



**Università degli studi di Padova**

**Dipartimento di Fisica e Astronomia**

Corso di Laurea triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

*LE BASI DEL VISUAL TRAINING OPTOMETRICO: DALLA  
CONSAPEVOLEZZA DI SÈ ALL'ELABORAZIONE DI UN  
PROGRAMMA DI TRAINING CONSAPEVOLE.*

Relatore: Chinellato Mirko

Laureanda: Furlan Alessia

Matr.:1170598

A.A. 2019/2020



## **INDICE**

### **INTRODUZIONE**

### **METODI**

#### **1. COME AGISCE IL SISTEMA VISIVO**

1.1 La propriocezione come punto di partenza per la consapevolezza di sé e delle proprie capacità visive.

1.2 Information processing model.

1.3 Zoom sull'information processing model: perceptual mechanism.

1.3.1 Stereopsi, saccadi e inseguimenti: le basi per la costruzione dello spazio.

1.3.2 La via magno e parvocellulare: "dove" e "come".

1.4 Trasferire le competenze acquisite da volontarie ad automatizzate, attraverso il meccanismo della plasticità sinaptica che regola e permette l'apprendimento.

#### **2. STRUTTURARE IL PERCORSO DI ALLENAMENTO VISIVO**

2.1 Anamnesi.

2.2 Quando fare visual training e aspetti motivazionali durante il percorso di training.

2.3 Il ruolo dell'attenzione nell'internalizzazione delle capacità visive.

2.4 Meccanismi di feedback nel visual training.

2.5 Come impostare un'analisi visiva e relativo visual training.

#### **3. STRUMENTI UTILIZZATI ED ESERCIZI PER IL VISUAL TRAINING VISUO-PERCETTIVO**

3.1 Acuità visiva statica.

3.2 Acuità visiva dinamica.

3.3 Velocità di individuazione di un target.

3.4 Responso visuo-motorio: coordinazione occhio-mano, occhio-corpo.

3.5 Visione periferica.

3.6 Visual training accomodativo e binoculare.

3.6.1 Le vergenze.

3.6.2 L'accomodazione.

3.6.3 Le abilità oculomotorie.

3.6.4 Considerazioni sul visual training accomodativo e binoculare.

3.6.5 Problematiche di natura binoculare.

3.6.6 Problematiche di natura accomodativa.

3.6.7 Disfunzioni visuo-motorie.

3.6.8 Valori attesi.

3.6.9 Procedure per lo sviluppo della visione binoculare.

3.6.9.1 Ampliamento delle vergenze fusionali positive e negative.

3.6.9.2 Convergenza volontaria.

3.6.10 Tecniche accomodative.

3.6.11 Training motilità oculare: Inseguimenti visivi e sbalzi di fissazione.

### **RISULTATI**

### **CONCLUSIONI**



## **INTRODUZIONE:**

Questa tesi vuole essere di spunto per il raccoglimento di idee sull'organizzazione di un visual training e sulle modalità d'esecuzione, affinché sia accessibile ad un numero crescente di professionisti vista la mancanza di lavori peer review rinvenuti, come risultato delle mie ricerche, in merito ad un protocollo di procedure scientificamente provate, che riguardano le modalità e gli strumenti d'esecuzione più consoni in base alla tipologia di problematica.

La necessità e lo spunto per questa tesi sono nati dall'essermi immedesimata in una studentessa, quale sono, che affronta per la prima volta il mondo del lavoro e necessita di strumenti per affrontare i suoi primi casi.

Verrà definito il termine di "propriocezione" quale punto di partenza per la consapevolezza di ciò che il sistema visivo è in grado di fare. Si descriveranno i processi cognitivi che permettono il raccoglimento, l'analisi e l'elaborazione dei dati visivi raccolti (information processing model), nonché le basi per la costruzione dello spazio che ci circonda. Si analizzeranno anche i processi neuronali alla base dell'apprendimento percettivo (plasticità sinaptica) che permettono, grazie alla memoria a lungo termine, di acquisire nuove competenze senza imporre un limite ben preciso nella fascia d'età. Le procedure descritte atte al miglioramento delle abilità visive, qualora fossero presenti disfunzioni binoculari (intendendo un termine generico che includa anche quelle di carattere accomodativo e visuomotorio), possono essere personalizzate in base alla tipologia di problematica presente e alle caratteristiche individuali del soggetto in esame, a discrezione dell'operatore. Il miglioramento che consegue dal visual training è verificato da articoli evidenced-based, è versatile e comprende diverse aree, quali l'incremento della velocità e della precisione di lettura, la diminuzione dell'affaticamento durante impegni prossimali sostenuti (studio intenso, attività che prevedano l'uso di videotermini) e il potenziamento delle attitudini sportive. Durante un allenamento visivo saranno implementate varie abilità visive, esercitate a diversi livelli.

## **METODI:**

Sono stati ricercati su “Pubmed” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> articoli circa l’efficacia e le modalità d’esecuzione del visual training utilizzando i seguenti criteri:

- Keywords: efficacy of optometric visual training

Risultati della ricerca: 9 articoli

4 articoli selezionati poiché i restanti non risultavano inerenti alla tematica analizzata.

The efficacy of optometric vision therapy. The 1986/87 Future of Visual Development/Performance Task Force. J Am Optom Assoc. 1988 Feb;59(2):95-105. PMID: 3283203.

Ciuffreda KJ. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. Optometry. 2002 Dec;73(12):735-62. PMID: 12498561.

Rouse MW. Management of binocular anomalies: efficacy of vision therapy in the treatment of accommodative deficiencies. Am J Optom Physiol Opt. 1987 Jun;64(6):415-20. PMID: 3307438.

Suchoff IB, Petito GT. The efficacy of visual therapy: accommodative disorders and non-strabismic anomalies of binocular vision. J Am Optom Assoc. 1986 Feb;57(2):119-25. PMID: 3950318

- Keywords: optometric visual training exercises

Risultati della ricerca: 5 articoli

1 articolo selezionato; 3 articoli non erano inerenti, il quarto è stato preso in considerazione successivamente, nella tematica sportiva

Rawstron JA, Burley CD, Elder MJ. A systematic review of the applicability and efficacy of eye exercises. J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 2005 Mar-Apr;42(2):82-8. PMID: 15825744.

- Keywords: optometric visual training exercises and sport

Risultati della ricerca: 2 articoli

1 articolo selezionato perché il secondo era stato già preso in considerazione utilizzando le parole chiave sopra riportate

Zwierko T, Puchalska-Niedbał L, Krzepota J, Markiewicz M, Woźniak J, Lubiński W. The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes. J Hum Kinet. 2015 Dec 30;49:287-96. doi: 10.1515/hukin-2015-0131. PMID: 26925183; PMCID: PMC4723179.

- Keywords: how to successfully accomplish optometric visual training results

Risultati della ricerca: 22 articoli

Nessun articolo selezionato perché non inerenti ai fini della ricerca

- Keywords: optometric visual training and binocular vision

Risultati della ricerca: 12 articoli

2 articoli selezionati poiché 2 già utilizzati e i restanti non risultavano inerenti ai fini della ricerca

Solan HA, Ciner EB. Visual perception and learning: issues and answers. J Am Optom Assoc. 1989 Jun;60(6):457-60. PMID: 2768756.

Hopkins S, Black AA, White SLJ, Wood JM. Visual information processing skills are associated with academic performance in Grade 2 school children. Acta Ophthalmol. 2019 Dec;97(8):e1141-e1148. doi: 10.1111/aos.14172. Epub 2019 Jun 22. PMID: 31228337.

Come motore di ricerca secondario è stato utilizzato “Google Scholar” <https://scholar.google.com/> con i seguenti criteri di valutazione:

- Keywords: visual training esercizi

Risultati della ricerca: 1640 fonti

1 articolo selezionato perché la maggior parte delle fonti non erano inerenti o le informazioni provenivano da altre tesi di laurea, non da riviste scientifiche.

<https://www.optometria-profesionales.org/educacion/25-eficacia-de-un-programa-de-terapia-visual-aplicado-en-la-escuela>

- Keywords: optometric visual training program

Risultati della ricerca: 74 risultati non inerenti.

Sono state cercate anche linee guida da seguire per gli esercizi di training, senza l’ottenimento di alcun risultato, sia su “Pubmed” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> che su “Google Scholar” <https://scholar.google.com/> :

- Keywords (Pubmed): optometric visual training exercises guidelines in binocular disorders
- Keywords (Google Scholar): esercizi validati per visual training

Con questi criteri di ricerca non è stato trovato nessun articolo evidenced-based per quanto riguarda le linee guida sugli esercizi visivi. Non è, dunque, stata identificata nessuna sistematicità provata scientificamente che correli una problematica visiva ad una batteria specifica di esercizi, data la peculiarità dell'argomento in analisi.

Per la consultazione ho, dunque, utilizzato fonti secondarie quali libri di testo specifici sull'argomento, dove sono esposte linee d'azione basate perlopiù sull'esperienza empirica.



## 1. COME AGISCE IL SISTEMA VISIVO

### **1.1 La propiocezione come punto di partenza per la consapevolezza di sé e delle proprie capacità visive.**

<<Propriocezione s.f. [dall'ingl. *proprioception*, comp. del lat. *proprius* «proprio» e di (*re*)*ception* «ricezione»].

– In fisiologia, ricezione delle informazioni fornite dai *proprioettori* relativamente alla posizione, al movimento e all'equilibrio del proprio corpo nello spazio.>> [1]

È importante distinguere la percezione dalla sensazione. La sensazione riguarda più il mondo fisico, ed è il risultato dell'incontro tra i recettori sensoriali ed il mondo esterno; successivamente, il sistema sensoriale invia informazioni ai centri integratori situati nel sistema nervoso centrale.

La percezione, invece, è un concetto psichico, che parte dall'integrazione sensoriale ma è ulteriormente arricchita dalla memoria e dalle esperienze passate, così come osserveremo successivamente grazie alla discussione dell'“information processing model”. [2] [3] La percezione, dunque, organizza ed elabora i dati sensoriali in un'esperienza unitaria più complessa, utile per prendere qualsiasi tipo di decisione. Il termine propiocezione è usato per descrivere l'informazione sensoriale che contribuisce alla consapevolezza della propria posizione e del movimento, denominata anche “sesto senso” e percepita sia a livello conscio che inconscio. I dati provenienti dalla propiocezione conscia sono utilizzati per facilitare attività motorie complesse, mentre la propiocezione a livello inconscio è importante per coordinare posture di base come lo stare seduti e camminare. [4]

La propiocezione, quindi, è ciò che definisce la nostra "immagine corporea", permettendo al corpo di riconoscere la propria posizione in rapporto al mondo esterno grazie ai proprioettori, speciali recettori presenti nei muscoli, nei tendini, nelle articolazioni e nella pelle. [5]

L'abilità di riconoscere il proprio corpo nello spazio e assumerne consapevolezza è fondamentale anche nel campo del visual training optometrico, in cui il soggetto, prima di migliorare le proprie abilità visive, deve esserne cosciente; che cosa significa, ad esempio, saper convergere/divergere? Qual è la percezione evocata dal paziente in esame?

## **1.2 Information processing model.**

Nel momento in cui l'essere umano entra in contatto con uno stimolo, di qualunque tipologia esso sia, si attivano i recettori sensoriali e, grazie alle informazioni da essi raccolti, seguendo fasi sequenziali, si giungerà ad una risposta motoria, grazie all'intervento del sistema muscolare specifico per una determinata azione.

Il "perceptual mechanism" è il meccanismo percettivo che permette di rilevare i segnali provenienti dal mondo esterno, ricevendo un considerevole ammontare di informazioni da una grande varietà di recettori sensoriali (visivi, tattili, uditivi). La capacità del canale sensoriale limita la quantità di informazioni che possono essere meticolosamente processate, richiedendo di selezionare l'input appropriato, che possa essere immediatamente rilevante per l'esecuzione dell'incarico richiesto.

Il "decision mechanism" è il meccanismo decisionale che ha il compito di formulare una strategia d'azione, selezionando le migliori informazioni tra tutte quelle disponibili, fornite precedentemente dal "perceptual mechanism", organizzandole ed interpretandole nella maniera più consona basandosi sull'esperienza e sulla memoria di situazioni simili; seleziona, infine, il responso più accurato per la situazione. Questo meccanismo è particolarmente rilevante durante le azioni sportive, in quanto, con l'allenamento e la capacità di visualizzare schemi di gioco ricorrenti, è possibile prendere decisioni più accurate in un più breve lasso di tempo, riducendo la latenza tra il "perceptual" e l'"effector mechanism", terza tappa del processo; sarà possibile dunque anticipare le azioni di gioco, sulla base di alcuni indizi, nel nostro caso, visivi. Un altro aspetto che può fare la differenza nella rapidità di esecuzione è la capacità di modulare appropriatamente l'attenzione e di alternarla tra multipli stimoli.

L'"effector mechanism" o meccanismo effettore, implicato nel controllo dei movimenti veri e propri, invece, converte le informazioni processate dal "perceptual" e dal "decision mechanism" in appropriati segnali di risposta motori. Questo sistema di controllo deve essere sufficientemente accurato da permettere il verificarsi, in un preciso momento, di una sequenza di azioni biomeccaniche per il raggiungimento di una performance ottimale. Infatti, la coordinazione dei movimenti delle mani, dei piedi e del busto, oltre che l'aggiustamento dell'equilibrio, devono essere diretti con estrema precisione.

La sincronizzazione tra responsi motori e stimoli visivi è richiesta continuamente, non solo in ambito sportivo ma anche nella vita quotidiana e si può esplicitare tramite la coordinazione occhio-corpo, occhio-mano e il mantenimento dell'equilibrio.

Un atleta, per esempio, deve preservare il proprio equilibrio mentre il sistema oculomotore è impegnato ad eseguire inseguimenti, saccadi e/o movimenti oculari di vergenza.

Infine, l'”effector mechanism” ha l'onere di tradurre le informazioni processate al sistema neuromuscolare, che a propria volta invia le informazioni ai muscoli che necessitano di essere stimolati per eseguire l'azione motoria adatta. [6]

### **1.3 Zoom sull'information processing model: perceptual mechanism.**

“La percezione visiva è un processo creativo” [7], non riproduce puntualmente l'intensità luminosa presente in un determinato piano del campo visivo, come una macchina fotografica, ma crea qualcosa di originale, tridimensionale, un'immagine unica a partire da due separate. La vista, infatti, non coincide con la visione, come si potrebbe erroneamente pensare; vedere i 10/10 significa solamente avere una buona capacità discriminativa della retina centrale. La visione, invece, è una rielaborazione della realtà, che permette di trarre informazioni aggiuntive dall'ambiente circostante e di creare, con esse, una memoria. Essa comprende, a tal proposito, la vista, ma anche l'attenzione, il movimento ed il pensiero, fornisce la possibilità di ricreare, anche mentalmente, delle esperienze. La visione ha, dunque, un ruolo fondamentale nella nostra vita, ed è per questo che costituisce l'80% dell'apprendimento complessivo. [8] La visione è un atto intelligente, è molto più di una proiezione interna dello spazio focalizzato dai due occhi. La consapevolezza visiva ci permette di pianificare azioni future, di prevederne le conseguenze e di ricordare ciò che abbiamo visto e fatto nel passato.

L'analisi del sistema visivo comincia dalle due retine. Gli assoni delle cellule gangliari della retina, costituenti i neuroni retinici stessi, formano il nervo ottico, che si estende fino al chiasma ottico. Oltre il chiasma, le fibre provenienti dalle emiretine temporali si incrociano verso l'emisfero ipsilaterale, al contrario di quelle provenienti dalle emiretine nasali, che si incrociano verso l'emisfero controlaterale. Si può, dunque, affermare che a livello del chiasma ottico avvenga una

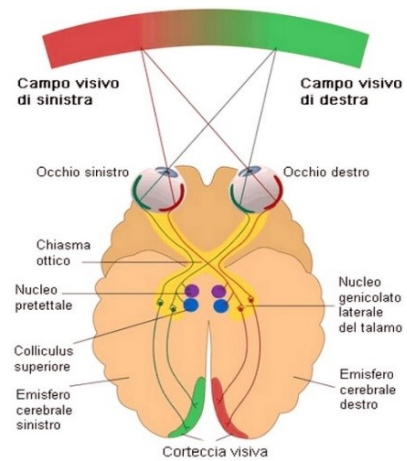


Fig.1 Vie ottiche

<https://medicinaonline.co/2018/09/17/chiasma-ottico-anatomia-funzioni-e-patologie-in-sintesi/>

semidecussazione delle fibre retiniche. Poiché l'emiretina temporale di un occhio vede la stessa metà del campo visivo dell'emiretina nasale dell'altro, la semidecussazione permette di analizzare tutte le informazioni, provenienti da ciascun emicampo visivo, dalla corteccia visiva dell'emisfero controlaterale.

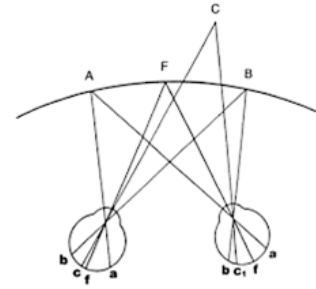
Oltre il chiasma ottico troviamo il tratto ottico, composto dagli assoni provenienti dalle emiretine temporali e nasali, i quali raggiungono il nucleo genicolato laterale del talamo, che trasmetterà le informazioni retiniche alla corteccia visiva primaria, posta nel lobo occipitale. Ogni corpo genicolato laterale proietta alla corteccia visiva primaria tramite una via nota come radiazione ottica. Queste fibre afferenti formano una mappa nervosa completa del campo visivo controlaterale nella corteccia visiva primaria. (Fig.1)

Esiste un'altra via, più antica: il 20% delle fibre retiniche, infatti, non seguono la via visiva principale, ma si dirigono al collicolo superiore (CS), collocato nel mesencefalo, altra regione cerebrale, importante per il controllo dei movimenti oculari. <sup>[9]</sup> A questo punto le informazioni proseguono verso la corteccia extrastriata (aree V3 ed MT). <sup>[10]</sup>

Nell'"information processing model" il "perceptual mechanism" è lo stadio più direttamente correlato al lavoro dell'optometrista. Il suo ruolo di base, infatti, è quello di assicurarsi che i recettori sensoriali deputati al raccoglimento delle informazioni visive funzionino adeguatamente. Una valutazione visiva esauriente dovrebbe giudicare il buon funzionamento delle funzioni di base dell'apparato visivo e identificare qualunque deficit che potrebbe potenzialmente limitare la performance del soggetto. <sup>[11]</sup>

### 1.3.1 Stereopsi, saccadi e inseguimenti: le basi per la costruzione dello spazio.

Lo spazio percepito attorno a noi è frutto dell'elaborazione mentale della nostra psiche, che ricava una singola immagine a partire da due immagini singole, derivate dagli stimoli afferenti dei nostri occhi. La strettissima collaborazione che vige tra i due occhi



permette, quindi, di ottenere una percezione ciclopica, come se avessimo un terzo occhio sulla fronte che osserva in modo univoco il mondo; si parla in questo caso di binocularità. Quando, invece, le percezioni dei due occhi rimangono separate, si è in una condizione di biocularità, cioè ci sarà diplopia o visione doppia, a cui il sistema risponderà con la

Fig.2 Oroptero. F è il punto di fissa zione; A e B punti appartenenti all'oroptero.

Tesi di Laurea Montagner Alice, "Ottica e Optometria", UniPd, 2015.

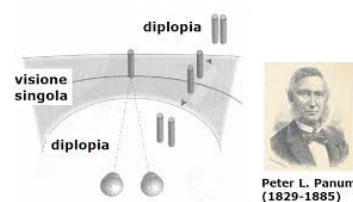
soppressione, ossia l'eliminazione di una delle due immagini. Questa condizione è da scongiurare; l'obiettivo dell'optometrista è il raggiungimento di una visione singola (come risultato della fusione delle due immagini), nitida e confortevole.

L'organizzazione dello spazio è foveocentrico, ossia considera come punto di riferimento la fovea. Affinché le due immagini possano essere fuse in una unica devono essere proiettate in punti retinici corrispondenti, sapendo che suddetti punti, successivamente definiti come aree retiniche, sono collocati in posizione omologa, ossia ad un punto o area retinica dell'occhio destro, ne corrisponde una identica nell'occhio controlaterale. Quando entrambi gli occhi fissano un punto oggetto nello spazio esistono anche altri punti che formano un'immagine su aree retiniche corrispondenti e vengono, perciò, visti singolarmente; l'insieme di questi punti forma l'oroptero. (Fig.2)

In realtà, attorno all'oroptero esiste un'area di tolleranza chiamata storicamente area di Panum; a partire da Panum, si stravolse, perciò, il concetto di oroptero che risultava così essere non più una linea ma una superficie. <sup>[12]</sup> (Fig.3)

Fig.3 Area di Panum

[http://boccignone.d i.unimi.it/PMP\\_201 2\\_files/LezPMPSpazio\(2\)08.pdf](http://boccignone.d i.unimi.it/PMP_201 2_files/LezPMPSpazio(2)08.pdf)



È per questo motivo che si parla di aree retiniche corrispondenti e non più di punti. Ciò implica che anche se si ha una certa disparità di fissazione e, quindi, gli stimoli coinvolgono aree retiniche non corrispondenti, grazie alla fusione sensoriale, è possibile percepire un'unica immagine, chiaramente se compresa all'interno dell'area di Panum. Al contrario, i punti che si trovano all'esterno dell'area di Panum vengono visti doppi poiché non formano immagini su aree corrispondenti. Questo tipo di diplopia è detta fisiologica e accade continuamente quando osserviamo. In particolare, un punto posto oltre il luogo d'incrocio delle direzioni visive, in cui il soggetto sta convergendo per focalizzare l'oggetto d'interesse in fovea, stimola aree nasali non corrispondenti; ciò significa che ciascun oggetto viene localizzato dal medesimo lato dell'occhio che lo ha originato: questa tipologia di diplopia è detta omonima. Se, al contrario, il punto in questione è posto tra il soggetto e l'oroptero stimola aree temporali non corrispondenti, generando una diplopia crociata, in cui gli oggetti appaiono localizzati dal lato opposto rispetto all'occhio che li ha generati. La spiegazione delle diverse tipologie di diplopia esistenti è da ricercare nella fisiologia: l'occhio crea sulla retina un'immagine capovolta e a lati invertiti, di conseguenza la localizzazione spaziale dell'oggetto osservato sarà opposta rispetto all'area stimolata. <sup>[13]</sup>(Fig.4)

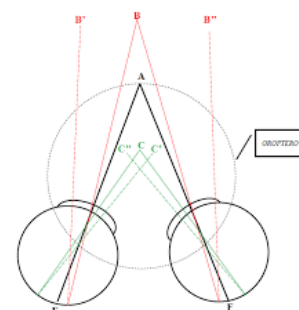


Fig.4 Diplopia omonima e crociata

<https://docplayer.it/9483712-5-la-visione-binoculare.html>

La percezione binoculare avviene per fasi, seguendo i tre gradi di Worth o della visione binoculare, per l'appunto, in cui la presenza dell'ultimo livello testimonia l'esistenza anche dei due precedenti; rispettivamente sono percezione simultanea, fusione e stereopsi.

La percezione simultanea consiste nella percezione contemporanea delle immagini provenienti dai due occhi. Se le immagini cadono su aree retiniche corrispondenti si sovrappongono e avviene la fusione, capacità di ottenere un'immagine singola, unitaria. Esistono due tipi di meccanismi fusionali: la fusione motoria e sensoriale. Nel primo caso l'apparato muscolare posiziona le immagini dell'oggetto d'interesse su aree retiniche corrispondenti, riallineando gli assi visivi in caso siano presenti deviazioni, grazie all'intervento delle vergenze fusionali. A questo punto le immagini ricadranno sull'area di Panum e potranno essere fuse grazie alla fusione sensoriale, definita come la "capacità psichica di ricavare una rappresentazione

visiva singola e unitaria a partire da due immagini retiniche simili”, per forma, colore, dimensioni e valore direzionale <sup>[14]</sup>. La fovea ha valore direzionale pari a zero, maggiore è l’eccentricità del punto retinico stimolato, maggiore sarà il suo valore direzionale, infatti “lo stimolo non viene percepito solo per colore, luminosità e forma, ma anche e sempre per la sua direzione nello spazio. Non si può avere una sensazione visiva senza sapere da dove proviene”. <sup>[15]</sup>

Il terzo grado consiste, per l'appunto, nella stereopsi. L’effetto tridimensionale è dovuto al fatto che i due occhi osservano il mondo da due punti di vista lievemente differenti, essendo collocati ad una certa distanza l’uno dall’altro <sup>[16]</sup>; essa dipende infatti dalla disparità retinica binoculare orizzontale che si verifica tra le due immagini. Suddetta disparità non può superare i 2° o essere inferiore ai 5'' d’arco. <sup>[17]</sup> Affinché la stereopsi si possa manifestare sono necessarie fissazione bifoveale, fusione, sufficiente acuità spaziale (la qualità dell’immagine è un elemento fondamentale per valutare la disparità tra le due immagini), visione simile tra i due occhi.

Esistono anche indicatori monoculari di profondità, utili per ricavare informazioni sulle posizioni spaziali anche in assenza di fusione, che sfruttano aspetti percettivi come la sovrapposizione tra due oggetti, la prospettiva geometrica o lineare (più un oggetto è lontano e più ci appare piccolo, e viceversa), l’altezza sull’orizzonte (maggiore nel caso di un oggetto lontano), l’illuminazione e le ombre (tenendo conto che la psiche considera l’illuminazione proveniente dall’alto), la prospettiva aerea (colore desaturato e minor nitidezza per target posti ad una distanza maggiore rispetto ad un riferimento), l’attività accomodativa e di convergenza (la distanza prossimale richiede una maggior entità di accomodazione e di convergenza). <sup>[18]</sup>

Un altro elemento fondamentale per ricostruire visivamente lo spazio attorno a noi è la motilità oculare, che ci conferisce la possibilità di far muovere gli occhi e “scannerizzare” lo spazio che ci circonda.

Schematicamente, si può pensare all’occhio che ruota attorno ad un punto chiamato centroide di rotazione, posto sull’asse ottico, a circa 13,5mm dietro l’apice corneale.

Per avere dei riferimenti spaziali durante i suoi movimenti, si considerano tre assi, denominati di Fick, che si dipartono dal bulbo in corrispondenza del centroide di

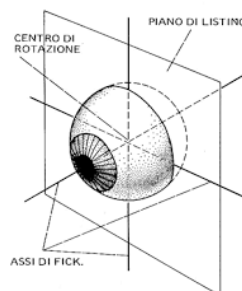


Fig.5 Assi di Fick e piano di Listing

[https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/scienze-public/attachments/files/000/004/453/original/Visione\\_Binoculare.pdf?1559661540](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/scienze-public/attachments/files/000/004/453/original/Visione_Binoculare.pdf?1559661540)

rotazione. Esiste un asse orizzontale (X), uno anteroposteriore (Y) e quello verticale (Z). Gli assi verticale e orizzontale delimitano il piano di Listing, perpendicolare a quello anteroposteriore. (Fig.5)

In base al movimento relativo degli occhi lungo queste tre direzioni, si possono delineare tre posizioni di sguardo; la posizione primaria, che si ottiene con gli occhi in posizione centrale e gli assi visuali paralleli, la posizione secondaria, raggiunta durante i movimenti orizzontali e verticali, mentre la combinazione di movimenti orizzontali e verticali, ossia

obliqui, porta alla posizione terziaria. I movimenti oculari principali sono le duzioni, le versioni e le vergenze.

Le duzioni sono movimenti monoculari, effettuati dai

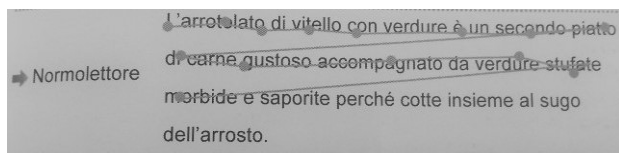
singoli occhi, al contrario degli altri due, che coinvolgono la binocularità. Infatti, le versioni sono movimenti coniugati, in cui i due occhi si muovono paralleli e nella stessa direzione, mentre le vergenze sono movimenti disgiunti, in cui gli occhi si muovono simmetricamente e in direzione opposta.

I muscoli extraoculari che generano suddetti movimenti, per ciascun occhio, sono il retto superiore (RS), retto inferiore (RI), retto mediale (RM), retto laterale (RL), grande obliquo (GO) e piccolo obliquo (PO). È bene, però, sapere che quando si esegue un movimento oculare, non è solo un muscolo a compiere l'azione, bensì una coppia di muscoli. Ci sono i muscoli agonisti e antagonisti, che, contraendosi, muovono il bulbo in direzione opposta; al contrario, i sinergisti, contraendosi, muovono gli occhi nella stessa direzione di sguardo. Tutti i movimenti oculari sono legati tra loro da due leggi fondamentali, la legge dell'innervazione reciproca di Sherrington e la legge della corrispondenza motoria di Hering. La prima enuncia "Quando un muscolo si contrae il suo antagonista si rilascia", [19] in altre parole "il muscolo antagonista riceve una stimolazione inibitoria proporzionale e simultanea alla stimolazione ricevuta dal muscolo agonista". [20] La seconda, invece, asserisce che "L'innervazione che due muscoli sinergisti ricevono è uguale". [21]

I movimenti saccadici permettono di spostare la fissazione, balzando da un punto all'altro nello spazio e sono utilizzati per portare sulla fovea oggetti periferici. (Fig.6-7) Suddetti movimenti sono anche detti balistici, in quanto, la loro traiettoria non può essere modificata anche se, durante il movimento, la direzione del target

Fig.6-7 Saccadi e fissazioni

<https://lucavannetiello.com/2013/11/06/nf216-movimenti-rapidi-oculari-saccadici-parte-3/>





cambia. Durante la saccade avviene una sospensione nella percezione visiva, di cui non si sono ancora scoperti i motivi e le modalità, facilmente verificabile tentando di osservare il movimento degli occhi nello specchio; ogni tentativo sarà vano, riusciremo solo ad osservare i nostri occhi quando sono fermi.

Il tempo di latenza saccadica, ossia quello che intercorre tra la pianificazione e l'esecuzione della saccade è di circa 150-200 ms, al contrario del movimento balistico vero e proprio dell'occhio, che è molto rapido e corrisponde a 30 ms; tra una saccade e la successiva, gli occhi mantengono la fissazione sull'oggetto d'interesse per un periodo di tempo variabile, intorno ai 300ms. <sup>[22]</sup> Man mano che si aumenta l'entità delle saccadi si guadagna in velocità ma si riscontra una perdita dal punto di vista della precisione del movimento. <sup>[23]</sup> Tali considerazioni sono fondamentali poiché i movimenti balistici si attuano continuamente nella nostra vita quotidiana e la lettura ne è un esempio pratico: leggiamo fissando parti di testo successive, intervallate da movimenti saccadici.

Durante la fissazione, la lettura dipende da diverse tipologie di "span" (ampiezza); lo "span di acuità" indica l'ampiezza dei movimenti saccadici, ossia il numero di caratteri visti con l'80% di acuità visiva che sono al massimo 7-8 ( di cui solo 4-5 visti con il 100% dell'acuità visiva), lo "span visivo" che indica il numero di lettere identificate contemporaneamente, corrispondente a 15, e lo "span percettivo" che permette di leggere qualche carattere aggiuntivo grazie all'interpretazione del contesto in cui la lettura è inserita. <sup>[24]</sup> Da una fissazione all'altra, gli occhi si spostano indicativamente tra l'inizio e il centro della parola, proprio in virtù del fatto che saccadi più piccole sono più precise; chiaramente parole molto corte non saranno fissate, a differenza di quelle più lunghe che verranno fissate più volte. Inoltre, acquisiamo informazioni non solo dalla parola fissata direttamente con la fovea, ma otteniamo anche dei dati parafoveali utilizzati, ad esempio, per dirigere le saccadi e per velocizzare l'elaborazione del testo. La visione periferica, dunque, facilita la lettura, permettendo di estrarre la lunghezza e la forma globale delle lettere e delle parole. "L'integrazione in periferia fornisce, perciò, una pre-segmentazione grezza che permette una selezione delle regioni salienti per le saccadi successive" <sup>[25]</sup>; in altre parole la saccade cade nella posizione più adeguata per comprendere al meglio la parola appena letta e per il pre-processamento del vocabolo successivo, in cui è importante non solo l'aspetto semantico ma anche quello strutturale. Al punto successivo saranno esplicitati in maniera più accurata le differenze tra la zona centrale e periferica della retina, citate in questo paragrafo. I movimenti d'inseguimento, detti anche di "pursuit", sono usati, invece, per

mantenere la fissazione foveale su oggetti d'interesse in movimento, nell'area centrale del campo visivo; sono, infatti, sempre veicolati dall'attenzione. Al contrario delle saccadi, sono movimenti continui, lenti e con una moderata latenza (0,12 s). [26]

I movimenti nistagmoidi causano oscillazioni oculari prevalentemente orizzontali e se ne possono distinguere due tipologie. Il nistagmo optocinetico è fisiologico e consiste in un movimento di ambo gli occhi ripetuto e suddiviso in una fase iniziale lenta, d'inseguimento dell'oggetto d'interesse, susseguita da una seconda fase nel senso opposto, più veloce, caratterizzata da movimenti saccadici. Il nistagmo patologico, al contrario, ha carattere pendolare, ciò significa che fa oscillare la fissazione, con la stessa velocità, nei due sensi; ciò comporta una riduzione dell'acuità visiva. [27]

### 1.3.2 La via magno e parvocellulare: "dove" e "come".

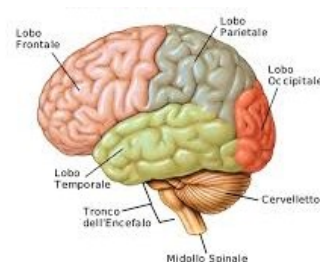
Considerando la via visiva primaria, di cui si è parlato al punto **1.3 Zoom sull'information processing model: perceptual mechanism**, è possibile definirla un sistema a due vie: magno e parvocellulare, che processano in parallelo le informazioni. Sappiamo che il corpo o nucleo genicolato laterale (NGL), raccoglie l'informazione visiva direttamente dalla retina, per proiettarla alla corteccia visiva primaria (V1). Il NGL è suddiviso in 6 strati, i primi due appartenenti alla via magnocellulare, mentre gli strati dal 3 al 6, si riferiscono alla via parvocellulare. Da qui i segnali saranno trasmessi in aree differenti della corteccia visiva primaria, il primo livello di analisi corticale dell'informazione visiva; anch'essa è suddivisa in strati differenti, 1, 2, 3, 4A, 4B, 4C, composto da due sotto strati, il  $4C\alpha$  e il  $4C\beta$ , 5 e 6.

Il fatto che la maggior parte dei neuroni risponda ad entrambi gli occhi fa sì che esistano campi recettivi binoculari, importanti per la stereopsi, con la conseguente percezione di profondità e per la visione binoculare. Gli stimoli che si riferiscono alla via magnocellulare raggiungeranno lo strato  $4C\alpha$ , e proseguiranno fino allo strato 4B, al contrario di quelli parvo che avranno come riferimento lo strato  $4C\beta$  e, successivamente, il 2 e il 3. [28]

Da qui l'informazione viene trasmessa attraverso due vie principali: una via dorsale

Fig.8 Aree corteccia visiva

<https://www.slideshare.net/imartini/agnosia-34796989>



che giunge al lobo parietale, propria della via magnocellulare e una ventrale, che va al lobo temporale tipica della via parvocellulare. [29]

V1 manda la sua informazione anche all'area V2; da qui i due percorsi si ramificano e separano in modo sostanziale: la via parvocellulare, o ventrale, prosegue verso l'area V4 che

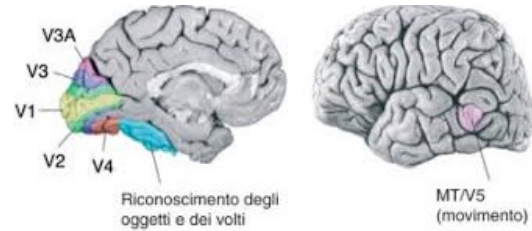


Fig.9 Visione esterna dell'encefalo

<https://medicinaonline.co/2016/10/08/come-fatto-il-cervello-a-che-serve-e-come-funziona-la-memoria/>

ha, come caratteristica, la capacità di percepire un'alta risoluzione cromatica e spaziale, pur avendo una bassa sensibilità al contrasto; la via magnocellulare, o dorsale, al contrario si indirizza verso l'area V3 e successivamente alla V5 o MT (mediotemporale) (Fig.8), che rileva la visione

stereoscopica, un'alta sensibilità al contrasto, a discapito di una bassa risoluzione spaziale e dell'ignoranza cromatica. [30] [31] (Fig.8) La via ventrale, detta anche del "what" (Fig.11), che sappiamo proiettarsi all'area infero temporale (IT) (Fig.9), è

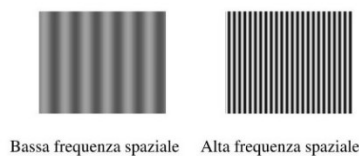


Fig.10 Selettività alle frequenze spaziali

<https://www.slideserve.com/herve/il-sistema-visivo>

più recente rispetto a quella dorsale ed elabora informazioni sulla natura degli oggetti, come colore, forma e dimensioni. Presenta un'alta risoluzione, essendo sensibile alle alte frequenze spaziali (Fig.10), espresse in cpd, cicli per grado, (un ciclo è la distanza tra un dato punto dell'onda luminosa ed un altro corrispondente come, ad esempio, la distanza

tra due picchi) ma presenta una bassa sensibilità al contrasto, ricevendo l'input retinico dai coni foveali; la specializzazione sensoriale risiede, dunque, nei dettagli. Le fibre assoniche che trasportano le informazioni sono più sottili, anche il diametro dell'assone è più piccolo; la trasmissione del segnale è lenta, la risposta neuronale sostenuta, che dura nel tempo, compatibile con una bassa sensibilità alle frequenze temporali (espresse in Hz), tutti elementi compatibili con l'elaborazione di uno stimolo statico. Il processo della via parvocellulare è, dunque, riassumibile con un'unica domanda: "che cos'è quest'oggetto?"

All'opposto, la via dorsale o del "where" (Fig.11), che decorre attraverso l'area temporale superiore mediale (MST, dall'inglese medial superior temporal area) (Fig.9), permette di percepire e conoscere lo spazio che ci circonda, individuando la posizione relativa di un oggetto rispetto all'altro e captando corpi in movimento.

Questa via più antica è sensibile alle basse frequenze spaziali (Fig.10), da cui ne deriva una bassa risoluzione, e alle alte frequenze temporali; non discrimina il colore, ma possiede un'alta sensibilità al contrasto, provenendo l'input retinico dai fotorecettori della retina periferica. Le fibre assoniche sono più spesse rispetto a quelle della via parvocellulare e il diametro assonico è più largo; la trasmissione del segnale è veloce, associata ad una risposta transiente dei neuroni, dove l'input è di breve durata, compatibile con la specializzazione sensoriale agli stimoli in movimento. Le domande di riepilogo potrebbero essere: “dov'è l'oggetto? Verso che direzione si muove?” [32] [33] [34] [35]

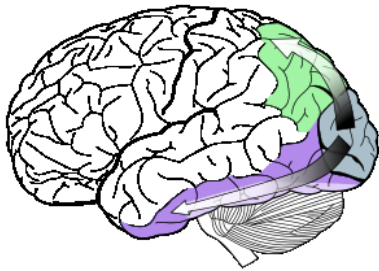


Fig.11 Via magnocellulare (verde) e parvocellulare (viola).

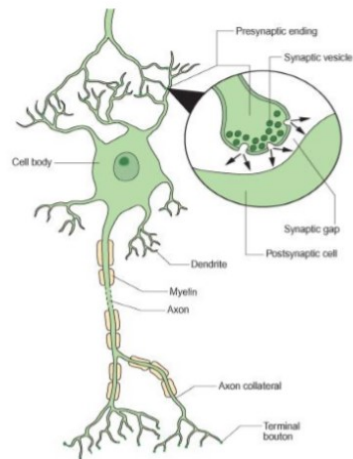
<https://www.unioviedo.es/ei/materiales/2-tic/TIC%20It.pdf>

## 1.4 Trasferire le competenze acquisite da volontarie ad automatizzate, attraverso il meccanismo della plasticità sinaptica che regola e permette l'apprendimento.

Si è già sottolineata l'importanza della consapevolezza delle nostre abilità visive e dei compiti attuati durante il visual training (VT), atti a migliorarle. Inizialmente, però, le procedure saranno meccaniche, si applicheranno con sforzo, concentrandosi attentamente. La ripetitività degli esercizi ha proprio lo scopo di far apprendere al nostro sistema visivo queste abilità in modo che vengano consolidate e possano essere messe in atto efficacemente in modo automatico, senza pensarci, permettendo in tal modo al soggetto di intraprendere in modo usueto tutte le proprie attività.

Fig.12 Struttura del neurone

© Elsevier. Crossman & Neary: Neuroanatomy 3e - www.studentconsult.com



© Elsevier. Crossman & Neary: Neuroanatomy 3e - www.studentconsult.com



Fig.13 Sinapsi

<https://www.cognifit.com/it/elasticita-del-cervello>

La Via Visuale si compone di una successione di neuroni ed è qui che dobbiamo concentrare gli sforzi quando facciamo V.T. Il neurone, infatti, è l'unità strutturale e funzionale del sistema nervoso e si suddivide in corpo e assone. Dal corpo protrudono dei fini prolungamenti ramificati, chiamati dendriti che presentano spine nella loro superficie e, nella parte diametralmente opposta, si presenta un'ulteriore estensione, unica e più grossa, conosciuta col nome di assone che, alla sua estremità, presenta una o più terminazioni denominate bottoni sinaptici dove, all'interno di vescicole, si sintetizza e si conserva il neurotrasmettitore. (Fig.12)

I neuroni comunicano tra di loro attraverso una zona denominata sinapsi. Una tipica sinapsi chimica si forma dalla membrana presinaptica nel bottone sinaptico dell'assone e la membrana postsinaptica in una delle spine dei dendriti (Fig.13); ed

è proprio nelle sinapsi che avvengono i cambiamenti creati grazie al Visual Training. Il meccanismo responsabile dell'apprendimento percettivo è la plasticità sinaptica; il cervello, al contrario di ciò che si può pensare, non è una materia rigida, incapace di modificare la sua struttura una volta sviluppato. È vero che la plasticità diminuisce con l'età, però non si perde mai completamente, soprattutto se non si smette di stimolarla, ed è per questo che l'allenamento non solo visivo, ma intellettuale in generale permette di mantenere in salute la nostra mente, anche coll'avanzare dell'età. [36]

La plasticità sinaptica consiste nel migliorare l'efficacia delle reti neuronali; quando una cellula A stimola ripetutamente una cellula B, si instaurano dei processi metabolici che portano al rafforzamento delle connessioni fra le due cellule, i neuroni nel nostro caso. In seguito al consolidamento delle connessioni, l'attivazione della cellula A porterà all'attivazione anche della cellula

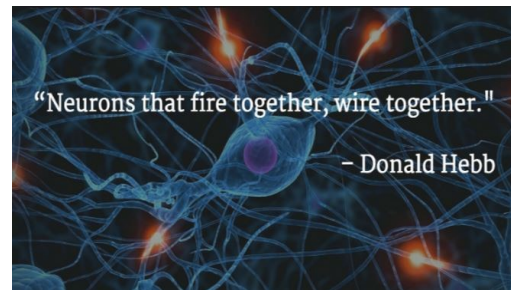


Fig.14 Meccanismo plasticità sinaptica

<https://www.azquotes.com/quote/894211>

B. (Fig.14) Nel momento in cui queste due cellule sono attivate in maniera sincrona e continua, vengono messi in atto una serie di processi fisiologici caratterizzati da modificazioni molecolari su una o più giunzioni sinaptiche. [37]

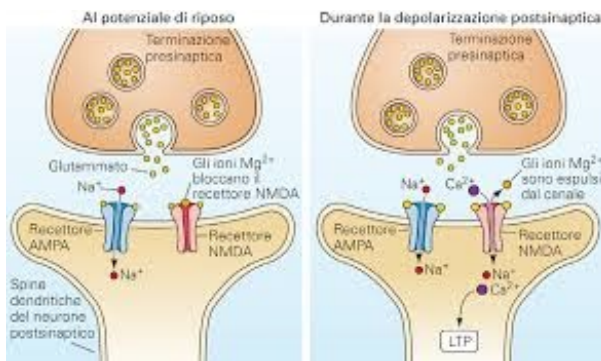


Fig.15 Depolarizzazione post-sinaptica

[https://el.unifi.it/pluginfile.php/691992/mod\\_resource/content/1/Plasticita%20sinaptica\\_2.p](https://el.unifi.it/pluginfile.php/691992/mod_resource/content/1/Plasticita%20sinaptica_2.p)

Il fenomeno della plasticità a lungo termine o potenziamento a lungo termine (PLT) inizia quando il terminale presinaptico libera il neurotrasmettitore eccitatorio glutammato e si lega al recettore AMPA, collocato sul neurone postsinaptico, dove entra il sodio  $\text{Na}^+$ . Se il potenziale di membrana che si genera è

sufficientemente elevato da superare la soglia, grazie ad una stimolazione frequente, si genera un potenziale d'azione, con conseguente aumento nella concentrazione di glutammato rilasciato e depolarizzazione della membrana postsinaptica (Fig.15), che riesce ad espellere il magnesio  $\text{Mg}^{2+}$  dal canale del recettore NMDA. Al contrario, una stimolazione debole sarà causa di uno scarso rilascio del

neurotrasmettitore che arriva al secondo neurone.<sup>[38]</sup>

La rimozione degli ioni  $Mg^{2+}$  permette agli ioni  $Ca^{2+}$ , del calcio, di entrare attraverso il canale NMDA e innescare il meccanismo alla base dell'LTP (long-term potentiation, in inglese). Il  $Ca^{2+}$  si lega, poi, alla calmodulina formando il complesso calcio-calmodulina che promuove l'attivazione di protein chinasi Ca-dipendenti, quali la PKC e la CaMKII che inducono la formazione di nuovi recettori AMPA, e aumenta i livelli intracellulari di cAMP, mediante stimolazione dell'adenilato ciclasi. La membrana postsinaptica è una struttura dinamica, perciò sinapsi silenti possono diventare attive per la comparsa di nuovi recettori AMPA. Tramite il rilascio di cAMP è attivata la protein chinasi A (PKA) che dà inizio ad una cascata biologica: vengono incrementate determinate proteine, dette "grow factor", fattori di crescita che risalgono lungo l'assone presinaptico e inducono modificazioni strutturali nella sinapsi. (Fig.16) Il neurone moltiplicherà i suoi terminali presinaptici (più bottoni e assoni) e post-sinaptici (più spine sui dendriti), aumenterà così la quantità di sinapsi che uniscono i neuroni e, conseguentemente, la probabilità di generare un potenziale d'azione nella cellula post-sinaptica; con la formazione di nuove reti neurali la trasmissione del segnale risulterà più efficiente.

Gli effetti dell'apprendimento percettivo sono a lungo termine.<sup>[39]</sup>

*"Plasticity is the brain's ability to change in response to our experiences, it's the ability to learn".*<sup>[40]</sup>

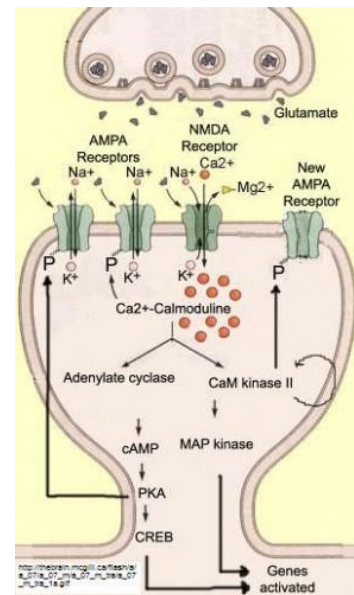


Fig.16 PLT

<https://www.airett.it/syndi>  
g1-una-proteina-  
transmembrana-che-  
interagisce-con-il-  
recettore-ampa-attiva-  
dipendente-e-regola-lo-  
sviluppo-delle-sinapsi-  
eccitatorie/



## **2. STRUTTURARE IL PERCORSO DI ALLENAMENTO VISIVO**

### **2.1 Anamnesi**

L'anamnesi è un momento cruciale di tutta l'analisi visiva, in cui l'optometrista affronta per la prima volta le problematiche del proprio paziente. In questa fase è fondamentale che l'operatore sappia ascoltare il soggetto che riporta dei disagi visivi, che dimostri di essere disponibile, interessato e che assuma un atteggiamento professionale nei confronti della persona che richiede aiuto. È indispensabile per formulare la diagnosi optometrica ed indirizzare l'analisi visiva, escludendo quei test che non sono utili per comprendere e risolvere, in seconda battuta, le problematiche che sono state riportate. Un'anamnesi che comprenda tutte le aree d'interesse del paziente è un metodo eccellente per dimostrare di aver compreso a fondo le necessità del cliente e di voler attuare la nostra indagine visiva in modo serio, preciso e dettagliato, senza voler giungere a conclusioni affrettate al solo scopo di ridurre drasticamente il tempo dedicato al singolo soggetto.

Per stabilire una relazione professionale di fiducia ed empatia con il paziente, sarebbe preferibile effettuare l'anamnesi attraverso un colloquio orale, basandosi su domande aperte specifiche, di cui bisogna assicurarsi che l'esaminato abbia compreso appieno il significato, ma che lascino spazio ad eventuali chiarimenti o specificazioni circa la descrizione delle difficoltà legate all'ambito visivo, da cui si possa prendere spunto per discutere di eventuali problematiche correlate, che fungano da filo conduttore per gli interrogativi successivi. Un questionario a domande chiuse, invece, può essere utilizzato per abbreviare i tempi, per evitare che il paziente sollevi possibili obiezioni come: "non me l'ha chiesto", per individuare le aree di interesse da valutare più nel dettaglio durante l'analisi visiva, effettuando una scrematura di possibili problematiche che le risposte date dall'esaminato portano ad escludere. Inoltre, sarà utile per preparare mentalmente la persona alla tipologia di quesiti che gli verranno posti in un secondo momento, durante il colloquio orale. Infatti, il questionario senza un'integrazione orale può risultare riduttivo, distaccato e, soprattutto, non dà modo all'operatore di capire se le risposte indicate siano corrette, precise o se ci siano stati degli equivoci durante la compilazione dovuti alla non completa comprensione delle domande poste.

Ciò che si vuole conoscere del paziente sono i dati anagrafici, le attività svolte sia di tipo lavorativo che durante il tempo libero e quanto rilievo esse assumano nella routine dell'esaminato. Successivamente si indagherà sulle motivazioni che abbiano spinto il soggetto a richiedere un controllo visivo, soffermandosi sul tipo



di disturbo, se esso venga riscontrato solo da lontano, da vicino o in entrambi i casi; sulla sua insorgenza, sulla gravità e quanto sia un impedimento nello svolgere le attività normalmente effettuate. È rilevante conoscere da quanto tempo sia iniziato il fastidio, sulla frequenza, se associato a particolari occupazioni e/o a particolari ore del giorno, se esso sia correlato ad altri sintomi, se sia un problema di nuova insorgenza o se qualche altro specialista abbia provato a risolverlo precedentemente. Ad esempio, nel caso in cui il paziente riporti di “vedere sfuocato” da mesi e che il disturbo stia peggiorando in maniera progressiva in un lasso di tempo più o meno lungo, fa pensare ad un’anomalia refrattiva, al contrario di un’insorgenza brusca nell’arco di pochi giorni, riconducibile molto spesso ad un quadro patologico. Nel caso in cui il soggetto abbia effettuato altri controlli visivi sarà opportuno chiederne la data, per accertarsi che i dati siano recenti, e da che figura professionale essi siano stati realizzati (oculista, ortottista, optometrista). A questo punto è necessario sapere se l’esaminato porti correzioni ottiche, sia occhiali che lenti a contatto, da quanto tempo e se la visione sia soddisfacente. In un secondo momento bisognerà indagare circa la storia clinica del paziente e della sua famiglia in merito a patologie oculari e/o generali e ai relativi farmaci di prescrizione medica, per capire se questi elementi abbiano ripercussioni a livello oculare e che, quindi, possano giustificare eventuali dati anomali rilevati durante l’indagine visiva. (Fig. 17) [41] [42]

Nome _____	Cognome _____	Sesso: M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>
Nascita / / _____	Indirizzo _____	Tel. _____
Comune _____	CAP _____	Prov. _____
Professione _____	Hobby-svaghi _____	
<b>1. Per quale motivo avete richiesto un controllo?</b>		
_____		
Se c'è un disturbo, esso è: Lieve <input type="checkbox"/> Poco fastidioso <input type="checkbox"/> Abbastanza fastidioso <input type="checkbox"/> Molto fastidioso <input type="checkbox"/>		
<b>2. Siete mai stati sottoposti a un controllo visivo?</b> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Data dell'ultimo controllo _____		
Presso: Oculista <input type="checkbox"/> Ottico <input type="checkbox"/> Optometrista <input type="checkbox"/> Ortottista <input type="checkbox"/> Altri _____		
Vi hanno consigliato l'uso di: Occhiali <input type="checkbox"/> Lenti a contatto <input type="checkbox"/> Altri dispositivi ottici <input type="checkbox"/> Esercizi-Ortottica <input type="checkbox"/>		
Usate le lenti correnti da... 0-1 mese <input type="checkbox"/> >1-6 mesi <input type="checkbox"/> >6-12 mesi <input type="checkbox"/> 1-2 anni <input type="checkbox"/> >2 anni <input type="checkbox"/> Altro _____		
Usate correntemente le lenti... Ogni giorno <input type="checkbox"/> Raramente <input type="checkbox"/> Al bisogno <input type="checkbox"/> Altro _____		
Come usate le lenti? (solo per leggere/sempre/...)		
Siete soddisfatti della vostra visione? (con le lenti, se le portate) Sì <input type="checkbox"/> Abbastanza <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Se no, qual è il maggior disturbo? _____		
Cos'altro vi è stato detto del vostro disturbo/problema? _____		
<b>3. Avete mai subito operazioni, traumi, malattie oculari?</b> NO <input type="checkbox"/> Se Sì, quali? _____		
Vi sono malattie generali in corso? NO <input type="checkbox"/> Diabete <input type="checkbox"/> Ipertensione <input type="checkbox"/> Ipertiroidismo <input type="checkbox"/>		
Altre _____		
State assumendo farmaci? NO <input type="checkbox"/> Sì, per un problema oculare <input type="checkbox"/> Sì, per un problema generale <input type="checkbox"/>		
antibiotici <input type="checkbox"/> cortisonici <input type="checkbox"/> anticoncezionali orali <input type="checkbox"/> sedativi <input type="checkbox"/> antiallergici <input type="checkbox"/> betabloccanti <input type="checkbox"/>		
Altri: _____		
Siete allergico a qualche sostanza? NO <input type="checkbox"/> Se Sì, quale? _____		
<b>4. Vi sono componenti della famiglia con problemi oculari o malattie generali "importanti"?</b>		
No <input type="checkbox"/> Se Sì, quali? _____		
<b>5. Vi sono altre osservazioni o informazioni che ritenete utili?</b> NO <input type="checkbox"/> Se Sì, quali? _____		
<b>6. Cosa vi aspettate dal nostro aiuto?</b> (rispondete con massima libertà) _____		

Fig.17 Questionario di anamnesi di problemi correlati alla visione

*Anto rossetti-Manuale di optometria e contattologia-Zanichelli*

## **2.2 Quando fare visual training e aspetti motivazionali durante il percorso di training.**

Partendo dall'assunzione di Danjela Ibrahimimi che definisce il visual training come "L'arte di migliorare le condizioni visive del paziente",<sup>[43]</sup> è chiaro che è opportuno fare visual training quando durante l'anamnesi il paziente riporta dei sintomi visivi, confermati poi dall'evidenza clinica durante l'analisi visiva. Senza questa correlazione, infatti, risulta molto difficile effettuare una diagnosi optometrica e, di conseguenza, progettare il percorso di training più adeguato a risolvere le problematiche per cui è stato richiesto l'intervento dell'optometrista. L'obiettivo è quello di creare nuove connessioni a livello neurale, secondo il principio della plasticità sinaptica, già discusso in precedenza, che permetta alla persona di ottenere una maggior quantità di informazioni visuali del mondo che la circonda, implementando quelle abilità di cui risulta essere carente.

Per quanto riguarda l'età per poter praticare training visivo non esiste un range oltre il quale diventi impossibile trarre dei benefici; infatti, al contrario della maturazione del sistema visivo che termina con l'adolescenza, lo sviluppo inteso come adattamento a ciò che ci circonda per incrementare la capacità di sopravvivenza continua per tutta la vita. Non si smette mai di imparare.<sup>[44]</sup>

Nonostante, dunque, l'infanzia e l'adolescenza siano i periodi di massima modificazione delle strutture visive e cerebrali, niente impedisce di poter trarre grandi vantaggi dal visual training anche durante l'età adulta. Infatti, mentre si può porre un limite per le prime fasce d'età dettato da esigenze pratiche, come la capacità del soggetto di concentrarsi per un lungo periodo di tempo, comunicare ciò che prova e seguire le istruzioni fornitegli, tutte abilità dipendenti dal grado di maturazione e intelligenza raggiunte, non è corretto stimare un limite massimo entro i quali i benefici di un allenamento visivo siano tangibili. Fintanto che il paziente sarà motivato ed interagirà positivamente con il proprio terapeuta, il visual training avrà successo.<sup>[45]</sup>

L'allenamento si compone di esercizi ripetitivi che variano per frequenza, intensità e complessità e per questo è fondamentale che il paziente mantenga alta la propria motivazione per tutto il percorso, affinché possa raggiungere risultati soddisfacenti. A questo proposito la scelta dei soggetti a cui proporre un'eventuale esercitazione visiva è di vitale importanza; essi devono devolvere sufficiente tempo ed energie per sviluppare le abilità visive prefissate e raggiungere l'obiettivo con successo. Una risorsa preziosissima per il mantenimento della motivazione del cliente è la

rete di supporto costituita da familiari, parenti e amici che possono sollecitarlo e sostenerlo durante tutto il percorso di training, compresa la parte svolta in autonomia a casa. Anche il ruolo dell'optometrista risulta fondamentale per quanto riguarda l'incoraggiamento e la soddisfazione della persona, anche quando la performance non risulta essere quella sperata: con un alto livello di motivazione gli esercizi potrebbero essere tentati anche se la prognosi non dovesse presentarsi delle migliori. Innanzitutto, è fondamentale che il professionista stabilisca un obiettivo finale da raggiungere e che riesca ad anticipare al cliente, seppur in modo approssimativo date le variabili soggettive in gioco, periodo del trattamento e relativo costo, per evitare incomprensioni e motivazioni per il quale l'allenamento visivo potrebbe essere interrotto. Infatti, è buona cosa riuscire a portare a compimento il visual training per evitare frustrazione e senso di inadeguatezza nel soggetto, oltre che alla perdita di risorse in termini di tempo, energia e denaro da ambo le parti. Sempre per raggiungere questa finalità l'optometrista deve ridimensionare fin da subito le eventuali aspettative irrealistiche dell'esaminato e non promettere risultati irrealizzabili per scongiurare una sua disapprovazione oltre a quella della sua rete di sostegno che, altrimenti, sarebbe inevitabile. Prima di consigliare l'allenamento visivo, ad ogni modo, è fondamentale che l'optometrista esegua una diagnosi corretta ed accurata, assicurandosi che i sintomi riportati dal paziente corrispondano ai dati clinici rilevati; questo perché il visual training non è appropriato a tutte le situazioni, come ad esempio quelle che trascendono l'origine visiva. Inoltre, bisogna prestare particolare attenzione nei casi in cui il soggetto non si lamenta di sintomi particolari ma i dati risultino alterati rispetto ai valori di norma. A questo punto è opportuno indagare sulle motivazioni: la persona potrebbe semplicemente evitare le situazioni che creano discomfort come potrebbe essere, ad esempio, la lettura o potrebbe sopprimere, in presenza di una accentuata disfunzione binoculare e quindi eliminare l'astenopia; in ambo i casi è consigliabile proporre un programma di rieducazione visiva.

Quando si presenta più di una possibilità correttiva in cui sia possibile prescrivere ausili ottici, quali lenti e prismi, oltre che la sola rieducazione visiva è opportuno considerare la durata del trattamento; per alcuni individui in particolare, come professionisti molto impegnati e studenti, il fattore tempo è essenziale per la scelta da seguire. Si comprende anche intuitivamente che, mentre lenti e prismi permettono di provare un beneficio immediato, è chiaro che la riduzione dei sintomi per mezzo dell'allenamento visivo può richiedere anche diverse settimane. Tuttavia, le due alternative non agiscono con le medesime modalità: se da un lato i dispositivi

ottici si presentano come la via più rapida per il raggiungimento del comfort non vanno ad eliminare, né a migliorare la disfunzione visiva, al contrario degli esercizi di training che puntano a sviluppare e normalizzare le proprie abilità visive per superare le difficoltà causate dalle problematiche visive, che siano esse di natura binoculare, accomodativa od oculomotoria. Questa è un'importante distinzione che dovrebbe essere fatta presente e discussa quando si vanno a considerare diverse opzioni di trattamento. <sup>[46]</sup>

Un altro aspetto fondamentale si basa sull'aumentare gradualmente le difficoltà dei vari esercizi e, per evitare che il paziente si senta inadeguato, è preferibile iniziare da dove l'esecuzione risulta relativamente agevole piuttosto che con esercizi troppo impegnativi e difficili da eseguire a causa della scarsa efficienza delle capacità visive in questione, al momento dell'inizio del percorso di training. Nel momento in cui un'abilità viene eseguita senza sforzo può essere automaticamente utilizzata sempre, anche nei momenti di maggiore stress. È a questo punto che si possono introdurre distrazioni ambientali, aumentando di conseguenza l'impegno cognitivo e spostando l'attenzione anche verso altre attività. <sup>[47]</sup>

### **2.3 Il ruolo dell'attenzione nell'internalizzazione delle capacità visive.**

“Quando un animale vigila, sta in allerta ed esplora l'ambiente ha la possibilità di imparare, di adattarsi alle richieste dell'ambiente e sopravvivere”.<sup>[48]</sup> L'attenzione è fondamentale durante il visual training per riuscire ad imparare e a far proprie tutte quelle abilità visive risultanti carenti durante l'analisi. Per svolgere al meglio gli esercizi proposti e renderli efficaci si necessita, dunque, di una grande concentrazione che permetta non solo di raggiungere con successo l'obiettivo prefissato, che risulterà sempre più complicato sessione dopo sessione, ma di essere consapevoli di quale capacità il nostro sistema visivo stia allenando, percependola; è a questo punto che si matura la propriocezione, di cui si è discusso precedentemente.

“L'attenzione è un processo cognitivo che permette di selezionare alcuni stimoli ambientali tra i molti disponibili ad un dato momento ed ignorarne altri.”<sup>[49]</sup> L'attenzione selettiva visiva permette di concentrare le proprie risorse mentali su alcune specifiche informazioni, aspetto essenziale dal momento che il sistema cognitivo umano possiede una quantità di risorse di elaborazione limitata. La capacità limitata dell'attenzione è giustificata dal fatto che non siamo in grado di svolgere diversi compiti nello stesso momento e, perciò, utilizziamo l'attenzione come mezzo per filtrare e selezionare ciò che deve essere analizzato, metaforicamente paragonabile ad un fascio di luce che si muove nell'ambiente.<sup>[50]</sup> “L'attenzione intesa sia come “vigilanza” sia come “selettività” o “focalizzazione di stimoli” rappresenta il momento in cui entriamo in contatto con gli stimoli del mondo esterno”.<sup>[51]</sup>

Lo sviluppo di un miglioramento della performance visiva durante un programma di training richiede che l'optometrista stabilisca una serie di esercizi in ordine crescente di difficoltà designati al potenziamento delle abilità visive.

Il target di partenza dovrebbe essere isolato, nella fase iniziale, per permettere al soggetto che si sta esercitando di mantenere il focus su quell'unica attività, per diventare conscio del proprio responso visivo. È importante che il paziente fissi il target simulando diverse direzioni di sguardo per potersi allenare in modo coerente con gli obiettivi prefissati, compatibilmente alle necessità del singolo sport praticato. Questo tipo di attenzione è volontaria e sostenuta, in quanto richiede uno sforzo mentale di un certo livello nel tentativo di focalizzarsi su un'unica fonte di informazioni per un tempo prolungato di tempo. La capacità di focus permette anche di velocizzare e rendere più efficiente il “decision mechanism” appartenente

all'“information processing model”, utile soprattutto durante l'attività sportiva; questo meccanismo, infatti, richiede all'atleta di sapere dove sono collocate nello spazio, grazie al “perceptual mechanism”, le informazioni visive cruciali all'azione di gioco ed essere in grado di direzionare l'attenzione verso di esse, selezionare le informazioni migliori tra tutte quelle disponibili, organizzandole e interpretandole nella maniera più appropriata, basandosi sull'esperienza e sulla memoria di esperienze simili e, infine, selezionando il responso più accurato avendo come scopo l'anticipazione della mossa avversaria. [52]

Le procedure di training, inizialmente intraprese a livello statico, possono essere modificate aggiungendo elementi dinamici, come per esempio utilizzando target in movimento o ponendo il soggetto in condizione di moto, facendolo camminare su una “walking rail”. (Fig.18)

Per implementare l'automaticità delle capacità visive , una volta consolidate a livello statico, possono essere integrati fattori di disturbo durante l'attività di training che aumentano la difficoltà della richiesta quali la balance board (Fig. 19), creare confusione al soggetto parlando anche ad alta voce, spostandosi attorno a lui ponendogli domande, introdurre elementi osservati dal soggetto con la periferia del campo visivo: in questo modo si ha la possibilità di allenare anche l'attenzione divisa, che consiste nel dividere le risorse visive per più stimoli, utilizzando non solo la visione foveale centrale, ma anche quella periferica, aumentando l'“useful field of view”. Lo sforzo mentale richiesto è di secondo livello proprio per la suddivisione del focus ma permette di avere consapevolezza di ciò che sta accadendo in un'area più grande del campo visivo. Ciò risulta vitale anche durante la guida per evitare incidenti e non solo nelle attività sportive collettive.

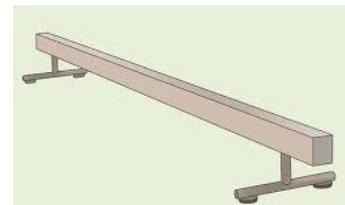


Fig.18 Walking rail

<https://www.wikihow.com/Balance>



Fig.19 Balance board

<https://www.teamsports.com/it/calcio/a-2603>

Aumentare i livelli di stress assicura, quindi, un consolidamento delle abilità acquisite e un accrescimento dei livelli di automatismo raggiunti dall'atleta, che può dirigere l'attenzione ad altri fattori di rilievo, che non siano le abilità visive allenate. Queste considerazioni giocano a favore in modo particolare negli atleti ma anche nelle persone che non praticano sport, in quanto devono essere in grado di svolgere tutte le attività

quotidiane con naturalezza senza prestare eccessiva attenzione e dedizione all'attività del sistema visivo. [53]

#### **2.4 Meccanismi di feedback nel visual training.**

Affinché il comportamento del soggetto si modifichi in modo intuitivo ed automatico e sia, dunque, trasferito a livello inconscio, è necessario introdurre negli esercizi di training un meccanismo di feedback. In questo modo l'esaminato riuscirà a sentire ciò che succede al proprio sistema visivo ed essere conscio dei cambiamenti che si verificano al proprio interno, che si trasferiscono alla percezione dello stimolo visivo. Solo così la persona non subirà più ciò che vede come un evento esterno ma si renderà conto di poterlo controllare e modificare a piacimento; [54] ciò sarà un ulteriore incentivo per proseguire nella rieducazione visiva e per incrementare la propria partecipazione, evitando comportamenti passivi, non costruttivi, tipici di un soggetto che crede di non poter fare nulla per cambiare una situazione esterna poco favorevole.

Le tecniche di feedback più utilizzate sono la diplopia, in cui il soggetto riceve un sentore immediato del fatto che i propri occhi non siano allineati con il target di fissazione, l'annebbiamento in cui la percezione di sfuocamento rende la persona conscia che il sistema accomodativo è in uno stato di stress dovuto ad un lavoro eccessivo o ad un'insufficienza della sua prestazione; la soppressione che permette di comprendere, tramite target monoculari, se la fissazione avviene con entrambi gli occhi o se l'immagine di un occhio sia omessa, durante l'elaborazione dell'immagine visiva, per consentire una visione singola.

L'effetto Luster implica la percezione della mescolanza dei colori quando al paziente viene chiesto di fondere due immagini di diverso colore; solitamente le mire presentate sono una verde e l'altra rossa. L'assenza di questo effetto è clinicamente rilevante in quanto è indice di una possibile soppressione. Un elemento che può fare la differenza nella velocità di miglioramento della rieducazione visiva è la consapevolezza cinestetica di convergenza o accomodazione; è auspicabile che il paziente sia in grado di sentire la differenza tra stimolare o rilassare l'accomodazione e tra convergere e divergere. [55]

Un altro meccanismo di feedback utile al paziente per avere un'idea chiara sulla propria performance è l'effetto SILO, associato ad una variazione nelle vergenze: quando la domanda di convergenza aumenta e il soggetto mantiene la fusione, il target dovrebbe apparire più piccolo e più vicino (SI, Small and In); viceversa, quando si presenta una richiesta di divergenza, sempre mantenendo la fusione attiva,

la mira diventerà più grande e più lontana (LO, Large and Out). Compatibilmente alla teoria esposta da Leibowitz e Moore, questo meccanismo potrebbe essere spiegato come una correzione anticipata dell'immagine affinché mantenga la stessa dimensione nonostante la variazione della sua posizione relativa all'osservatore. Quando una persona accomoda e converge di fronte ad un oggetto a distanza prossimale, la dimensione dell'immagine retinica aumenta. Il sistema percettivo per mantenere costante la grandezza dell'immagine, la restringe. Al contrario, quando un oggetto si allontana dall'osservatore che, dunque, diverge, la misura dell'immagine retinica diminuisce e il sistema percettivo deve espandere la figura. Nelle tecniche di allenamento visivo, tuttavia, la differenza sostanziale risiede nel fatto che la dimensione dell'immagine retinica non cambia al variare degli stimoli accomodativi e di convergenza perché la mira osservata è posta ad una distanza fissa dall'osservatore. Il rimpicciolimento dell'immagine attuato dal sistema percettivo rimane una dinamica costante, normalmente associata alla convergenza e all'accomodazione che porta a percepire l'oggetto più piccolo. Viceversa, un rilassamento accomodativo associato alle tecniche di divergenza fa percepire l'oggetto più grande.

Esiste un'altra spiegazione di tipo geometrico per questo fenomeno: la mira, con fusione attiva, sarà percepita nel punto in cui gli assi visivi si incrociano, che può essere prima del piano di collocazione del target di fissazione o dopo. Nel primo caso si vedrà l'oggetto più vicino e più piccolo, nel secondo più lontano e ingrandito. Per quanto riguarda l'apparente cambiamento della distanza della mira, i soggetti riportano diversi responsi: alcuni riferiscono l'effetto SILO, mentre altri il SOLI (Small Out Large In) che significa vedere l'immagine rimpicciolirsi mentre si allontana e viceversa. Questi diversi atteggiamenti possono essere spiegati attraverso due modelli.

Nel primo caso si assume che gli individui usino differenti elementi per valutare la distanza. Alcuni utilizzano le vergenze come indizio per la percezione delle distanze: l'oggetto è percepito muoversi più vicino perché l'osservatore sta convergendo e sa, grazie alla propria esperienza, che la convergenza viene utilizzata per osservare un oggetto in avvicinamento. Viceversa, accade per la divergenza. Questi soggetti percepiranno l'effetto SILO. Al contrario, chi non usa le vergenze, probabilmente fa riferimento alla dimensione apparente del target come indizio e ci si aspetterà che riporti l'effetto SOLI: quando la mira rimpicciolisce per l'effetto della convergenza e dell'accomodazione sarà percepita distante perché, generalmente, gli oggetti piccoli sono lontani rispetto al punto d'osservazione. Se



si nota un responso di tipo SOLI non siamo necessariamente in presenza di un problema binoculare o accomodativo ma di un riflesso individuale del tipo di stile percettivo e di attenzione rivolti verso gli stimoli visivi. Questa tendenza, comunque, è stata notata prevalentemente negli adulti perché più inclini a rispondere sfruttando le conoscenze acquisite con l'esperienza piuttosto che con ciò che realmente vedono, atteggiamento più tipico dei bambini. <sup>[56]</sup>

## **2.5 Come impostare un'analisi visiva e relativo visual training.**

Quando si decide di condurre un'analisi visiva innanzitutto è fondamentale scegliere la tipologia di soggetti da analizzare e le loro relative necessità; potrebbe essere una singola persona o un gruppo, come per esempio negli screening degli atleti. È importante anche stabilire la durata dell'analisi, per concentrare tutti i test utili a poter identificare la motivazione dei sintomi riportati dal soggetto e delineare, dunque, una tipologia di correzione, che sia con ausili ottici, visual training o entrambi. Bisogna considerare anche il luogo in cui essa verrà effettuata: potrebbe essere lo studio del professionista o il campo da gioco di un atleta, nel caso di richieste particolari del soggetto che voglia testare e migliorare le proprie abilità visive outdoor, in condizioni reali e non simulate, come nel caso di uno studio. È chiaro che, in questo caso, si riscontreranno delle difficoltà nella scelta della strumentazione da utilizzare, sia per la difficoltà nel trasporto sia per la mancanza di corrente elettrica che della possibilità di poter controllare l'illuminazione. L'optometrista e il paziente, successivamente, concorderanno la frequenza più appropriata, l'intervallo di tempo necessario e l'ubicazione delle sessioni di training. Queste variabili dipenderanno dall'intensità del programma e dalla disponibilità del soggetto. Mediamente le sessioni di training vengono effettuate in un'ora ma la loro durata può variare da 30 minuti a un'ora e mezza e possono essere programmate due o tre volte a settimana se svolte solamente in studio, sotto la supervisione dell'optometrista o una volta ogni settimana o due settimane se agli esercizi in studio si associa anche un impegno di training giornaliero in cui il soggetto dovrà testare e migliorare autonomamente le proprie skills visive, che saranno verificate al controllo successivo. <sup>[58]</sup>

### 3. STRUMENTI UTILIZZATI ED ESERCIZI PER IL VISUAL TRAINING VISUO-PERCETTIVO

#### 3.1 Acuità visiva statica.

L'*acuità visiva statica* è la quantificazione della capacità di vedere e, più precisamente, è “la capacità di vedere un target immobile ad una distanza fissata”. [59] Solitamente è misurata a 6 m per il lontano e a circa 40 cm per la valutazione prossimale; tuttavia, queste distanze standard possono essere modificate in base alla necessità del paziente, che potrà simulare quelle utili per le proprie attività.

Al soggetto viene chiesto di distinguere caratteri o forme di diverse dimensioni definite, posizionate ad una certa distanza e con un elevato contrasto. Il visus aumenta man mano che le dimensioni dei caratteri osservati diminuiscono e/o aumenta la distanza della persona rispetto al target. Le mire presenti sull'ottotipo possono essere lettere, numeri ma anche figure e

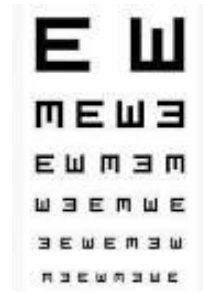


Fig.20 E di Snellen o di Albini.

<https://www.centrooculisticiolariano.it/acutezza-visiva/>

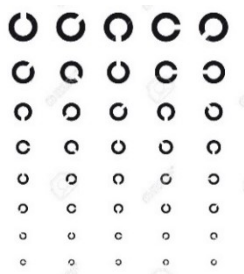


Fig.21 C di Landolt

<https://www.alamy.it/foto-immagine-medical-grafico-oculare-landolt-c-97116042.html>

simboli, utilizzati nei pazienti non alfabetizzati come, ad esempio, un bambino in età prescolare. Un esempio di simbolo pratico da usare con i bambini è la E di Snellen o Albini (Fig.20), posizionata con quattro diversi orientamenti, tra i cui vantaggi riporta il fatto di essere più difficile da memorizzare, al contrario delle mire alfanumeriche. Lo svantaggio principale è che, essendo comprensibile anche se leggermente indistinta, farà risultare un'acuità visiva leggermente sfalsata e superiore, seppur di poco, a quella realmente posseduta dal paziente analizzato. Un'alternativa è la C di Landolt (Fig.21), presentata con otto orientamenti differenti. [60] [61]

È possibile migliorare il livello di soglia dell'acuità visiva statica, proponendo stimoli (più piccoli) ben al di sotto alla soglia del soggetto e incoraggiandolo ad indovinare per migliorare l'interpretazione dell'immagine sfuocata. Per ridurre la nitidezza del target possono essere utilizzati caratteri di volta in volta più piccoli o può essere aumentata la distanza di osservazione. La mira può essere degradata anche attraverso filtri oscuranti, che riducono la trasmissione della luce, attraverso un surplus di lenti positive che creano un effetto di annebbiamento o con filtri

plastici traslucidi (Fig.22 -23) da applicare direttamente sugli occhiali del paziente (bangerter foils). [62']



Fig.22-23 Filtri traslucidi

<https://www.fresnel-prism.com/product/professional-products/professional-bangerter-occlusion-foils/professional-foils/bangerter-occlusion-foils/>

Le misurazioni relative ad un'acuità visiva statica tradizionale non assolvono completamente il compito di indagare la domanda visiva richiesta per alcuni tipi di attività, dove è fondamentale il giudizio circa oggetti in rapido movimento, aspetto critico della performance umana; il contesto verso cui si sta rivolgendo quest'affermazione non riguarda solo il mondo sportivo ma anche quello comune, si pensi alla guida. È per questo motivo che è importante valutare anche l'*acuità visiva dinamica*.

### **3.2 Acuità visiva dinamica.**

La DVA (dynamic visual acuity) è stata definita come “l'abilità di risolvere i dettagli quando esiste un movimento relativo tra l'osservatore e l'oggetto del test”. [62] Le caratteristiche che possono avere degli effetti sull'acuità visiva dinamica sono il potere risolutivo retinico, la consapevolezza del campo visivo periferico, le abilità oculomotorie e fattori psicologici che hanno un ruolo nell'interpretazione delle informazioni visive. [63]



Per migliorare l'acuità visiva dinamica è disponibile il Wayne Robot Rotator (Fig.24), un dispositivo costituito da un disco rotante su cui vengono applicate delle mire in cui siano raffigurate lettere o numeri di diverse dimensioni. È opportuno far ruotare il disco ad una velocità tale

Fig.24 Wayne Robot Rotator con mire per l'acuità visiva

<https://www.coivision.com/en/shop-en/visual-training/rotator-with-disc-detail>

per cui il soggetto non riesca a discriminare i caratteri stampati sulla card; la persona sarà poi incoraggiata ad interpretare ciò che vede fintanto che la velocità di rotazione si riduce progressivamente, fino al punto in cui la lettura risulta nitida. Si procede

in questo modo finché l'utente non sarà in grado di leggere le lettere ad una velocità adeguata alla propria esigenza. [64]

### **3.3 Velocità di individuazione di un target.**

La *velocità di riconoscimento di un target* è un elemento essenziale per avere successo nelle azioni sportive rapide. Gli atleti devono analizzare le informazioni spaziali e temporali disponibili in un tempo minore possibile per prendere decisioni oculare circa la performance relativa ad una determinata situazione. Questa velocità può essere misurata soggettivamente e riportata come "inspection time" (IT), che si riferisce alla durata dell'esposizione richiesta dal soggetto per identificare in maniera affidabile uno stimolo. [65] ITs brevi permettono decisioni più accurate come risultato dell'elaborazione di stimoli presentati per un periodo più breve di tempo rispetto alle tempistiche richieste da ITs più lunghi. [66]

Il miglioramento di questa abilità visiva, che a differenza delle altre coinvolge maggiormente il mondo sportivo, prevede l'utilizzo di una luce stroboscopica. Questa tipologia di luce utilizzata in una stanza buia riduce la disponibilità di informazioni visive durante il breve periodo nel quale rimane accesa. Più velocemente la luce si accende e si spegne e maggiori informazioni visive saranno disponibili all'esaminato. L'atleta sarà incoraggiato a mantenere costante la sua performance nonostante una progressiva riduzione di indizi visivi disponibili, man mano che diminuisce la frequenza dell'emissione del flash.

Affinché lo sportivo possa allenarsi con questa modalità nel campo da gioco, durante un regolare allenamento, sono stati progettati dei filtri stroboscopici a cristalli liquidi, inseriti in una montatura e dotati di batteria, i Nike Strobe. (Fig.25) [67] Una volta tolti per gareggiare, si noterà una diminuzione notevole del tempo di reazione, permettendo di anticipare le azioni successive. [68]



Fig.25 Nike Strobe

<https://mocoloco.com/vote/nike-sparq-vapor-strobe-eyewear/>

### **3.4 Risponso visuo-motorio: coordinazione occhio-mano, occhio-corpo.**

Il tempo necessario per una risposta motoria, “*the motor reaction time*” (RT) è definito come “il tempo richiesto per completare una semplice e predeterminata azione motoria”.<sup>[69]</sup> Un parametro, tuttavia più completo, che si può considerare è il tempo di reazione visivo motorio, “*the visual-motor reaction time*” che si riferisce “al periodo di tempo che intercorre tra l’inizio di uno stimolo visivo e il completamento del risponso motorio a quel determinato stimolo”, includendo il periodo richiesto dalle cellule retiniche di percepire lo stimolo, di trasmetterlo alla corteccia visiva ed, infine, di inviare le informazioni ai muscoli che necessitano di essere stimolati per elargire un risponso adeguato alla situazione.<sup>[70]</sup> In particolare, la reazione visuo-motorio si esplica tramite la coordinazione occhio-mano e occhio-corpo.

La coordinazione occhio-mano è “l’abilità di saper sincronizzare l’atto motorio ad uno stimolo visivo attraverso le mani”, mentre la coordinazione occhio-corpo prevede “la sincronizzazione dell’intero fisico per completare un’azione motoria correlata ad uno stimolo visivo.”<sup>[71]</sup>

Per aumentare la reattività di risposta ad un evento il primo obiettivo è quello di ridurre il tempo che intercorre tra l’inizio dello stimolo visivo e l’inizio di un risponso motorio appropriato. Il tempo di reazione qui considerato riguarda, dunque, la velocità del processamento delle informazioni visive (meccanismo percettivo) e del meccanismo decisionale per indurre una risposta accurata del meccanismo effettore. Per indicare questa abilità nel mondo sportivo si utilizza il termine “quickness” o rapidità.

Il secondo traguardo da raggiungere è ridurre il tempo richiesto dal sistema

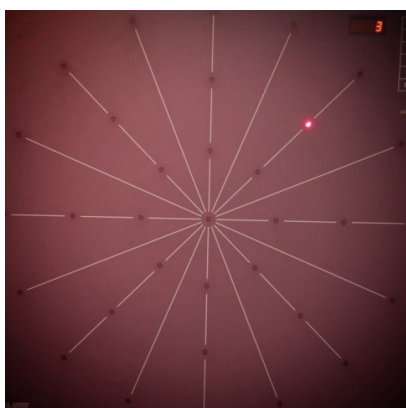


Fig.26 Wayne Saccadic Fixator

<https://www.sightandstyle.com.au/project/vision-therapy/>

neuromuscolare per trasmettere le informazioni ai muscoli e stimolarli per produrre un’azione motoria adeguata. Questa seconda divisione del tempo di reazione (reaction time) è denominata anche “pure speed”, ossia pura velocità.

Per ridurre il tempo di reazione visuo-motoria, si utilizza il Wayne Saccadic Fixator (Fig.26), un pannello bidimensionale da appendere al muro su cui è tracciato una raggiera, dove sono disposti dei punti luminosi che si accendono in posizioni randomizzate. In particolare, per la coordinazione

occhio-mano, al paziente viene chiesto di schiacciare con la mano un bottone rosso

il più rapidamente possibile, quando esso si accende; dopodiché comparirà un'altra luce in un'altra posizione e il soggetto sarà incoraggiato a fare lo stesso. È opportuno stabilire un periodo di tempo in cui eseguire il test, per poi andare ad osservare il punteggio totalizzato nella parte superiore dello strumento. Il Wayne Saccadic Fixator è programmato per eseguire il test in due modalità: in un primo momento lascia che sia l'esaminato a porsi un ritmo personale e, finché il bottone non viene premuto, la luce resta accesa; in un secondo momento, al contrario, gli stimoli luminosi sono presentati per un intervallo limitato di tempo di circa 0.75s prima di traslare in un'altra posizione, sia che il pulsante sia stato premuto che non. Per la coordinazione occhio-corpo, invece, si aggiunge la Wayne Electronic Balance Board, una pedana quadrata con un piccolo fulcro centrale, su cui il soggetto in questione deve stabilire un equilibrio, per poi spostare il proprio baricentro in funzione della direzione degli stimoli luminosi che si intercambiano sul pannello. L'abilità di mantenersi in equilibrio durante azioni che si susseguono rapidamente, mentre il sistema oculomotore è impegnato in movimenti d'inseguimento e/o saccadici, è un requisito fondamentale per l'atleta che pratica sport dinamici. Inoltre, la balance board può essere utilizzata per passare ad un livello di difficoltà maggiore. In questo caso, il paziente che avrà appreso in modo sicuro le abilità visive di cui era carente, sarà in grado di concentrarsi sul suo equilibrio, sulla percezione del proprio corpo senza pensare all'attività visiva di per sé, che deve essere effettuata in maniera del tutto automatica. Alla fine del test lo strumento tiene conto del numero di responsi motori corretti. Tuttavia, questo metodo presenta dei limiti in quanto gli spostamenti erronei effettuati non arrecano alcuna penalità nel punteggio finale. Ad oggi però, risulta essere l'unico dispositivo disponibile in commercio per valutare questa abilità. [72] [73]

### **3.5 Visione periferica.**

La *consapevolezza della periferia del campo visivo* è un'altra abilità visiva che può rivelarsi molto utile sia per raggiungere una performance ottimale negli sport di squadra, sia per avere sotto controllo la maggior quantità di elementi possibili durante la guida, per prendere decisioni nel minor tempo possibile al fine di evitare incidenti stradali, e per avere la consapevolezza di ciò che accade attorno a noi.

Il campo visivo è, per definizione, “l'intera estensione del mondo esterno che può essere osservata senza modificare la nostra fissazione”. [74]

I fattori coinvolti nella valutazione della visione periferica includono l'ampiezza del campo visivo, la

velocità del responso visivo alle informazioni periferiche e l'accuratezza della localizzazione spaziale degli stimoli periferici. L'intento che si prefigge l'allenamento per il miglioramento della visione periferica è di incrementare la consapevolezza e la reattività del campo visivo, spesso mentre si processano contemporaneamente informazioni nel campo visivo centrale e solitamente non è diretto ad estendere l'ampiezza del campo visivo. È possibile utilizzare il Wayne Saccadic Fixator apportando qualche piccola modifica: il soggetto dovrà individuare ed indicare con il dito i punti luminosi fissando il centro del pannello. Gli sarà poi permesso di distogliere lo sguardo per osservare l'accuratezza della localizzazione. La ripetizione dell'esercizio farà in modo di ottenere una localizzazione periferica della mira più rapida. Un altro strumento utile è il “Wayne Peripheral Awareness Trainer (PAT)”. (Fig.27) Il dispositivo dispone di un modulo circolare centrale, che contiene al suo interno un punto luminoso di fissazione, da cui si dipartono otto raggi, alle cui estremità sono presenti dei LEDs. L'esaminato tiene in mano un joystick fissando la luce al centro dello strumento, in direzione primaria di sguardo e lo muove in direzione del LED luminoso ogni qualvolta lo percepisca nel proprio campo visivo periferico.

Il limite principale del PAT è il fatto di non rilevare l'accuratezza del responso e di non riuscire a monitorare la fissazione. Questi controlli saranno attuati dall'optometrista qualitativamente, in quanto non si riuscirà a determinare esattamente un livello di accuratezza. Inoltre, per la buona riuscita del test, è

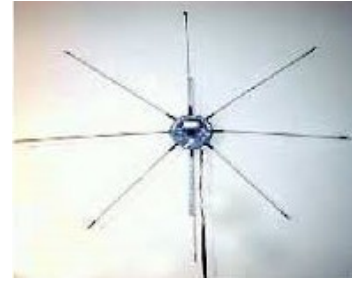


Fig.27 Wayne Peripheral Awareness Trainer (PAT)

[https://www.researchgate.net/figure/Peripheral-Awareness-Trainer-device\\_fig1\\_315837275](https://www.researchgate.net/figure/Peripheral-Awareness-Trainer-device_fig1_315837275)

importante che lo sfondo sui cui venga collocato il dispositivo sia di una tinta neutra ed omogenea e che l'illuminazione non sia eccessiva per far visualizzare in modo più nitido i LEDs al paziente. [75] [76]

### **3.6 Visual training accomodativo e binoculare.**

#### **3.6.1 Le vergenze.**

La *capacità di vergenza* assume diversi ruoli e diverse sfaccettature all'interno delle capacità visive. La *convergenza tonica* mantiene la posizione fisiologica di riposo degli assi visuali, in contrapposizione alla posizione anatomica di riposo che tende alla divergenza, raggiunta quando l'essere umano cessa di vivere. La convergenza tonica determina, quindi, lo stato eteroforico da lontano, definito anche come posizione di foria.

La *convergenza prossimale e accomodativa*, che unite all'accomodazione e alla miosi pupillare per l'azione della "triade prossimale", agiscono ogni qualvolta la richiesta visiva riguardi un'area prossimale di osservazione. In particolare, la *convergenza prossimale o psichica* si attiva secondariamente alla consapevolezza della vicinanza di un oggetto; non essendo direttamente misurabile la sua determinazione non fa parte della pratica clinica optometrica. La convergenza accomodativa (AC), invece, viene stimolata dall'accomodazione e rientra all'interno di un panorama più ampio di relazione tra accomodazione e convergenza, simboleggiato dal rapporto AC/A che esprime la quantità di convergenza accomodativa stimolata da una diottria di accomodazione e pone il quesito "in che modo e di quanto varia (se varia) il valore della foria nel passare dalla visione da lontano a quella da vicino?" L'AC determina, dunque l'entità della foria prossimale.

Le *vergenze fusionali* (includenti sia la convergenza che la divergenza) sono responsabili della cosiddetta fusione motoria e sono fondamentali per compensare la deviazione anomala degli assi visivi secondaria allo stato eteroforico (sia da vicino che da lontano), con lo scopo di ripristinare la fusione e visualizzare un'immagine singola. L'eteroforia è, per l'appunto, una deviazione latente nelle normali condizioni binoculari di fusione finché le vergenze fusionali sono sufficienti; in caso contrario la deviazione diventerebbe manifesta. Per determinare, dunque, l'entità delle eteroforie è necessario interrompere la fusione.

Le eteroforie sono di diverso tipo, esistono quelle orizzontali, verticali e torsionali, tuttavia le deviazioni orizzontali sono di maggior interesse clinico in quanto, oltre ad essere più comuni rispetto alle altre due tipologie, sono legate all'attività



dell'accomodazione. Le eteroforie orizzontali sono l'esoforia e l'exoforia, dove gli occhi tendono a fissare rispettivamente un punto più vicino o più lontano di quello di riferimento. L'assenza di eteroforie viene identificato con il termine di ortoforia. Per compensare la deviazione di tipo eso sono necessarie le vergenze fusionali negative (VFN) che portano gli assi visivi in una direzione più divergente rispetto a quella di partenza; viceversa, nel caso di una deviazione exo entreranno in gioco le vergenze fusionali positive (VFP), che incrementano la convergenza degli assi di fissazione, per ripristinare un allineamento che consenta di portare le immagini su due aree retiniche corrispondenti all'interno dell'area di Panum, dove interverrà la fusione sensoriale per completare il meccanismo della fusione effettiva.

Le vergenze fusionali sono anche dette *vergenze relative*, richiamando la loro relazione con l'accomodazione. Questi due nomi sono correlati a due facce della stessa medaglia: la fusione e la relazione con l'accomodazione, accomunate dall'unico scopo di mantenere una visione singola. Mentre le vergenze fusionali sono strettamente legate all'area della fusione motoria, quelle relative si riferiscono alla capacità del sistema visivo di mantenere la messa a fuoco sul piano di fissazione al variare dello stimolo delle vergenze, introducendo prismi a base interna od esterna che inducano il sistema visivo a divergere o convergere rispettivamente, misurando la VFN nel primo caso e la VFP nel secondo. <sup>[77]</sup>

### 3.6.2 L'accomodazione.

Il *meccanismo accomodativo* ha la funzione di rendere nitide, ossia mettere a fuoco immagini sul piano retinico, di oggetti collocati a diverse distanze.

Questa variazione nella messa a fuoco si traduce, fisicamente, con un aumento di curvatura della superficie anteriore del cristallino, in quanto la posteriore varia di una quantità minima, da cui consegue da un aumento del potere refrattivo,

evidenziato dalla formula  $P = \frac{n' - n}{r}$ , dove  $n'$  ed  $n$  sono gli indici di rifrazione del diottero considerato ed  $r$  il suo raggio di curvatura, legato al potere da una proporzionalità inversa. Inoltre, si assiste ad una riduzione del diametro del cristallino, spiegato dal

“rigonfiamento” che la nostra lente intraoculare subisce. L'accomodazione avviene grazie alla

contrazione del muscolo ciliare che, accorciandosi, allenta le fibre zonulari che, a loro volta, diminuiscono la tensione sulla capsula del cristallino; per sua natura elastica essa si rilassa, assumendo una forma più curva. Maggiore sarà la contrazione e, dunque, lo spostamento del muscolo ciliare, maggiore sarà la variazione di curvatura del cristallino, che incrementerà ancora il potere refrattivo. Viceversa, quando cessa la contrazione del muscolo ciliare, aumenta la tensione applicata sulla zonula di Zinn, anche se passivamente; ciò si oppone all'elasticità della capsula causando una riduzione della curvatura del cristallino. (Fig.28)

La funzione accomodativa sopra descritta segue la teoria di Helmholtz, modello ad oggi accettato. [78] [79]

I feedback principali che il sistema visivo utilizza per attivare il processo accomodativo sono lo sfuocamento dell'immagine retinica centrale, solo per la zona occupata dai coni, e la coscienza della prossimità dell'oggetto di fissazione, relazionata alla grandezza dello stesso: oggetti più vicini a noi sono percepiti più grandi rispetto ad elementi lontani dai nostri occhi.

La corrispondenza tra stimolo accomodativo e accomodazione realmente effettuata, però, non è così stretta come si potrebbe immaginare. Infatti, fisiologicamente, la quantità di accomodazione attuata è minore di quella teoricamente necessaria per mettere a fuoco un oggetto ad una distanza “x” considerata; ciò è dovuto alla

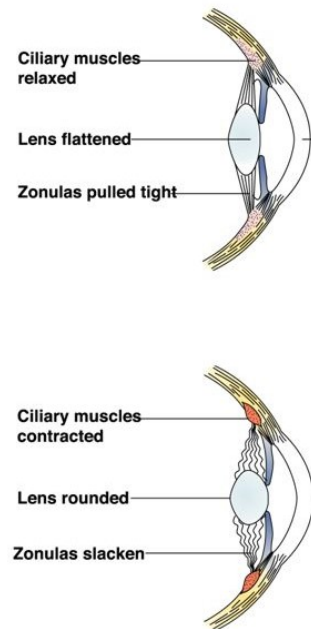


Fig.28 Processo accomodativo

<https://slideplayer.it/slide/189638/>

possibilità di sfruttare un surplus di nitidezza grazie alla profondità di campo, riscontrata con una diminuzione del diametro pupillare, sincinetico al processo accomodativo. La differenza tra quantità teorica ed effettiva viene definito lag accomodativo, riscontrato ad una breve distanza di osservazione, dove l'accomodazione è in difetto. Al contrario, a grande distanza si riscontra nei soggetti un lead accomodativo, ossia un eccesso della quantità di accomodazione utilizzata. Le tipologie esistenti di accomodazione sono classificabili utilizzando un modello parallelo a quello precedentemente visto per la convergenza. Esiste, infatti, l'*accomodazione riflessa*, che si attiva a partire dalla percezione di sfocatura dell'immagine osservata, equivalente accomodativo della convergenza fusionale. [80]

L'*accomodazione tonica*, invece, è definita come una posizione di riposo dell'accomodazione, detta anche "*dark focus*" per l'effetto che genera in un ambiente visivamente omogeneo, con ridotta illuminazione. L'accomodazione, in assenza di feedback di controllo viene moderatamente attivata, di circa 1D, senza avere un target preciso su cui focalizzarsi. Ne consegue una condizione refrattiva conosciuta come miopia notturna.

L'*accomodazione prossimale*, al pari della convergenza prossimale, è psichica, non misurabile, caratterizzata dalla consapevolezza di osservare un oggetto vicino a noi. L'*accomodazione di convergenza (CA)*, equivalente accomodativo della convergenza accomodativa, viene stimolata al variare delle vergenze ed è, quindi, un secondo indicatore per testimoniare la forte interdipendenza vigente tra accomodazione e convergenza. La CA esplica, dunque, la quantità di accomodazione indotta da una specifica domanda di convergenza che equivale a dire che un cambiamento nella convergenza causa un cambiamento nell'accomodazione. [81]

Al contrario di quanto accade per le vergenze relative, l'*accomodazione relativa (AR)* valuta l'abilità nel mantenere stabili sul piano di fissazione i movimenti di vergenza mentre varia l'accomodazione, pena la visione doppia. Il responso accomodativo può essere modificato introducendo lenti di diverso segno, positive o negative, rispettivamente in grado di rilassare o stimolare l'accomodazione. Antepoendo al soggetto binocularmente e in sequenza lenti negative si stimola l'accomodazione, valutando così l'accomodazione relativa positiva (ARP). A causa della relazione accomodazione-convergenza, entra in gioco la convergenza accomodativa (AC), che aumenta la convergenza necessaria per vedere singolo il target alla distanza inizialmente prestabilita, inducendo diplopia. Grazie allo

stimolo della visione doppia si attivano le vergenze fusionali negative (VFN) che, se sufficienti, porteranno ad un riallineamento degli assi visivi: l'immagine risulterà, dunque, nitida e singola. Un meccanismo analogo si può descrivere anche per l'accomodazione relativa negativa (ARN) in cui vengono utilizzate lenti positive che inducono un rilassamento dell'accomodazione e, dunque, una divergenza.

In questo caso il riallineamento degli assi visivi sarà a carico delle VFP. (Fig.29) [82]

Considerando il meccanismo appena spiegato è chiaro che la misurazione delle vergenze relative o fusionali (effettuata utilizzando prismi a base esterna e interna) corrisponda, indirettamente, a quella delle accomodazioni relative coinvolte nel processo della messa a fuoco del target e che, viceversa, si possa ottenere una misurazione indiretta delle vergenze relative attraverso l'osservazione delle accomodazioni relative.

L'esistenza delle vergenze e delle accomodazioni relative mostra come non sempre le due attività di accomodazione e convergenza dipendano necessariamente l'una dall'altra, come nel caso della AC o della CA, in cui una variazione di accomodazione implica una modificazione nella vergenza o viceversa, ma che possano agire in modo libero e indipendente, pur essendo relazionate l'una all'altra. (Fig.30)

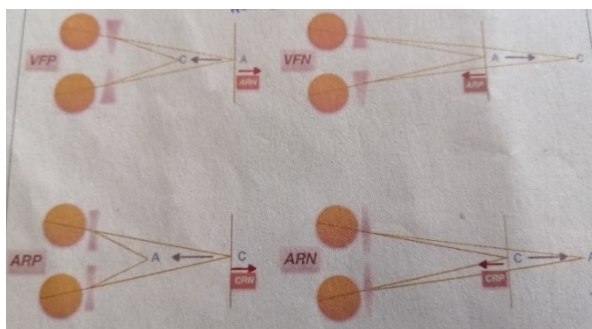


Fig.30 Relazione tra accomodazione e convergenza



Fig.29 Meccanismo ARP/ARN

### 3.6.3 Le abilità oculomotorie.

L'abilità oculomotoria è regolata dai sei muscoli extraoculari retto superiore (RS), retto inferiore (RI), retto mediale (RM), retto laterale (RL), grande obliquo (GO) e piccolo obliquo (PO) (Fig.31) come già anticipato al punto 1.3.1 Stereopsi, saccadi e inseguimenti: le basi per la costruzione dello spazio.

LE AZIONI DEI SINGOLI MUSCOLI OCULOMOTORI ESTRINSECI			
Muscolo	Movimento oculare (a partire dalla posizione primaria)		
	Primario	Secondario	Terziario
Retto mediale	Adduzione	-	-
Retto laterale	Abduzione	-	-
Retto superiore	Innalzamento	Inciclorotazione	Adduzione
Retto inferiore	Abbassamento	Exciclorotazione	Adduzione
Obliquo superiore	Inciclorotazione	Abbassamento	Abduzione
Obliquo inferiore	Exciclorotazione	Innalzamento	Abduzione

Fig.31 Azioni muscoli oculomotori estrinseci

<https://www.studiooculisticoemanuelli.com/diagnosi/diagnosi-diplopi/>

L'innervazione della maggior parte di questi muscoli è a carico del III paio di nervi cranici, detto anche nervo oculomotore comune, eccetto per il GO od obliquo superiore (OS) innervato dal IV paio di nervi cranici o nervo trocleare e per il RL innervato dal VI paio di nervi cranici, conosciuti anche come nervo abducente. Per capire se i movimenti oculari sono nella norma e se, quindi, l'attività muscolare è regolare, ci si affida, come prima osservazione, alle posizioni diagnostiche di sguardo (Fig.32), che, per ogni direzione, associano una coppia di muscoli sinergisti nei due occhi in modo da riconoscere immediatamente il muscolo coinvolto in un'eventuale disfunzione che comporti anomalie nel movimento oculare. I campi di azione delle coppie di muscoli sinergisti comprendono tutte le direzioni di sguardo: primaria, secondaria e terziaria, facendo compiere al soggetto movimenti di versione. Passando da una posizione diagnostica all'altra, inoltre, è già possibile valutare qualitativamente i movimenti d'inseguimento (pursuit). [83]

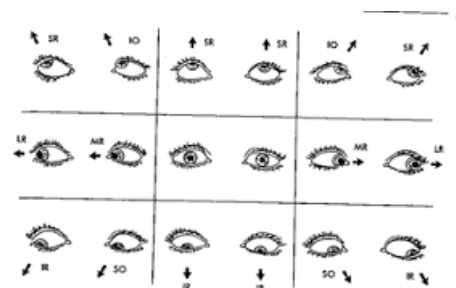


Fig.32 Posizioni diagnostiche di sguardo

<https://www.docenti.unina.it/webdoce nti-be/allegati/materiale-didattico/412713>

Per osservare le vergenze si muove la pen-light o una mira di altro genere, verso il soggetto e dal soggetto verso il nostro piano facciale. È importante che i movimenti di convergenza e divergenza siano normali senza l'evidenza di scatti, anticipi o ritardi in un occhio; si osservino anche i riflessi pupillari associati. È anche possibile determinare quantitativamente il punto prossimo di convergenza (PPC), ossia il punto più vicino in cui il soggetto riesce a convergere mantenendo la fusione; ci si ferma quando l'esaminato riferisce di vedere doppio e/o quando l'optometrista nota che ha perso fissazione. <sup>[84]</sup>

Oltre alla valutazione di versioni e vergenze, è essenziale prendere nota della performance visiva per quanto riguarda saccadi e inseguimenti, fondamentali per una corretta percezione dello spazio visivo, come per esempio durante uno sport dinamico o la guida, in cui lo sguardo deve necessariamente shiftare da una parte all'altra in tempi rapidi, sia per avere una buona comprensione del testo, unita ad una certa velocità nella lettura quotidiana.

L'NSUCO è un tipo di test nato nella Northeastern State University College of Optometry (da cui NSUCO), dà la possibilità di valutare i movimenti oculari dall'aspetto quantitativo, ovvero quante volte il soggetto ripete il movimento in maniera errata durante il test, e qualitativa, portando l'attenzione su errori quali il movimento della testa, partecipazioni delle spalle, precisione nei movimenti (in tabella). I test eseguiti sono di due tipi: 5 sbalzi di fissazione orizzontali, dettati da un comando vocale del professionista, e inseguimenti visivi rotatori da completare due volte. L'esecuzione è prevista ad una distanza di 40 cm o considerando la distanza di Harmon. Ad ogni test viene dato un punteggio il quale corrisponderà alla qualità dei movimenti oculomotori del soggetto secondo la tabella seguente. Al paziente non devono essere date istruzioni circa il movimento del capo.

In generale, una buona performance visuo-motoria è caratterizzata da movimenti oculari regolari, dolci, precisi, senza partecipazione di testa e capo e senza evidenti sforzi eccessivi da parte del soggetto, come stanchezza e bruciore oculare. <sup>[85]</sup>

PUNTEGGI

ABILITÀ	SACCADI	1	Completa meno di due balzi
		2	Completa 2 balzi
		3	Completa 3 balzi
		4	Completa 4 balzi
		5	Completa 5 balzi
	INSEGUIMENTI	1	Non completa mezza rotazione né in senso orario né antiorario
		2	Completa mezza rotazione in entrambi i sensi
		3	Completa una rotazione nelle due direzioni
		4	Completa due rotazioni in una sola direzione
		5	Completa due rotazioni in ogni direzione
PRECISIONE	SACCADI	1	Imprecisioni marcate, 1 o +
		2	Imprecisioni di media entità, 1 o +
		3	Imprecisioni lievi, >50% del tempo
		4	Imprecisioni lievi, <50% del tempo
		5	Non si rilevano imprecisioni
	INSEGUIMENTI	1	Refissazioni >10 volte
		2	Refissazioni da 5 a 10 volte
		3	Refissazioni da 3 a 4 volte
		4	Refissazioni <2 volte
		5	Nessuna refissazione
MOVIMENTI TESTA/CORPO	SACCADI	1	Marcata partecipazione di testa o del corpo
		2	Movimenti moderati di testa e corpo
		3	Partecipazione lieve di testa e corpo, >50% del tempo
		4	Partecipazione lieve di testa e corpo, <50% del tempo
		5	Nessun coinvolgimento di testa e corpo
	INSEGUIMENTI	1	Marcata partecipazione di testa o del corpo
		2	Movimenti moderati di testa e corpo
		3	Partecipazione lieve di testa e corpo, >50% del tempo
		4	Partecipazione lieve di testa e corpo, <50% del tempo
		5	Nessun coinvolgimento di testa e corpo

Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye Movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.1, pag. 28-32.

Il King-Devick Test (Fig.33) è un test di valutazione delle saccadi basato su una tabella dimostrativa e tre tabelle di difficoltà crescente da far completare all'esaminato. Al paziente è richiesto di leggere una serie di numeri il più velocemente possibile, senza l'ausilio di un puntatore. Le cards vanno lette da sinistra a destra, inizialmente con l'ausilio di una riga per facilitare il segno, che scompare nella card successiva. Il test va eseguito binocularmente alla distanza di Harmon, cronometrando dapprima il tempo di lettura di ogni singola e poi quello complessivo, calcolato come somma dei tempi dei tre test, stoppando il cronometro ad ogni cambio pagina. È un test che permette un'analisi precisa delle capacità di lettura, in quanto è basato sugli stessi movimenti di fissazione e saccade; oltretutto ha in associazione una tabella di risultati che dà un valore alle capacità del soggetto associandole a tempo di esecuzione e quantità di errori. [86] [87]

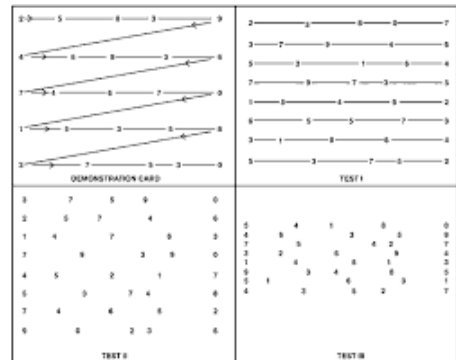


Fig.33 King-Devick Test

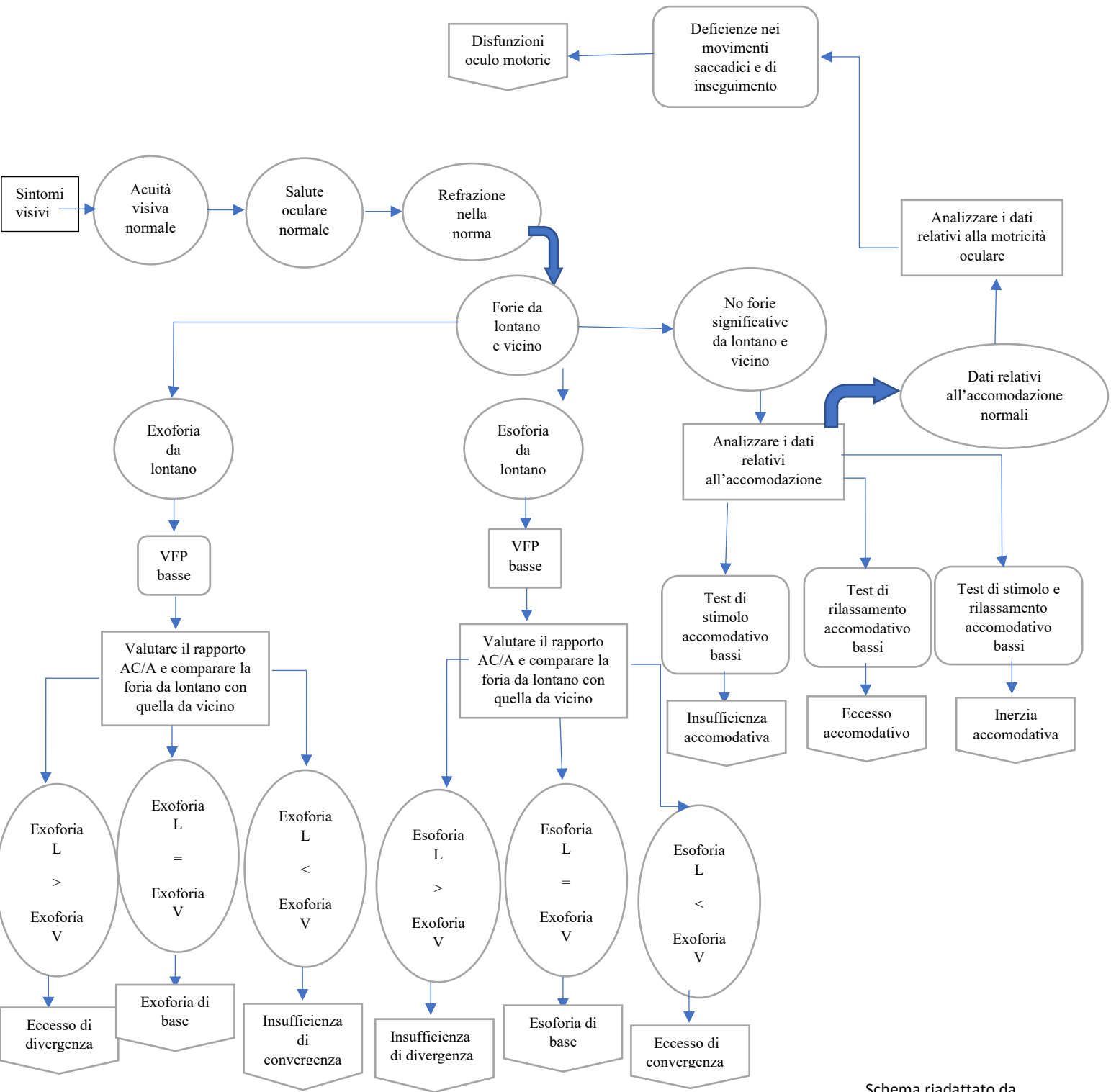
<https://www.researchgate.net/figure/Demonstration-and-test-cards-for-the-King-Devick-test-a-candidate-rapid->



#### 3.6.4 Considerazioni sul visual training accomodativo e binoculare.

Quando l'optometrista riscontra sintomi associati alla visione è opportuno trarre dall'analisi optometrica una corretta diagnosi differenziale e applicare una distinzione tra problematiche di natura binoculare, accomodativa o visuo-motoria. Innanzitutto, è opportuno verificare se siano presenti forie, sia da lontano che da vicino. In caso affermativo se ne identifica la tipologia, si osserva se le vergenze fusionali sono basse, valutando anche il rapporto AC/A e comparando la tipologia e l'entità della foria presente da lontano e da vicino. Basandosi su questi dati è possibile distinguere tra diverse tipologie di disfunzioni legate alla binocularità. Se, al contrario, non sono presenti forie di significativa entità si devono investigare i dati riguardanti i test accomodativi, come la flessibilità accomodativa e il lag accomodativo e individuare la problematica più inerente al quadro clinico rilevato. Talvolta capita che le anomalie accomodative siano associate ad altre, di natura binoculare. Per eseguire una prima scrematura tra problematiche di natura binoculare e accomodativa si osservano le flessibilità accomodative: se nel flipper binoculare una lente risulta più difficile da gestire, rallentando così i cicli al minuto previsti, ma ciò non si presenta al test monoculare, il mancato successo nella performance sarà da imputare alla binocularità; se, al contrario, il disagio si verifica anche con il flipper monoculare la disfunzione sarà di natura accomodativa. Se, invece, anche i dati sull'accomodazione risultano essere nella norma si può verificare lo stato della motilità oculare ed individuare eventuali anomalie oculomotorie che si possono evidenziare testando i movimenti d'inseguimento e saccadici. <sup>[88]</sup> Per alcune disfunzioni visive il visual training non è indispensabile in quanto è possibile prescrivere lenti e/o prismi, con la differenza (già discussa al punto **2.2 Quando fare visual training e aspetti motivazionali durante il percorso di training**) che, mentre il visual training permette di migliorare le abilità visive, le correzioni oftalmiche consentono una scomparsa dei sintomi immediata senza, però, risolvere il problema alla base. È auspicabile, dunque, dove possibile, unire la rieducazione visiva alla correzione ottica. In particolare, l'eccesso di convergenza, l'esoforia di base e l'insufficienza accomodativa accettano lenti positive, accomunati da un lag alto, sia alla retinoscopia dinamica che ai cilindri crociati binoculari e dall'ARN alta; questi due requisiti, infatti, sono i criteri per l'accettazione di positivo. <sup>[89]</sup> I prismi a BE possono essere indicati per l'insufficienza di divergenza, come prima scelta di trattamento e per l'esoforia di base come seconda scelta, mentre i prismi a BI sono consigliati per l'exoforia di

base come seconda opzione. Come prima possibilità di trattamento è, invece, consigliata la rieducazione visiva, sia per le problematiche appena citate che per l'insufficienza di convergenza, l'eccesso di divergenza, l'eccesso accomodativo e l'inerzia accomodativa. <sup>[90]</sup>



Schema riadattato da "Clinical management of binocular vision", citato nella bibliografia.

### 3.6.5 Problematiche di natura binoculare.

#### **Eccesso di divergenza**

Sintomi:

- Il soggetto chiude un occhio al sole
- Dall'esterno si nota che un occhio diverge
- Possibile diplopia intermittente da lontano
- Astenopia occasionale da vicino

Segni:

- Exoforia più marcata da lontano rispetto al vicino
- Possibile exotropia intermittente da lontano
- Soppressione da lontano con difficoltà al 1° e 2° grado della fusione
- AC/A alto

#### **Insufficienza di divergenza**

Sintomi:

- Astenopia nelle attività visive da lontano
- Annebbiamento intermittente da lontano
- Possibile diplopia intermittente da lontano
- I sintomi peggiorano nell'arco della giornata

Segni:

- Esoforia più marcata da lontano rispetto al vicino
- Possibile tropia
- AC/A basso
- VFN basse da lontano
- Può essere associata a esotropia intermittente da lontano

## Eccesso di convergenza

### Sintomi:

- Affaticamento visivo e astenopia nelle attività prossimali (es. lettura)
- Annebbiamento intermittente da vicino
- Possibile diplopia occasionale da vicino
- Peggioramento dei sintomi a fine giornata
- Sensazione di bruciore e lacrimazione
- Difficoltà a mantenere la concentrazione
- Sonnolenza durante la lettura
- Lettura lenta
- Diminuzione della comprensione del testo scritto quando l'impegno visivo si protrae a lungo nel tempo
- Le parole sembrano muoversi durante la lettura
- Se è presente un'entità di esoforia abbastanza elevata anche da lontano i sintomi quali diplopia intermittente, sfuocamento e astenopia possono comparire anche a distanza.

### Segni:

- Esoforia marcata da vicino, da lontano può essere presente una più lieve esoforia o una condizione di ortoforia
- AC/A alto
- VFN basse da vicino
- Flipper prismatico con BI lento (flessibilità di vergenza)
- Riduzione Revip o riflesso visuo-posturale, ossia la posizione che il soggetto assume spontaneamente quando effettua un compito visivo da vicino; può anche essere definito come la distanza abituale di lettura
- Lag alto
- ARN alta
- Flipper sferico binoculare con negativo lento (flessibilità accomodativa binoculare)

## Insufficienza di convergenza

### Sintomi:

- Astenopia e affaticamento visivo da vicino
- Annebbiamento occasionale da vicino
- Possibile diplopia occasionale da vicino
- Senso di sonnolenza, lacrimazione e bruciore nell'impegno prossimale
- Le parole sembrano muoversi durante la lettura
- Lettura lenta, con difficoltà nel mantenere la concentrazione, con una conseguente riduzione della comprensione del testo nel tempo
- Se si presenta un'exoforia importante anche da lontano questi sintomi potrebbero manifestarsi anche nella lontananza

### Segni:

- Exoforia marcata da vicino, mentre da lontano può essere presente una più lieve exoforia o una condizione di ortoforia
- Soppressione intermittente da vicino
- Se la soppressione è significativa la stereopsi può essere compromessa
- AC/A basso
- VFP basse da vicino
- Flipper prismatico con BE lento
- PPC anomalo (più lontano) paragonato al Revip
- Lag basso
- ARN bassa
- Flipper sferico binoculare con positivo lento

## **Exoforia di base**

Sintomi:

- Astenopia negli impegni da lontano e vicino
- Annebbiamento intermittente sia da lontano che da vicino
- Diplopia intermittente sia in lontananza che nelle attività prossimali
- Peggioramento dei sintomi a fine giornata

Segni:

- Exoforia significativa e di entità simile per lontano e vicino
- VFP basse sia da lontano che da vicino
- Flipper prismatico con BE lento
- AC/A normale
- Lag basso
- ARN bassa
- Flipper sferico binoculare con positivo lento

## **Esoforia di base**

Sintomi:

- Astenopia negli impegni da lontano e vicino
- Annebbiamento intermittente sia da lontano che da vicino
- Diplopia intermittente sia in lontananza che nelle attività prossimali
- Peggioramento dei sintomi a fine giornata

Segni:

- Esoforia significativa e di entità simile per lontano e vicino
- VFN basse sia da lontano che da vicino
- Flipper prismatico con BI lento
- AC/A normale
- Lag alto
- ARP bassa
- Flipper sferico binoculare con negativo lento <sup>[91]</sup>

### 3.6.6 Problematiche di natura accomodativa.

#### **Eccesso accomodativo**

Sintomi:

- Affaticamento e astenopia negli impegni prossimali
- Annebbiamento occasionale da lontano da lontano e soprattutto nel passaggio da vicino a lontano
- Sensazione di bruciore e pesantezza
- Distanza di lettura ridotta

Segni:

- Acuità visiva ridotta a distanza
- Proiezione miopica
- Lag basso
- ARN bassa
- Flipper sferico sia binoculare che monoculare con positivo lento

#### **Insufficienza accomodativa**

Sintomi:

- Affaticamento visivo da vicino associato a bruciore e lacrimazione
- Astenopia durante l'impegno da vicino
- Annebbiamento da vicino
- Difficoltà nel mantenere l'attenzione e la concentrazione durante la lettura
- I sintomi sono molto simili a quelli associati all'insorgenza della presbiopia

Segni:

- Ampiezza accomodativa bassa
- Ipermetropia latente o non corretta
- Lag alto
- ARN alta
- Flipper sferico sia binoculare che monoculare con negativo lento
- Se AC/A alto associata ad eccesso di convergenza



## **Inerzia accomodativa**

### Sintomi:

- Difficoltà nel passaggio di focalizzazione dal lontano a vicino e viceversa
- Astenopia durante l'impegno da vicino
- Annebbiamento occasionale sia da lontano che da vicino
- Difficoltà nel concentrarsi durante la lettura e prestare attenzione al testo scritto

### Segni:

- Lag basso
  - ARP e ARN entrambe basse
  - Flipper sferico sia binoculare che monoculare con positivo e negativo lenti
- [92]

### 3.6.7 Disfunzioni visuo-motorie.

Generalmente i pazienti con disfunzioni visuo-motorie riscontrano dei problemi nelle fissazioni, nelle saccadi e negli inseguimenti; difficilmente il deficit ricade su un'unica area.

Sintomi:

- Eccessiva partecipazione della testa
- Perdita frequente del segno
- Omissione di lettere, sillabe e parole
- Lettura lenta e difficoltosa
- Comprensione scadente del testo
- Breve intervallo di attenzione
- Difficoltà nel copiare dalla lavagna
- Difficoltà nel risolvere problemi aritmetici dove siano presenti colonne di numeri
- Performance mediocri negli sport

Segni:

- Perdita costante della mira durante gli inseguimenti visivi
- Imprecisione negli sbalzi di fissazione
- Partecipazione del capo durante gli inseguimenti e gli sbalzi di fissazione
- Il mantenimento della fissazione risulta difficile
- Stanchezza, stress, tensioni, ammiccamenti frequenti durante l'analisi <sup>[93]</sup>

### 3.6.8 Valori attesi

Test	Valori attesi	Deviazione standard
Foria laterale da lontano	1Dp exoforia	±2Dp
Foria laterale da vicino	3Dp exoforia	±3Dp
Rapporto AC/A	4/1 Dp/D	±2Dp/D
Vergenza relativa/ fusionale		(Dp=diottrie prismatiche)
-Lontano		
○ Base esterna (BE, VFP)	Sfuocamento :9	±4Dp
	Rottura:19	±8Dp
	Recupero:10	±4Dp
○ Base interna (BI, VFN)	Rottura:7	±3Dp
	Recupero:4	±2Dp
-Vicino		
○ BE (VFP)	Sfuocamento:17	±5Dp
	Rottura:21	±6Dp
	Recupero:11	±7Dp
○ BI (VFN)	Sfuocamento:13	±4Dp
	Rottura:21	±4Dp
	Recupero:13	±5Dp
Flessibilità di vergenza	flipper 8BI/12BE 15cpm	±3 cpm
Punto prossimo di accomodazione e convergenza		
-Target accomodativo (PPA)	Rottura:5cm	±2,5cm
	Recupero:10cm	±3cm
-Target non accomodativo (PPC)	Rottura:7cm	±4cm
	Recupero:10cm	±5cm
Ampiezza accomodativa (AA)	18-1/3·età	±2D
Facilità accomodativa monoculare	flipper ±2D (cpm=cicli per minuto)	
-Bambini		
○ Sei anni	5,5 cpm	±2,5 cpm
○ Sette anni	6,5 cpm	±2,0 cpm
○ Da 8 a 12 anni	7,0 cpm	±2,5 cpm
-Adulti	11 cpm	±5,0

Facilità accomodativa binoculare -Bambini <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sei anni</li> <li>○ Sette anni</li> <li>○ Da 8 a 12 anni</li> </ul> -Adulti	flipper $\pm 2D$		
		3,0 cpm	$\pm 2,5$ cpm
		3,5 cpm	$\pm 2,5$ cpm
		5,0 cpm	$\pm 2,5$ cpm
		10,0 cpm	$\pm 5$ cpm
Lag accomodativo [retinoscopia MEM/Nott o cilindri crociati binoculari]		+0,50D	$\pm 0,25D$
Accomodazione relativa negativa (ARN)		+2,00D	$\pm 0,50D$
Accomodazione relativa positiva (ARP)		-2,37D	$\pm 1,00D$

**Morgan (1944), Scheiman e Wick (2002)**

### 3.6.9 Procedure per lo sviluppo della visione binoculare.

Prima di cominciare con l'allenamento visivo è opportuno tenere a mente delle linee guida che, oltre a facilitare il compito dell'optometrista, possono far aumentare la probabilità di successo.

1. Cominciare la rieducazione visiva concentrandosi nella direzione di maggior difficoltà, pur entro i limiti delle capacità riportate dal paziente in quel momento.

Per esempio, in presenza di un'insufficienza di convergenza è opportuno iniziare da esercizi di convergenza; viceversa con un eccesso di convergenza, sarà preferibile indirizzare lo sforzo verso le tecniche che stimolano la divergenza.

2. Nella fase iniziale si può permettere al soggetto di vedere sfuocato, se può essere d'aiuto come incoraggiamento. La visione annebbiata è il segno di un responso accomodativo non adeguato: se si utilizzano mire con dettagli accomodativi precisi, l'esaminato non sarà in grado di mantenere la nitidezza dell'immagine mentre mantiene la fusione attiva. Infatti, se un paziente tenta di fondere l'immagine con una domanda di convergenza e possiede VFP ridotte, cercherà di implementare le proprie capacità richiamando una certa quantità di convergenza accomodativa.
3. Allenare sia le VFP che le VFN, indipendentemente dalla diagnosi. Infatti, se così non fosse, il soggetto comincerebbe a perdere qualità nell'abilità non allenata che all'inizio del training risultava nella norma. È, dunque, prudente lavorare nella direzione di vergenza opposta al problema, durante la fase intermedia dell'allenamento visivo.
4. È consigliato enfatizzare in primo luogo le ampiezze delle vergenze fusionali, per focalizzarsi in un secondo momento sulla facilità o flessibilità delle stesse. <sup>[94]</sup>

### 3.6.9.1 Ampliamento delle vergenze fusionali positive e negative.

#### *Vectogram*

Le mire di questo strumento sono identiche (Fig.34), fatta



Fig.35 Occhiali polarizzati

<https://vtworks.wordpress.com/2016/03/20/revisiting-bop-and-bim-part-4-the-role-of-vergence/>

eccezione per la direzione di polarizzazione che permetterà la visione di una sola immagine per ogni occhio, come suggeriscono gli indicatori monoculari “R” e “L”, rispettivamente per l’occhio destro e sinistro. Per poter osservare ciò è dunque indispensabile indossare l’occhiale polarizzato (Fig.35)

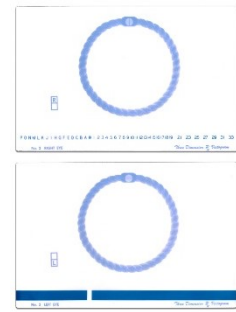


Fig.34 Mire del Vectogram

<http://www.omegaoptics.com/product/quits->

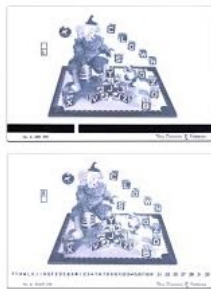


Fig.37 Mire del Vectogram ricche di dettagli accomodativi

<https://www.opthalmic.com.sg/product/clone-vectogram/>

prima di osservare le figure. Le mire sono state pensate per creare una domanda di convergenza o divergenza separandole orizzontalmente. L’effetto di convergenza si ottiene muovendo la slide vista dall’occhio destro a sinistra e viceversa; per stimolare la divergenza, invece, il movimento relativo delle immagini ha direzione opposta, in modo tale che l’immagine vista dall’occhio destro si sposti sempre più a destra e quella vista dall’occhio sinistro sempre più verso sinistra.



Fig.36 Vectogram

<https://teravisionoptometria.com/it/inizio/1-supporto-vectogramas-v-3.html>

(Fig.36)

Nelle prime fasi della rieducazione visiva è consigliato utilizzare mire meno particolareggiate che non richiedono un’accomodazione precisa, rendendo il processo della fusione più semplice al paziente, implementando i casi di successo. Negli stadi successivi, al contrario, risulta importante aumentare i dettagli e, dunque, la complessità della mira utilizzata (Fig.37) per assicurarsi che il soggetto riesca ad eseguire le richieste di vergenza mantenendo un’accomodazione appropriata sul piano di fissazione; se questo avviene l’immagine risulterà perfettamente nitida.

La procedura consigliata per questo tipo di dispositivo si divide in tre step:

- Step 1:
  - Far indossare all'esaminato gli occhiali polarizzati
  - Assicurarci che il soggetto riesca a fondere le due immagini
  
- Step 2:
  - Creare una domanda modesta di convergenza e divergenza e verificare se il soggetto apprezzi l'effetto SILO o meno.
  - Accertarsi che la persona mantenga una visione singola e nitida, se così non fosse spiegare che la diplopia e l'annebbiamento sono indizi utili che vengono utilizzati durante l'allenamento per monitorare la risposta del sistema visivo.
  
- Step 3:
  - Chiedere al paziente di mantenere la fusione finché i target sono separati per indurre un effetto prismatico a BE (convergenza) o BI (divergenza) di 3Dp. Incoraggiare il soggetto ad indicare il cerchio, che dovrebbe essere visto tridimensionale, con un puntatore, assicurandosi che entrambi vengano visti singoli. Enfatizzare l'importanza della consapevolezza dei propri movimenti oculari, come la sensazione di "incrociare" gli occhi quando si osserva la mira apparire più vicina.
  - Interrompere la fusione facendo osservare alla persona un punto lontano da essa o coprendo e scoprendo alternativamente un occhio. Far riprendere la fusione per 10 secondi. Ripetere il processo 3 volte.
  - Incrementare la richiesta di più di 3Dp e ripetere la procedura.

La domanda in diottrie prismatiche è definita come lo spostamento di 1cm alla distanza di 1m. Per calcolare quale sia il valore di vergenza richiesto in diottrie prismatiche, variando la distanza di osservazione (o di lavoro), è opportuno tenere a mente la seguente formula:

$$100 \text{ cm} / 1 \text{ cm} = \text{distanza di lavoro in cm} / \text{separazione delle mire in cm}$$

Se presupponiamo che la distanza di lavoro sia canonica, di 40 cm, eseguendo la proporzione si otterrà che 4mm di separazione tra le mire (di destra e di sinistra) corrispondono a 1Dp. Per calcolare la richiesta in Dp sarà dunque sufficiente misurare la distanza che intercorre tra punti simili delle mire del Vectogram e dividerla per 4.

Quando si lavora con il Vectogram è importante sottolineare la rilevanza di alcuni aspetti quali la consapevolezza di convergenza e divergenza, abilità che non dipendono dalla strumentazione utilizzata ma da fattori interni che coinvolgono il sistema visivo dell'esaminato stesso e la capacità di rendere nitida la mira il più velocemente possibile, mantenendo la fusione, quando viene incrementata la domanda di vergenza.

È possibile aumentare o diminuire il livello di difficoltà degli esercizi introducendo alcune variazioni come l'aggiunta di lenti, prismi o variando la distanza d'esecuzione, solitamente di 40 cm.

Per rendere più complessi gli esercizi di convergenza si utilizzano lenti positive, prismi a base esterna o si diminuisce la distanza di lavoro. L'acronimo utilizzato dai clinici per ricordare queste direttive è BOP (base-out and plus lenses). Al contrario per incrementare la difficoltà nella divergenza si utilizzeranno lenti negative, prismi a base interna, diminuendo sempre la distanza di lavoro. L'acronimo a cui ci si riferisce in questo caso è BIM (base-in and minus lenses). Per facilitare il paziente nel suo compito, invece, è opportuno aumentare la distanza d'osservazione per far avvicinare i piani di accomodazione e di vergenza, applicando la procedura BOP per la divergenza e quella BIM per la convergenza. Per decidere quando terminare la rieducazione visiva bisogna considerare la diagnosi optometrica iniziale e l'entità delle eteroforie, comparate con le riserve fusionali raggiunte. Infatti, se le riserve fusionali sono sufficienti, anche una foria elevata non genera alcuna sintomatologia. Come linea guida generale si può ritenere soddisfacente il raggiungimento di 20-25 Dp a base esterna, per quanto concerne la capacità di convergenza, e di 10-15 Dp a base interna, per la divergenza. Per la flessibilità di vergenza, ossia l'abilità di passare da una base prismatica all'altra raggiungendo una visione singola e nitida, si considera il valore di 15 cpm. <sup>[95]</sup> <sup>[96]</sup>



## Aperture Rule

L'utilizzo dell'Aperture Rule prevede un approccio più difficile rispetto al Vectogram e, per questo motivo, è consigliato dopo un certo periodo di training.



Fig.38 Aperture Rule con doppia apertura (divergenza)

<https://www.opthalmic.com.sg/product/3d-full-color-aperture-rule-card-set/>

Risulta più complicato in quanto, anche inizialmente, la domanda non può essere portata a zero, come nel caso del Vectogram, né variata a propria discrezione, ma gli intervalli sono fissati e dipendono dalla disparità tra le due immagini raffigurate nelle slides, tarate a 40 cm. L'Aperture Rule è dotato di 12 tessere con disparità variabile, compresa tra 2,5 Dp e 30 Dp, sia per la convergenza (Fig.39) che per la divergenza (Fig.38); ciò che cambia, infatti, per passare da un'abilità all'altra è una tavoletta di plastica posizionata davanti al paziente che può essere dotata di una o due aperture (effetto BE, per la convergenza e BI, per la divergenza rispettivamente). I numeri delle tessere, da 1 a 12, corrispondono alla distanza in cm che intercorre tra i centri delle due figure rappresentate; moltiplicando i suddetti numeri per 2,5 è possibile ricavare in modo rapido l'entità di Dp richieste. Questo perché a 40cm una disparità di 4 mm corrisponde a 1Dp, mentre la separazione di 1cm a 2,5Dp.

Le mire sono una combinazione tra secondo e terzo grado di Worth, infatti le immagini vengono fuse sul piano ma alcuni dettagli, quali gli "eccentric circles", sono visti tridimensionalmente. (Fig.40)

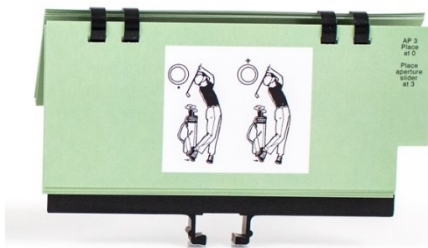


Fig.40 Mire Aperture Rule

<https://www.opthalmic.com.sg/product/extra-aperture-rule-cards/>

Il paziente riporta di vedere il cerchio più interno avvicinarsi mentre converge, mentre quello più esterno emerge divergendo. Inoltre, è presente un controllo accomodativo, grazie alla ricchezza di dettagli delle figure e degli indizi antisoppressivi che consistono in un punto e in una croce collocati subito sotto gli "eccentric circles" e visti monocolarmente: se un occhio



Fig.39 Aperture Rule con singola apertura (convergenza)

<https://www.millvalleyoptometry.com/vision-therapy-services/vt-techniques/>

se un occhio

sopprime uno dei segni riportati scomparirà. La possibilità di tenere sotto controllo così tanti aspetti consente all'esaminato e all'operatore di ricevere dei feedback importanti per monitorare i progressi raggiunti.

Le procedure da eseguire con l'Aperture Rule sono le seguenti:

- Posizionare il paziente davanti al dispositivo con l'asta di scorrimento dello strumento allineata con il naso.
- Coprire alternativamente gli occhi dell'esaminato per fargli osservare come i dettagli per il controllo della soppressione siano visti monocolarmente.
- Scoprire entrambi gli occhi e chiedere che cosa vede, le possibili risposte potrebbero essere:
  - Visione doppia
  - Visione singola

Nel caso di visione singola è importante distinguere tra soppressione e fusione, utilizzando gli indizi monoculari; nel caso in cui il soggetto fonda osserverà sia la croce che il punto.

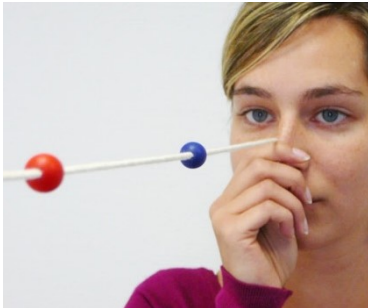
- Spiegare che l'obiettivo è il raggiungimento di una visione singola e nitida.
- Se il paziente non riesce a fondere portare la sua concentrazione sul movimento degli occhi in convergenza o divergenza e farlo sforzare il più possibile. Se la richiesta è irraggiungibile è possibile aggiungere lenti o prismi, come spiegato precedentemente per il Vectogram, per conferire un aiuto iniziale.
- Una volta raggiunta la fusione si chiede alla persona se la mira è nitida, se vede entrambi gli stimoli antisoppressivi e se apprezzi la tridimensionalità dei cerchi. Mantenere la fusione per circa 10 secondi, distogliere momentaneamente lo sguardo e far riacquisire la fusione il più rapidamente possibile. Ripetere la procedura diverse volte
- Quando si passa alla carta successiva si sposta l'apertura più vicina all'osservatore, nel numero corrispondente indicato sulla barra di scorrimento. In questo modo la difficoltà d'esecuzione aumenta, non solo per la maggior disparità tra le immagini ma anche perché diminuisce la distanza di lavoro. Il piano dell'accomodazione è situato in corrispondenza del target, mentre il piano delle vergenze cambia; il piano della convergenza è situato in corrispondenza della singola apertura, mentre quello della divergenza si colloca posteriormente alle tessere funzionali allo stimolo fusionale.

La rieducazione visiva può essere sospesa quando il soggetto raggiungerà con successo una visione binoculare nitida e singola con tutte e 12 le carte per la convergenza e almeno 6 per la divergenza. [97] [98]

### 3.6.9.2 Convergenza volontaria.

#### *Corda di Brock*

La Corda di Brock (Fig.41) è una lunga corda bianca su cui sono inserite tre sferette



di legno di diversi colori. Viene utilizzata soprattutto per i pazienti con insufficienza di convergenza per sviluppare l'abilità di convergere volontariamente, assumendo consapevolezza sia della convergenza che della divergenza, e per normalizzare il punto prossimo di convergenza. Può essere anche utile per

Fig.41 Corda di Brock affinare l'accuratezza delle vergenze negli esoforici.

<https://www.otticacurci.eu/servizi/>

Prima di cominciare è opportuno fissare un'estremità della corda ad un punto stabile, come una parete, o può essere sorretta dall'esaminatore mentre il paziente tiene l'altro capo tra il pollice e l'indice, sfiorando la punta del naso e appoggiando la mano al mento, a pugno chiuso. Per raggiungere con successo gli obiettivi sopra citati è opportuno far riferimento alle seguenti procedure:

#### Step 1

- Sono consigliati una lunghezza di circa 1m per la corda e l'impiego di sole due perline, solitamente una di colore rosso da collocare a circa 60 cm dall'esaminato e una verde a 30 cm.
- Chiedere al soggetto di fissare la sferetta più vicina e di descrivere ciò che vede. A causa della diplopia fisiologica dovrebbe riportare di osservare una pallina verde e due rosse, oltre a due corde che si incrociano in corrispondenza della sferetta verde e che proseguono come estendendosi dall'occhio destro e sinistro. (Fig.42)

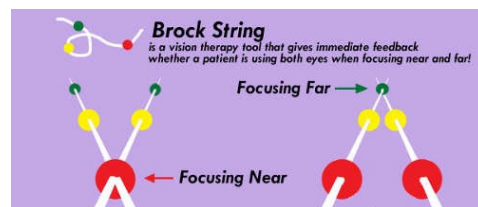


Fig.42 Diplopia fisiologica

<http://sciencebackstage.blogspot.com/2010/07/vedere-e-rivedere.html>

- Chiedere al soggetto di ripetere lo stesso iter fissando la sferetta più lontana. In questo caso le corde dovrebbero incrociarsi in corrispondenza della pallina rossa, vista singola, mentre la verde apparirà doppia. (Fig.42)
- È importante spiegare al paziente ciò che accade per renderlo partecipe e consapevole, affinché possano avvenire dei cambiamenti interni. La terapia, infatti, senza la sua collaborazione non sortirebbe alcun effetto.  
 In primo luogo, è fondamentale sottolineare lo scopo dell'esercizio, ossia insegnare ad incrociare gli occhi, spiegando anche il significato di diplopia fisiologica, importante feedback che permette di conoscere ciò che gli occhi stanno facendo in ogni momento. L'oggetto fissato viene visto singolo mentre gli altri, collocati su piani anteriori e posteriori, sono visti doppi; rapportandoci al nostro esercizio gli occhi saranno puntati in corrispondenza dell'incrocio delle due corde. Se l'esaminato tentasse, infatti, di focalizzarsi sulla pallina verde ma le corde apparissero incrociarsi più lontane, sarebbe un'indicazione del fatto che stia osservando troppo lontano e che, quindi, gli assi visivi si incrociano posteriormente al target fissato. Quest'informazione deve essere utilizzata per correggere la posizione degli occhi e osservare più vicino.
- Se la persona riscontra particolari difficoltà è possibile aiutarla con diverse strategie:
  - Cercare di farla concentrare sulla sensazione di incrociare gli occhi e osservare vicino, compiendo uno sforzo.
  - Farle toccare la sferetta che sta cercando di fondere può essere un input sufficiente per il raggiungimento della visione singola.
  - Stimolare la convergenza accomodativa (AC) grazie a lenti negative.
- Una volta che il paziente sarà in grado di fondere entrambe le perline, chiedere di fissare la più vicina per 5 secondi passando successivamente a quella più lontana, mantenendo la fissazione per altri 5 secondi. Ripetere per tre volte. Avvicinare la sferetta verde progressivamente, prima di circa 2,5 cm e poi finché il paziente non riuscirà a convergere con successo ad una distanza di circa 5 cm dal proprio naso. Ad ogni step si osserveranno alternativamente le sferette, fissando ciascuna per un tempo di 5 secondi e ripetendo il tutto per tre volte.

### Step 2

- A questo punto il soggetto dovrebbe aver acquisito una buona consapevolezza sul significato di convergere, incrociare gli occhi e osservare vicino, pertanto si rimuovono le perline dalla corda, continuando a sviluppare abilità nel convergere.
- Far fissare l'estremità finale della corda per poi convergere lentamente sempre più vicino fino ad arrivare a circa 2,5 cm dal naso. Invertire il processo chiedendo di divergere gradualmente fino alla fine della corda. Ripetere per svariati minuti.

### Step 3

- Eliminare completamente l'utilizzo della corda.
- Chiedere al paziente di convergere fino al proprio naso, anche in modo lento e graduale.

Per aumentare il livello di difficoltà si possono introdurre flipper prismatici mentre l'esaminato converge e mantiene la fusione alternando i prismi a BE e BI, anteporre prismi a BE, lenti positive o diminuire la distanza di lavoro.

L'allenamento visivo può essere interrotto quando il paziente sarà abile nel convergere volontariamente fino a circa 2,5 cm dal proprio naso, apprezzare la sensazione di convergenza e divergenza, compiendo movimenti di vergenza accurati. [99][100]

## Barrel Card

Le finalità da perseguire, così come tutte le considerazioni effettuate in merito alla variazione di difficoltà dell'esercizio e al momento opportuno per sospendere l'allenamento sono analoghe a quelle discusse per la Corda di Brock. Solitamente questo strumento viene utilizzato dopo aver terminato l'allenamento con la Corda di Brock.



Fig.43 Barrel Card

<https://www.wikihow.com/Fix-Exotropia>

La Barrel Card (Fig.43) è una carta bianca con tre mire colorate (rosse e verdi) a forma di barile per ognuno dei due lati. Il paziente tiene la carta orizzontalmente, appoggiandola alla punta del naso mentre fissa il barile più lontano rispetto a lui, che dovrebbe comparire di un colore misto tra verde e rosso. Le altre due mire saranno doppie. Successivamente la fissazione si sposterà sul barile intermedio e poi su quello più vicino, mantenendola per 10 secondi in entrambi i casi. Chiedere di far cambiare la fissazione da un barile all'altro. <sup>[101][102]</sup>

### 3.6.10 Tecniche accomodative.

#### *Loose Lens Rock (monocular)*



Fig.44 Lente di materiale plastico non sagomata

<https://yazhengoptics.en.made-in-china.com/product/avXJHpZxbVRd/China-1-56-Photochromic-Round-Top-Hmc-Semi-Finished-Lens-Blanks-for-Bifocal-Vision.html>

L'obiettivo che questo allenamento si prefigge è di raggiungere una normale ampiezza e facilità accomodativa: in questa tecnica, infatti, sono considerati importanti sia il range entro cui il paziente riesce ad accomodare, sia la velocità del responso accomodativo.

Prima di cominciare l'allenamento è opportuno procurarsi del materiale da lettura, con i caratteri di diverse dimensioni, appropriato per l'età dell'esaminato; una serie di lenti di materiale plastico intere, non sagomate, con potere dalle -6,00 D alle +2,50 D con un incremento di 0,25



Fig.45 Loose Lens Rock

<https://quizlet.com/208500262/4-vision-therapy-flash-cards/>

D (Fig.44) e un occlusore.

L'allenamento si suddivide in due livelli:

- Livello 1:
  - Occludere l'occhio sinistro e chiedere al soggetto di leggere il testo posizionato a 40 cm, mantenendolo nitido man mano che vengono alternate nell'occhio controlaterale, non occluso, lenti positive e negative. (Fig.45)
  - In questa fase iniziale non vengono imposti limiti di tempo al paziente per rendere nitido il testo. Il primo obiettivo, infatti, è di aumentare l'ampiezza accomodativa (A.A), senza considerare il fattore tempo. Si potrà procedere con il secondo livello una volta raggiunta la capacità di rendere nitida e leggere la mira con un range di lenti soddisfacente: per i bambini e gli adolescenti va da +2,50 D a -6,00 D, mentre per gli adulti il più elevato

valore di negativo corrisponderà a metà dell'ampiezza accomodativa attesa.

- Livello 2:

- Ottenere la nitidezza il più velocemente possibile cominciando con piccoli intervalli diottrici per esempio da -0,50 D a +0,50 D, conseguendo una velocità di 20 cpm, arrivando ad intervalli sempre più ampi come da +2,00 D a -4,00 D.
- Ripetere la procedura per l'occhio controlaterale

È possibile sospendere la rieducazione visiva quando l'esaminato raggiungerà la velocità di 20 cpm, se al di sotto dei vent'anni con un range di lenti da +2,50 D a -6,00 D; se, invece, supera i vent'anni d'età dipende dall'ampiezza accomodativa e si considera il valore corrispondente a metà di questa ampiezza.

Per incrementare il livello di difficoltà dell'esercizio è possibile:

- incrementare il potere delle lenti
- diminuire la grandezza dei caratteri della mira
- aumentare la distanza di lavoro con lenti positive
- diminuire la distanza di lavoro con lenti negative

Quando ci si accinge ad affrontare tecniche accomodative è opportuno far concentrare il paziente sulla sensazione di stimolare e rilassare l'accomodazione per sottolineare come i cambiamenti avvengano all'interno del sistema visivo stesso. L'obiettivo finale sarà quello di rendere la mira nitida il più velocemente possibile, variando il potere diottrico delle lenti equalizzando la performance nei due occhi.

[103] [104]



## *Hart Chart accomodativa*

Gli obiettivi sono i medesimi illustrati per il Loose Lens Rock (monocular).

Per praticare questa tecnica accomodativa si necessita di due Hart chart, una più grande per il lontano e una più piccola per la visione prossimale, e un oclusore. La procedura (Fig.46) si divide in tre livelli distinti:

- Livello 1:

- Coprire un occhio con l'occlusore
- Far tenere al paziente la Hart chart più piccola a circa 40 cm; chiedere di focalizzare la sua attenzione sulla prima riga e leggerla ad alta voce quando risulta nitida.

Iterare la procedura con la seconda riga della Hart chart più lontana.

- Continuare ad alternare la lettura dalla Hart chart più vicina a quella più lontana, considerando di volta in volta la riga successiva; protrarre questa sequenza per diversi minuti.

- Ripetere l'intera sequenza spostando l'occlusore nell'occhio controlaterale.

- Livello 2:

- Chiedere al soggetto di tenere la Hart chart prossimale stendendo completamente il braccio e di leggere la prima riga, avvicinando lentamente la carta. Quando l'esaminato non riuscirà più a mantenere nitide le lettere passerà ad osservare la seconda riga della Hart chart più grande, collocata a circa 3 metri di distanza. Ripetere con le righe successive con entrambi gli occhi alternativamente.

È possibile eseguire l'esercizio anche binocularmente.

- Livello 3:

- Per aumentare il livello di difficoltà chiedere all'esaminato di tenere la carta prossimale da 2 a 5 cm più lontana rispetto al punto di

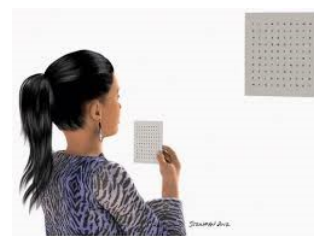


Fig.46 Procedura d'esecuzione utilizzando le Hart chart accomodative.

<https://entokey.com/accommodative-techniques>

annebbiamento e di alternare la fissazione dalla chart più lontana a quella più vicina.

Per gli esaminati con età inferiore ai vent'anni sospendere la rieducazione visiva quando sono in grado di vedere nitida la Hart chart più vicina, posizionata a circa 7 cm dai propri occhi, e di cambiare fissazione, mantenendo la visione nitida, sulla Hart chart più lontana collocata a 3 m.

Per i pazienti con età superiore ai vent'anni la collocazione della carta prossimale dipende dall'ampiezza accomodativa; nello specifico la distanza corrisponderà a metà del valore dell'ampiezza accomodativa.

Le considerazioni fatte sulla consapevolezza dell'accomodazione e sulle modalità per incrementare il livello di difficoltà dell'allenamento sono le stesse discusse nell'esercizio per l'accomodazione precedente. [105][106]

### *Facilità accomodativa binoculare*



Fig.47 Flipper  $\pm 1.00$

<https://www.joom.com/uk/products/5cde3b491436d40101d6020f>

L'obiettivo della facilità accomodativa binoculare, denotata anche con la sigla "BAF" (dall'inglese, binocular accommodative facility), è di diminuire la latenza aumentando la velocità del responso accomodativo in condizioni binoculari. Per la procedura è necessario procurarsi flipper di vario potere, da  $\pm 0.50$  D a  $\pm 2.50$  D a step di 0.25 D (Fig.47), e mire di lettura appropriate all'età del paziente posizionate a 40 cm.

#### - Procedura 1:

- Cominciare con il flipper  $\pm 0.50$  D e determinare empiricamente le lenti con cui il soggetto riesce a rendere nitida la mira con il minimo sforzo stabilendo, così, il punto di partenza per la rieducazione visiva.

- Il flipper viene posizionato davanti agli occhi dell'esaminato a cui si chiede di rendere nitido il testo, leggendone una riga. Successivamente il flipper verrà capovolto, presentando un nuovo stimolo accomodativo e il paziente reitererà la procedura.

#### - Procedura 2:

- Dopo aver ripetuto questa modalità più volte chiedere al soggetto di descrivere le differenze riscontrate attraverso le

lenti positive e negative. L'obiettivo per la persona è realizzare di poter stimolare o rilassare il sistema accomodativo e di imparare a farlo volontariamente.

- Una volta che l'esaminato riporterà di vedere l'immagine più piccola e più vicina con le lenti negative (viceversa accadrà per le positive), si aiuterà a sviluppare la consapevolezza dell'atto accomodativo: il soggetto deve essere in grado di apprezzare la differenza percettiva che intercorre tra rilassare e stimolare l'accomodazione.
- L'operatore potrà guidare il soggetto ponendo delle semplici domande:
  - “Le sembra che gli occhi lavorino con fatica? Sente un certo sforzo?  
Questa è la sensazione che si prova quando si accomoda, si focalizza un oggetto (valido per le lenti negative). Se non riesce a vedere nitido attraverso queste lenti provi a sforzare gli occhi, focalizzando lo sguardo sul testo, come se stesse osservando un punto vicino.”
  - Viceversa, per le lenti positive, l'optometrista riferirà al paziente di rilassare gli occhi, con la stessa sensazione di quando si osserva un punto lontano.

L'allenamento visivo può essere sospeso quando il paziente riuscirà a rendere nitida la mira con il flipper  $\pm 2.50$  per 20 cpm senza sopprimere.

Le strategie per incrementare la difficoltà dell'esercizio sono le medesime di quelle riportate per il Loose Lens Rock monoculare. <sup>[107]</sup> <sup>[108]</sup>

### 3.6.11 Training motilità oculare: Inseguimenti visivi e sbalzi di fissazione.

#### *Hart Chart- saccadi*

Questa tecnica, di cui si è già parlato nelle tecniche accomodative, può essere utile anche per implementare la velocità e l'accuratezza delle saccadi. Per la preparazione occorre la Hart chart per la lontananza (Fig.48), collocata ad una distanza compresa tra 1,5 m e 3 m, e un occlusore.



Procedura:

- Occludere un occhio e chiedere al paziente di leggere ad alta la prima lettera della prima colonna e, in seguito, la prima della decima colonna per poi proseguire in quest'ordine fino a completare tutte le lettere delle due colonne. Al termine, cambiare occhio. Quando il compito verrà completato in 15 secondi senza errori, è possibile aumentare il livello di difficoltà dell'esercizio in diversi modi:

Fig.48 Hart chart prossimale e per la lontananza

<https://kaypictur.es.co.uk/product/accommodative-rock-chart/>

- Dopo aver completato le colonne 1 e 10 chiedere all'esaminato di leggere le colonne 2 e 9, 3 e 8, 4 e 7, 5 e 6. Le colonne più interne risultano essere più complicate da portare a termine, in quanto sono circondate da altre mire che generano disturbo.
- Può essere richiesto di eseguire le saccadi dalla prima lettera della prima colonna fino all'ultima lettera dell'ultima colonna, per poi proseguire con le altre lettere e colonne. In questo caso il soggetto dovrà compiere saccadi oblique invece che orizzontali da sinistra verso destra e viceversa.
- Le saccadi possono essere eseguite non più osservando solo la Hart chart lontana ma introducendo anche quella prossimale (Fig.56). In questo modo gli sbalzi di fissazione saranno effettuati passando dal lontano al vicino e viceversa.
- Altri elementi di "disturbo" che vanno ad implementare la difficoltà dell'esercizio sono il metronomo, utile per

conferire un ritmo variabile all'interno della performance, e la balance board per mantenere l'equilibrio finché si svolge l'allenamento visivo.

È possibile eseguire questo allenamento anche in condizioni binoculari. [109] [110]

### *Visual Tracing*

L'obiettivo di questa tecnica è di migliorare l'accuratezza e la velocità dei movimenti oculari di inseguimento. L'equipaggiamento utile per iniziare la rieducazione visiva consiste in un "visual tracing workbook", una penna e un oclusore.

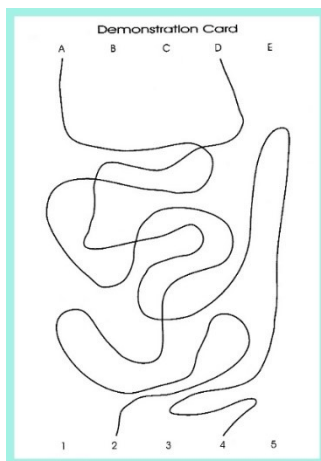


Fig.50 Esempio di Visual Tracing

<https://www.coivision.com/en/shop-en/pen-lights/groffman-s-visual-tracing-test-detail>

I workbook contengono delle figure che permettono di allenare le abilità di inseguimento tramite il tracciamento del pattern stampato, che diventano via

via sempre più complicate. (Fig.49-50)

La procedura più semplice consiste nell'occludere un occhio alla volta e chiedere al paziente di determinare il numero collocato alla fine della linea prescelta dall'operatore, ad esempio quella che comincia con la lettera "A". Nelle fasi iniziali il soggetto può aiutarsi seguendo il tracciato con una penna. Incoraggiare l'esaminato a proseguire finché non abbia trovato una risposta per ogni linea. Quando l'accuratezza e la velocità dei movimenti di inseguimento migliorano, può essere introdotto il livello successivo di difficoltà.

L'esaminato potrà ritentare gli stessi esercizi anche binocularmente. Il passo conclusivo sarà eliminare l'ausilio della penna per seguire le linee.

Non sono riportate specifiche linee guida cliniche per questa tipologia di rieducazione visiva, perciò sarà opportuno sospenderla nel momento in cui il soggetto risulta performare con un grado ragionevole di accuratezza e velocità negli inseguimenti. [111]

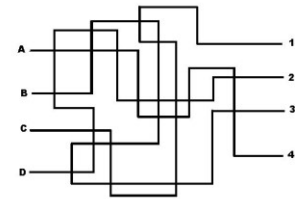


Fig.49 Esempio di Visual Tracing

<https://www.pinterest.it/pin/389842911470006480/>

## *Palla di Marsden*



Fig. 51 Palla di Marsden

[https://www.bernell.com/product/MARSBL1/Vision\\_Therapy\\_BestSellers](https://www.bernell.com/product/MARSBL1/Vision_Therapy_BestSellers)



Fig. 53 Aggiunta della balance board.

<https://www.pinterest.it/pin/35817759509286739/>

La palla di Marsden è una soffice palla da baseball con delle lettere scritte in collocazioni casuali attorno alla sua superficie, che oscilla in tutte le direzioni grazie ad un filo con cui è appesa al soffitto. (Fig.51) Questa tipologia di rieducazione visiva viene utilizzata per migliorare l'accuratezza dei movimenti oculari di inseguimento.

Il soggetto ha come obiettivo iniziale di mantenere la fissazione su una specifica lettera nella palla mentre ondeggia compiendo diversi movimenti. Solitamente si comincia muovendo la palla perpendicolarmente rispetto alla direzione di sguardo dell'osservatore così da non variare la percezione di profondità durante le oscillazioni. L'esaminato è incoraggiato a non muovere il capo e di seguire la palla solamente con gli occhi. Quando il soggetto riesce a compiere movimenti d'inseguimento efficienti ed armoniosi, senza sforzo, si possono far compiere alla palla traiettorie ellittiche che inducono cambiamenti nella percezione stereoscopica durante il movimento dell'oggetto sospeso. Una volta raggiunti movimenti d'inseguimento accurati, è possibile



Fig. 52 Aggiunta di un responso motorio.

<https://www.reviewofoptometry.com/article/managing-amblyopia-can-vision->

incrementare la difficoltà della richiesta introducendo attività d'integrazione sensoriale. Per esempio, può essere aggiunto un responso motorio chiedendo al paziente di individuare e toccare con il dito una lettera sulla palla di Marsden, colpendola sufficientemente forte da farla oscillare via (Fig.52); si reitererà la procedura per svariate volte scegliendo lettere sempre diverse. Anche la balance board (Fig.53) aggiunge un livello di difficoltà maggiore cercando di mantenere l'equilibrio finché si compiono movimenti d'inseguimento dolci e regolari. [112][113]

## *Brock String*



Fig.54 Corda di Brock

<https://www.centrostyle.com/it/brock-string/product.php?cod=00026&cod=18017>

La corda di Brock (Fig.54), oltre che per allenare la convergenza volontaria, può essere utilizzata anche nella fase finale dell'esercitazione per le disfunzioni oculomotorie; un obiettivo importante è di combinare i movimenti oculari saccadici e di inseguimento con i cambi di vergenza e accomodativi. Per la rieducazione saccadica si utilizzano tre corde di Brock, collocate rispettivamente a destra, davanti e a sinistra del paziente. L'esaminato terrà in mano, poggiando sulla punta del naso un capo di ciascuna corda. Si otterranno, così, sei mire di fissazione, due per ogni corda in diverse posizioni di sguardo. Riferire al soggetto di spostare la fissazione da una sferetta all'altra nell'ordine deciso dall'optometrista. L'obiettivo è di ripristinare una visione binoculare singola e nitida dopo ogni cambio di fissazione. Per aumentare il livello di difficoltà può essere introdotto il concetto di tempo per l'esecuzione dell'esercizio, attraverso un metronomo. Inoltre, le direzioni delle corde possono essere variate, includendo la dimensione verticale.

Per allenare gli inseguimenti, invece, si utilizza una sola corda di Brock. In questo caso, entrambe le estremità sono tenute dall'esaminato, una poggiante sulla punta del naso, l'altra tenuta con l'intero braccio steso, a cui si lega una matita per facilitare il compito. Il soggetto sarà incaricato di ruotare la corda lentamente, in maniera circolare, mantenendo la fusione su una sferetta a scelta, integrando in questo modo i movimenti di inseguimento a quelli di convergenza. <sup>[114]</sup>

## CONCLUSIONI

Analizzando i lavori peer-review, rinvenuti con le modalità esposte nei “metodi”, è stato possibile appurare che il visual training sia efficace ma non delineare una linea guida, verificata sperimentalmente, da applicare ogni qualvolta ci si trovi ad affrontare una problematica legata all’accomodazione, alla binocularità o alla visuomotricità. Per questo motivo mi sono basata su libri di testo che riportassero diverse tipologie di esercizi con le relative finalità e procedure d’esecuzione, seppur non siano comprovate, per cercare di trovare un punto di partenza su cui basarsi per cominciare a praticare il visual training, con delle accezioni generali anche sulla sua organizzazione e sull’approccio dell’operatore nei confronti dell’esaminato.

Pur essendo consapevole dei limiti di questa ricerca, mi sembra utile portare alla luce tali aspetti non solo perché la pratica del visual training si diffonda e venga applicata da più operatori possibili, anche da coloro che non hanno esperienze decennali alle spalle, ma anche perché sia di spunto per future ricerche sull’argomento. Le indagini scientifiche future potrebbero, infatti, portare alla luce gli strumenti e le tecniche più efficaci per ogni problematica considerata e, perché no, anche nuovi dispositivi da utilizzare.



## NOTE SITOGRAFICHE:

- [1] <http://www.treccani.it/vocabolario/propriocezione/>
- [3] Giuseppe Costantino Budetta, Sensazione – Percezione – Consapevolezza  
<http://www.auditorium.info/wp-content/uploads/Sensazione%20percezione%20consapevolezza.pdf>
- [4] EO Johnson, PN Soucacos, “Proprioception”, in International Encyclopedia of Rehabilitation, 2012.  
Disponibile online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/337/>
- [5] EO Johnson, PN Soucacos, “Proprioception”, in International Encyclopedia of Rehabilitation, 2012.  
Disponibile online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/337/>
- [8] [https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual\\_Training\\_Ibrahimi.pdf](https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual_Training_Ibrahimi.pdf)
- [10] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [16] [http://www.treccani.it/enciclopedia/stereopsi\\_%28Dizionario-di-Medicina%29/#:~:text=Stereopsi%20Capacit%C3%A0%20visiva%20dei%20mammiferi,indizi%2C%20sia%20visivi%20sia%20oculomotori.](http://www.treccani.it/enciclopedia/stereopsi_%28Dizionario-di-Medicina%29/#:~:text=Stereopsi%20Capacit%C3%A0%20visiva%20dei%20mammiferi,indizi%2C%20sia%20visivi%20sia%20oculomotori.)
- [22] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [24] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [25] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [28] [http://www.treccani.it/enciclopedia/visione\\_%28Dizionario-di-Medicina%29/](http://www.treccani.it/enciclopedia/visione_%28Dizionario-di-Medicina%29/)
- [31] [https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual\\_Training\\_Ibrahimi.pdf](https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual_Training_Ibrahimi.pdf)
- [34] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [35] [http://www.treccani.it/enciclopedia/visione\\_%28Dizionario-di-Medicina%29/](http://www.treccani.it/enciclopedia/visione_%28Dizionario-di-Medicina%29/)
- [36] [https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual\\_Training\\_Ibrahimi.pdf](https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual_Training_Ibrahimi.pdf)
- [37] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [38] [https://el.unifi.it/pluginfile.php/691992/mod\\_resource/content/1/Plasticit%C3%A0%20sinaptica\\_2.pdf](https://el.unifi.it/pluginfile.php/691992/mod_resource/content/1/Plasticit%C3%A0%20sinaptica_2.pdf)
- [39] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>

- [40] <https://www.youtube.cpm/watch?v=8Vo-rcVMgbl>
- [43] [https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual\\_Training\\_Ibrahimi.pdf](https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual_Training_Ibrahimi.pdf)
- [44] [https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual\\_Training\\_Ibrahimi.pdf](https://www.neuroscienze.net/wp-content/uploads/2012/06/Visual_Training_Ibrahimi.pdf)
- [49] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [50] <https://guerini.it/index.php/psicofisica-della-visione-1.html>
- [54] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/893946/>
- [65] [https://en.wikipedia.org/wiki/Inspection\\_time](https://en.wikipedia.org/wiki/Inspection_time)
- [68] [https://www.youtube.com/watch?v=4txQ\\_ZWfsZI](https://www.youtube.com/watch?v=4txQ_ZWfsZI)
- [72] [https://www.youtube.com/watch?v=K3UfrB\\_VNSw](https://www.youtube.com/watch?v=K3UfrB_VNSw)
- [86] [https://youtu.be/4\\_CKo6l9Hss](https://youtu.be/4_CKo6l9Hss)
- [96] <https://www.youtube.com/watch?v=ZMNYaKnrXJg>
- [98] <https://youtu.be/edqBVoI80ngS>
- [100] <https://www.youtube.com/watch?v=71o20wyPsR0>
- [102] <https://www.youtube.com/watch?v=HtzEHSie-90>
- [104] <https://www.youtube.com/watch?v=6VGWoVh69f0&t=366s>
- [106] <https://www.youtube.com/watch?v=fX8mqtgdzgs>
- [108] [https://www.youtube.com/watch?v=VYR\\_tBmimzA](https://www.youtube.com/watch?v=VYR_tBmimzA)
- [110] [https://www.youtube.com/watch?v=HNS\\_XUoJQfI](https://www.youtube.com/watch?v=HNS_XUoJQfI)
- [113] <https://www.youtube.com/watch?v=-c9qxzcwU0Y>

## **NOTE BIBLIOGRAFICHE:**

[0] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.3, pag.110.

[2] Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007.

[6] Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007, cap.3.

[7] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap.25, pag.556.

[9] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap. 16-25, pag. 360-362-556-557-558-559-560.

[11] Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007, cap.3, pag.22.

[12] Grosvenor T.; “Primary care optometry”; Butterworth Heinemann, V edizione; Boston; 2007; pag.75.

[13] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.7, pag. 153-154-155.

[14] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.7, pag.155.

[15] Von Noorden-1993.

[17] Hubel DH: Occhio, cervello e visione. Bologna, Zanichelli, 1989.

[18] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.7, pag.159.

[19] Massimo G. Bucci; “Oftalmologia”; Società Editrice Universo; 1999, cap.21, pag.611.

[20] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.93.

- [21] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.93.
- [23] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.93.
- [26] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.94.
- [27] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.93- 94- 95.
- [29] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap.25, pag.559.
- [30] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap.25, pag.564.
- [32] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap.18, pag.396-397.
- [33] Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013, cap.25, pag.564.
- [41] Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.46, cap.5, pag.85.
- [42] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.9, pag.215-216-240-241.
- [45] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.3, pag.110-111.
- [46] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.3, pag.114-115.

- [47] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.187-188-189.
- [48] Rosa Angela Fabio; "L'attenzione, Fisiologia, patologie e interventi riabilitativi"; Franco Angeli s.r.l.; terza edizione 2002, pag.13.
- [51] Rosa Angela Fabio; "L'attenzione, Fisiologia, patologie e interventi riabilitativi"; Franco Angeli s.r.l.; terza edizione 2002, pag.14.
- [52] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.185-186.
- [53] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.187-193.
- [55] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.4, pag.129-130.
- [56] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.4, pag.130-131-132.
- [57] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.5, pag.84-85.
- [58] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.188-189.
- [59] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.47.
- [60] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.47-48.
- [61] Anto Rossetti, Pietro Gheller; "Manuale di optometria e contattologia", seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.6, pag.131-132-133.
- [62] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.48.
- [62'] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.191-192-193.

- [63] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.48-49.
- [64] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.195.
- [66] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.58-59.
- [67] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.211.
- [69] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.59.
- [70] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.60.
- [71] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.61.
- [73] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.61-62, appendice A, pag.271-272-273.
- [74] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.65.
- [75] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.4, pag.65-66, appendice A, pag.274.
- [76] Graham B. Erickson; "Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance"; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.213-214.
- [77] Anto Rossetti, Pietro Gheller; "Manuale di optometria e contattologia", seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.7, pag.162-163-165-169.
- [78] Anto Rossetti, Pietro Gheller; "Manuale di optometria e contattologia", seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.83 -84-85-86.
- [79] Valerio Lupi; "Lezioni di anatomia e fisiopatologia oculare per studenti di optometria"; Fabiano Editore, 2004, lez.12, pag.59.

- [80] William J. Benjamin; “Borish’s Clinical Refraction”, Seconda edizione, Butterworth-Heinemann, 2006, Capitolo 4 - Accommodation, the Pupil and Presbyopia, pag. 93-102.
- [81] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.4, pag.86-87.
- [82] Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003, cap.7, pag.171.
- [83] Massimo G. Bucci; “Oftalmologia”; Società Editrice Universo; 1999, cap.21, pag.604-605-612.
- [84] Nancy B. Carlson, Daniel Kurtz; “Clinical procedures for ocular examination”; the McGraw-Hill Companies, third edition, 2004, cap.2, pag.50-51.
- [85] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.1, pag.28-29-32-33.
- [87] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.1, pag.29.
- [88] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.2, pag.82-83.
- [89] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.3, pag.103.
- [90] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.3, pag.108.
- [91] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.2, pag.73-75-76-77-78-79.
- [92] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.2, pag.79-80.

- [93] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.2, pag.80-81.
- [94] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.4, pag.140-141-142.
- [95] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.5, pag. da 148 a 157.
- [97] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.5, pag. da 164 a 169.
- [99] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.5, pag. da 184 a 187.
- [101] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.5, pag.188-189.
- [103] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.6, pag.204-205.
- [105] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.6, pag.209-210.
- [107] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.6, pag.207-208.
- [109] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; "Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders"; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.7, pag.212.



[111] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.7, pag.214-215.

[112] Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007, cap.8, pag.200-202.

[114] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lippincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002, cap.5, pag.186.

## **BIBLIOGRAFIA:**

- I-** Graham B. Erickson; “Sports vision, Vision Care for the Enhancement of Sports Performance”; Elsevier Inc., 2007.
- II-** Mitchell Scheiman, Bruce Wick; “Clinical management of binocular vision-Heterophoric, Accommodative and Eye movement Disorders”; Lipincott Williams and Wilkins, Second Edition, 2002.
- III-** Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel La Mantia, Leonard E. White; “Neuroscienze”; Zanichelli; 2013.
- IV-** Anto Rossetti, Pietro Gheller; “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione; Zanichelli, 2003.
- V-** Casco Clara, “Psicofisica della visione”, Guerini e associati, 2014.
- VI-** Massimo G. Bucci; “Oftalmologia”; Società Editrice Universo; 1999.
- VII-** Grosvenor T.; “Primary care optometry”; Butterworth Heinemann, V edizione; Boston; 2007.
- VIII-** Valerio Lupi; “Lezioni di anatomia e fisiopatologia oculare per studenti di optometria”; Fabiano Editore, 2004.
- IX-** Visual\_Training\_Ibrahimi.pdf
- X-** Rosa Angela Fabio; “L’attenzione, Fisiologia, patologie e interventi riabilitativi”; Franco Angeli s.r.l.; terza edizione 2002.
- XI-** Nancy B. Carlson, Daniel Kurtz; “Clinical procedures for ocular examination”; the McGraw-Hill Companies, third edition, 2004.
- XII-** William J. Benjamin; “Borish’s Clinical Refraction”, Seconda edizione, Butterworth-Heinemann, 2006.
- XIII-** Hubel DH: Occhio, cervello e visione. Bologna, Zanichelli, 1989.
- XIV-** The efficacy of optometric vision therapy. The 1986/87 Future of Visual Development/Performance Task Force. J Am Optom Assoc. 1988 Feb;59(2):95-105. PMID: 3283203.
- XV-** Ciuffreda KJ. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. Optometry. 2002 Dec;73(12):735-62. PMID: 12498561.

**XVI-** Rouse MW. Management of binocular anomalies: efficacy of vision therapy in the treatment of accommodative deficiencies. *Am J Optom Physiol Opt.* 1987 Jun;64(6):415-20. PMID: 3307438.

**XVII-** Suchoff IB, Petito GT. The efficacy of visual therapy: accommodative disorders and non-strabismic anomalies of binocular vision. *J Am Optom Assoc.* 1986 Feb;57(2):119-25. PMID: 3950318

**XVIII-** Rawstron JA, Burley CD, Elder MJ. A systematic review of the applicability and efficacy of eye exercises. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2005 Mar-Apr;42(2):82-8. PMID: 15825744.

**XIX-** Zwierko T, Puchalska-Niedbał L, Krzepota J, Markiewicz M, Woźniak J, Lubiński W. The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes. *J Hum Kinet.* 2015 Dec 30;49:287-96. doi: 10.1515/hukin-2015-0131. PMID: 26925183; PMCID: PMC4723179.

**XX-** <https://www.optometria-profesionales.org/educacion/25-eficacia-de-un-programa-de-terapia-visual-aplicado-en-la-escuela>