essere congeniti, oppure, comparire durante la crescita del bambino (quasi sempre nell'infanzia).

L'occhio può essere deviato orizzontalmente o verticalmente, perciò, si distingue lo strabismo in:

- ***Ipotropia***: quando un occhio è deviato verso il basso.
- ***Ipertropia***: quando un occhio è deviato verso l'alto.
- ***Extropia***: quando un occhio è deviato verso l'esterno.

- **Esotropia:** quando l'occhio è deviato verso l'interno.



Fig. 3.2: Rappresentazione schematica delle deviazioni oculari.

Nei primi mesi di vita il neonato non essendo, ancora, capace di utilizzare i due occhi insieme; di controllarne il movimento; non possedendo una fissazione stabile e, soprattutto, non avendo una fissazione binoculare può capitare, spesso, che quando sia concentrato a guardare qualcosa, per esempio, un giocattolo uno dei due occhi appaia deviato verso l'interno o l'esterno. Questo fenomeno, di solito, tende a scomparire con la maturazione dell'apparato visivo. Infatti, durante i primi sei mesi compare la fusione binoculare, così, il neonato riesce a fondere le due immagini che si formano nelle retine; e man mano si sviluppa una normale visione binoculare con l'allineamento degli assi visivi.

Nel 2%-3% dei neonati questo non avviene: la fusione

binoculare non compare e il bimbo acquista lo strabismo. L'esotropia è la forma più diffusa in età infantile ed è, anche, spesso associato all'ipermetropia elevata.

In quest'ipermetropia elevata gli occhi tendono a convergere molto stabilendo una condizione di deviazione verso l'interno e, così, s'instaura l'esotropia.

Di solito, il bambino non si lamenta di visione doppia poiché impara ad usare soltanto l'occhio sano attraverso la soppressione di quello strabico. Si tratta di un adattamento che si sviluppa a livello subcosciente dalla corteccia visiva che trascura l'immagine proveniente dall'occhio deviato. La soppressione può essere di tre tipi:

1. *Centrale o periferica*: l'immagine che proviene dalla fovea viene eliminata da una soppressione centrale per evitare la diplopia e la confusione. La soppressione periferica evita la diplopia inibendo la percezione dell'immagine a livello della retina periferica dell'occhio deviato.
2. *Monoculare o alternante*: la soppressione è monoculare quando l'immagine dell'occhio dominante predomina su quella dell'occhio deviato. La soppressione è alternante quando alternativamente il bambino vede l'immagine dell'occhio non dominante e quello dell'occhio dominante.
3. *Facoltativa o obbligatoria*: la soppressione facoltativa s'instaura quando gli occhi appaiono deviati, mentre, quella obbligatoria è sempre presente, anche, quando gli occhi sono diritti.

Il bambino può evitare la diplopia, non solo attraverso la soppressione, ma anche attraverso la comparsa dell'ambliopia.

Oltre allo strabismo che si può instaurare nell'infanzia, è

presente anche lo strabismo congenito, ossia, uno strabismo costante e continuativo fin dalla nascita che non è collegato ad alterazioni oculari. Frequentemente nel caso dello strabismo congenito si tratta di esotropia; raramente si verificano deviazioni di tipo exo. In questo caso la soluzione è quella di intervenire chirurgicamente entro i sei mesi, affinché, il piccolo possa avere qualche possibilità di sviluppare la visione binoculare.

3.3 L'ANISOMETROPIA

Il termine anisometropia è riferito alla differenza di refrazione tra i due occhi. Per classificare una condizione come anisometropia basta avere una differenza di 0,25 dt ma funzionalmente è significativa avere una differenza di almeno 1,00 - 1,50 dt. L'anisometropia è una condizione molto frequente, infatti, non si trovano spesso persone che abbiano lo stesso potere refrattivo nei due occhi.

L'anisometropia è presente in tutti i vizi di refrazione e le combinazioni possono essere varie:

- Un occhio emmetrope e l'altro miope.
- Un occhio emmetrope e l'altro ipermetrope .
- Entrambi gli occhi miopi.
- Entrambi gli occhi ipermetropi.
- Un occhio miope e l'altro ipermetrope.

È molto frequente trovare l'anisometropia nelle miopie elevate in cui una differenza refrattiva di 2,00-3,00 dt è molto comune.

Premettendo che un leggero grado di anisometropia è fisiologico negli esseri umani; essa è già presente presto nei bambini, infatti, secondo gli studi effettuati da Vries tra il 2,7% e l'11% nel primo anno di vita si può trovare una

differenza di 1 dt tra i due occhi; e in media nei bambini si trova un valore di anisometropia di 2 dt del 4,7%. Secondo un altro studioso, di nome Hirsch, nei bambini che devono iniziare la scuola l'anisometropia presente è di 1 dt più del 2,5%, mentre, nei ragazzi che vanno dai 16 ai 19 anni è più del 5,6%.

Un alto valore di anisometropia, come per esempio una differenza di 2 dt, nei bambini che persiste fino all'età di tre anni può portare alla comparsa di, anche, lieve ambliopia monolaterale. Oltre all'ambliopia, l'anisometropia può portare alla formazione di:

- **Aniseiconia:** si tratta di un fenomeno che disturba la fusione sensoriale per la differente grandezza d'immagine retinica dovuta al diverso ingrandimento prodotto dalle due lenti. Queste immagini con diversi ingrandimenti stimolano differentemente l'accomodazione provocando disturbi nella visione binoculare.
- **Anisoforia:** un fenomeno che compare quando gli occhi guardano fuori dai centri ottici delle lenti inducendo un differente effetto prismatico che porta alla dissociazione dell'immagine verso la diplopia; e che deve essere compensata attraverso il sistema delle vergenze fusionali.

Se l'anisometropia è presente fin dalla nascita e si riesce a identificarla e correggerla prima della fine dello sviluppo oculare allora il bimbo è in grado di raggiungere un buon livello di acuità visiva e di visione binoculare. Mentre, man mano che l'età avanza aumenta anche la difficoltà d'adattamento agli occhiali. Infatti i bambini riescono, senza molti problemi, a tollerare bene le differenze di diottrie sull'occhiale; mentre per gli adulti non è così perché riescono al massimo a sopportare una differenza

di 3,5 dt sugli occhi (ma anche a questo valore fanno difficoltà). Quindi, il problema principale della correzione totale dell'anisometropia è che il paziente, spesso, non riesce a sopportarla lamentandosi di visione doppia, mal di testa, di non riuscire bene a percepire lo spazio e la profondità.

L'aumento di anisometropia, si pensa, che sia dovuto a fattori genetici, anche se, ancora non si conoscono i meccanismi che hanno un ruolo nel svilupparla. Si pensa, anche, che questo problema abbia origine da una differenza della lunghezza assiale, invece, che da una differenza di potere corneale. Inoltre, l'anisometropia si sviluppa, frequentemente, nei bambini o nei soggetti che presentano lo strabismo. L'anisometropia si sviluppa anche quando i bambini assumono delle posture scorrette per un periodo sufficientemente elevato come, per esempio, la rotazione della testa da un lato piuttosto che dall'altro.

3.4 L' AMBLIOPIA

L'ambliopia o "occhio pigro" è riferita a un occhio apparentemente normale ma che non vede in modo adeguato, infatti, il segno principale è la riduzione della capacità visiva di un occhio, raramente di entrambi. Questa ridotta visione da parte di un occhio non è attribuibile ad anomalie strutturali o patologie evidenti. Si ritiene che l'ambliopia sia causata da un'alterazione della trasmissione del segnale nervoso tra l'occhio e la corteccia cerebrale e, per tale motivo, il cervello si concentri sull'attività e sull'immagine dell'occhio sano rispetto a quello presentante un'acuità inferiore.

L'ambliopia si può distinguere in:

- **Ambliopia funzionale:** quando le strutture sono funzionali e si ritiene che la sua insorgenza sia dovuta a un'anormale sviluppo della visione e dei neuroni. Questa forma può essere trattata.
- **Ambliopia organica:** quando è dovuta a un'alterazione delle vie ottiche: un'intossicazione non evidente, varie forme patologiche. Per questa forma la terapia dipende dalla causa che la produce ed è, spesso, inefficace.

In questo piccolo paragrafo tratteremo brevemente dell'ambliopia funzionale: il criterio diagnostico dipende in base gli autori, in generale, si può considerare in presenza di ambliopia quando l'acuità visiva di un occhio non superi gli 8/10.

L'ambliopia può presentarsi solamente durante il periodo dello sviluppo visivo: in particolare, il periodo più critico per la perdita di binocularità e lo sviluppo dell'ambliopia sono i primi 18 mesi di vita (Levi, 1994, cit. in Evans 2002) da qui la criticità decresce rapidamente e la possibile causa ambliogenica si riduce progressivamente fino ad annullarsi ai 6-8 anni; infatti, le stesse cause che intervengono sulla visione quando quest'ultima è ben maturata e sviluppata non sono in grado di determinare l'insorgenza dell'ambliopia.

Di solito, l'ambliopia è causata da una deprivazione monoculare, dallo strabismo e dall'anisometropia. Quindi, si distinguono:

- **L'ambliopia da deprivazione:** in questo caso le immagini dell'oggetto fissato non riescono a stimolare la retina. Quest'ambliopia è determinata da problemi anatomici e/o patologici che impediscono i normali input visivi. Questi problemi possono essere dati da, per esempio, ptosi,

opacità del cristallino, opacità corneali, alte differenze rifrattive tra i due occhi.

- **L'ambliopia strabica:** in questo fenomeno l'ambliopia non è causata dallo strabismo ma ne è una conseguenza. Infatti, il cervello per evitare la confusione e la diplopia prodotta dall'occhio deviato decide di non utilizzarlo più.
- **L'ambliopia anisometropica:** in questo caso i due occhi avendo una differente refrazione porteranno alla formazione di un'immagine più nitida con un occhio, mentre, con l'altro occhio si formerà un'immagine meno chiara. Oltre a questo evento, quando il difetto refrattivo è elevato si formeranno delle immagini aventi grandezza diversa tali da non poter essere fuse in un'unica immagine. Per questo motivo, il cervello sceglierà l'immagine più chiara e nitida e "dimenticherà" quella proveniente dall'occhio con minor acuità.

L'occhio pigro, in genere, non dà alcun sintomo e per tale motivo bambini, genitori, insegnati difficilmente si accorgono di questa patologia. La diagnosi precoce è fondamentale per riuscire a ottenere un recupero della vista e, anche, perché la terapia sia efficace e duratura. Purtroppo, però, la diagnosi viene eseguita in età avanzata in cui la situazione diviene irreversibile.

Statisticamente l'ambliopia si verifica circa nel 3% dei bambini di età inferiore ai 6-7 anni ed è considerata uno dei principali deficit visivi nei giovani sotto l'età dei vent'anni.

Queste, appena elencate, sono le principali conseguenze quando lo sviluppo della visione non avviene in modo corretto. Però, oltre a queste, vi sono molte cause che

possono provocare la riduzione dell'acuità visiva e impedire un normale sviluppo visivo in un bambino: alcune sono di tipo genetico, altre sono secondarie a problemi che si verificano in gravidanza, al momento del parto, oppure, dopo la nascita. Alcuni bambini presentano problemi visivi a carico dell'occhio; altri presentano disturbi legati a lesioni a carico del cervello o di altre strutture nervose importanti ai fini della funzione visiva. In questi casi il danno viene indicato come danno visivo centrale. Nei bambini nati pretermine si verificano, spesso, delle lesioni cerebrali di diverso tipo che possono interessare le radiazioni ottiche o altre componenti che fanno parte della via visiva. Non tutti i bambini con questo tipo di lesioni presentano dei disturbi visivi, quindi, è opportuno seguirli attentamente nei primi mesi di vita in modo da identificare possibili problemi.

OPTOMETRIA NEI BAMBINI

Il periodo che va dalla nascita ai sei mesi e, per tutto il periodo critico, è fondamentale che il bimbo venga sottoposto ai controlli visivi per evitare che si formino delle alterazioni oculari; che potrebbero interrompere permanentemente l'abilità visiva del bimbo. Tuttavia, la valutazione di questa popolazione non è così semplice poiché, ancora adesso, non ci sono dei metodi standardizzati e non sempre si è in grado di diagnosticare lo strabismo, l'ambliopia o un errore rifrattivo significativo. Infatti, i neonati non essendo in grado di rispondere a ciò che vedono, vengono sottoposti a tecniche differenti rispetto a quelle usate per gli adulti o i bambini in grado di parlare e leggere. Le tecniche utilizzate per verificare le capacità dei neonati sono, principalmente, tre.

4.1 PRIMA DEI 3 ANNI

1. *Lo sguardo preferenziale*: si tratta di una tecnica sperimentale utilizzata nella psicologia dello sviluppo per capire fin dove possono "arrivare" le capacità del giovane paziente. In questa tecnica al bimbo vengono fatti vedere due stimoli differenti; per esempio uno schermo vuoto avente una luminosità media e uno schermo che rappresenta delle righe verticali. Se il bimbo passa più tempo a guardare uno stimolo piuttosto che l'altro allora vuol dire che è in grado di differenziare tra gli stimoli. Questo metodo è stato ampiamente usato nella scienza cognitiva e nella psicologia dello sviluppo per valutare il carattere dei sistemi percettivi infantili.



Fig. 4.1a: Di solito i neonati tendono, preferibilmente, guardare verso il lato in cui sono pretesi le strisce, piuttosto, che il lato vuoto.

2. **Il potenziale evocato visivo PEV:** è una misura del segnale elettrico registrata dal cuoio cappelluto attraverso uno stimolo visivo utilizzando elettrodi di superficie. Un PEV transitorio rappresenta la risposta per un singolo elemento, per esempio per uno stimolo lampeggiante; mentre un PEV stazionario si riferisce alla risposta di uno stimolo che si ripete di continuo e velocemente. Un metodo per misurare l'acuità in un adulto attraverso il metodo del potenziale evocato visivo è quello di ripetere una serie di PEV, usando uno stimolo ad alto contrasto e sfuocato e, successivamente, misurare l'acuità di Snellen. L'acuità di un neonato può essere misurata confrontando il suo PEV con quello di un adulto, infatti, questo metodo si basa sull'improbabile ipotesi che i PEV infantili e adulti siano equivalenti.



4.1b: *Tecnica del PEV effettuata su neonati.*

3. **Il nistagmo optocinetico:** è un movimento involontario degli occhi quando vedono un oggetto in rapido movimento, per esempio, una trottola che gira su se stessa o un paesaggio che scorre dal finestrino di un autobus. Questo fenomeno viene utilizzato per misurare l'acuità infantile perché può essere facilmente generato e osservato. Nei primi esperimenti si usavano degli stimoli attaccati a un metronomo, successivamente, vengono impiegati rotoli di carta igienica stampati con griglie. I movimenti degli occhi sono stati osservati e misurati con un elettro - oculogrammi. Ora è molto usato il tamburello optocinetico.



4.1c: *Tamborello optocinetico per verificare i movimenti degli occhi.*

Quindi le capacità visive, dei bambini sotto i tre anni o bambini che non sono in grado di comunicare, vengono valutate attraverso le capacità del bimbo di fissare e seguire gli oggetti. È fondamentale verificare che entrambi gli occhi del bambino siano in grado di fissare un oggetto e, di mantenere la fissazione, quindi, seguire l'oggetto nelle varie direzioni. Se ciò non avviene, allora si è in presenza di un notevole danno visivo.

La valutazione dovrebbe essere eseguita monolateralmente e, successivamente, binocularmente.

Se un bimbo di età inferiore ai tre mesi non è in grado di osservare e seguire una mira binocularmente allora si è in presenza di un'anomalia a livello bilaterale o cerebrale; e si consiglia di eseguire una valutazione più approfondita da parte di uno specialista. Inoltre, bisogna assicurarsi che il bambino sia sveglio e interessato perché se disinteressato e non collaborativo porta a risultati alterati, soprattutto, di cattiva visione del bimbo.

4.2 ETÀ PRESCOLARE

La valutazione delle capacità visive nei bambini di età prescolare (3-5 anni) sono meno complicate rispetto a quelle per i neonati poiché, in quest'età, i bambini presentano uno sviluppo comportamentale e psicologico tale da permettere il test dell'acuità visiva soggettivo. Tuttavia, queste valutazioni sono meno approfondite rispetto a quelle in cui sono sottoposti i bambini più grandi, perché, nei bambini di età prescolare i test per la visione potrebbero rilevare solo problemi di visibilità visiva e non altri problemi di visibilità portando, così, a una falsa sicurezza dell'esaminatore e dei genitori. Per tale motivo un esame visivo completo a partire dai tre anni rimane l'approccio più sicuro nella prevenzione e/o nell'individuazione precoce di problematiche della vista nei bambini prescolari.

Sequenza d'esame:

Anamnesi:

Prima d'iniziare la visita è fondamentale rivolgere ai genitori delle semplici e mirate domande che abbiano lo scopo di rilevare qualche aspetto, questione utile all'esaminatore e poter, così, arrivare a una diagnosi corretta e in minor tempo. L'anamnesi inizia sempre ricercando il motivo principale della visita, ossia, il disturbo; poi vi è una valutazione della relazione tra le richieste visive e il disturbo; una ricerca per quanto riguarda i fattori correlati al disturbo e/o anomalie e, generalmente, si conclude con una valutazione generale, personale e familiare passata e presente del soggetto. In particolare ai genitori dei bambini di questa fascia d'età si può chiedere:

- Se il bambino strizza gli occhi mentre guarda la tv.
- Se evita l'impegno da vicino mentre guarda qualcosa, per esempio, un'immagine.
- Se muove molto la testa.
- Se sfrega di frequente gli occhi.
- Se ammicca molto.
- Se presenta arrossamento o lacrimazione.
- Se muove molto gli occhi dall'esterno all'interno.
- Se presenta un'eccessiva sensibilità alla luce, specialmente, in un solo occhio.
- Se rifiuta di frequente di svolgere attività come colorare, fare un puzzle o altri esercizi simili.

Questo tipo di domande permette all'esaminatore di conoscere la salute oculare del bambino.

Refrazione:

La refrazione nei bambini prescolari può essere effettuata attraverso:

- la *retinoscopia Indra - Mohindra* che ha lo scopo di determinare la refrazione a distanza usando la luce del retinoscopio. È utile nella determinazione dell'errore di refrazione nei neonati, nei bambini e in tutti quei soggetti non cooperanti.
- la *retinoscopia cicloplegica*: viene utilizzata per ottenere l'eliminazione dell'attività accomodativa poiché porta alla paralisi, momentanea, del muscolo ciliare. La cicloplegia viene usata nei bambini per ricercare la presenza di un'eventuale ipermetropia latente, una pseudomiopia, un elevato errore refrattivo o quando la retinoscopia statica dà risultati inaffidabili; e deve essere, anche, utilizzata in

presenza di strabismo. Questa retinoscopia consiste nel dilatare l'occhio del paziente attraverso l'utilizzo di agenti midriatici. Un problema dato dalla cicloplegia è che la paralisi del sistema accomodativo porta a una posizione anomala del muscolo ciliare e, quindi, dà risultati differenti da quello che si troverebbero: per esempio, nei bambini di sei anni dall'ipermetropia trovata viene sottratta 1,00 dt; e a causa dell'aberrazione sferica le tecniche diventano meno attendibili. Le tecniche di schiascopia dinamica sono una buona alternativa alla cicloplegia. Tuttavia, in Italia gli ottici optometristi non possono eseguirla.

- *Retinoscopia da vicino*: per valutare la risposta accomodativa a uno stimolo a distanza prossimale.

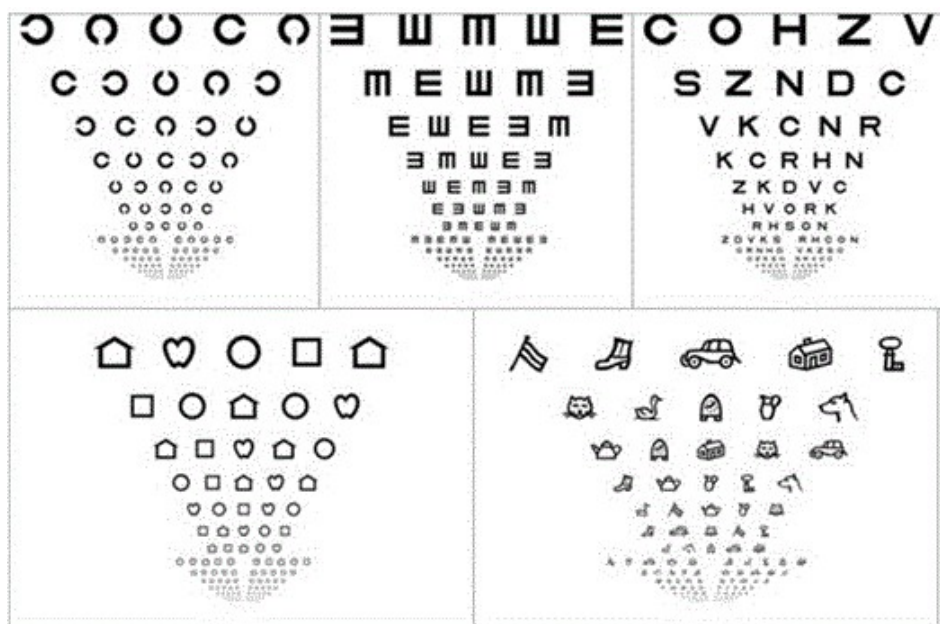
Acuità visiva:

L'acuità visiva può essere misurata attraverso test appositamente progettati per i bambini che partono dall'età di tre anni; e che sono utili perché limitano la quantità d'interazione verbale necessaria. Infatti, a quest'età, i bambini riescono facilmente ad abbinare forme semplici e rispondere all'apprendimento attraverso la dimostrazione e l'imitazione dei compiti. I test per quest'età prevedono un'attività di corrispondenza o un compito di scelta forzata come, per esempio, una risposta corretta. Per i bambini di questa fascia d'età l'acuità può essere misurata utilizzando:

- La *C di Landolt*: è la mira più comune per verificare l'acuità nei bambini ed è, anche, considerata quella di riferimento in alcune norme di standardizzazione (DIN e ISO) per la refrazione. A causa della somiglianza con la lettera C, i soggetti tendono a localizzarla nella posizione

della C, mentre, i bambini non alfabetizzati tendono a localizzare l'apertura verso l'alto.

- La *E di Albini*: rappresenta una buona soluzione tra la praticità dell'alfabeto e l'attendibilità delle mire da risoluzione. Però, i problemi dati da questa mira sono: 1) l'acuità risulta essere leggermente superiore perché la figura è comprensibile anche se è un po' indistinta; 2) la figura viene presentata solo in quattro posizioni.
- Il grafico di *Lea Symbols*: riscuote abbastanza successo nei bambini di questa fascia d'età. In uno studio si è dimostrato che i simboli presentati dal grafico Lea Symbols e dal test di HOTV sono comparabili per i bambini di 4-5 anni, mentre, i bambini di 3 anni rispondono meglio al grafico di Lea Symbols. Mentre, un altro studio, ha dimostrato che tutti i bambini di età superiore ai 30 mesi possono essere sottoposti al test di acuità visiva attraverso il grafico Lea Symbols.



C di Landolt, E di Albinus, grafico di Snellen, grafico di Lea Symbols e grafico rappresentante disegni.

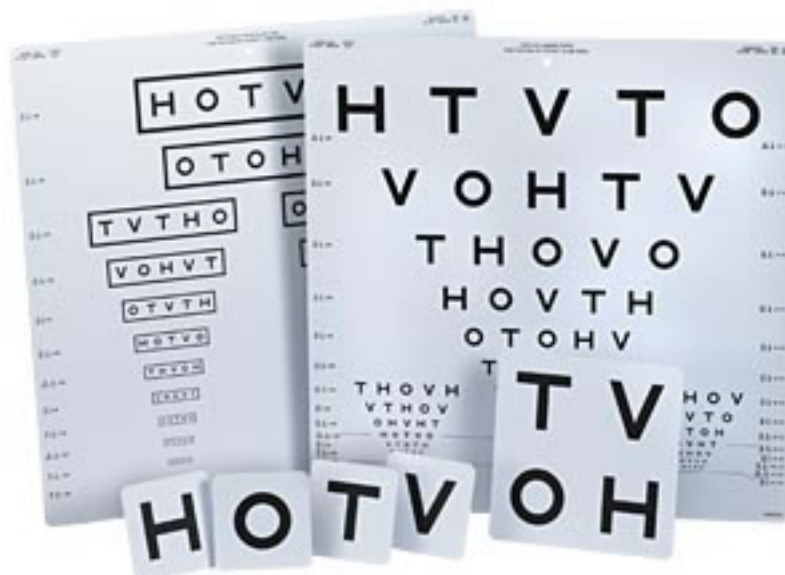


Grafico HOTV.

Visione binoculare, accomodazione e motilità

oculare:

Per verificare questi aspetti della visione vengono utilizzati principalmente i seguenti test:

- Il *cover test*: rappresenta il test più importante per un'indagine della visione binoculare. Si compone di una fase unilaterale e una alternante. La fase unilaterale serve per determinare la presenza di un'eventuale strabismo e, se è presente, indica la direzione della deviazione dell'occhio fissatore. La deviazione può essere verticale, orizzontale o ambedue. Però, piccole deviazioni come, per esempio, 1 o 2 dt sono difficili da rilevare e, spesso, sfuggono all'esaminatore. La fase alternante viene eseguita dopo la fase monolaterale su entrambi gli occhi ed escludendo la presenza di strabismo. Questa fase ha lo scopo di valutare la presenza di un'eventuale foria, la velocità di compensazione della stessa e la fluidità del movimento di recupero della stessa. Il cover test alternante si svolge prima su un occhio e poi sull'altro; non basta effettuarlo solo su un occhio, poiché i due occhi possono avere un comportamento differente. È consigliabile effettuare il cover test alternante almeno due volte davanti a ciascun occhio
- Il *punto prossimo di convergenza*: è un ottimo test da eseguire sui bambini in età prescolare perché ha lo scopo di determinare il punto di rottura e di recupero della visione binoculare. Lo sdoppiamento della mira prevede due tipi di misurazione: una soggettiva in cui il paziente indica il momento della diplopia e una oggettiva in cui l'esaminatore vede un occhio che non mantiene più la fissazione e devia verso l'esterno. In genere, questi due valori dovrebbero coincidere. Se in questo test la diplopia

non viene percepita allora si è in presenza di soppressione. In genere, i risultati dovrebbero aggirarsi intorno ai: rottura/recupero: 3/7 cm. Se i valori eccedono di 9/15 cm allora si è in presenza di altre anomalie binoculari.

- La *stereopsi*: ci sono vari test in commercio che possono essere utilizzati per valutare la capacità del soggetto di percepire la profondità. Secondo Rosner tutti i test per valutare la stereopsi sono efficaci con i bambini di 5 anni; per i bambini di 3 anni o poco meno è preferibile utilizzare il test di Frisby, il randot, il random-dot E, il TNO e il Lang (4 anni). Il test più utilizzato è il test della “mosca” in cui si chiede al bambino di “prendere” le ali della mosca: se il bambino prende le ali al di sopra del piano del libro vuol dire che presenta visione stereoscopica se, invece, prende le ali della mosca sul piano della figura non percepisce la profondità, ossia non presenta la stereopsi. E poi si continua con le altre figure. L'altro test più usato è il test di *Lang* in cui il bambino osserva delle immagini in rilievo solo se presenta la stereopsi. Si chiede al bimbo se osserva qualcosa e di indicarlo. Con alcuni bimbi timidi o più piccoli è possibile verificare la presenza della stereopsi attraverso il movimento dei loro occhi che saltano da una figura all'altra, oppure, osservare i tentativi dei bimbi di prendere con le mani le figure. Il test non si deve mai dare in mano al bimbo perché potrebbe cercare di riconoscere le figure monocolarmente. Se la risposta del bimbo è completamente negativa allora è opportuno inviare da uno specialista.



Test della mosca "mosca".



Test di Lang.

- La *retinoscopia MEM*: è un metodo di valutazione oggettivo della risposta accomodativa e di facile attuazione nei bambini. Generalmente i valori non sono troppo alti, la norma va dai +0,25 a +0,50.
- Le *versioni*: sono un insieme di movimenti oculari della stessa ampiezza e nello stesso senso. Questo test ha lo scopo di verificare un'eventuale ipofunzione nel campo

d'azione specifico di un muscolo, nelle varie posizioni diagnostiche di sguardo; e di verificare un'adeguata funzione dei movimenti oculari d'inseguimento privi di saccadi, partecipazione della testa, tensione, stanchezza e lacrimazione. Se lungo una direzione di sguardo si presenta qualche problema in quel punto è possibile eseguire il cover test.

Valutazione della salute oculare:

La valutazione sulla salute oculare può comprendere una serie di test, tra i quali vi sono:

- La *valutazione del segmento anteriore e posteriore*: con i bambini di età prescolare per valutare lo stato di salute del segmento anteriore è possibile utilizzare lo stesso metodo utilizzato con gli adulti. Il bambino coopererà permettendo l'utilizzo del biomicroscopio per la valutazione del segmento anteriore. Mentre, per valutare il segmento posteriore occorre la dilatazione pupillare.
- La *valutazione della visione dei colori*: lo scopo di questo test è quello d'individuare i difetti ereditari o acquisiti nella percezione dei colori. È un test importante nella valutazione dei coni nella regione maculare e dell'integrità del nervo ottico. I test che sono maggiormente utilizzati nella valutazione della visione dei colori sono le tavole pseudo - isocromatiche, le più diffuse sono: Ishihara, Dvorine e HRR. Queste tavole evidenziano i difetti sfruttando la difficoltà di discriminazione spettrale e sono composti da cifre che creano confusione con lo sfondo e che non sono viste dai discromatici. La valutazione della percezione dei colori è possibile anche utilizzando prove come Paese - Allen color test, Mr. Color test e color vision

made easy che non richiedono al bambino d'identificare un numero. Tutti questi test sono facili da eseguire e hanno un alto tasso di successo nei bambini di questo gruppo d'età. Circa l'8% della popolazione presenta anomalie nella percezione dei colori e la maggior parte appartengono al sesso maschile. Inoltre, la visione dei colori è scadente se è presente l' ambliopia organica.



Test di Ishihara.



Test HRR.

- *La valutazione delle risposte pupillari:* è un test che ha lo scopo di verificare l'integrità oculare esaminando la risposta pupillare alla luce e all'accomodazione. In questo

test si verifica la presenza di tre tipi di riflessi:

1. **Riflesso diretto:** risposta diretta ad uno stimolo: la luce che colpisce la retina produce dei riflessi pupillari omolaterali.
2. **Riflesso consensuale:** si tratta di una risposta indiretta a uno stimolo luminoso. Per verificare tale riflesso si stimola un occhio e si osserva l'altro. Se la pupilla dell'occhio non illuminato si contrae della stessa ampiezza e della stessa velocità, allora è presente il riflesso consensuale. Mentre, se non si presenta nessuna contrazione allora non è presente il riflesso consensuale.
3. **Riflesso accomodativo associato:** si tratta della risposta a uno stimolo accomodativo. Dipende dall'innervazione tra lo sfintere pupillare, il muscolo ciliare (III nervo cranico) e dai retti interni.

Successivamente si effettua il test della *luce oscillante* per verificare un'eventuale presenza della pupilla di Marcus Gunn.

- Lo *screening del campo visivo*: può essere effettuato attraverso il test del confronto. Questo test non è preciso come altri metodi ma costituisce un metodo di depistage. È abbastanza pratico e può indicare un'eventuale zona della lesione. Il test viene eseguito con i bambini nello stesso modo in cui viene eseguito con gli adulti.

Oltre a questi test possono, anche, essere effettuati:

- Hirschberg test.
- Krimsky test.
- Sbalzi di fissazione.

- L'oftalmoscopia.

In tal modo si è sicuri di aver fatto il possibile per eseguire un esame visivo completo.

4.3 BAMBINI IN ETÀ SCOLARE

Questo paragrafo tratta di come dovrebbe essere effettuato un esame visivo nei bambini in età scolare (6-18 anni). Alcuni metodi ed esami effettuati nei neonati e nei bambini in età prescolare possono essere eseguiti anche sui bambini in età scolare, soprattutto se questi, sono al di sotto degli 8 anni; anche se la maggior parte delle tecniche d'esame sono quelle che si effettuano agli adulti; in determinati casi può essere utile apportare delle modifiche di target e d'istruzione.

È importante sottoporre i bambini che frequentano la scuola a un esame visivo completo poiché la maggior parte degli esami che si effettuano, a quest'età, si limitano a valutare l'acuità visiva. Attraverso il test dell'acuità si rilevano problemi refrattivi come l'ipermetropia, la miopia, l'astigmatismo e l'ambliopia ma lo screening di acuità visiva non riesce a rilevare quei problemi, che se sono presenti nei bambini, portano all'alterazione dell'apprendimento scolastico. Infatti, in quest'età i bambini possono presentare dei problemi a livello binoculare e/o accomodativi che limitano le performance scolari del bambino. Così, l'esaminatore e i genitori dei figli che passano lo screening dell'acuità credono, erroneamente, che i bimbi non richiedano altri esami più approfonditi.

Sequenza d'esame:

Anamnesi:

Il primo passo fondamentale da attuare nell'esame dei bambini in età scolare è quello di svolgere un'attenta anamnesi. Siccome il paziente è un bambino le domande vengono rivolte ai genitori che avranno cura di rispondere in modo adeguato. L'anamnesi deve comprendere:

- Il motivo principale della visita.
- Storia visiva e oculare.
- Storia sulla salute generale inclusa la storia sulla salute prenatale, perinatale e postnatale.
- Storia sulla salute oculare e generale della famiglia.
- Storia sullo sviluppo del bambino.
- Storia sulle prestazioni scolastiche del bambino.

Quindi, avere un genitore che risponda insieme al bimbo alle domande riguardo questi argomenti è fondamentale. A causa del rapporto che esiste tra la visione e l'apprendimento bisogna prestare, particolare, attenzione alle prestazioni scolastiche del bambino. Infatti ci sono delle domande e dei test progettati per definire la specificità del problema dell'apprendimento e per distinguere i disturbi visivi.

Acuità visiva:

L'acuità visiva nei bambini di 6-8 anni può essere valutata attraverso l'ottotipo di Snellen che si utilizza per verificare l'acuità negli adulti. È consigliabile che ai bambini di quest'età sia mostrata una singola linea isolata, piuttosto che l'intero ottotipo per evitare il crowding effect.

Refrazione:

La refrazione può essere misurata attraverso la retinoscopia statica, la retinoscopia cicloplegica e la retinoscopia da vicino. Per i bambini di età superiori a 8 anni la retinoscopia può essere valutata con i metodi tradizionali, mentre, con quelli di età inferiore agli 8 è consigliabile non utilizzare il forottero durante la retinoscopia; così l'esaminatore può vedere il bimbo in viso e se sta fissando correttamente la mira.

La refrazione cicloplegica può essere utile in caso di strabismo, ambliopia, elevata ipermetropia o per essere sicuri di aver inibito l'attività accomodativa.

Visione binoculare, accomodazione e motilità oculare:

Per verificare queste capacità, oltre a utilizzare i test usati nei bambini prescolari, si usano anche altri test che vanno ad accertare, anche, altre caratteristiche del sistema visivo.

Vengono eseguiti, principalmente, i seguenti test:

- *Il cover test.*
- *Il punto prossimo di convergenza (PPC).*
- *Le vergenze fusionali positive e negative (VFN e VFP).*
- *L'ampiezza accomodativa e la flessibilità accomodativa.*
- *La retinoscopia MEM.*
- *La stereopsi.*
- *La motilità oculare.*

Oltre ai tipici errori di refrazione nei bambini sono diffuse anomalie accomodative e binoculari. Queste problematiche possono interferire, drasticamente, con le prestazioni scolastiche causando sintomi come sonnolenza, astenopia, visione offuscata, visione doppia, perdita del segno, linee saltate, fluttuazione delle parole

sul libro, incapacità di mantenere l'attenzione durante i compiti, lettura lenta e diminuzione della comprensione del testo. La valutazione di queste condizioni nella popolazione infantile è fondamentale; così da permettere ai bambini di avere una vita scolastica più semplice e di successo. Infatti, può capitare, che alcuni studenti non riescano a ottenere buoni risultati a scuola non perché non vogliano o non s'impegnano ma perché presentano delle difficoltà a livello del sistema visivo che non state diagnosticate e trattate.

Per valutare l'accomodazione bisogna eseguire il test dell'ampiezza accomodativa e della flessibilità accomodativa monocularmente e binocularmente.

Nel test dell'ampiezza accomodativa si riduce monocularmente o binocularmente il positivo fino a lettura della mira con estrema difficoltà.

La flessibilità accomodativa si valuta utilizzando il flipper monolare e binolare di + 2,00/- 2,00. La flessibilità monolare dovrebbe essere circa di 11-12 cicli, mentre, quella binolare di 8-9 cicli. Durante l'esecuzione del test bisogna individuare un'eventuale difficoltà o incapacità a focalizzare attraverso lenti positive o negative.

Per misurare la reazione accomodativa a uno stimolo accomodativo alla distanza di 40 cm viene utilizzata la retinoscopia MEM.

Per valutare accuratamente la binocularità è necessario eseguire il cover test, test che valutano la stereopsi utilizzando i test che si usano per i bambini di età prescolare, valutare l'ampiezza delle vergenze fusionali con i prismi di Risley o con la barra di prismi e il *rapporto tra la convergenza e l'accomodazione (AC/A)*. Oltre a questi test sarebbe, anche, utile valutare *l'accomodazione*

relativa positiva ARP, l'accomodazione relativa negativa (ARN) e il punto prossimo d'accomodazione PRA che contribuiscono a comprendere lo stato accomodativo e binoculare.

Per esaminare al meglio la binocularità è essenziale eseguire questi test poiché i risultati che si ottengono sono strettamente collegati gli uni dagli altri; ed esaminando accuratamente i vari risultati si può arrivare a fare una diagnosi corretta.

Per verificare il corretto funzionamento dei muscoli oculari si esegue l'esame della motilità oculare che prevede quattro distinte tappe d'investigazione:

- **Le duzioni monoculari:** si tratta dell'abilità monoculare di inseguire una mira in movimento nelle varie direzioni di sguardo e determinare la presenza di un'eventuale paralisi oculare. I movimenti oculari avvengono in tre sensi: laterale, verticale e rotatorio.
- **Le versioni binoculari:** sono l'insieme di movimenti oculari della stessa ampiezza e nello stesso senso. Si valuta, anche qui, in senso laterale, verticale e in senso rotatorio.
- **Le vergenze:** movimenti binoculari non paralleli che vengono effettuati solo lateralmente (convergenza e divergenza).
- **Le fissazioni:** hanno lo scopo di valutare soggettivamente la qualità dei movimenti oculari durante il cambio ritmico della fissazione da una mira all'altra. È diverso dagli altri test perché, qui, gli occhi non devono seguire una mira in movimento, ma, balzare a ordine

dell'esaminatore da una mira all'altra.

Alla fine della verifica della motilità bisogna aver accertato che non vi siano:

- Paralisi o paresi da parte dei muscoli oculari.
- Differenze qualitative tra i due occhi.
- Qualità del movimento: regolare o saccadico.
- Perdita della mira.
- Perdita di fissazione.
- Mancanza di coordinazione.
- Movimenti d'anticipo o ritardo.
- Partecipazione della testa, del collo e delle spalle.
- Atteggiamento facciale.
- Stanchezza soggettiva.

Anomalie presenti in questo test possono compromettere seriamente le capacità del bambino di lavorare in maniera armoniosa a scuola e a casa.

Salute oculare:

La valutazione sulla salute oculare può includere:

- La valutazione del segmento anteriore e posteriore dell'occhio.
- La misurazione della pressione intraoculare.
- Il test sulla visione dei colori.
- La valutazione delle risposte pupillari.
- La valutazione del campo visivo.

Le procedure che vengono usate per valutare la salute oculare negli adulti possono essere facilmente applicate ai bambini di età scolare. La maggior parte di loro

collaborerà e consentirà l'utilizzo del biomicroscopio per valutare il segmento anteriore. Mentre, per verificare l'integrità del segmento posteriore occorre dilatare l'occhio con un agente midriatico.

La misurazione della pressione intraoculare nei bambini di età scolare, generalmente, è riuscita attraverso l'utilizzo del tonometro ad appianazione o con la tonometria a soffio.

Se il test della visione a colori non è stato effettuato in età prescolare è utile verificarlo in questo momento poiché i bambini, che entrano a scuola con una carenza di visione di colori possono avere un alterato apprendimento, oltre, ad altre disabilità. Una carenza di colori, inoltre, può indicare problemi riguardo la salute oculare.

Le risposte pupillari vengono controllate con lo stesso metodo utilizzato nei bambini di età prescolare e negli adulti, controllando la normalità dei tre riflessi ed eseguendo il test della luce oscillante.

Il controllo del campo visivo viene effettuato attraverso il test del confronto con la stessa procedura che si utilizza per gli adulti e per i bambini prescolari.

Prove supplementari:

Quando la storia del paziente indica un ritardo nello sviluppo della visione o difficoltà d'apprendimento scolastico, sarebbe bene effettuare una valutazione delle capacità visuo - percettivo - motorie. Bisogna valutare queste capacità perché alla nascita il bambino possiede solo la struttura; il controllo e la funzione di questa struttura viene appreso durante i primi anni di vita, principalmente, attraverso il movimento. Infatti, la motricità rappresenta il mezzo con cui il neonato scopre il proprio corpo e contribuisce a formare e a rinforzare quei

pattern integrativi motori. La crescita delle strutture e l'accumulazione di esperienze motorie, tattili, uditive e visive assicurano la maturazione del sistema nervoso centrale. Quindi, una carenza di esperienze visive e motorie, oppure, una lesione a livello cerebrale porta al blocco della sequenza evolutiva e provoca un indebolimento delle capacità d'integrazione del S.N.C. . Alla luce di ciò si può dire che la percezione spaziale e il comportamento sono considerati in stretta relazione con la visione, quindi, una disfunzione del sistema visivo può influire negativamente sull'apprendimento scolastico, in particolare, sulla lettura e sulla scrittura. Molti optometristi propongono una rieducazione psicomotrice nei bambini che presentano delle difficoltà d'apprendimento scolastiche.

I test che permettono di valutare le capacità visivo – percettive - motorie del bambino sono:

- *Dominanze (occhio, mano, piede).*
- *Schema corporeo.*
- *Lateralità corporea.*
- *Direzionalità.*
- *Coordinazione oculo - manuale.*
- *Riproduzione della forma.*
- *Memoria visiva.*
- *Visualizzazione.*

Un bambino con problemi d'apprendimento dimostrerà una performance scadente a questi test: di solito dimostra difficoltà a portare a termine lo svolgimento del test, oppure non è in grado di eseguirlo correttamente.

Specialmente, se un bambino non ha ben sviluppato il concetto di lateralità corporea la “b” e la “d” e la “p” e la “q” saranno considerati dei simboli geometrici simili che,

quindi, creeranno evidente confusione nel bambino.

COME FAVORIRE LO SVILUPPO VISIVO

I genitori sono i primi a osservare come i loro bambini si muovono, si relazionano con il mondo esterno e, quindi, sono i primi che riescono a cogliere alcuni dei loro comportamenti come, per esempio, le reazioni di fronte alla luce che si accende o si spegne, le reazioni di fastidio di fronte alla luce intensa, posture asimmetriche del corpo o del capo mentre il bambino sta guardando qualcosa. Ogni neonato è a se, ossia, nelle caratteristiche del movimento, nella reazione agli stimoli e nel rapporto con i genitori. Alcuni si muovono di più; altri di meno e le posizioni preferite sono differenti così come i tempi di veglia e di sonno.

Bisogna, inoltre, ricordare che esiste un'enorme variabilità nei tempi e nelle modalità di sviluppo e d'apprendimento delle diverse tappe neuro-evolutive: ci sono neonati che in un breve tempo riescono a percepire gli stimoli presenti nel loro ambiente; altri invece non riescono a cogliere tutti gli stimoli a causa, per esempio, di una ridotta attenzione, di un ridotto movimento del capo o di un danno all'occhio.

I genitori devono imparare a fidarsi delle proprie impressioni poiché soltanto loro sono in grado di fornire alcune, preziose, informazioni ai specialisti che, difficilmente, vedranno il bambino in un ambiente familiare in grado di motivarlo a guardare e a prestare attenzione.

5.1 PRIMA DEI SEI MESI

Nei primi mesi di vita per favorire lo sviluppo visivo è utile proporre al bambino dei "giochi visivi". Sapendo che lo sguardo e l'attenzione visiva del bimbo sono catturati maggiormente da oggetti ad alto contrasto; è preferibile

utilizzare oggetti e giocattoli aventi colori contrastanti come, per esempio, bianco-nero; giallo-blu; rosso-verde; luci colorate, scacchiere, pois, linee verticali, linee bianche-neri, linee a orientamento variabile. Durante il gioco i genitori devono prestare attenzione a presentare un gioco alla volta al bambino, poiché è sconsigliabile presentare al bambino più stimoli contemporaneamente: riempirlo di giochi e di più stimoli significa creargli un'inutile confusione e saturare la sua attenzione. Il bambino ha bisogno di tempo e di stabilità affinché le diverse attività risultino per lui positive e arricchenti.

Per far avvenire un corretto sviluppo visivo è utile iniziare a far muovere un oggetto lentamente e con pazienza davanti a lui: inizialmente il bambino sarà in grado di voltarsi e di seguire il target visivo solamente in senso orizzontale, mentre, per il senso verticale sarà possibile in un secondo momento. Con la continuazione di questo gioco i genitori, man mano, si accorgeranno che il movimento d'inseguimento diventerà sempre più fluido e duraturo nel tempo. Alcuni bambini avranno sempre bisogno di accompagnare ai movimenti degli occhi quelli del capo, mentre, per altri sarà sufficiente compiere movimenti con gli occhi.

Quando il bambino è in grado di fissare e seguire gli oggetti da vicino, è il momento di proporre altri target e a maggiore distanza.

Nei bambini, sappiamo, che è presente una difficoltà nel disancorare lo sguardo da un oggetto particolarmente interessante posto davanti a lui e spostarlo su un'altro che proviene dalle posizioni più laterali. Per promuovere questa capacità possiamo proporre al bambino due cartoncini: in uno è presente una figura contrastante, mentre, nell'altro rimane il colore uniforme. Presentiamo al bambino i due cartoncini con gli stimoli posti davanti a

lui e, successivamente, contemporaneamente gli spostiamo ai lati del suo spazio visivo. Si potrà osservare, così, che il bambino dirigerà lo sguardo verso lo stimolo contrastato, spostando i suoi occhi dal centro alla periferia. Nei bambini che presentano difficoltà nel vedere gli oggetti da entrambi i lati o da un solo lato si dovrà cercare di considerare entrambi i lati; in modo da attivare maggiormente la parte in cui il bambino vede meno, ma, senza scordarsi del lato in cui la vista funziona meglio in modo da permettere la normale maturazione.

Inoltre, ai bambini di questa età possono essere proposti giochetti per facilitare l'accomodazione visiva facendo avvicinare o allontanare dai suoi occhi degli oggetti come, per esempio, una palla o una macchina che si allontanano.

In questi mesi il piccolo inizia a scoprire le sue mani e i suoi piedi, che rappresentano due elementi fondamentali di una persona e del suo corpo. Durante questo periodo il bambino mostrerà interesse ad afferrare l'oggetto osservato e i genitori possono aiutare il bambino a localizzare gli oggetti facendoli pervenire da varie parti; per incentivare il bambino ad afferrare gli oggetti si può far dondolare sopra la sua testa palloncini, catenelle colorate o luccicanti così che provi ad afferrarle con entrambe le manine. Un'altro modo per indurre al bimbo di conoscere le proprie mani è quella di portarle fino a farsi accarezzare il viso o unire le mani del bambino assieme in modo che si sentano a vicenda. Se il bambino mostra difficoltà ad aprire la mano per toccare l'oggetto si può provare, dolcemente, a strofinare il dorso della mano. Molto spesso, una volta che la mano è aperta, il bambino preferisce toccare l'oggetto con la punta delle mani invece che utilizzare tutta la mano.

Il bagno rappresenta un altro momento per il bambino per

prendere coscienza del proprio corpo: affinché, dopo quest'ultimo, non si dimentichi subito delle mani e dei piedi, questi potrebbero essere rivestiti con dei calzini e dei guantini a strisce bianche - nere o colori contrastanti; così da renderli più attraenti e facilmente localizzabili quando entreranno nel suo campo d'azione.

Se il bambino afferra l'oggetto utilizzando una sola mano è utile accompagnare anche l'altra in modo da favorire la conoscenza bimanuale dell'oggetto e il suo passaggio da una mano all'altra.

Al momento del pasto, per rendere più immediata e facilitare la localizzazione al bambino del suo piatto, si può utilizzare una tovaglia avente un colore omogeneo e porvi sopra l'occorrente scegliendo dei colori forti e contrastanti.

Nel bambino ipovedente si può favorire questa conoscenza giocando, accarezzando o massaggiando le mani e i piedi.

In tutto ciò particolare attenzione va posta alla postura del bimbo: i genitori devono far in modo che il bimbo assuma una posizione sufficientemente raccolta e contenuta in cui possa esprimere al meglio le sue potenzialità. Per favorire il raddrizzamento del capo e del tronco, si possono rivestire i bordi del lettino con cuscino di un colore, sempre, ad alto contrasto e presentare degli oggetti in modo che la presenza degli stimoli visivi incentivi il bambino a sollevarsi.

Inoltre, i genitori non si devono spaventare se non notano una risposta visiva immediata alle loro proposte visive, poiché il bambino può essere impegnato a muoversi, ascoltare, oppure, interessato a qualcos'altro. È difficile per lui, specialmente nei primi mesi, riuscire a selezionare e integrare tutte le informazioni presenti dai vari canali sensoriali.

5.2 DOPO I SEI MESI

Dopo i sei mesi l'interesse del bambino per gli oggetti diventa sempre più maggiore. I giochi vengono afferrati, manipolati, passati da una mano all'altra e gettati a terra. In quest'età il bambino è, particolarmente, predisposto a esplorare l'ambiente che lo circonda; per cui i genitori o i fratelli possono giocare con lui facendosi trovare in diverse posizioni: "dov'è la mamma?", "dov'è il papà?". In quest'età è utile portare via al bambino gli oggetti con cui sta giocando, senza indisporlo, assicurandosi che guardi cosa stanno facendo; nasconderli poco lontano invitandolo a ricercare l'oggetto che esce dal suo campo di sguardo, oppure, si può prendere il suo gioco facendolo cadere a terra, così che, il bambino ne segua la traiettoria e sia incuriosito a scoprire dove l'oggetto andrà a fermarsi. Infatti, a quest'età il bambino è in grado di utilizzare meglio anche gli altri sensi come: l'udito e il tatto che gli permettono di orientarsi meglio. Un bambino che presenta difficoltà visive deve essere aiutato a esplorare l'ambiente circostante e guidato verso gli oggetti piuttosto che averli forzati nelle sue mani.

Utile e divertente in quest'età potrebbe essere la proposta d'imitazione dei movimenti della bocca e degli occhi (fare smorfie, boccacce e versi).

In quest'età un altro giochino utile sarebbe, per esempio, proporgli due oggetti uguali ma di colore diverso, in modo che, il bimbo inizi a spostare lo sguardo da un oggetto all'altro per scoprirne differenze e somiglianze e, infine, scegliere quello che gli piace di più.

Durante questa fase è utile lasciare il bambino giocare su un tappeto così da avere il modo di muoversi spingendosi avanti e indietro e, successivamente, rotolando e/o strisciando. Per motivare e facilitare questi movimenti è

utile scegliere lo sfondo sul quale il bambino si muoverà e scegliere gli oggetti più adeguati: sfondi a quadri bianchi e neri o di colore contrastante rispetto al gioco con cui gioca; poiché, favoriscono l'orientamento spaziale del bimbo e facilitano, quindi, anche l'organizzazione dei suoi primi spostamenti.

5.3 ETA' PRESCOLARE E SCOLARE

In età prescolare e scolare per favorire al meglio lo sviluppo della visione è consigliabile far passare abbastanza tempo al bambino all'aria aperta. In questo modo il bambino ha la possibilità di scoprire e interagire con il mondo che lo circonda; conoscere al meglio il proprio corpo, fare esperienze motorie e rafforzare i concetti di schema corporeo, lateralità e direzionalità.

Inoltre, i bambini che passano più tempo a giocare fuori presentano una visione migliore rispetto ai bambini che rimangono all'interno, infatti ci sono, ormai, molti studi e, in particolare, uno studio pubblicato dall'accademia americana di oftalmologia ha mostrato che i bambini che giocano all'aperto presentano una minor probabilità di diventare miopi. La ricerca ha mostrato che i cambiamenti dell'occhio verso la miopia sono ridotti del 2% per ogni ora a settimana trascorsa nell'aria aperta. Quindi, lo studio ha concluso che lasciare giocare i bambini all'aria aperta è una strategia semplice per ridurre lo sviluppo e la progressione della miopia.

Inoltre, stare all'aria aperta non offre benefici solo alla visione ma anche alla salute in generale, per esempio, riduce l'obesità infantile, diminuisce lo stress, aumenta i livelli di vitamina D, aumenta le abilità sociali e la capacità di concentrazione.

Durante quest'età i genitori devono stare, particolarmente,

attenti alla distanza di lavoro a cui il bambino gioca o lavora poiché lavorare troppo da vicino, e per un tempo prolungato, porta alla formazione di disordini visivi che possono ripercuotersi fino all'età adulta e si ritiene che sia la prima causa a indurre la miopia. Infatti in età prescolare i bambini iniziano a disegnare, a pasticciare sul foglio, mentre, i bambini d'età scolare passano molto tempo a scuola; per tali motivi la distanza di lavoro diminuisce molto spesso e, anche, rapidamente. Oltre a questo fatto, ormai quasi tutti i bambini già in età prescolare sono capaci a giocare con l'ipad o l'iphone, anche per un tempo assai prolungato, non facendo altro che incentivare la riduzione della distanza di lavoro e favorendo l'insorgenza di problemi visivi in età infantile. Quindi, i genitori devono cercare di limitare l'uso di oggetti tecnologici da parte dei bambini; e invitarli a uscire di più, per esempio, facendo dei giochi di gruppo in giardino, una passeggiata, andando al parco oppure, ancora, una mini gita ecc... .

Durante quest'età, ma anche per il resto della vita, è consigliato ai genitori di fare, particolare, attenzione alla luminosità nella stanza del bimbo o nella stanza in cui stia giocando o svolgendo i compiti: le competenze visive del bimbo risultano migliori se è presente una buona e adeguata illuminazione dell'ambiente. Le stanze dovrebbero essere illuminate con luci diffuse o omogenee che non infastidiscano il bambino e che evitino di creare l'effetto dell'abbagliamento, che una luce diretta sul viso e sugli occhi potrebbe provocare. La posizione migliore della fonte luminosa è quella di trovarsi dietro le spalle del bambino, così che, a essere illuminati siano l'ambiente circostante, gli oggetti e le persone che interagiscono con lui. In alternativa, si può anche utilizzare una luce alogena che illumini da dietro le spalle del bambino e gli oggetti

presenti nel suo campo di sguardo.

Un elemento da tenere in considerazione durante lo sviluppo della visione del bambino, e anche in generale, è il ruolo della postura nella visione che gioca un ruolo fondamentale nell'ottenere una corretta visione. La postura, infatti, contribuisce in modo significativo alla percezione e all'integrazione visiva; viceversa la visione operando insieme ai meccanismi posturali contribuisce, particolarmente, al controllo del movimento e al mantenimento dell'equilibrio. Numerosi studi sui problemi visivi in relazione alla postura durante lo studio o lo svolgimento dei compiti hanno evidenziato connessioni tra:

- *Problemi refrattivi e problemi posturali.*
- *Problemi visivi e posto di lavoro (superfici di lavoro).*
- *La postura abituale nello studio e le distorsioni geometriche prodotte da una postura scorretta.*

Affinché il bambino presenti una postura adeguata durante lo studio è consigliato l'utilizzo del piano inclinato:

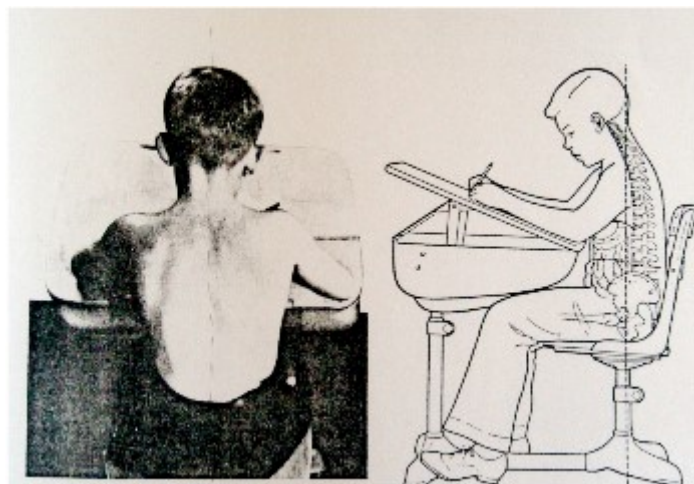


Fig. 5.3a: *Bambino mentre lavora su un piano inclinato.*

La figura 5.3a rappresenta una postura bilanciata durante un lavoro da vicino. “ Si può notare un aumento della cifosi e un aumento della lordosi nella colonna. L’asse gravitazionale è tutta ancora una linea verticale che interseca la linea mediana tra i centri del femore e se questo asse viene prolungato verso l’alto tocca il margine anteriore della 7° vertebra cervicale”.

In questo modo si ottiene una posizione in cui:

- I principali muscoli del corpo (tronco, braccia e collo) sono in uno stato d’azione minimo e sono pronti a lavorare.
- La visione si trova in una condizione in cui l’affaticamento è minimo.

Questa figura e i giovamenti che si traggono da essa corrispondono alla postura ottenuta utilizzando un piano inclinato di circa 20° in cui “entrambi gli occhi sono equidistanti dal centro del punto di fissazione e il punto di fissazione situato su una linea tracciata dal piano mediano della testa ed il tronco”.

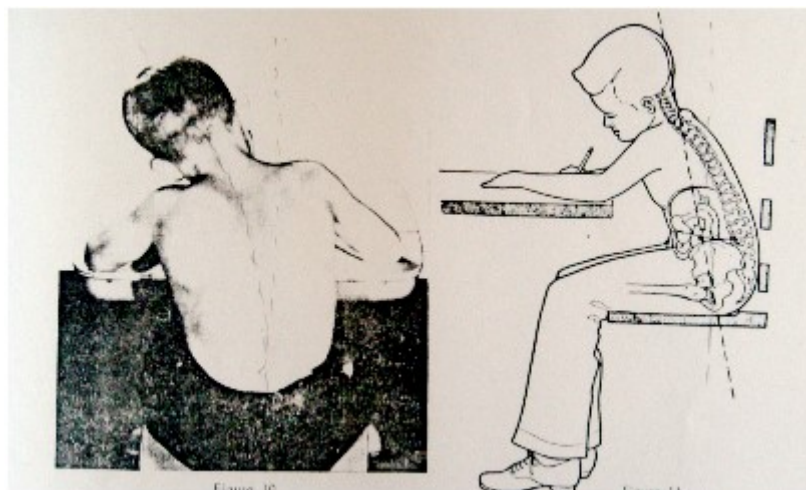


Fig. 5.3b: *Bambino mentre lavora su un piano piatto.*

Allo stesso modo la figura 5.3b mostra lo stesso bambino mentre lavora su una superficie piatta. Lavorando in questa posizione il bambino trova la posizione in cui può stare in maniera più confortevole per poter operare su tale superficie. Dalle figure si può notare:

- La posizione “anisometrica” degli occhi.
- L’inclinazione dell’asse Y del suo corpo.
- Stress posturale eccessivo.
- Contrazione muscolare.
- Percezione falsata delle relazioni spaziali.

Se un’errata postura viene assunta per un lungo periodo l’organismo si adatta cambiando la sua performance e alterando la sua struttura corporea; e in queste posizioni la visione binoculare singola, nitida e confortevole non viene garantita e nemmeno i muscoli delle braccia, del collo e del tronco possono avere una performance efficace. Inoltre, lavorando su una superficie piatta, spesso, accade che lo spostamento disassato, dato dall’impegno, provochi un’immagine obliqua sulla retina; aggravata ulteriormente dal movimento della testa per compensare la distorsione percettiva. La causa di questa postura è data dalla limitazione del movimento a livello del collo e delle spalle mentre lavorano su una superficie piatta. Quindi, questa posizione può causare una distorsione percettiva, una torsione oculare ed altri disturbi dei riferimenti spaziali inducendo degli effetti secondari negativi sulla performance, soprattutto, nel caso di un bambino in fase di crescita: se quest’errata postura verrà tenuta per un tempo abbastanza prolungato si produrrà, in un primo momento, un’inevitabile influenza sulla funzione visiva e, in un secondo momento, sulla

struttura oculare.

Esiste una correlazione media da 0,6% a 0,8% nelle seguenti aree:

- Soggetti che presentano l'astigmatismo girano la testa lateralmente: questa rotazione della testa può avere una relazione funzionale con lo spostamento a lato della rotazione del quaderno o del libro. Inoltre, il grado di rotazione sembra avere una relazione funzionale con l'asse dell'astigmatismo.
- I miopi tendono inclinare la loro testa all'indietro, mentre, l'ipermetropi in avanti.
- I soggetti anisometropi tendono a ruotare la testa in modo che l'asse x della testa sia dissasato dall'asse x del tronco.
- I soggetti exoforici tendono ad elevare e ruotare le loro scapole in modo obliquo e verso l'alto.
- Gli esoforici tendono ad allascare le loro scapole e a ruotarle obliquamente.
- Problemi visivi misti possono causare disfunzioni visive combinate.

Inoltre:

- I bambini con una postura sbilanciata e obliqua tendono a proiettare uno spazio distorto e una distorsione astigmatica nella loro scrittura.
- Allo stesso modo i soggetti astigmatici tendono a proiettare il loro astigmatismo nella scrittura: allungano eccessivamente la loro scrittura orizzontalmente se l'asse dell'astigmatismo è verticale; mentre l'allungamento è nel senso verticale quando l'asse dell'astigmatismo è orizzontale.
- I miopi e gli ipermetropi scrivono allo stesso modo di

come percepiscono.

CONCLUSIONI

In questo lavoro si è voluto evidenziare l'importanza della visione e dei primi anni dello sviluppo del bambino: non sono solo importanti per lo sviluppo adeguato della visione ma, anche, per uno sviluppo in generale: un'anomalo sviluppo visivo determina nel bambino un anomalo sviluppo in generale; poiché, il bambino impara imitando: per esempio, attraverso il meccanismo della visione diviene consapevole delle azioni compiute attraverso le mani, in particolare, il rapporto visivo con i genitori gli fornisce preziose indicazioni circa le sue prestazioni.

I neonati non sono in grado di parlare, mentre, i bambini non prestano attenzione, anche, alle cose più piccole; quindi, sta ai genitori osservare i propri bimbi e capire se c'è qualcosa che non va essendo, quest'ultime, le persone più vicine a loro. È importante che i bambini vengano sottoposti ai controlli visivi periodicamente, specialmente, in fase di crescita poiché i disturbi visivi possono esistere già precocemente e, se "presi" in tempo, possono essere "guariti" ma, viceversa, diventare irreversibili.

I giochi visivi consigliati, non volendo sostituire l'operato dei terapisti e/o dei medici, permettano ai genitori di aiutare il piccolo in modo più consapevole, rispettando i suoi tempi e i suoi bisogni.

Dall'altra parte l'optometrista deve essere in grado di effettuare i test necessari e capire quale sia il problema: se è una situazione che può risolvere, oppure, mandare il piccolo da un'altra figura specializzata. Sta nella responsabilità dell'optometrista fornire consigli sull'igiene visiva, per esempio, la postura, l'illuminazione, l'utilizzo del piano inclinato ecc se nota qualcosa che non va e che

può essere migliorato attraverso delle piccole accortezze.

Bibliografia

1. Adams D. L., Normal and abnormal visual development, study's material from the university of California, San Francisco.
2. Biagi I., Pigna A., L'ambliopia. Sindrome dell'occhio secco.
3. Bucci M. G., Oftalmologia, Roma, Universo, 1993.
4. Casco C., La sensazione visiva, materiale di studio per il corso di psicofisica della visione presso l'università di Padova.
5. Catucci M., Visione, postura, impugnatura, posizione e apprendimento.
6. Cervello e visione, PDV 2005.
7. Eye examination in infants, children, and young adults by pediatricians of American academy of pediatrics.
8. Fantin di C., Postura e anisometropia. Correlazione che si stabilisce tra i banchi di scuola?.
9. Formenti M., Ergoottometria, Materiale di studio per il corso di Optometria 2 presso l'università di Padova.
10. Formenti M., Opto pedatrica, Materiale di studio per il corso di Optometria 2 presso l'università di Padova.
11. Formenti M., Visione apprendimento, Materiale di studio per il corso Optometria 2 presso l'università di Padova.
12. Fox R., Patterson R., Francis E. L., Stereoacuity in young children.
<http://iovs.arvojournals.org/pdfaccess.ashx?url=/data/journals/iovs/933128/> on 05/14/2017
13. Ibrahimi di D., La visione in relazione ai problemi d'apprendimento, estratto dalla rivista Neuroscienze, psicologia e scienze cognitive, Aprile 2012.
14. Johnson S. P., Development of visual perception.
15. Kozma P., Kovacs I., Benedek G., Normal and abnormal development of visual functions in children, Study's

matherial from university Szeged, Rutgers University, USA.

16. Luschi E., Psicologia dello sviluppo. Lo sviluppo del bambino.
17. Maffioletti S., La visione binoculare, una funzione appresa, estratto dal testo di Airaghi E., Altimati Anna, “i muscoli dell’occhio e la funzione binoculare”.
18. Maffioletti S., Ruggeri L., Rilevazione e valutazione dell’acutezza visiva, materiale di studio per il corso di Ottica e Optometria presso l’università di Milano Bicocca.
19. Mercuri E., Cioni G., Fazzi E., Cosa vede il mio bambino. Consigli per lo sviluppo delle capacità visive nel primo anno di vita.
20. Maurer D., Lewis L. T., Visual acuity: the role of visual input inducing postnatal change, Study’s matherial from Department of Psychology, McMaster University, Canada.
21. Midena E., Patologie oculari, Padova, Cedam, 2006.
22. Norcia A. M., Tyler C. W., Homer R. D., High visual contrast sensitivity in the young human infant.
23. Oriani M., La postura per un’armonia funzionale del corpo, estratto dalla rivista italiana di Optometria, Gennaio 200.
24. Outdoor play benefits www.headstartbodystart.org
25. Panizon F., Principi e pratica di pediatria, Bologna, Monduzzi, 2005.
26. Pasqualino A., Nesci E., Anatomia umana fondamentale, Torino, Utet, 1980.
27. Peduzzi M., Manuale di oculistica, Milano, McGraw-Hill Education, 2008.
28. Rossetti A., Gheller P., Manuale di optometria e contattologia, Bologna, Zanichelli, 2003.
29. Sadler T. W., Embriologia medica di Langman, Milano, Elviser, 2008.
30. Silvoni F., Come scegliere il corridoio di progressione di

una lente progressiva, Materiale di studio per il corso di
occhialeria presso l'università di Padova.

31. Wandee B., Foundations of vision, Sinauer Associates
Inc, 1995.

