

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e
Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

**STUDIO DIRETTO DELLA FISSAZIONE CON CODIFICA
RUGGERI**

Relatori:

Prof. Andrea Tagliaferri

Candidato:

Aleksandra Castelli
Matricola M44000702

A.A. 2024/2025

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO I	6
<i>ANATOMIA OCULARE</i>	6
<i>LA RETINA</i>	8
<i>I MUSCOLI EXTRAOCULARI E MOVIMENTI</i>	14
<i>LA PERCEZIONE VISIVA</i>	19
CAPITOLO II	21
<i>ACUITA' VISIVA</i>	21
<i>OFTALMOSCOPIA E ALTRE TECNICHE DI BASE</i>	24
<i>SINERGIA TRA ACUITA' VISIVA E FISSAZIONE</i>	29
CAPITOLO III	32
<i>STRUMENTI E TEST PER VALUTARE LA FISSAZIONE NEI BAMBINI</i>	32
<i>TEST DI FISSAZIONE DI SCHEIMAN & WICK CON CODIFICA RUGGERI L.</i>	32
<i>OFTALMOSCOPIA DIRETTA CON CODIFICA RUGGERI L.: PROCEDURA PER LA VERIFICA DELLA FISSAZIONE</i>	33
<i>CONFRONTO TRA IL RUGGERI TEST E IL TEST SCHEIMAN&WICK</i>	35
CAPITOLO IV	37
<i>IMPLICAZIONI DELL'INSTABILITA' DI FISSAZIONE</i>	37
<i>DISFUNZIONE NEI MOVIMENTI OCULARI: EFFETTI DI SACCADI E INSEGUIMENTI ALTERATI</i>	37
CAPITOLO V	43
<i>MODELLO DI ANALISI VISIVA SCHEIMAN E ROUSE</i>	43
<i>PAV (POTENZIAMENTO DELLE ABILITA' VISIVE)</i>	44
<i>PRIMA FASE</i>	46
<i>SECONDA FASE</i>	47
<i>TERZA FASE</i>	48
<i>LE PROCEDURE DEL PAV OCULOMOTRIO</i>	49
CONCLUSIONI	56
BIBLIOGRAFIA	57
RINGRAZIAMENTI	58

INTRODUZIONE

La crescita e lo sviluppo della vista nei bambini rappresentano un processo intricato, che coinvolge tanto la struttura oculare quanto il delicato equilibrio tra i movimenti oculari e la percezione visiva. Durante i primi anni di vita, gli occhi e le connessioni nervose subiscono un'evoluzione rapida, essenziale per consentire una visione chiara e stabile. Questa capacità è fondamentale per lo sviluppo dell'orientamento spaziale, dell'apprendimento e dell'interazione con l'ambiente circostante. La retina, in particolare, gioca un ruolo cruciale in questo contesto, poiché riceve e trasmette immagini in modo dettagliato, fungendo da collegamento tra l'occhio e il cervello e garantendo una visione precisa e affidabile.

I movimenti oculari rivestono un'importanza altrettanto significativa, poiché permettono al bambino di esplorare visivamente il mondo e di adattarsi ai vari stimoli. Questi movimenti comprendono le saccadi, che sono spostamenti rapidi da un punto all'altro, e i movimenti di inseguimento, che consentono di seguire oggetti in movimento. La coordinazione di questi movimenti è essenziale per mantenere una visione stabile e ottenere immagini chiare, il che è fondamentale per lo sviluppo di abilità cognitive come la lettura e l'apprendimento.

In parallelo, l'acuità visiva si sviluppa, permettendo al bambino di distinguere dettagli sempre più fini nell'ambiente. Un'elevata acuità visiva si traduce in una visione nitida e accurata, supportata dalla capacità del sistema visivo di mantenere l'immagine stabile su un punto specifico. Questo aspetto è particolarmente rilevante per la fissazione, che è la capacità di mantenere lo sguardo fisso su un obiettivo. Una fissazione stabile è cruciale per garantire una percezione chiara e coerente, stimolando la corteccia visiva a svilupparsi correttamente. La capacità di mantenere la fissazione è altresì fondamentale per attività come la lettura e l'esplorazione visiva, che richiedono un controllo preciso della funzione visiva.

Quando la fissazione non è stabile, il processo visivo può essere compromesso. I bambini possono avere difficoltà a mettere a fuoco e a percepire dettagli, con conseguenze negative sull'acuità visiva. L'instabilità nella fissazione può portare a condizioni come l'ambliopia, un disturbo che influisce sulla visione in uno o entrambi gli occhi e può compromettere le capacità di coordinazione visiva.

Inoltre, senza un intervento tempestivo, i problemi di fissazione potrebbero diventare permanenti, incidendo notevolmente sulla qualità della vita, sulle prestazioni scolastiche e sulle interazioni sociali. Per questo motivo, è fondamentale identificare precocemente eventuali difficoltà nella fissazione. I test di valutazione della fissazione rappresentano strumenti diagnostici fondamentali per rilevare instabilità e intervenire con trattamenti mirati.

A tal proposito, il PAV oculomotorio e le sue sequenze rappresentano un modello di riferimenti per analizzare come i movimenti oculari, attraverso saccadi e inseguimenti, contribuiscono al mantenimento della stabilità della fissazione, influenzando direttamente la percezione visiva e la qualità della vita.

Attraverso questo approccio l'optometrista può potenziare queste abilità migliorando il controllo visivo e favorendo lo sviluppo armonioso delle abilità visuo-spaziali, dando al bambino le basi per una visione efficace e un apprendimento fluido.

CAPITOLO I

ANATOMIA OCULARE

Alla base di una buona visione c'è una condizione di salute oculare ed integrità delle funzioni visiva in tutti i suoi aspetti: annessi oculari, muscolatura estrinseca, bulbi oculari, fotorecettori, vie ottiche e corteccia visiva cerebrale. Tutte le strutture anatomiche che compongono il sistema visivo sono importanti; alcune hanno un ruolo di semplice conduzione del segnale, altre interpretano l'immagine visiva, altre ancora sono accessorie e fungono da sostegno o da supporto. [1]

Dal punto di vista anatomico l'apparato visivo è costituito da:

- Il bulbo oculare, organo di forma sferoidale situato all'interno della cavità orbitaria;
- Gli annessi oculari, che hanno un ruolo accessorio di sospensione e di protezione. [1]

Il bulbo oculare è situato nella parte anteriore della cavità orbitaria, davanti al corpo adiposo dell'orbita. Un setto fibroso, la fascia del bulbo (o capsula di Tenone), separa il bulbo oculare dal corpo adiposo dell'orbita [2].

Il bulbo è formato da tre membrane sovrapposte: la più esterna è la tonaca fibrosa; a questa seguono più internamente la tonaca vascolare e la tonaca nervosa (o retina). [2]

- La tonaca fibrosa dell'occhio è l'involucro più esterno del bulbo oculare. Comprende la sclera, opaca, che ne costituisce i 5/6 posteriori, e la cornea, trasparente, che ne forma il sesto anteriore. Il confine fra cornea e sclera prende il nome di orlo sclerocorneale (o limbus). La sua funzione principale è quella di protezione delle membrane oculari più interne.
- La tonaca vascolare dell'occhio (o uvea), situata tra la tonaca fibrosa e quella nervosa, è una membrana connettivale molto ricca di vasi, la cui funzione principale è quella di assicurare un'adeguata nutrizione alla retina. Si suddivide in tre parti che, dall'indietro in avanti, sono: la coroide, il corpo ciliare e l'iride.
- La tonaca nervosa (o retina) è la membrana più interna del bulbo oculare. La sua funzione è quella di captare gli stimoli luminosi che vengono qui trasdotti in impulsi

elettrici che tramite il nervo ottico (II paio di nervi encefalici) giungono a formazioni del diencefalo (chiasma e tratti ottici) attraverso le quali vengono trasmessi ai centri nevrassiali per l'analisi integrata delle immagini.

[2]

Gli annessi oculari sono strutture accessorie dell'apparato visivo, disposti attorno al bulbo oculare e deputati principalmente alla sua protezione. [1]

Essi comprendono:

- Palpebre (tarsi): sono due pieghe della pelle che partono dal contorno superiore e inferiore dell'apertura dell'orbita. Si dirigono una verso l'altra modellandosi sul bulbo oculare, delimitando con i loro margini liberi la rima palpebrale che è una "fenditura"; attraverso questa fenditura è visibile la parte anteriore dell'occhio per il quale sono una protezione. [3]
- Orbita: è una cavità a forma di piramide quadrangolare nella quale è contenuto il bulbo oculare. Ha la base rivolta verso la base del viso e l'apice verso l'interno. All'apice troviamo il forame ottico da cui passano il nervo ottico e l'arteria oftalmica. L'orbita contiene oltre al bulbo oculare, i muscoli estrinseci, le ghiandole lacrimali, i vasi sanguigni e la fascia del bulbo. La parte restante è occupata dal tessuto adiposo. [3]
- Apparato lacrimale: è composto da un apparato secretore (ghiandola lacrimale principale e ghiandole lacrimali accessorie) per l'immissione del film lacrimale sulla superficie oculare e un apparato escretore (vie lacrimali, ossia i punti lacrimali superiore e inferiore, i canalini lacrimali e il sacco lacrimale) per il suo deflusso. [4]
- Congiuntiva: è una membrana mucosa in continuazione con la cute che riveste la faccia posteriore delle palpebre e la faccia anteriore dell'occhio. Forma nel suo insieme una specie di sacco, il sacco congiuntivale chiuso quando le palpebre si toccano. Le lacrime, che si versano nel sacco congiuntivale, mantengono la congiuntiva umida e splendente. Viene suddivisa in tonaca congiuntivale delle palpebre, tonaca congiuntivale del bulbo, fornice congiuntivale superiore e inferiore. [3]
- Muscolatura estrinseca: I muscoli che servono al movimento dell'occhio sono tutti contenuti nella cavità orbitaria

vengono distinti in muscoli retti (superiore inferiore laterale e mediale) e obliqui (superiore e inferiore). [3]

LA RETINA

La retina è una membrana nervosa considerata come un'estroflexione del diencefalo che si estende lungo tutta la parte posteriore del bulbo oculare e dell'uvea. L'ora serrata, più precisamente divide topograficamente la retina in zone principali: parte ottica e parte cieca. La parte ottica si estende dall'ora serrata fino al nervo ottico; la parte cieca si estende dall'ora serrata fino al margine pupillare. La retina appare quindi costituita da due strati: strato pigmentato (foglietto esterno) e strato nervoso (foglietto interno). [5]

Il **foglietto esterno** è uno strato unicellulare, rappresentato da un particolare tipo di cellula epiteliali, applicate sulla membrana basale della corioide adiacente alla membrana di Bruch e ricche di pigmento scuro (presente anche nella fovea, fuscina e la melanina). Queste cellule si mostrano a sezione esagonale e sono provviste, dalla parte rivolta verso la retina, di numerosi e sottili prolungamenti, o frange, che si insinuano fra i segmenti esterni di coni ed i bastoncelli. Quest'epitelio svolge varie funzioni, fra le quali: rappresenta una barriera semipermeabile, è coinvolto nel fenomeno dell'adattamento pupillare alla luce, regola la produzione di porpora retinica ed è anche uno schermo protettivo alle radiazioni. [5]

La retina propriamente detta o **foglietto interno** è una membrana sottile e trasparente che lascia notare lo strato pigmentato apparendo rosata, confinante con il foglietto esterno e circondante il corpo vitreo. La retina è caratterizzata dalla presenza di vari strati nervosi che comprendono una popolazione cellulare nella quale sono contenute cellule capaci di percepire la luce. Da un punto di vista schematico si suole dividere la composizione della retina in questo modo:

- **Strato pigmentato**, già precedentemente descritto;
- **Strato dei fotorecettori**, è costituito da due tipi cellule recettoriali sensibili alle radiazioni luminose: coni e bastoncelli. I **bastoncelli**, di struttura stretta ed allungata sono localizzati principalmente in periferia e permettono la cosiddetta **visione scotopica**. Il segmento esterno di un bastoncello è costituito da dei dischi dentro i quali è presente la

rodopsina, una particolare proteina che funge da pigmento visivo, mentre nel segmento interno c'è il corpo cellulare ed infine c'è la terminazione sinaptica che è in collegamento con le cellule sottostanti. La loro sensibilità è altissima in quanto devono percepire oggetti al buio (500nm). I **coni**, di struttura corta e larga sono localizzati principalmente nella fovea e permettono la cosiddetta **visione fotografica**. I coni sono quindi sensibili alle forme ed ai colori, garantiscono la visione in condizioni di illuminazione normale. Ce ne sono di tre tipi in relazione alla iodopsina presente nel loro segmento più esterno (nei loro dischi): essi sono il rosso (700nm), verde (531nm) e blu (420nm); consentono di percepire dettagli e cambiamenti d'immagine più rapidi rispetto ai bastoncelli, poiché i loro tempi di risposta agli stimoli sono più veloci. La struttura di coni e bastoncelli è molto simile tra loro; essi sono disposti in file semplici, a palizzata, perpendicolarmente alla membrana limitante esterna, sulla quale sembrano come impiantati ed in corrispondenza della quale ha luogo la loro continuazione con la rispettiva fibra; la loro estremità libera è volta verso l'epitelio pigmentato, arrivando a contatto delle cellule che lo compongono; i coni terminano un po' prima. Ad ogni intervallo di un gruppo di bastoncelli si trova un cono. Complessivamente, i bastoncelli sono circa 75 milioni, i coni circa 3 milioni. Nella fovea centrale, fino a 0,25 mm dal suo centro, non esistono che coni; al di là cominciano ad intercalarsi i bastoncelli che aumentano progressivamente, fino a che, a 3-4 mm dal centro della fovea, diventano venti volte più numerosi dei coni. Questa proporzione rimane sensibilmente costante fino alle immediate vicinanze dell'ora serrata, dove i bastoncelli diminuiscono di numero, senza che aumenti quello dei coni; qui gli uni e gli altri non sono più a stretto contatto fra loro, ma spazieggiati.

- **Membrana limitante estera**, rappresenta una membrana formata dalle giunzioni tra i segmenti esterni con le cellule di Müller (cellule della glia), esse vengono definite anche cellule di sostegno per l'epitelio retinico. Si dispongono tra le varie cellule, soprattutto tra le cellule bipolari, per evitare cortocircuiti nervosi tra cellule eccitate adiacenti; svolgono quindi anche una funzione di isolamento.

- **Strato dei granuli esterni**, è costituito dai nuclei (granuli) delle cellule recettoriali separati fra di loro dai prolungamenti delle cellule di Müller.
- **Strato plessiforme estero**, è costituito da interazioni sinaptiche tra i fotorecettori e le cellule degli strati sottostanti, in particolare con le cellule bipolari e le cellule orizzontali.
- **Strato dei granuli interni**, è in genere caratterizzato dalla presenza di un gran numero di nuclei (granuli), che appartengono alle cellule orizzontali, cellule amacrine e alle cellule bipolari; quest'ultime sono neuroni che contraggono, con i loro assoni, sinapsi con i coni e bastoncelli. Gli altri prolungamenti fanno sinapsi con le cellule gangliari. Queste cellule si distinguono in **cellule bipolari dei coni** e **cellule bipolari dei bastoncelli**. Nella macula si mantiene un rapporto 1:1 in cui una cellula bipolare fa sinapsi con un solo fotorecettore e con una sola cellula gangliare; fuori la macula, questo rapporto non si mantiene, in quanto le cellule bipolari fanno sinapsi con più fotorecettori.
- **Strato plessiforme interno**, è costituito dai prolungamenti delle cellule bipolari e delle cellule amacrine che contraggono sinapsi con le cellule gangliari. Questo strato può essere suddiviso in due bande in base alle sinapsi che si formano: la sinapsi on tra le cellule bipolari dei coni e le cellule gangliari; sinapsi off tra le cellule bipolari dei bastoncelli e le cellule gangliari.
- **Strato delle cellule gangliari**, è costituito dalle cellule multipolari (gangliari), i cui dendriti si impegnano nel plessiforme mentre gli assoni nella costituzione del nervo ottico. Ogni cellula gangliare risponde ad una piccola area della retina circolare, la cui dimensione è direttamente proporzionale all'area recettiva della cellula. Questo tipo di cellule sono particolari, in quanto nervose ed in quanto costituiscono il nervo ottico; il loro campo recettivo è circolare con una particolarità, ogni cellula gangliare ha due campi concentrici:
 - centro on e periferia off,
 - periferia on e centro off.
 Esistono due tipi di cellule gangliari:
 - cellule magnocellulari (M), sono poche cellule di grandi dimensioni, sono deputate alla percezione della profondità e della localizzazione;

- cellule parvocellulari (P), sono tante cellule di piccole dimensioni, sono sensibili alle differenze di lunghezza d'onda e sono deputate alla percezione di colore e forma degli oggetti.
- **Strato delle fibre nervose**, questo strato si origina dalle cellule gangliari; essa rappresenta lo strato più sottile, dove è presente la macula. Queste fibre nervose sono dirette al diencefalo.
- **Membrana limitante interna**, rappresenta lo strato più interno, quello a contatto con il corpo vitreo. [5]

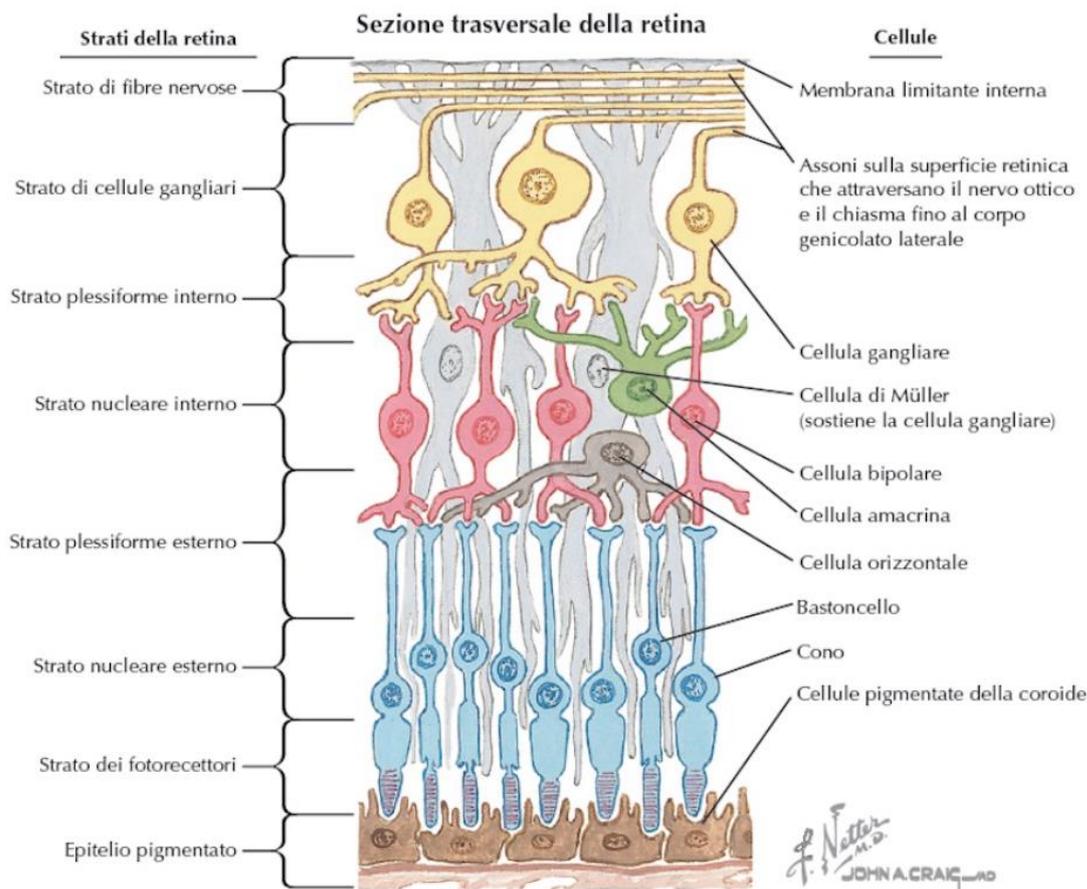


Figura 1 - Rappresentazione degli strati della retina.

Macroscopicamente, la retina ha tre zone caratteristiche:

- **Ora serrata**, costituisce la delimitazione fra il corpo ciliare e la coroide;

- **Papilla ottica** (o disco ottico), è l'estremità del nervo ottico, ossia, il punto nel quale il nervo ottico incontra la retina;
- **Macula lutea**, è la regione della retina responsabile della visione. [5]

Topograficamente la macula lutea è distinta in tre sub-aree. Considerando il riflesso visibile all'esame oftalmoscopico come centro ideale di quest'area, dall'interno all'esterno troviamo tre circonferenze concentriche con i seguenti diametri: [6]

- Fovea : regione di massima acuità visiva; [6]
- Parafovea : rappresenta una forma intermedia di visione chiamata visione paracentrale che contribuisce alla visione periferica; [7]
- Perifovea : è una regione della retina che circonda la parafovea e la fovea. [8]

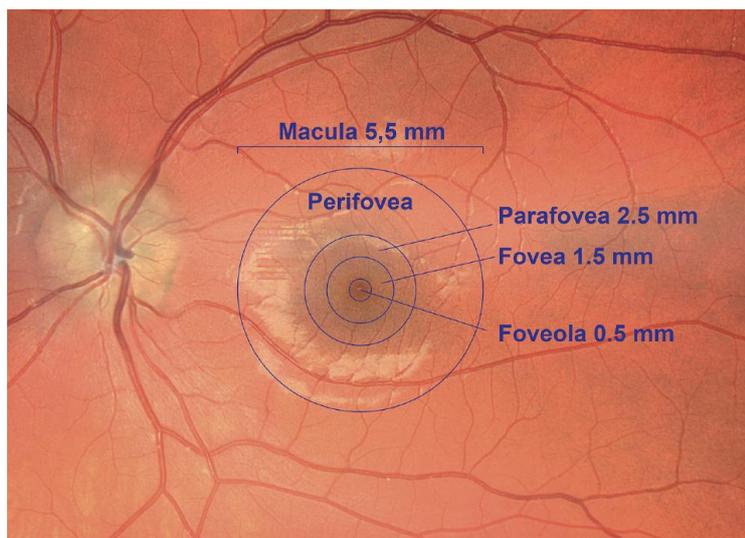


Figura 2 - Immagine della macula con suddivisione topografica.

La forma della fovea è concavoclivata. Tale area, solitamente depressa rispetto al piano retinico circostante, caratterizza il lato vitreale della retina interna; nel versante coroideale a quest'area corrisponde la retina esterna costituita da un tappeto di fotorecettori specializzati, conforme per la massima acuità visiva. [6]

La fovea concavoclivata è appiattita, a forma di ciotola; si presenta come un'area specializzata centrale lungo il meridiano

orizzontale retinico. È posizionata poco temporalmente al centro anatomico retinico, vicino l'asse ottico, dove l'aberrazione cromatica risulta minima. [6]

Al centro della fovea è presente la **foveola**, dove gli strati della retina interna sono spostati perifericamente e i vasi sanguigni sono assenti, così da sopprimere la formazione di angioscotomi (macchie scure che causano alterazioni parziali del campo visivo). Ed è nota come zona avascolare foveale. [6]

In questa regione, i coni sono più lunghi, più sottili e più densamente impacchettati rispetto a qualsiasi altra parte della retina, permettendo a questa regione di avere la massima acuità visiva nell'occhio. Il centro della foveola è talvolta chiamato **umbo**; è il punto osservato corrispondente al normale riflesso luminoso. Inoltre, la foveola è responsabile dell'acuità visiva, la capacità di distinguere chiaramente il colore e il dettaglio. [9]

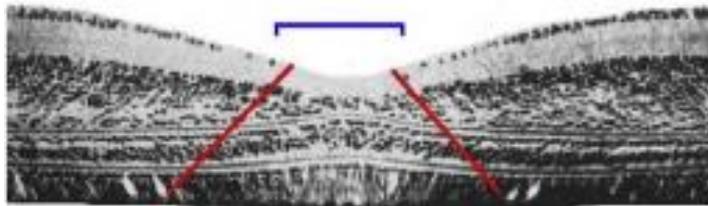


Figura 3 - Fovea concavoclivata.

I MUSCOLI EXTRAOCULARI E MOVIMENTI

I muscoli oculari estrinseci, sei per occhio, sono responsabili dei movimenti del bulbo oculare. I muscoli originano tutti dall'anello tendineo di Zinn, situato nella cavità orbitaria:

- 1. **Muscolo retto superiore**: si origina dalla porzione superiore dell'anello tendineo di Zinn, si porta in avanti inserendosi in alto sulla sclera ed è innervato dal nervo oculomotore.
- 2. **Muscolo retto inferiore**: si origina dalla porzione inferiore dell'anello tendineo di Zinn, si porta in avanti inserendosi in basso sulla sclera ed è innervato dal nervo oculomotore.
- 3. **Muscolo retto mediale**: si origina dalla porzione mediale dell'anello tendineo di Zinn, si porta in avanti inserendosi mediamente sulla sclera ed è innervato dal nervo oculomotore.
- 4. **Muscolo retto laterale**: si origina dalla porzione laterale dell'anello tendineo di Zinn, si porta in avanti inserendosi in alto sulla sclera ed è innervato dal nervo abducente.
- 5. **Muscolo obliquo inferiore** (piccolo obliquo): si origina dalla parte mediale ed inferiore dell'orbita, si porta in avanti e si inserisce posteriormente alla sclera ed è innervato dal nervo oculomotore.
- 6. **Muscolo obliquo superiore** (grande obliquo): si origina dall'anello tendineo di Zinn, si porta in avanti passando dalla troclea inserendosi posteriormente alla sclera ed è innervato dal nervo trocleare.

Inoltre, c'è un muscolo aggiuntivo, **l'elevatore della palpebra superiore**, che si inserisce sul tarso della palpebra superiore. A differenza degli altri muscoli estrinseci, il suo ruolo non è legato alla sclera, ma alla palpebra stessa. [5]

Un aumento della tensione dei muscoli retti spinge il bulbo indietro, portando alla formazione di un enoftalmo relativo (infossamento dell'occhio), mentre un decentramento del loro tono tende a produrre una proptosi (occhio sporgente) [1].

MUSCOLO	AZIONE PRIMARIA	AZIONE SECONDARIA	AZIONE TERZIARIA
Retto mediale	adduzione		
Retto laterale	abduzione		
Retto superiore	elevazione	adduzione	intorsione

Retto inferiore	abbassamento	adduzione	extorsione
Obliquo superiore	intorsione	abbassamento	abduzione
Obliquo inferiore	extorsione	elevazione	abduzione

Il termine duzione sottende le rotazioni del singolo occhio. Il movimento verso l'alto viene definito sopraduzione, elevazione o sursumduzione; il movimento verso il basso è detto infraduzione, abbassamento, depressione o deorsumduzione; il movimento verso il naso è definito adduzione ed il movimento verso l'esterno è detto abduzione.

I movimenti torsionali sono denominati cicloduzioni: incicloduzione (o intorsione) quando la rotazione avviene verso il naso ed excicloduzione (o extrorsione) quando la rotazione avviene verso l'esterno. [1]

I movimenti congiunti degli occhi sono chiamati versioni e sono: destroversione (OD AB. e OS. AD.), sinistroversione (OD AD. e OS. AB.), *elevazione* (entrambi gli occhi verso l'alto) e *abbassamento* (entrambi gli occhi verso il basso).

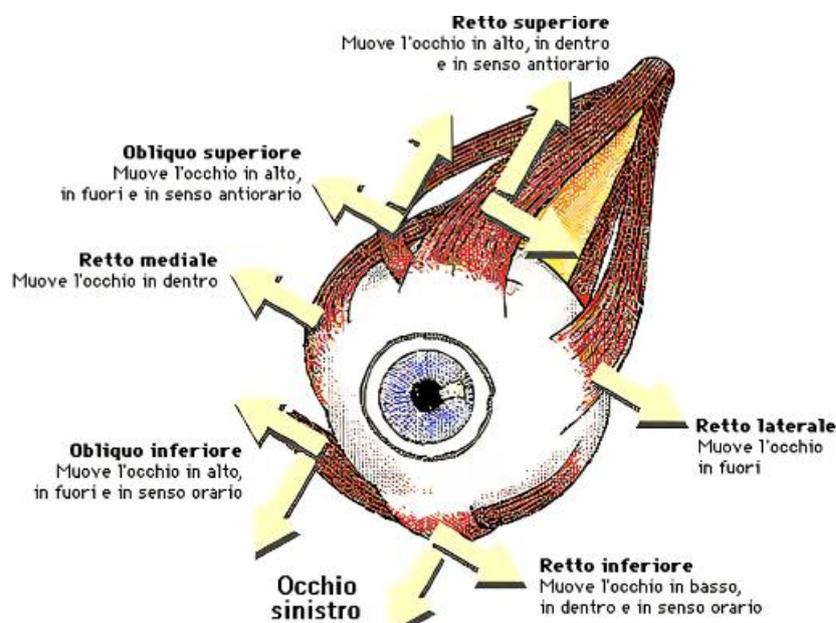


Figura 4 - Muscoli oculari e movimenti ad essi associati.

Non esiste una classificazione univoca dei movimenti oculari perché dipendono dal criterio considerato per raggrupparli.

Una delle più utilizzate prevede che siano cinque i sistemi che lavorano sinergicamente per garantire la foveazione. [10]

<i>Tipo di movimento oculare</i>	<i>Funzione</i>
<i>Saccadi</i>	Orientamento dello sguardo per l'esplorazione visiva
<i>Pursuit</i>	Mantenimento della foveazione di un oggetto in movimento
<i>Riflesso vestibolo-oculare</i>	Stabilizzazione dell'immagine sulla retina durante i movimenti della testa
<i>Riflesso optocinetico</i>	Stabilizzazione dell'immagine retinica quando questa è in movimento
<i>Vergenza</i>	Movimento disgiunto che garantisce la foveazione accompagnata da variazione del piano focale

Figura 5 - Classificazione dei movimenti oculari, adattamento da Robinson 1981.

Il sistema visivo è un meccanismo complesso, in cui diversi tipi di movimenti oculari collaborano per garantire una percezione stabile e dettagliata dell'ambiente circostante. La **stabilità percettiva** è garantita da una combinazione di meccanismi che includono i movimenti oculari e la loro compensazione a livello cerebrale. Tra questi movimenti, le **saccadi**, i **pursuit**, le **microsaccadi**, i **drift** e i **tremori** giocano un ruolo fondamentale nel mantenere la fissazione visiva, permettendo al cervello di processare informazioni visive in modo continuo e preciso.

L'equilibrio tra movimenti oculari e stabilità percettiva è cruciale per la visione accurata e il funzionamento quotidiano, soprattutto nei bambini, dove il sistema visivo è ancora in fase di sviluppo.

- Le **saccadi** sono movimenti oculari rapidi e bruschi che permettono agli occhi di spostarsi rapidamente da un punto all'altro nel campo visivo. Sono fondamentali per dirigere l'attenzione visiva su diversi oggetti nella scena e sono utilizzate ogni volta che esploriamo visivamente un ambiente o leggiamo. Le saccadi sono movimenti automatici che consentono al cervello di raccogliere informazioni da diverse aree della scena in modo molto rapido. Anche se possiamo controllare volontariamente il movimento degli occhi per spostarli da

un oggetto all'altro, la maggior parte delle saccadi avviene in modo automatico e inconscio quindi è di natura involontaria.

Le saccadi sono una componente essenziale del **sistema oculomotorio**, non solo per orientare lo sguardo, ma anche per **integrare l'informazione visiva**; preparano il campo visivo per la fase di fissazione, durante la quale entrano in gioco i micromovimenti oculari, contribuendo all'analisi dettagliata dello stimolo visivo. Un aspetto importante delle saccadi è che, durante il movimento, il cervello "sopprime" brevemente l'informazione visiva, un processo chiamato **soppressione saccadica**. Questo impedisce che vediamo il mondo come "mosso" o "sfocato" ogni volta che i nostri occhi si muovono rapidamente. [10]

- I **pursuit (inseguimento lento)** sono movimenti oculari lenti e fluidi, che permettono di seguire un oggetto in movimento mantenendolo a fuoco sulla fovea. Questo tipo di movimento è cruciale per mantenere la stabilità visiva quando seguiamo qualcosa che si muove, come una palla o una persona in movimento. I pursuit sono fondamentali per lo sviluppo della **coordinazione occhio-mano**. [10]
- Le **microsaccadi** sono più piccole delle saccadi. Sono movimenti rapidi ma molto più sottili, che riposizionano la fovea sull'oggetto di interesse durante le pause di fissazione. Le microsaccadi sono fondamentali per mantenere una visione precisa e stabile quando fissiamo un oggetto per periodi più lunghi. Le microsaccadi sono particolarmente utili quando è richiesta una precisione visiva elevata, come leggere piccoli caratteri. [10]
- I **drift** sono movimenti oculari lenti e irregolari che si verificano durante la fase di fissazione, quando gli occhi sono apparentemente fermi. Anche se sono più lenti e con minore ampiezza rispetto alle microsaccadi, i drift aiutano a mantenere l'immagine in movimento sulla retina, prevenendo l'adattamento neuronale, che

altrimenti farebbe sbiadire l'immagine. Questi movimenti aiutano anche a modulare l'informazione visiva, migliorando la percezione dei dettagli e delle **alte frequenze spaziali** (come i contorni fini di un oggetto).

- I **tremori** sono i più piccoli e veloci tra i micromovimenti oculari. Anche se difficili da rilevare a causa della loro ampiezza molto ridotta, i tremori hanno la funzione di mantenere una leggera stimolazione continua dei fotorecettori nella retina. Essi si sovrappongono ai drift e contribuiscono a prevenire la dissolvenza dell'immagine durante la fissazione. Contribuiscono a mantenere costante il flusso di informazioni visive, evitando che gli oggetti osservati scompaiano dalla percezione. [10]

Le **saccadi** permettono di spostare lo sguardo rapidamente da un punto all'altro, mentre i **pursuit** mantengono a fuoco un oggetto in movimento. Durante la fissazione, i **microsaccadi**, i **drift** e i **tremori** lavorano per mantenere stabile l'immagine sulla retina, prevenendo l'adattamento e garantendo una visione chiara e dettagliata. [10]

La fovea è il locus retinico che, nonostante le piccolissime dimensioni, possiede la maggiore risoluzione spaziale e impegna per la codifica nella corteccia visiva un numero elevato di neuroni. Per il fatto stesso che questa piccola regione possiede la massima sensibilità lo sguardo è orientato e stabilizzato attraverso i movimenti oculari, che spostando la fovea nelle diverse posizioni di interesse garantiscono l'esplorazione spaziale nel dettaglio. Questa attività può essere svolta in maniera inconsapevole o volontaria dai diversi tipi di movimenti oculari. [6]

LA PERCEZIONE VISIVA

La formazione dell'immagine è il processo in cui l'occhio umano converte la luce visibile in segnali neurali che vengono elaborati dal cervello per creare una rappresentazione visiva del mondo circostante. Questa rappresentazione visiva si chiama immagine e viene percepita come un'esperienza soggettiva e unica per ogni individuo.

Ecco come avviene il passaggio:

- La luce entra nell'occhio attraverso la **cornea**, una superficie trasparente e convessa che funge da “finestra” dell'occhio. Essa rappresenta la prima “lente” oculare di forma convessa invertendo l'immagine, cioè, permettendo alla luce di convergere verso un punto focale;
- Successivamente, la luce passa attraverso l'**iride**, la parte colorata dell'occhio, che regola l'apertura della pupilla per controllare la quantità di luce che entra nell'occhio; in particolare il fenomeno della miosi (restringimento della pupilla dovuto ad un aumento dell'intensità luminosa). La luce prosegue poi attraverso il **cristallino**, una lente biconvessa flessibile situata dietro l'iride. Il cristallino ha la capacità di modificare la sua forma per consentire la messa a fuoco degli oggetti a diverse distanze. Questo processo di accomodazione avviene grazie alla contrazione e al rilassamento dei muscoli ciliari che circondano il cristallino;
- Dopodiché le cellule fotosensibili della **retina** convertono la luce in segnali elettrici che vengono poi trasmessi al cervello attraverso il nervo ottico. La retina riceve l'immagine capovolta e la trasmette al cervello per l'elaborazione;
- Infine, il **cervello** interpreta i segnali inviati dalla retina e ricostruisce l'immagine in base alla sua posizione originale nel mondo esterno. Quindi, percepiamo l'immagine correttamente, nonostante la sua inversione sulla retina.

In breve, l'immagine viene capovolta due volte (dalla cornea e dalla lente) prima di raggiungere la retina. Tuttavia, il nostro cervello corregge automaticamente questa inversione, consentendoci di vedere l'immagine correttamente. [5]

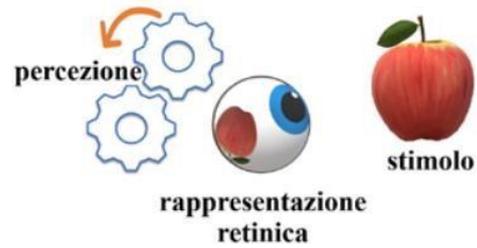


Figura 6 - Rappresentazione della formazione dell'immagine sulla retina.

CAPITOLO II

ACUITA' VISIVA

L'acuità visiva (**visus**), è la capacità risolutiva del sistema visivo, legato alla funzionalità della retina centrale (fovea) di poter distinguere delle lettere più o meno piccole su una tavola ottotipica. Essa dipende dalla dimensione angolare dello stimolo minimo percepito ed è inversamente proporzionale a questa dimensione: [11]

$$AV = \frac{1}{MAR'}$$

Esistono diversi modi per quantificare l'acuità visiva:

- **Minimo visibile:** rappresenta la minima ampiezza angolare entro la quale l'occhio riesce a distinguere la presenza di un segnale, come le stelle più piccole nel cielo; [11]

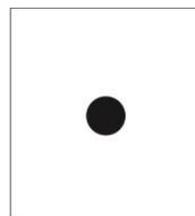


Figura 7 - Punto nero su sfondo chiaro.

- **Minimo separabile:** è la capacità che il nostro occhio ha di vedere due oggetti molto vicini tra di loro, legata all'attivazione alternata dei fotorecettori retinici. L'angolo espresso in primi che tale distanza sottende al punto nodale si chiama angolo di risoluzione M.A.R.; [11]



Figura 8 - Minimo angolo di risoluzione (MAR)

- **Minimo riconoscibile:** è il tipo di acuità che viene maggiormente utilizzata, ovvero permette di riconoscere piccole forme tra tante possibili come, ad esempio, lettere dell'alfabeto o numeri; è influenzato dall'esperienza del soggetto; [11]



Figura 9 - Minimo riconoscibile.

- **Iperacuità:** è la capacità di percepire il minimo spostamento spaziale tra due figure, cioè, rappresenta la capacità di allineare due linee tra di loro. [11]

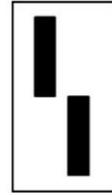


Figura 10 - Iperacuità.

Per descrivere le relative dimensioni dei simboli vengono utilizzati vari criteri:

- **Notazione decimale:** è il reciproco del MAR (minimo angolo di risoluzione) espresso in primi; [11]
- **Frazione Snellen** il visus è espresso come $V=d/D$ dove d è la distanza del test e D la distanza a cui lo stimolo è percepito da un occhio normale. [11]

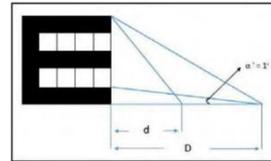


Figura 11 - Frazione Snellen.

- **Scala LogMAR:** utilizza il logaritmo del MAR per una maggiore precisione e sensibilità. Valori molto bassi di LogMAR indicano una maggiore acuità visiva. [11]

Gli stimoli impiegati per l'esame dell'acuità visiva sono numerosi e vengono chiamati **ottotipi**, utilizzati per misurare il MAR, specialmente nei bambini, scegliendo stimoli adatti alle loro capacità, come: [11]

- Anelli di Landolt o E di Tumbling, usati per valutare la direzionalità:

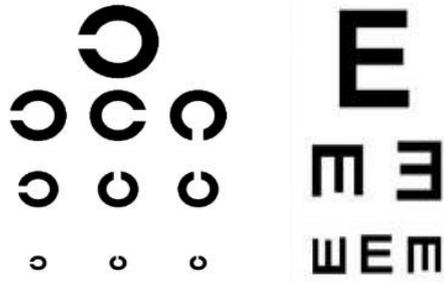


Figura 12 - Anelli di Landolt ed E di Tumbling.

- Simboli LEA, preferibili per i bambini in quanto potrebbe non essere ancora completamente automatizzata, ed anche per la loro semplicità e familiarità. [1]

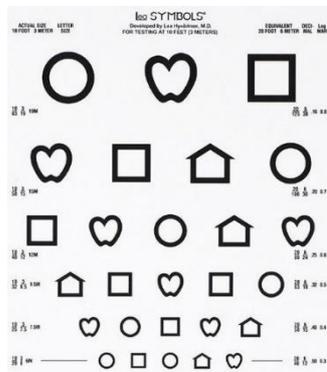


Figura 13 - Ottotipo LEA.

OFTALMOSCOPIA E ALTRE TECNICHE DI BASE

Nell'età pediatrica determinare l'acutezza visiva risulta difficile se non impossibile nei primi anni di vita o per lo meno prima dei tre anni. L'esame della refrazione in età pediatrica si basa prevalentemente su tecniche oggettive; la peculiarità positiva delle tecniche oggettive risiede nel fatto che esse non richiedono una partecipazione attiva da parte del soggetto esaminato, fornendo così un dato non dipendente dal suo atteggiamento e dalle sue risposte e consente di avere un'idea almeno approssimativa dell'acutezza visiva. [11]

Le tecniche refrattive oggettive sono prevalentemente due: la **retinoscopia** (o schiascopia) e l'**oftalmoscopia**.

L'oftalmoscopia, spesso conosciuta come esame del fondo oculare, è un tipo di procedura che analizza le strutture oculari per verificarne l'integrità; in particolare, monitorare la condizione del fondo retinico in generale e, più nello specifico, della macula e della papilla ottica. Inoltre, l'oftalmoscopia può essere utilizzata per studiare le condizioni di fissazione del soggetto. L'oftalmoscopia viene eseguita utilizzando uno strumento chiamato **oftalmoscopio**.



Figura 14 - Oftalmoscopio diretto.

Gli oftalmoscopi hanno una fonte di illuminazione propria, che crea un fascio luminoso che, dall'interno dell'apparecchio, un sistema di prismi o specchi, proietta sulla stessa linea di visione dell'osservatore. Nella testa dello strumento si trova un intero "set" di lenti chiamato **disco di Rekoss**, che possono essere interposte sull'asse di osservazione in modo da correggere i difetti refrattivi dell'esaminatore e del soggetto. La ma-

novra da effettuare per passare da una lente all'altra è rapidissima (basta ruotare una rotellina) e può essere effettuata con un dito anche durante l'osservazione della retina. In una piccola finestrella compaiono dei numeri che corrispondono alle diottrie della lente inserita: i numeri scritti in rosso si riferiscono a **lenti negative** (divergenti) utilizzate per correggere la miopia. I numeri scritti in nero si riferiscono a **lenti positive** (convergenti) utilizzate per correggere l'ipermetropia. L'oftalmoscopio possiede anche un'altra rotella posizionata sul retro dell'oftalmoscopio (lato paziente), che ci permetterà di scegliere differenti tipi di aperture come: stellina di fissazione, diverse dimensioni piatte, semicerchio, fenditura e filtro verde e blu. [11].

	Cerchio piccolo: buona visibilità del fondo oculare attraverso le pupille non dilatate. Avviare la scansione con questo diaframma e passare al diaframma Micro-Spot se la pupilla è particolarmente stretta e/o fotosensibile.
	Cerchio largo: diaframma standard per le pupille midriatiche e per l'esame generale dell'occhio.
	Micro-Spot: consente la visione attraverso pupille miotiche particolarmente strette.
	Scanalatura: utile per rilevare varie escrescenze di lesioni, in particolare tumori e aree edematose.
	Semicerchio: combina la percezione della profondità del diaframma a fessura con il campo visivo del grande cerchio.
	Stella di fissaggio: consente la valutazione della fissazione eccentrica.
	Filtro blu: in combinazione con la fluoresceina, permette l'identificazione di piccole lesioni, graffi e corpi estranei.
	Filtro senza rosso: consente la chiara delimitazione di vene, arterie e vie nervose.

Figura 15 - Differenti tipi di aperture dell'oftalmoscopio.

Durante l'oftalmoscopia, è possibile che si veda una luminescenza rossa. Questo fenomeno è noto come "riflesso rosso" o "riflesso del fondo dell'occhio" e si verifica quando la luce dell'oftalmoscopio illumina la retina. Il riflesso rosso può aiutare a identificare anomalie o malattie oculari se il colore o l'intensità del riflesso variano. L'esaminato, nel caso di un bambino, deve essere preferibilmente seduto. È importante che guardi un oggetto lontano o che sia in grado di mantenere uno sguardo fisso in una direzione specifica. La stanza deve essere poco illuminata per migliorare la visibilità del riflesso pupillare e ridurre i riflessi esterni. L'esaminatore deve regolare

l'oftalmoscopio per correggere eventuali difetti visivi utilizzando il disco di Rekoss. Dopodiché l'esaminatore si posiziona a circa 20 cm di distanza dal bambino, allineando il proprio occhio con l'asse della luce proveniente dall'oftalmoscopio. L'oftalmoscopio deve essere tenuto vicino all'occhio dell'esaminatore, mirando direttamente al centro della pupilla del paziente. La luce dell'oftalmoscopio viene proiettata sull'occhio del paziente; si osserva un occhio alla volta, dirigendo la luce prima su un occhio, poi sull'altro. In condizioni normali, la luce attraversa le strutture trasparenti dell'occhio (cornea, cristallino, umore acqueo) e viene riflessa dal **fundus oculi** (la retina), restituendo un riflesso rosso visibile attraverso la pupilla. [11]

Se il riflesso rosso è uniforme e di colore normale, è segno che i mezzi diottrici sono trasparenti e la retina sia intatta. Se il riflesso è debole, assente, o presenta ombre, potrebbe indicare un problema, come una cataratta congenita, opacità corneali, retinopatia o gravi difetti di rifrazione. Quando il riflesso è anomalo, si devono valutare attentamente la dimensione, la posizione e il movimento delle ombre nel riflesso che aiutano a determinare la presenza di difetti refrattivi o altre patologie oculari. Se il riflesso suggerisce la presenza di un vizio refrattivo, l'esaminatore può procedere con una **schiascopia** per quantificare il difetto. [11]

La **retinoscopia**, invece, permette di rilevare con affidabilità lo stato refrattivo dell'occhio, sia nella sua componente sferica che in quella cilindrica. Nel processo della retinoscopia, lo strumento che viene adoperato è lo **schiascopo**. [11]

Lo schiascopo è uno strumento composto da una sorgente luminosa, una lente condensatrice e uno specchio semitrasparente o forato, in modo che l'esaminatore possa controllare la luce riflessa dall'occhio esaminato lungo la direzione del fascio luminoso prodotto dallo strumento stesso. La radiazione emessa dallo schiascopo a striscia proviene da una lampadina a filamento con spessore regolabile, che può essere ruotata. Questo permette di determinare con precisione l'asse dell'astigmatismo. [11]



Figura 16 - Schiascopo a striscia.

La schiascopia può essere: statica (per la visione da lontano) e dinamica (fatta per vicino); noi prendiamo in considerazione solo la prima. La schiascopia statica si esegue nell'esame della visione per lontano cercando di inibire il più possibile l'intervento dell'accomodazione (l'aggettivo "statico", infatti, è riferito al non intervento dell'accomodazione) e permette di ricavare la correzione dell'ametropia.

La schiascopia si basa sull'analisi di tre movimenti:

- Primo: impresso dall'operatore;
- Secondo: movimento del riflesso sulla retina;
- Terzo: movimento del riflesso in uscita dal foro pupillare.

Per quanto riguarda il posizionamento è necessario che l'operatore si posizioni alla stessa altezza del soggetto (operatore e soggetto sono seduti) ad una distanza compresa tra i 50 cm e 1 metro e che osservi con il proprio OD l'OD del soggetto e con il proprio OS l'OS del soggetto, spostandosi in modo opportuno. Il soggetto deve fissare la mira con l'occhio non esaminato. Oltre a questo, occorre evitare l'eccesso accomodativo da parte del soggetto mentre fissa la mira proposta.

Durante la schiascopia, analizziamo la relazione tra il primo e il terzomovimento, potendo riscontrare tre condizioni diverse. Muovendo la striscia su meridiani orizzontali e verticali, osserviamo un movimento della luce che può essere **concorde** (nella stessa direzione del retinoscopio) o **discorde** (su un meridiano differente), situazione tipica in presenza di astigmatismo.

Il movimento della banda luminosa inoltre è accompagnato da un'ombra che può essere diretta, ossia segue il movimento della banda luminosa nella stessa direzione (**movimento diretto**) oppure inversa ossia compare all'opposto del movimento della banda luminosa (**movimento inverso**). Nel movimento diretto il punto coniugato retinico si trova dietro all'occhio dell'esaminatore per cui c'è bisogno di lenti positive per portarlo a livello dell'occhio dell'esaminatore. Nel movimento inverso il punto coniugato retinico si trova davanti all'occhio dell'esaminatore per cui c'è bisogno di lenti negative per portarlo a livello dell'occhio dell'esaminatore.

L'orientamento della striscia può essere variato facendo ruotare il manicotto su sé stesso: la striscia esplora la rifrazione

del meridiano perpendicolare al suo asse, per cui il movimento del retinoscopio deve essere effettuato sul meridiano perpendicolare alla striscia stessa.

L'obiettivo finale è la ricerca del "punto neutro", che rappresenta la zona in cui non vi è alcun movimento della luce.

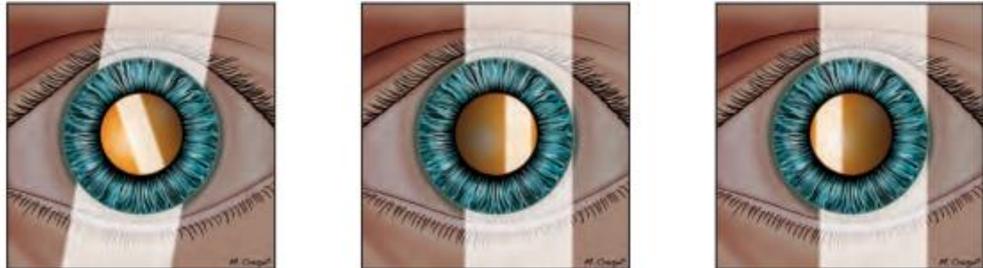


Figura 17 - Da sinistra verso destra a) movimento discorde, b) movimento concorde ed ombra diretta, c) movimento concorde ed ombra inversa.

Il punto neutro rappresenta la massima intensità del riflesso retinoscopico, perché tutta l'energia che viene emessa dall'occhio del soggetto attraversa il diaframma del retinoscopio e l'operatore vedrà il foro pupillare sempre illuminato; abbiamo punto neutro tutte le volte che l'operatore con lo schiascopio si trova sul punto remoto dell'occhio esaminato. Il punto neutro rappresenta la condizione di passaggio tra il movimento concorde e il movimento discorde del riflesso retinoscopico e immediatamente prima e dopo questa condizione la velocità del riflesso è molto elevata.

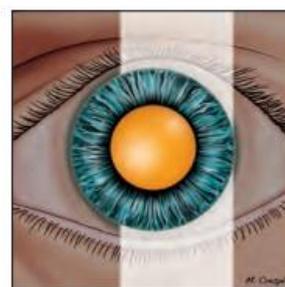


Figura 18 - Punto neutro, notare l'assenza di ombre.

SINERGIA TRA ACUITA' VISIVA E FISSAZIONE

Nella prima infanzia, lo sviluppo visivo gioca un ruolo fondamentale nell'interazione del bambino con l'ambiente. Due aspetti chiave di questo sviluppo sono l'acuità visiva e la stabilità di fissazione. L'acuità visiva riguarda la chiarezza con cui il bambino può vedere dettagli fini, mentre la stabilità di fissazione si riferisce alla capacità di mantenere lo sguardo su un oggetto specifico. Entrambi questi aspetti si evolvono in parallelo; poiché la stabilità viene progressivamente acquisita quando la fovea raggiunge la struttura adulta influenzandosi reciprocamente e contribuendo allo sviluppo delle abilità cognitive e motorie del bambino. Analizzeremo come l'acuità visiva e la stabilità di fissazione si sviluppino in modo integrato dalla nascita fino ai 10 anni, e come questo sviluppo supporta la crescita e l'apprendimento del bambino: [12]

- **Alla nascita:** l'acuità visiva è molto bassa, circa 20/400, e la vista è piuttosto sfocata. Il neonato percepisce solo grandi forme e forti contrasti, come il bianco e il nero. La capacità di fissazione è limitata e instabile, con movimenti oculari poco coordinati. Il normale andamento temporale per lo sviluppo delle funzioni visive spaziali non è preprogrammato, ma dipende dall'esperienza e la visione anormale può avere un profondo effetto sulla maturazione di queste funzioni in quanto la fovea non è ancora completamente sviluppata poiché i coni sono ancora immaturi e non completamente concentrati al centro della fovea. [12]
- **Da 2-3 mesi:** comincia a migliorare la capacità di vedere oggetti a circa 20-30cm di distanza. In questo periodo, il bambino riconosce meglio i volti; in particolare le funzioni binoculari come la fusione, la stereopsi e la stereoacuità si sviluppano. [12] La fissazione inizia a diventare più stabile in quanto il bambino sviluppa con maggiore capacità di inseguire oggetti in movimento con gli occhi; la densità e l'organizzazione dei coni nella fovea migliorano significativamente
- **Da 4-6 mesi:** l'acuità visiva continua a migliorare rapidamente; il bambino sviluppa la capacità di individuare gli oggetti in base alla forma e alle dimensioni e i colori diventano più nitidi in quanto si sviluppa la capacità di percepire la tricomia. [12] La fissazione diventa molto più precisa, con miglioramenti nelle capacità di passare lo sguardo da un oggetto all'altro.

- **Da 6-12 mesi:** l'acuità visiva si avvicina ai 20/100; il bambino diventa capace di vedere chiaramente oggetti a distanze maggiori. La fissazione e la visione binoculare sono ben sviluppate ed il bambino è in grado di osservare oggetti sia vicini che lontani con stabilità. [12]
- **1-2 anni:** l'acuità visiva si stabilizza progressivamente, avvicinandosi ai valori adulti di 20/20. La capacità di fissazione e seguire oggetti in movimenti è paragonabile a quella degli adulti; fino a 2 anni la fovea raggiunge la piena maturità. L'acuità visiva del bambino è al massimo, permettendo una visione dettagliata e accurata. [12]
- **Dai 2-5 anni:** L'acuità visiva raggiunge quasi i livelli adulti (20/20) tra i 4 e i 5 anni, sebbene continui a perfezionarsi. In questa fase, si sviluppano anche altre competenze visive come la percezione della profondità, necessarie per riconoscere gli oggetti a distanze differenti. [12] La maturazione della visione aiuta anche nello sviluppo delle abilità motorie, nella coordinazione occhio-mano e nelle capacità cognitive. [13] Durante questi anni, la stimolazione visiva attraverso il gioco e l'interazione con l'ambiente è cruciale per stabilizzare un buon tipo di fissazione; in particolare migliora la coordinazione occhio-mano. [13] La stimolazione visiva aiuta a rafforzare i collegamenti nervosi e a migliorare la funzione dei muscoli degli occhi.
- **Dai 3-8 anni:** La maggior parte dello sviluppo visivo si completa intorno ai 7-8 anni. A questo punto, il sistema visivo è considerato quasi completamente maturo, con la capacità di distinguere dettagli a livello comparabile con quello di un adulto. In questa fase, lo sviluppo dell'acuità visiva è cruciale nelle attività scolastiche e per la coordinazione occhio-mano in attività come lo sport. [12]
- **Dai 9 agli 11 anni:** A 9-11 anni, la maggior parte dei bambini ha una visione completamente sviluppata. Le loro abilità visive (20/20 o molto vicine) includono la capacità di cambiare messa a fuoco rapidamente tra oggetti vicini e lontani, una caratteristica essenziale per la vita quotidiana. [12] In questa fase, le capacità di percezione visiva sono stabili, incluse la percezione del movimento, la profondità e l'adattamento a cambiamenti rapidi nella luminosità. [13] Il sistema visivo è pronto per affrontare attività più complesse, come lo sport e la lettura prolungata.

Life span stages	Infants			Young children			Older children			Teens			Young adults			Older adults		
	0 mo	3 mo	6 mo	1	2	4	5	8	11	12	16	20	21	35	50	55	68	80
Visual milestones																		
Binocular fusion		↑	→															
Stereopsis		↑	→															
Spatial acuity	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→								↓	↓
Contrast sensitivity	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→								↓	↓
Orientation	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→								↓	↓
Motion	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→							↓	↓
Color perception	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑								
Contour integration	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→							
Face perception	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→				↓	↓

Figura 19 - Un riassunto dello sviluppo delle principali pietre miliari della percezione visiva nel corso della vita.

Possiamo dire quindi che la capacità di fissare un oggetto e l'acuità visiva sono strettamente connesse poiché entrambe dipendono dalla funzionalità della fovea. Quando fissiamo un oggetto, l'immagine viene proiettata esattamente sulla fovea, permettendoci di vedere in modo nitido e se questa fissazione è stabile, l'acuità visiva è massimizzata. [14]

La fissazione è un indicatore indiretto della qualità della visione centrale. Se una persona riesce a mantenere l'immagine dell'oggetto fissata sulla fovea, è probabile che la sua acuità visiva sia buona. Al contrario, se la fissazione è instabile, l'immagine si muove sulla retina, compromettendo la capacità di vedere i dettagli e quindi la visione diventa meno chiara e l'acuità visiva si riduce.

Analizzare la fissazione è quindi efficace in quanto ci permette di ottenere informazioni sulla funzionalità visiva e sull'acuità visiva di una persona.

CAPITOLO III

STRUMENTI E TEST PER VALUTARE LA FISSAZIONE NEI BAMBINI

Nel processo di sviluppo visivo dei bambini, la capacità di mantenere una fissazione stabile su un punto è essenziale per una visione efficace. La fissazione, infatti, consente una corretta acquisizione delle immagini e un'adeguata integrazione delle informazioni visive, fondamentali per abilità come la lettura, la scrittura e il coordinamento motorio. Un'alterazione della fissazione oculare se non diagnosticata precocemente può influire negativamente sulla qualità della vita e sul rendimento scolastico del bambino. [15]

Gli optometristi utilizzano specifici test per valutare la stabilità della fissazione; l'oftalmoscopia diretta con codifica **Ruggeri** e il **Test di fissazione di Scheiman&Wick (SW) con codifica Ruggeri**. Entrambi i test, pur avendo obiettivi simili, differiscono per tecnica e modalità di esecuzione. È consigliabile eseguire prima il Test di Scheiman&Wick con codifica Ruggeri, per una valutazione in condizioni di visione binoculare, e poi l'oftalmoscopia diretta con codifica Ruggeri per analizzare più in dettaglio la fissazione monoculare. Da precisare che questi test vengono eseguiti dopo i test preliminari.

TEST DI FISSAZIONE DI SCHEIMAN & WICK CON CODIFICA RUGGERI L.

Il test viene effettuato in visione binoculare, può essere eseguito a tutte le età, anche a bambini di 2-3 anni. L'unico fattore limitante riguarda la capacità di comprendere le istruzioni da parte del bambino. Il test può essere effettuato sia in postura eretta che seduta; come mira si utilizza una sferetta di metallo riflettente con un diametro di 0.5 cm. La mira è in posizione primaria di sguardo, quindi direttamente davanti agli occhi del bambino più precisamente a 40 cm. [15]

Bisogna spiegare al bambino che dovrà osservare il centro della sferetta metallica (dove vedrà riflesso il suo volto) dal nostro "via" in poi in modo continuo fino a quando non gli verrà detto "alt". Riassumendo diremo "via" poi attendiamo 10 secondi e poi diremo "alt"; durante i 10 secondi richiesti (in cui noi conteremo mentalmente fino a 10) osserveremo gli occhi del bambino e memorizzeremo quanti secondi in modo

continuativo il bambino può mantenere la fissazione sulla palina. Bisogna segnare il tempo massimo di fissazione continua e il numero di rifissazioni.

Risultato atteso: tutti i bambini eccetto i più piccoli, gli ansiosi, gli interattivi e gli iperattivi dovrebbero sostenere la fissazione in modo preciso senza alcun movimento osservabile di entrambi gli occhi per 10 secondi (cut off). Se il bambino non dovesse riuscire ripetere il test con una **facilitazione acustica**, cioè, contando in contemporanea all'esecuzione del test da 10 a 0. Dopodiché registrare i risultati ottenuti. [16]

Il test di **Scheiman&Wick** utilizzato già nell'optometria, è un metodo di valutazione della fissazione oculare, specialmente nei bambini. Grazie a questa tecnica, è possibile osservare la stabilità della fissazione ed individuare deficit visivi o difficoltà nel mantenere la fissazione. Il test originariamente permette una valutazione generale della fissazione, l'aggiunta della codifica Ruggeri consente di quantificare il tempo massimo di fissazione stabile e di annotare il numero di refissazioni presenti durante i 10" di esecuzione del test. Quindi il contributo della professoressa Ruggeri amplia il test di Scheiman&Wick con aspetti quantitativi permettendo di registrare con precisione il tempo massimo in secondi di fissazione stabile (abilità) e l'accuratezza (numero di refissazioni); aiutando gli optometristi a fornire interventi mirati. La codifica, infatti, consente di monitorare in modo più puntuale i progressi. [15]

OFTALMOSCOPIA DIRETTA CON CODIFICA RUGGERI L.: PROCEDURA PER LA VERIFICA DELLA FISSAZIONE

Il Ruggeri test è una procedura utilizzata per valutare la stabilità della fissazione nei bambini; dopo aver eseguito il test di **Scheiman & Wick** in visione binoculare, si procede con questo test che invece viene eseguito in condizioni monoculari.

Il test si esegue in condizioni assise in presenza di illuminazione fotopica o comunque tale da assicurare al bambino il minor abbagliamento possibile. Viene inserita la mira a stella con cerchi concentrici e viene impostato il reostato al minimo. La stella è la mira di fissazione alla quale il bambino dovrà allineare il proprio occhio. Spiegare al bambino che dovrà fissare il centro della stella fino a quando sentirà il comando "alt". Eseguire una simulazione utilizzando un foglio di carta su si

proietta lo spot luminoso con la stella, mantenendo una distanza di circa 35 cm tra lo strumento e il foglio e chiedere al bambino di posizionare la punta di una matita al centro della stella e di mantenerla lì fino a quando non gli verrà detto "alt", in modo da verificare che abbia compreso dove deve guardare. [16]

Mentre il bambino fissa un bersaglio distante, impugnamo l'oftalmoscopio. Inseriamo una lente di circa +25 diottrie (o inferiore) e ci posizioniamo con un'inclinazione di 15° sul lato temporale, leggermente sopra l'asse visivo, in modo da allinearci con la papilla ottica. Gradualmente riduciamo il positivo fino a mettere a fuoco i vasi retinici. A questo punto, chiediamo al bambino di coprire l'occhio controlaterale con la mano e di concentrarsi sulla stellina. [16]

Regolare l'intensità luminosa del reostato sulla retina al livello più basso possibile, garantendo una chiara visione del riflesso foveolare con un limitato abbagliamento da parte del bambino (. L'optometrista deve osservare la presenza di un piccolo riflesso luminoso, di solito a forma di falce, visibile al centro della foveola). Assicurarsi che il bambino veda la stellina in modo nitido e stabile, ricordandogli di continuare a fissarla senza distogliere lo sguardo. [16]

Dire il comando "via" e contare mentalmente per 10 secondi, poi pronuncia "alt". Durante questi 10 secondi, osservare per quanto tempo la fissazione del bambino rimane all'interno della stella e per quanto tempo risulta eccentrica. Se il bambino appartiene ai tipi "c, d, e, f", registrare i dati raccolti e ripetere il test, questa volta contando a voce alta da 10 a 0, per fornire una facilitazione acustica. Verificare se con questa modalità si osserva un miglioramento o meno della prestazione. [16]

Registrazione della tipologia di fissazione secondo la codifica Ruggeri:

- a) Centrale stabile: il riflesso foveale rimane sempre all'interno della stella.
- b) Centrale instabile interna: il riflesso foveale si muove ma non esce dalla stella.
- c) Instabile dentro/fuori: il riflesso trascorre più tempo all'interno della stella rispetto all'esterno.
- d) Instabile fuori/dentro: il riflesso trascorre più tempo all'esterno della stella rispetto all'interno.

- e) Eccentrica instabile: il riflesso si muove esternamente e non entra mai nella stella.
- f) Eccentrica stabile: il riflesso rimane costante all'esterno della stella. [16]

Tipologia di fissazione	Localizzazione del riflesso	Movimento del riflesso	Caratteristiche principali
<i>Centrale stabile</i>	Centro della stella	Fisso, senza movimenti significativi	Fissazione normale; nessuna instabilità
<i>Centrale instabile interna</i>	Centro della stella	Si muove, ma non esce dalla stella	Leggera instabilità; il riflesso rimane sempre all'interno della fissazione centrale
<i>Instabile dentro/fuori</i>	Alterna tra il centro e l'esterno della stella	Passa più tempo al centro che all'esterno	Instabilità moderata; il riflesso è più spesso centrale ma presenta fuoriuscite
<i>Instabile fuori/dentro</i>	Alterna tra il centro e l'esterno della stella	Passa più tempo fuori che dentro	Instabilità significativa; prevale la fissazione periferica rispetto a quella centrale
<i>Eccentrica instabile</i>	All'esterno della stella	Si muove senza raggiungere il centro	Assenza di fissazione centrale; il riflesso è sempre instabile e fuori dalla stella
<i>Eccentrica stabile</i>	All'esterno della stella	Stabile in posizione eccentrica	Fissazione eccentrica definita; il riflesso è fermo ma non centrale

CONFRONTO TRA IL RUGGERI TEST E IL TEST SCHEIMAN&WICK

L'oftalmoscopia con codifica Ruggeri e il Test di Scheiman & Wick con codifica Ruggeri hanno finalità e condizioni visive differenti, per cui la scelta dell'ordine dipende dall'obiettivo della valutazione e dalle caratteristiche del bambino.

Scheiman & Wick con codifica Ruggeri: Viene spesso eseguito **prima** del Ruggeri test perché è più semplice e meno invasivo. Si esegue in **condizioni binoculari** e fornisce un'indicazione generale sulla capacità del bambino di mantenere la fissazione stabile su un oggetto visibile (una pallina riflettente) per 10 secondi. Essendo un test rapido e che non richiede strumenti

come l'oftalmoscopio, è utile per una prima valutazione di bambini molto piccoli.

L'oftalmoscopia con codifica Ruggeri: Si può eseguire **successivamente** per una valutazione più specifica e dettagliata della fissazione monoculare, utilizzando l'oftalmoscopio per osservare il riflesso foveale sulla retina. Questo test offre informazioni più precise sulla stabilità della fissazione a livello retinico.

In sintesi, è consigliabile eseguire **prima il Test di Scheiman & Wick con codifica Ruggeri**, per una valutazione binoculare rapida, e poi l'oftalmoscopia diretta con codifica **Ruggeri**, per analizzare più in dettaglio la fissazione monoculare.

CAPITOLO IV

IMPLICAZIONI DELL'INSTABILITA' DI FISSAZIONE

La fissazione, i movimenti saccadici e quelli di inseguimento sono strettamente collegati tra loro: un'alterazione in uno di questi aspetti, come le saccadi, tende a influire anche sulla stabilità di fissazione e sulla fluidità degli inseguimenti. Utilizzeremo il termine **disfunzione motoria oculare** per indicare la condizione in cui sono presenti difficoltà in tutte e tre le aree dei movimenti oculare. [17]

Diversamente ad altre abilità visive come l'accomodazione e la visione binoculare, che si sviluppano presto nell'infanzia, i movimenti oculari maturano più lentamente e continuano a svilupparsi fino ai primi anni di scuola elementare. I bambini con disfunzione dei movimenti oculari o poco sviluppo, possono avere difficoltà nelle attività scolastiche. [17]

DISFUNZIONE NEI MOVIMENTI OCULARI: EFFETTI DI SACCADI E INSEGUIMENTI ALTERATI

Durante la lettura i movimenti saccadici rappresentano circa il 10% del tempo di lettura. Questi movimenti consentono di passare da una parola all'altra con una rapidità tale da occupare un angolo visivo medio di circa 2°. In questi movimenti di fissazione, l'occhio "assorbe" visivamente le informazioni necessarie per elaborare il contenuto del testo. Ma il processo di lettura non è solo una sequenza fluida di saccadi e fissazioni: a volte può verificarsi una **regressione**, ossia un movimento all'indietro (da destra verso sinistra). Questa azione può avvenire nel 10-20% dei casi quando l'occhio incontra una difficoltà di comprensione o supera accidentalmente il bersaglio di lettura. Le regressioni permettono dunque di rielaborare le informazioni appena lette e di chiarire eventuali passaggi oscuri, rappresentano un adattamento fondamentale per la comprensione completa del testo. [17]

I sintomi della disfunzione saccadica sono:

- Difficoltà nella lettura: la maggior parte dei sintomi associati alla disfunzione saccadica si manifesta durante la lettura e include:

- Movimento della testa: il bambino muove la testa invece di utilizzare solo i movimenti oculari per leggere, indicando uno sforzo eccessivo per seguire il testo.
 - Perdita del segno: difficoltà di mantenere il punto durante la lettura, quindi perde il segno spesso.
 - Omissione di parole e salti di riga: tende a saltare le parole o persino righe intere, che compromette la comprensione del testo
 - Lettura lenta e comprensione ridotta: a causa dei frequenti movimenti imprecisi, la velocità di lettura diminuisce e si fatica a comprendere il contenuto.
- Capacità di attenzione ridotta: i bambini con problemi di fissazione possono mostrare scarsa attenzione ad esempio: potrebbero sembrare distratti o avere un comportamento non conforme al compito, distogliendo spesso lo sguardo durante le attività. Gli insegnanti e i genitori possono associare questa difficoltà di mantenere l'attenzione sui compiti ad una distrazione o impulsività. [17]

Quando la dinamica delle saccadi è alterata, si manifestano disturbi che compromettono la capacità di fissare un bersaglio con accuratezza e fluidità. Tali alterazioni si suddividono principalmente in **disturbi di velocità, precisione e adeguatezza delle saccadi**; ognuno dei quali comporta specifiche difficoltà nel controllo visivo:

- Velocità delle saccadici: quando la velocità delle saccadi risulta alterata, i movimenti oculari possono diventare troppo rapidi o troppo lenti, compromettendo così la precisione del movimento e, di conseguenza, la fissazione del bersaglio. Le saccadi eccessivamente **rapide**, note come “saccadi troncate”, tendono ad interrompersi prima di raggiungere il bersaglio desiderato. Al contrario, le saccadi **lente** sono tipiche di soggetti che presentano una paresi del nervo oculomotore, che indebolisce i muscoli oculari. [17]
- Dismetria: i disturbi della precisione saccadica, noti come **dismetria**, comprendono alterazione dei movimenti oculari che impediscono di centrare accuratamente il bersaglio e si manifestano principalmente sotto forma di ipometria e ipermetria. Nell'**ipometria**, la saccade è troppo breve e l'occhio non raggiunge il bersaglio, richiedendo una serie di piccole saccadi

successive per allinearsi correttamente. Nell'**ipermetria**, invece, la saccade supera il bersaglio obbligando l'occhio a fare un movimento di correzione per tornare indietro. La dismetria è spesso associata a malattie del cervelletto, che svolge un ruolo cruciale nel controllo della precisione dei movimenti oculari. [17]

- **Saccadi inappropriate**: le saccadi inappropriate sono movimenti oculari che interferiscono con la fissazione e comprendono diverse manifestazioni: tra questi, gli **scatti a onda quadra** sono movimenti oculari rapidi e involontari, che interrompono la fissazione e richiedono una saccade correttiva per tornare al bersaglio. Sono detti "onda quadra" quando l'ampiezza è tra 1° e 5°, e "macroonda quadra" se è più ampia (10°-40°), dando l'impressione che la persona non riesca a mantenere l'attenzione visiva, come se lo sguardo fosse sfuggente o non collaborativo. Il **flutter oculare**, invece, è caratterizzato da piccoli movimenti oscillatori e orizzontali dell'occhio, talvolta spontanei o in concomitanza con altre saccadi che si verificano durante la fissazione. Un'alterazione più marcata è l'**opsoclon** o "saccadomania" che si manifesta con movimenti caotici e multidirezionali degli occhi, e genera un movimento oculare continuo e incontrollabile. [17]

Inoltre, la precisione delle saccadi può essere influenzata da due tipi di imprecisione: la **sottostima** (undershoot) e la **sovrastima** (overshoot). La sottostima, o undershoot, è la forma di errore più comune, in cui l'occhio si ferma leggermente prima di raggiungere il bersaglio desiderato. In questo caso, l'occhio "scivola" gradualmente verso il bersaglio per allinearsi, ma in situazioni più evidenti può eseguire una piccola saccade aggiuntiva per centrare con esattezza il punto desiderato. Al contrario, la sovrastima, o overshoot, è un errore meno frequente in cui l'occhio oltrepassa il bersaglio e necessita di un movimento correttivo per riportare la visione sul punto giusto, consentendo così una fissazione precisa. [17]

I disturbi degli inseguimenti, spesso dovuti a lesioni nella giunzione occipito-parietale, un'area cerebrale responsabile della coordinazione dei movimenti di inseguimento, possono compromettere la fluidità con cui l'occhio segue un oggetto in movimento, poiché un danno in questa zona impedisce una coordinazione precisa. Un fenomeno tipico di questi disturbi è

il **cogwheeling**, caratterizzato da movimenti oculari a scatti simili a gradini, che sostituiscono l'inseguimento fluido; anziché seguire un oggetto in modo continuo, l'occhio si sposta con piccoli scatti, come se salisse gradini. In alcuni casi, il cogwheeling si manifesta in modo asimmetrico, cioè solo in una direzione, come verso destra ma non verso sinistra, e può accompagnarsi a nistagmo, ovvero movimenti oculari involontari, specialmente quando lo sguardo è in posizione primaria.

Le disfunzioni di inseguimento possono influire sulla vita quotidiana, in particolare sui compiti scolastici e sulle attività sportive. Nelle attività scolastiche, ad esempio, possono causare difficoltà nel copiare dalla lavagna o allineare correttamente i numeri in colonne, tutti compiti che richiedono una coordinazione visiva stabile e precisa. Anche nello sport, i movimenti di inseguimento sono essenziali, soprattutto per attività che coinvolgono oggetti in movimento, come una palla. I bambini con difficoltà di inseguimento possono quindi riscontrare problemi in tutte le attività che richiedono una buona coordinazione visiva e un corretto tempismo. [17]

Per valutare le alterazioni dei movimenti oculari, esistono dei test che consentono di analizzare il comportamento oculomotorio sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo. Uno degli strumenti utilizzati è il **NSUCO Oculo-motor Test**, sviluppato dal Northeastern State University College of Optometry ed è utilizzato per valutare i movimenti oculari nei bambini, in particolare saccadi e inseguimenti. Il test, ideato da Maples è utilizzato principalmente come screening per bambini in età prescolare e scolare. Esamina quattro aree fondamentali: abilità, accuratezza, movimenti della testa e movimenti del corpo, assegnando a ciascuna un punteggio su una scala da 1 a 5 per valutare la qualità dell'esecuzione. Maples ha definito un protocollo basato su dieci variabili per garantire l'affidabilità del test. Le condizioni visive richiedono una visione binoculare, e il test può essere somministrato a bambini molto piccoli, purché in grado di comprendere le istruzioni. Durante l'esecuzione, si utilizza una postura controllata e si osserva la posizione globale del bambino in relazione ai movimenti oculari. Gli strumenti principali includono due sferette di metallo riflettente (diametro 5 mm) di colori diversi, da posizionare a 40 cm dagli occhi del bambino. [1]

Per le **saccadi**, le sferette vengono collocate orizzontalmente e distanziate di 20 cm, mentre nei **pursuit** una sferetta viene fatta ruotare entro un'area di 20 cm, mantenendo i movimenti oculari entro i 15° centrali. L'esaminatore osserva cinque escursioni per le saccadi e quattro rotazioni (due in senso orario e due in senso antiorario) per gli inseguimenti. [1]

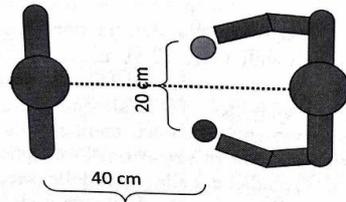


Figura 20 - Schematizzazione della posizione di esaminatore e bambino NSUCO saccadi.

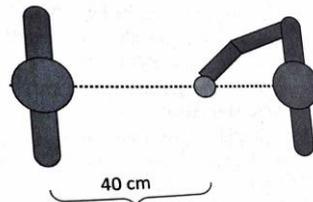


Figura 21 - Schematizzazione della posizione di esaminatore e bambino NSUCO inseguimenti.

Per le saccadi, si invita il bambino a spostare lo sguardo tra due sferette seguendo un comando verbale. Per gli inseguimenti, si richiede di seguire con gli occhi il movimento della sferetta. Durante il test, l'esaminatore registra quattro aspetti principali: la capacità del bambino di completare l'esercizio, l'accuratezza dell'esecuzione, la presenza di movimenti involontari della testa e del corpo. [1]

Abilità saccadi 1. Completa meno di due escursioni 2. Completa due escursioni 3. Completa tre escursioni 4. Completa quattro escursioni 5. Completa cinque escursioni	Abilità inseguimenti 1. Non è in grado di completare mezza rotazione 2. Completa mezza rotazione 3. Completa una rotazione 4. Completa due rotazioni in un senso, meno di due nell'altro 5. Completa due rotazioni in ciascun senso
Accuratezza saccadi 1. Una o più ampie saccadi iper o ipometriche 2. Una o più moderate saccadi iper o ipometriche 3. Lievi saccadi iper o ipometriche costanti (più del 50% del totale) 4. Lievi saccadi iper o ipometriche intermittenti (meno del 50% del totale) 5. Nessuna saccade iper o ipometrica	Accuratezza inseguimenti 1. Più di 10 rifissazioni 2. Da 5 a 10 rifissazioni 3. 3 o 4 rifissazioni 4. 1 o 2 rifissazioni 5. Nessuna rifissazione
Movimenti della testa (saccadi e inseguimenti) 1. Ampi movimenti della testa ogni volta 2. Moderati movimenti della testa ogni volta 3. Lievi ma costanti movimenti della testa (più del 50% del totale) 4. Lievi ma intermittenti movimenti della testa (meno del 50% del totale) 5. Nessun movimento della testa	Movimenti del corpo (saccadi e inseguimenti) 1. Ampi movimenti del corpo ogni volta 2. Moderati movimenti del corpo ogni volta 3. Lievi ma costanti movimenti del corpo (più del 50% del totale) 4. Lievi ma intermittenti movimenti del corpo (meno del 50% del totale) 5. Nessun movimento del corpo

Figura 22 – Schema di attribuzione dei punteggi del test NSUCO (Maples, 1995)

Sebbene sia un test semplice non è adatto a bambini con difficoltà di comprensione o attenzione, poiché queste competenze sono essenziali per una valutazione efficace.

Successivamente, si passa al **Visiograph**, uno strumento elettronico che registra con precisione i movimenti oculari, producendo un'analisi quantitativa e grafica. Questo dispositivo consente di tracciare e analizzare parametri come la velocità, la latenza e l'accuratezza delle saccadi, oltre alla fluidità e regolarità degli inseguimenti. È particolarmente utile per approfondire le informazioni raccolte con il test NSUCO e per rilevare eventuali instabilità binoculari o micro-movimenti non visibili a occhio nudo. Infine, l'**Eye Tracker** rappresenta lo step più avanzato della valutazione, utilizzando tecnologie ad alta precisione per fornire dati dettagliati sulle saccadi e sugli inseguimenti, inclusa la sincronia tra i due occhi. Questo strumento, grazie alla produzione di report numerici e grafici estremamente accurati, è ideale per confermare diagnosi e monitorare i progressi durante un percorso terapeutico. [1]

CAPITOLO V

Per comprendere e trattare i problemi visivi che possono interferire con il normale sviluppo delle abilità scolastiche nei bambini si fa riferimento al modello visivo di Scheiman e Rouse. Questo modello identifica tre aree principali di competenze visive che devono lavorare in modo coordinato per garantire un'esperienza visiva efficiente e senza ostacoli. Il Potenziamento delle Abilità Visive (PAV) si basa su questo modello e rappresenta uno strumento terapeutico essenziale per correggere le disfunzioni visive che possono causare difficoltà nell'apprendimento e consente di migliorare le competenze visive compromesse. [18]

MODELLO DI ANALISI VISIVA SCHEIMAN E ROUSE

Il **modello di analisi visiva di Scheiman e Rouse** suddivide la funzione visiva in tre aree principali e rappresenta un approccio sistematico e completo per valutare la funzione visiva, soprattutto nei bambini con difficoltà di apprendimento. [18]

La **prima area** riguarda l'integrità della funzione visiva, includendo la salute oculare, l'acuità visiva e la condizione rifrattiva. Questi elementi rappresentano le funzioni visive di base, che possono influenzare, in modo diretto o indiretto, la capacità di riconoscimento visivo e, di conseguenza, la visione durante le attività quotidiane e scolastiche. [18]

La **seconda area** si concentra sull'efficienza visiva, che comprende le abilità accomodative, binoculari e oculomotorie. Quando queste funzioni sono compromesse, il bambino svolge attività visive prolungate con difficoltà, manifestando un maggiore dispendio energetico e minore efficienza nonostante l'impiego del sistema visivo. [18]

La **terza area** esamina il processamento delle informazioni visive, suddiviso in abilità come identificazione e discriminazione, consapevolezza spaziale, memoria e integrazione con altri stimoli sensoriali. Questo insieme di capacità permette di riconoscere, interpretare e integrare agli stimoli visivi con le esperienze precedenti. [18]

<i>Modello visivo a tre aree</i>		
<i>Integrità della funzione visiva</i>	<i>Efficienza visiva</i>	<i>Processamento delle informazioni visive</i>
Salute oculare	Abilità accomodative	Abilità visuospatiali
Acuità visiva	Abilità binoculari	Abilità di analisi visiva
Condizione rifrattiva	Abilità oculomotorie	Abilità di integrazione visuomotoria

Figura 23 - Modello visivo a tre aree di Scheiman e Rouse (2006).

Quindi, il modello di analisi visiva di Scheiman e Rouse è uno schema di riferimento utilizzato per valutare e classificare le disfunzioni visive binoculari, accomodative e oculomotorie. Questo modello è molto rilevante in optometria e aiuta ad identificare problematiche specifiche legate alla funzionalità visiva, permettendo di pianificare interventi mirati. [18]

PAV (POTENZIAMENTO DELLE ABILITA' VISIVE)

Il PAV (Potenziamento delle Abilità Visive) è un approccio mirato al miglioramento dell'efficienza visiva. Questo approccio si inserisce nella seconda area del modello di Scheiman e Rouse, concentrandosi sullo sviluppo e il miglioramento di: abilità accomodative, binoculari e oculomotorie. I vantaggi del PAV includono un significativo miglioramento delle competenze visive funzionali, una maggiore capacità di adattamento visivo e supporto riabilitativo in caso di traumi e lesioni. [18]

Il PAV si suddivide in tre principali categorie, ciascuna rivolta a specifici aspetti del sistema visivo e ognuna di queste tipologie si concentra sul miglioramento di un'area precisa:

- PAV accomodativo: migliora la capacità di mettere a fuoco rapidamente e accuratamente a diverse distanze;
- PAV binoculare: lavora sull'allineamento e la collaborazione tra i due occhi per ottenere una visione singola e confortevole;
- PAV oculomotorio: si occupa dell'efficienza nei movimenti oculari, fondamentali per leggere, seguire oggetti in movimento e orientarsi nello spazio visivo.

In questo contesto, ci concentreremo sul PAV oculomotorio, che svolge un ruolo cruciale nello sviluppo e nella riabilita-

zione dei movimenti oculari, come saccadi, inseguimenti e fissazione. Questo tipo di PAV è essenziale per migliorare l'accuratezza e la fluidità con cui gli occhi si muovono, riducendo così problemi visivi funzionali legati alla lettura, al coordinamento oculomotorio e alla percezione visiva. [18]

La possibilità di migliorare la funzionalità oculomotoria è data dalla **plasticità** del sistema oculomotorio; il sistema nervoso centrale è in grado di riadattare la programmazione saccadica e quindi migliorare le prestazioni, sia nei bambini che negli adulti. Prima di effettuare il PAV oculomotorio è necessario verificare la salute oculare. [18]

Il programma inizia con esercizi molto semplici, mirati a sviluppare una base solida di controllo oculomotorio. In queste prime fasi, l'attenzione è rivolta a migliorare la stabilità dei movimenti oculari e a incrementare la precisione con cui l'occhio si sposta e si fissa su un oggetto. È importante che i movimenti siano eseguiti in modo fluido e controllato, senza sbavature o scatti involontari. Le persone coinvolte imparano ad eseguire movimenti fluidi e controllati, evitando movimenti troppo rapidi o troppo lenti. [18]

Una delle caratteristiche principali è la **versatilità**: gli esercizi possono essere eseguiti sia sotto la supervisione diretta del professionista, all'interno dello studio, sia autonomamente a casa, seguendo le indicazioni ricevute. [18]

Una volta consolidata una buona tecnica di base, il programma introduce esercizi che richiedono una maggiore precisione e compiere movimenti più complessi, come spostamenti rapidi degli occhi tra due punti (saccadi) o movimenti lenti per seguire un oggetto in movimento (inseguimenti). La difficoltà degli esercizi aumenta gradualmente, consentendo all'individuo di adattarsi progressivamente alle richieste visive più impegnative. Durante il programma, una componente chiave è l'acquisizione della **consapevolezza** dei propri progressi. Riconoscere i miglioramenti aiuta a sviluppare fiducia nelle proprie abilità visive e stimola l'autocorrezione, favorendo un apprendimento continuo. [18]

Nelle fasi avanzate, il PAV si concentra sul controllo introduce esercizi più impegnativi che richiedono un controllo preciso del ritmo e della velocità dei movimenti oculari. Strumenti come il metronomo vengono utilizzati per stabilire ritmi co-

stanti o variabili, migliorando la sincronizzazione e la flessibilità oculomotori. Questo tipo di allenamento permette di affrontare variazioni improvvise nella velocità dei movimenti, rafforzando ulteriormente il controllo visivo. [18]

Tutti gli esercizi sono progettati per rispettare i tempi di allenamento individuali, senza creare eccessivo stress. La gradualità del percorso garantisce il raggiungimento di risultati di qualità, senza compromettere l'efficienza del movimento oculare. Gli obiettivi da raggiungere nel PAV oculomotorio sono rappresentati dalle fasi elencate nella tabella e guidano il professionista della visione nel condurre un potenziamento. [18]

Prima fase	<ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare maggiore accuratezza lavorando sia con saccadi che con inseguimenti • Rendere equivalenti l'abilità saccadica e gli inseguimenti nei due occhi • Normalizzare l'ampiezza accomodativa e l'abilità di rilassare e stimolare l'accomodazione
Seconda fase	<ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare maggiore accuratezza passando ad attività motorie che stimolino ampi movimenti sia saccadici che di inseguimento • Rendere equivalenti l'abilità saccadica e gli inseguimenti dei due occhi • Normalizzare l'ampiezza della VFP e della VFN • Normalizzare la flessibilità della VFP e della VFN
Terza fase	<ul style="list-style-type: none"> • Integrare saccadi e inseguimenti accurati con cambi di vergenza e di accomodazione • Sviluppare l'abilità di cambiare da una domanda di convergenza a una di divergenza

Figura 24 - Fasi da seguire nel PAV delle anomalie oculomotorie.

PRIMA FASE

Nella prima fase si mira a migliorare l'abilità saccadica con movimenti oculari di ampiezza limitata utilizzando le matrici di simboli che agevolano l'apprendimento, iniziando da target di grandi dimensioni, distanti tra loro e poco densi. Il bambino compie saccadi di ampiezza limitate, seguendo diverse direzioni per leggere i simboli in sequenza.

Nella stimolazione degli inseguimenti oculari, si adottano procedure simili: si parte da movimenti oculari regolari e con target di grandi dimensioni, progredendo gradualmente verso movimenti più ampi e rapidi, con target più piccoli.

Per la stabilità di fissazione invece può essere stimolata attraverso l'uso delle procedure cdi riconoscimento come le *Mac-*

donal Recognition Card. Durante questi esercizi è fondamentale stimolare anche l'accomodazione e il sistema di vergenza poiché una disfunzione motoria oculare può essere correlata a problematiche accomodative o di vergenza.

La fase iniziale del PAV oculomotorio si conclude quando il bambino è in grado di:

- Completare la procedura delle matrici di simboli 10x10 con affollamento al 100%, leggendo la sequenza degli stimoli in differenti direzioni spaziali, senza errori né interruzioni e mantenendo la stessa abilità con entrambi gli occhi;
- Completare cinque serie di linee di Groffman poco affollate, senza errori, garantendo un'esecuzione tra i due occhi. [18]

SECONDA FASE

L'obiettivo della seconda fase è ampliare i movimenti saccadici, passando da movimenti limitati a movimenti più ampi, utilizzando target di dimensioni ridotte, più dettagliati e complessi. Contemporaneamente si lavora per sviluppare movimenti di inseguimento ampi e accurati utilizzando stimoli apposti su un rotator ma con stimoli apposti più esternamente sul pannello rotante. Anche durante questa fase si lavora monoculare fino a quando entrambi gli occhi raggiungono la medesima abilità. Se necessario, possono essere introdotte procedure con fissazione monoculare in campo binoculare.

Per i movimenti saccadici, si utilizzano tecniche monoculari, facendo uso di schede di cancellazione di figure e simboli (tracking), salti con prismi sciolti e matrici di simboli più complesse (parole, sillabe, non parole), concentrandosi sulle colonne più esterne delle tabelle per aumentare la difficoltà. Gli stimoli delle tabelle proposte, proseguendo, assumono una disposizione spaziale irregolare.

Per gli inseguimenti si prosegue con l'uso di target in movimento nello spazio libero, sempre più piccoli, e a velocità crescenti, oppure utilizzando il rotator.

L'uso del metronomo aiuta a regolarizzare i movimenti e ad aumentarne gradualmente la velocità, consentendo di affinare ulteriormente la capacità di rispondere a stimoli sempre più difficili.

La seconda fase si completa quando il bambino è in grado di:

- Completare la procedura delle matrici di simboli 10 x 10 con affollamento al 100% leggendo la sequenza degli stimoli delle due colonne più esterne (target 1-10 della prima riga; poi target 1-10 della seconda riga; poi target 1-10 della terza riga...) senza errori, con la stessa abilità nei due occhi. La lettura dei 20 stimoli in questione dovrebbe avvenire in circa 15 secondi;
- Completare con successo un paragrafo di cancellazione di figure e simboli (tracking) con lettere, in meno di 1 minuto;
- Completare con successo l'inseguimento di una letterina apposta sul bordo esterno del disco del rotator (con diametro di 30 cm circa), impostandolo a una velocità di 33 rotazioni per minuto (rpm). [18]

TERZA FASE

Il bambino dovrebbe aver sviluppato buone capacità monoculari di fissazione, saccadiche e di inseguimento, con un'abilità simile nei due occhi; si può quindi ritenere terminata la fase monoculare e si può procedere con la fase binoculare. Se dovesse evidenziarsi sospensione della visione binoculare a carico di un occhio o di entrambi in modo alternato è necessario introdurre alcune procedure bioculari, come le variazioni accomodative bioculari con lenti sciolte.

La terza fase del programma si concentra sull'integrazione dei movimenti oculari saccadici e di inseguimento con le variazioni accomodative e della vergenza, allenando binocularmente il bambino con l'uso del metronomo in ogni attività. Si utilizzano strumenti come le tre corde di Brock, ideali per combina stimoli di fusione e di vergenza.

L'obiettivo finale di questa fase è ottenere rapidamente una visione binoculare singola stabile con una messa a fuoco nitida sul target di interesse, integrando saccadi e inseguimenti in modo preciso e alternando fusioni positive e negative in diverse posizioni nello spazio. Questo approccio favorisce il miglioramento della fissazione, delle saccadi e della capacità di inseguimento. [18]

LE PROCEDURE DEL PAV OCULOMOTRIO

Il miglioramento dei movimenti oculari saccadici, della stabilità di fissazione e degli inseguimenti viene perseguito attraverso un'ampia e diversificata sequenza di esercizi oculomotori specifici, che si avvalgono di varie procedure: [18]

○ **Matrici di simboli:**

Si inizia con target grandi, poco affollati e vicini, facendo compiere al bambino delle saccadi limitate in ampiezza e chiedendogli di leggere i simboli secondo differenti direzioni spaziali, uno di seguito all'altro. Le matrici di simboli inizialmente vengono poste ad una distanza intermedia (1,5 m); se fosse necessario facilitare il bambino, si può iniziare portandole a 40 cm.

7	4	3	2
5	9	1	6
8	7	6	2
4	3	1	5

L'attività si articola in quattro livelli.

Livello 1: Si comincia posizionando una matrice di simboli a una distanza

variabile tra 1,5 e 3 metri. L'obiettivo iniziale è sviluppare precisione e consapevolezza nei movimenti oculari. Il bambino legge i simboli seguendo le istruzioni, mantenendo il capo fermo e spostando solo gli occhi. Si utilizza un oclusore su un occhio e si guida il bambino con un indicatore per mostrare i salti visivi richiesti. Per semplificare il compito, si può avvicinare la matrice. Gli esercizi diventano via via più complessi aumentando le dimensioni della matrice e riducendo il supporto, fino a raggiungere la lettura autonoma di matrici 10x10 con precisione.

Livello 2: Per migliorare accuratezza e regolarità, si introduce il metronomo, inizialmente a 40 battiti al minuto. Il bambino esegue salti oculari tra coppie di simboli in colonne distanti. Si parte con ritmi lenti e progressivamente si aumenta la velocità, stimolando l'integrazione multisensoriale (visiva e uditiva). L'obiettivo è raggiungere un ritmo di 80 battiti al minuto, leggendo matrici 10x10 senza errori, sia in sequenza orizzontale che verticale.

Livello 3: Aumenta la complessità utilizzando matrici senza griglie, simboli più piccoli o parole al posto di lettere e numeri. Si richiedono salti irregolari o movimenti specifici, come leggere alternando simboli distanti. L'obiettivo è eseguire letture

Figura 25 - Esempio di matrice di simboli 4x4

fluide a 80 battiti al minuto su matrici complesse, in autonomia.

Livello 4: Il livello avanzato prevede saccadi diagonali e movimenti più complessi con matrici multiple a distanze diverse. Si lavora in monoculare e poi in binoculare, verificando che entrambi gli occhi abbiano raggiunto un buon livello di precisione. L'obiettivo è completare matrici 10x10 senza errori, mantenendo attenzione sostenuta e coordinazione tra accomodazione e convergenza.

Obiettivo finale: Portare il bambino a leggere matrici complesse a ritmo regolare (80 battiti al minuto), senza errori, utilizzando entrambi gli occhi. L'abilità ottimale comprende movimenti saccadici precisi, attenzione prolungata e transizioni fluide tra compiti visivi diversi. Il programma è modulabile in base all'età e alle capacità del bambino.

○ **Macdonald form field recognition card**

La *Macdonald Form Field Recognition Card* mira a migliorare la fissazione stabile e la consapevolezza della visione periferica. Utilizzando una tabella di Macdonald, stampata su foglio e un metronomo, il bambino viene guidato attraverso due livelli di attività progressivamente più difficili.

L'attività si sviluppa in due livelli di difficoltà crescente.

Livello 1: In questa fase, il bambino fissa il punto centrale della tabella, posta a 33 cm, e legge ad alta voce le lettere periferiche senza muovere gli occhi. Per facilitare l'esercizio, si può sostituire il punto di fissazione con uno specchietto o una sferetta metallica, permettendo al bambino di concentrarsi sui propri occhi riflessi per migliorare la stabilità dello sguardo.

Una volta raggiunta una fissazione stabile, il bambino registra la propria lettura per verificare eventuali errori. Questo processo stimola la consapevolezza visiva periferica e, successivamente, migliora la precisione dei movimenti oculari, come le saccadi. La condizione binoculare favorisce l'esecuzione, e l'uso di lenti positive di basso potere per dare supporto.

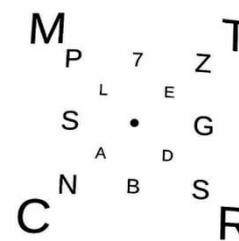


Figura 26 - Esempio di M.F.F.R.C.

Livello 2: Nel secondo livello si introducono varianti come: la variazione delle distanze della tabella (avvicinandola o allontanandola) per mantenere la fissazione e adattarsi a distanze variabili, l'esercizio introduce il metronomo per eseguire l'esercizio a ritmo, leggendo lettere periferiche in un ordine specifico. Vengono utilizzate più tabelle a diverse distanze, stimolando saccadi e abilità binoculari e accomodative durante i cambi di fissazione.

Obiettivo finale: L'esercizio aiuta il bambino a sviluppare una fissazione stabile, una maggiore consapevolezza periferica e precisione nei movimenti oculari, automatizzando queste competenze visive in contesti sempre più complessi.

○ ***Salti con prismi sciolti***

L'esercizio dei *salti con prismi sciolti* è ideato per migliorare la precisione e la velocità dei movimenti oculari saccadici.

La procedura dell'esercizio si svolge quando il bambino osserva un target in visione monoculare, mentre viene posizionato un prisma davanti all'occhio aperto. Il prisma devia l'immagine, richiedendo una saccade di riallineamento per ripristinare la fissazione foveale. Si inizia con prismi di potere elevato, riducendolo gradualmente fino a $0,5\Delta$. Questo passaggio favorisce il miglioramento della sensibilità alle minime deviazioni dell'immagine. Si utilizza inizialmente un target grande (circa 3/10) per poi diminuire fino a target più piccoli, idealmente di 10/10, per favorire la precisione. La base del prisma viene modificata ogni volta (alto, basso, destra, sinistra o combinazioni), impedendo al bambino di prevedere la direzione della saccade necessaria. In una fase avanzata, l'esercizio può essere integrato con un metronomo; il bambino fissa una tabella di lettere e, al battito del metronomo, il prisma viene posizionato e al battito successivo legge la lettera spostata. Fissando una lettera singola, il prisma viene posizionato e il bambino indica con il dito la direzione dello spostamento.

Obiettivo finale: l'attività è completata quando il bambino è in grado di eseguire saccadi rapide e precise, con prismi di $0,5\Delta$, osservando un target di grandezza pari a 10/10 sia per vicino che per lontano.

○ ***Corda di Brock***

L'esercizio con la *corda di Brock* si concentra sul miglioramento della consapevolezza propriocettiva durante i movimenti oculari, in particolare le saccadi e gli inseguimenti, al fine di potenziare la capacità di mantenere la fissazione.

Il suo utilizzo prevede che un'estremità della corda sia fissata a un supporto stabile (come un muro o una mazza), mentre l'altra estremità viene tenuta a contatto con il naso del bambino, centrata tra i due occhi.

L'esercizio prevede tre livelli.

Livello 1: Si inizia con una corda dotata di due palline, una verde (posizionata a 30 cm dal naso) e una rossa (posizionata a circa 60 cm). Su queste palline si applicano lettere o simboli adesivi. Il bambino deve fissare prima la pallina più vicina e leggere la lettera, quindi spostarsi sulla pallina più distante, eseguendo saccadi semplici. Questo primo livello aiuta a sviluppare una simmetria nelle abilità saccadiche tra i due occhi. Successivamente, si aumenta la distanza tra le palline per allenare saccadi di maggiore ampiezza.

Livello 2: In questa fase si chiede al bambino di fissare una pallina mentre l'esaminatore muove la corda. Si inizia con movimenti semplici e lenti (destra-sinistra, alto-basso), per poi passare a movimenti più complessi e imprevedibili. L'obiettivo è migliorare la velocità e l'accuratezza nell'inseguimento oculare.

Livello 3: La terza fase mira a perfezionare la velocità e la precisione delle saccadi in visione binoculare. Il bambino, consapevole della propria capacità di eseguire saccadi accurate, viene esposto a una corda lunga con più palline, legata a una matita. L'esaminatore muove la corda in modo imprevedibile, mentre il bambino deve mantenere la fissazione sulla pallina designata, spostandosi da una pallina all'altra seguendo uno schema dettato. L'aggiunta di un metronomo consente di sincronizzare il ritmo delle saccadi, mentre l'introduzione di più corde e bersagli in diverse posizioni del campo visivo aumenta la difficoltà dell'esercizio.

L'esercizio continua ad evolversi, integrando movimenti ampi delle corde, cambi di fissazione rapidi e coordinazione tra saccadi, accomodazione e convergenza. La difficoltà aumenta progressivamente attraverso l'ampliamento delle distanze, la

velocizzazione dei movimenti e la complessità dei compiti, per migliorare l'integrazione visiva e motoria del bambino.

○ ***Cancellazione di figure e simboli (tracking)***

Questo esercizio si focalizza sul miglioramento dell'accuratezza e la velocità delle fissazioni e dei movimenti saccadici, fondamentali per un'efficace lettura e esplorazione visiva. Si utilizzano materiali semplici come schede di tracking visivo, un foglio di plastica trasparente, una clip ferma-fogli e un pennarello cancellabile. Per i più piccoli o per chi presenta gravi difficoltà oculomotorie, si preferiscono figure grandi o simboli con spaziature ampie.

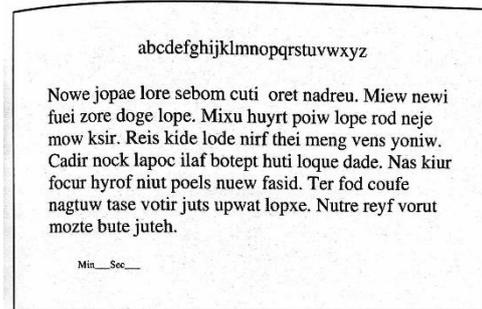


Figura 27 - Esempio di scheda di tracking visivo.

L'attività comprende tre livelli.

Livello 1: Con un occhio occluso, il bambino deve scansionare una riga alla volta cercando e cancellando specifici target, come le lettere dell'alfabeto. L'obiettivo iniziale è garantire precisione, senza richiedere velocità. Per facilitare, si possono usare lettere grandi o più distanziate e incoraggiare il bambino a mantenere la penna sul foglio durante il processo.

Livello 2: L'esercizio diventa più complesso: il bambino deve trovare e cancellare le lettere seguendo l'ordine dell'alfabeto (a, b, c...). In caso di errore nella sequenza, il completamento sarà compromesso. L'attività richiede una maggiore capacità di pianificazione visiva e precisione.

Livello 3: L'obiettivo in questo livello è completare l'esercizio nel minor tempo possibile, mantenendo l'accuratezza. Lo specialista cronometra la prestazione, valutando sia il tempo che la correttezza. Per aumentare la difficoltà, il bambino deve sollevare la penna tra una cancellazione e l'altra, utilizzando esclusivamente movimenti saccadici per localizzare il prossimo target.

Obiettivo finale: Il successo dell'esercizio si misura quando il bambino è in grado di completare le schede senza errori, in meno di un minuto, e con prestazioni equivalenti tra i due occhi. Questo rappresenta un miglioramento significativo della

coordinazione oculomotrice, utile per attività quotidiane come la lettura e l'esplorazione visiva.

- **Rotator**

Il *rotator* è uno strumento versatile utilizzato per migliorare la precisione e la velocità dei movimenti oculari di inseguimento, oltre a favorire la visione periferica. È dotato di un pannello rotante che può essere regolato in altezza e inclinazione, con velocità variabile e direzioni multiple. Il disco anteriore può essere sostituito o integrato con un disco rosso/verde per esercizi con occhiali appositi, consentendo un allenamento progressivo grazie all'aumento graduale della velocità.

L'allenamento si sviluppa in due livelli.

Il **primo livello** prevede esercizi monoculari: inizialmente il bambino esegue saccadi con il rotator

spento, per poi passare all'inseguimento di un target rotante. Si inizia con simboli centrali e ben visibili, per poi passare a target più piccoli e periferici, aumentando la difficoltà con una maggiore velocità di rotazione. Gli esercizi possono essere eseguiti anche in movimento, come camminare nella stanza, per integrare precisione oculomotrice e variazioni di accomodazione. Si prosegue fino a ottenere abilità oculomotorie equivalenti in entrambi gli occhi.

Il **secondo livello** introduce l'uso binoculare, con occhiali rossi/verdi per rafforzare la visione binoculare e stimolare entrambi gli occhi contemporaneamente. Le difficoltà seguono una progressione simile al livello monoculare, fino a raggiungere una fissazione stabile su target periferici alla velocità di 33 rotazioni al minuto.

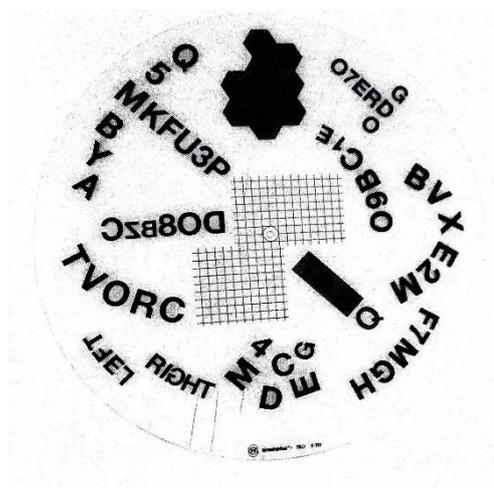
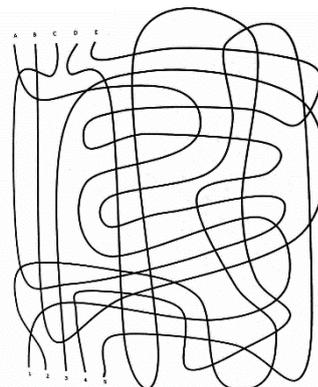


Figura 28- Disco del rotator con diverse mire.

- **Linee di Groffman (Visual Tracing)**

L'esercizio di *visual tracing* è progettato per migliorare i movimenti oculari, la coordinazione e l'efficienza visiva nei bambini. L'attività prevede l'utilizzo di schede con tracciati di diversa complessità, protette da un foglio di plastica trasparente per consentire il riutilizzo. Ogni scheda è fissata con una clip e si utilizza un pennarello per eseguire i tracciati.



L'esercizio si svolge in due fasi.

Livello con facilitazione: In visione monoculare, il bambino utilizza un pennarello per seguire con precisione un tracciato dalla partenza (numero) alla destinazione (lettera). Questo supporto visivo-manuale aiuta a sviluppare la precisione iniziale.

Livello senza facilitazione: A un livello più avanzato, il bambino esegue l'attività solo con i movimenti oculari, senza il supporto del pennarello. Questo stimola il controllo oculare diretto e migliora l'efficienza visiva.

Obiettivo finale: bisogna raggiungere una performance uniforme tra i due occhi e un progressivo miglioramento nella velocità e nella precisione del tracciamento, riducendo gli errori e aumentando la fiducia visiva. [18]

Figura 29 - Esempio di esercizio con linee di Goffman.

CONCLUSIONI

Mantenere una fissazione stabile è essenziale per uno sviluppo visivo sano nei bambini. Questo aspetto non solo supporta le loro abilità cognitive e motorie, ma ha anche un impatto diretto sull'apprendimento e sulle interazioni quotidiane. Test come il Test di Scheiman & Wick e l'oftalmoscopio diretta con codifica Ruggeri sono fondamentali perché permettono di identificare rapidamente eventuali problemi. Questi test valutano la capacità del bambino di mantenere lo sguardo fisso su un punto e aiutano a individuare anomalie che potrebbero necessitare di attenzione. Nel contempo, il modello Scheiman e Rouse offre una prospettiva teorica integrata per collegare i vari aspetti del sistema visivo e proporre soluzioni che favoriscono l'armonia tra percezione, motilità e stabilità visiva.

Investire in strategie di prevenzione e potenziamento visivo fin dai primi anni di vita consente di supportare ogni bambino nell'acquisizione di abilità essenziali e di promuovere una piena espressione del suo potenziale visivo. La continua ricerca e lo sviluppo di nuove terapie garantiranno nel tempo risposte adeguate alle sfide dello sviluppo visivo, proponendo soluzioni che si adattano con precisione ai bisogni individuali.

Osservando l'impatto che questi disturbi possono avere sulla vita di un bambino, l'importanza della prevenzione è molto sottovalutata. Penso a quanto potrebbe cambiare se ci fosse maggiore consapevolezza, non solo tra gli specialisti, ma anche tra genitori, insegnanti e figure che ruotano intorno ai più piccoli. Per esempio, riconoscere un segnale come una difficoltà nel seguire con lo sguardo un oggetto o nel copiare dalla lavagna potrebbe fare la differenza tra un bambino che sviluppa appieno il suo potenziale e uno che si trova in difficoltà senza sapere il perché.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. F. Silvio Maffioletti, *La visione nell'apprendimento del bambino*, Franco Angeli, 30 luglio 2016.
- [2] m. p. tutti, «Bulbo oculare,» 03 ottobre 2012. [Online]. Available: <https://www.medicinapertutti.it/argomento/occhio-o-bulbo-oculare/>.
- [3] V. Salvatore, *Appunti di anatomia oculare*.
- [4] V. Future, «Apparato lacrimale,» [Online]. Available: <https://visionfuture.it/apparato-lacrimale-composizione-funzionamento/>.
- [5] V. Paola, *Appunti di fisiologia generale e oculare*.
- [6] A. Lucente, «Osservazioni sulla struttura e funzioni della macula,» p. 17, settembre-dicembre 2021.
- [7] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Visione_periferica.
- [8] [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Perifovea>.
- [9] [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Foveola>.
- [10] A. F. Margherita Susnik, «I micromovimenti oculari di fissazione,» pp. 1-7.
- [11] A. P. M. B. Luigi Mele, *Ottica, rifrazione e occhiali*, Moasca (AT): Fabiano Gruppo Editoriale, 2017.
- [12] «Pub Med,» 24 Aprile 2018. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5937627/>.
- [13] «Neuropsicomotricista.it,» 8 Marzo 2020. [Online]. Available: <https://www.neuropsicomotricista.it/argomenti/tesi-di-laurea-in-tnpee/disturbi-visivi-associati-alle-pci-ed-intervento-riabilitativo-di-tipo-neuropsicomotorio/il-sistema-visivo-nello-sviluppo-del-bambino-ed-importanza-dell-intervento-terapeutico.html>.
- [14] C. Paolo, *Appunti optometria*.
- [15] A. F. L. R. Silvio Maffioletti, «La valutazione delle abilità visive del bambino,» in *IRSOO Vinci*, 2022.
- [16] A. F. L. R. Silvio Maffioletti, «Procedura del Ruggeri test per la verifica della fissazione,» in *IRSOO Vinci*, 2022.
- [17] L. Ruggeri, *Appunti*.
- [18] M. Silvio, F. Alessio e R. Letizia, *Potenziare le abilità visive in età evolutiva*, Franco Angeli, 2024.
- [19] A. F. L. R. Silvio Maffioletti, *LA VALUTAZIONE DELLE ABILITA' VISIVE DEL BAMBINO*, 2022.

RINGRAZIAMENTI