

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

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

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

Protocolli applicativi per le lenti prismatiche

Relatori:

Prof. Aniello Reccia

Candidato:

Rossella Varone
Matricola M44000497

A.A. 2018/2019

INTRODUZIONE	2
CAP 1 – CENNI INTRODUTTIVI	3
1.0.0 Abilità visuospatiali	3
1.1.0 Dati fisici sul prisma	4
1.1.1 Effetto prismatico	4
CAP 2 – LA VISIONE BINOCULARE	7
2.0.0 I disturbi della visione binoculare	7
2.0.1 Le deviazioni oculari	8
2.1.0 La disparità di fissazione	8
2.1.1 La misura della disparità di fissazione	9
2.2.0 Ortoforia, Eteroforia, eterotropia	11
2.2.1 Le cause dell'eteroforia e dell'eterotropia	14
2.2.2 Sintomatologia	15
CAP 3 – USO OTTICO DELLE LENTI PRISMATICHE	18
3.0.0 Analisi visiva O.E.P.	18
3.1.0 La sequenza di Haase MKH	19
3.2.0 Metodi di indagine	20
3.2.1 Test per la valutazione dello stato eteroforico	20
3.3.0 Il rapporto AC/A	26
3.3.1 La misura del rapporto AC/A	27
3.4.0 Riserve fusionali	30
3.5.0 Ipovisione	32
3.5.1 I prismi come sistemi ausiliari per gli ipovedenti	33

CAP 4 – USO VISUOPOSTURALE DELLE LENTI PRISMATICHE_36

4.0.0 Il ruolo del sistema visivo nell'atteggiamento posturale_____36

4.0.1 La teoria di Skeffington_____37

4.1.0 Le lenti prismatiche per migliorare la postura e potenziare le attività del cervello_____38

CAP 5 – APPLICAZIONI DI LENTI PRISMATICHE A TRE CASI REALI_____40

5.0.0 Applicazioni di correzioni prismatiche a soggetti con diversa sintomatologia_____40

5.0.1 Applicazione di correzione prismatica per compensazione di anomalie dello stato eteroforico_____40

5.0.2 Applicazione di correzione prismatica per compensazione di anomalie visuoperceptive_____41

5.0.3 Applicazione di correzione prismatica per compensazione di anomalie visuoposturali_____43

CONCLUSIONI_____45

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA_____46

INTRODUZIONE

In questo elaborato viene analizzata la versatilità delle lenti prismatiche, impiegate in optometria per il trattamento di molteplici deficit delle funzioni visive.

Prima di applicare correzioni prismatiche è necessario effettuare indagini al fine di ottenere la migliore correzione per il soggetto osservato. Pertanto, in questo lavoro di tesi, vengono dapprima analizzati i test maggiormente impiegati per la valutazione della visione binoculare. Essa risulta essere, una funzione complessa in virtù della quale i singoli oggetti, abitualmente fissati da entrambi gli occhi usati in sinergia, vengono visti unici (aplopia) e non doppi (diplopia), nonostante giungano ai centri corticali due impulsi, rispettivamente da un occhio e dall'altro.

La suddetta versatilità di tale tipologia di lenti è data dall'uso ottico, visuoperceptivo e visuoposturale.

Appartenendo a un'epoca altamente scolarizzata e tecnologica, in cui ci si trova a dover sfruttare maggiormente la visione prossimale, le disfunzioni accomodative e di vergenza stanno diventando sempre più frequenti.

Tali problemi comportano l'abbandono delle attività da vicino per l'eccessivo affaticamento oppure, a sviluppare errate forme di adattamento (es. postura non corretta, disallineamento degli assi visivi, imprecisa focalizzazione retinica) con conseguenti modifiche funzionali.

Nel lavoro esperienziale verranno illustrati casi di applicazione di correzione prismatica per compensare le anomalie della visione binoculare e per modificare la scorretta corrispondenza tra sistema visivo e sistema posturale.

Alla fine del mio elaborato è stato confermato che attraverso la correzione prismatica è possibile migliorare la vita del paziente nel caso in cui si presentino disfunzioni dello stato eteroforico, strabismo, ipovisione o problematiche per cui è necessaria la rieducazione visiva.

CAPITOLO 1 – CENNI INTRODUTTIVI

1.0.0 ABILITA' VISUOSPAZIALI

Il sistema visivo è costituito da un insieme di strutture coinvolte nella conversione della luce in sensazioni e percezioni visive. Con percezione visiva si intende l'insieme delle informazioni organizzate in campi visivi ed oggetti dotati di significato e raccolti dagli organi di senso.

Esiste una sostanziale differenza tra *vista* e *visione*, seppure spesso venga ignorata; con il termine *vista* ci si riferisce al semplice atto visivo, con conseguente conversione della luce dell'oggetto percepito in immagine, mentre la *visione* è un processo molto più complesso, che si realizza solo grazie ad uno scambio incessante di informazioni che vengono dapprima acquisite dal mondo esterno, filtrate da quelle superflue ed utilizzate per far sì che le strutture degli occhi e dei neuroni ad essi collegati si adattino al fine di ottenere una simulazione di come tale mondo è strutturato, in modo da avere una corrispondenza valida ed una funzione efficace che permetta azioni e comportamenti dell'intero soggetto.

“Le abilità visuo-spaziali sono implicate nella stima degli aspetti spaziali tra la persona e l'oggetto, fra gli oggetti stessi e per l'orientamento degli stimoli visivi (Benton, 1985).”¹

La persona che manifesta disordini sul piano delle abilità visuo-spaziali spesso non vive un rapporto sereno con l'ambiente che lo circonda.

L'abilità visuo-spaziale consente a qualsiasi persona di:

- Riconoscere il diverso orientamento dei grafemi, utilizzare i numeri ed incolonnarli;
- Disegnare, leggere, scrivere, copiare;
- Memorizzare visivamente un'informazione;
- Riconoscere forme geometriche;

Centro IFI - Incontro famiglia e individuo. [Online] <http://www.centroifi.it/optometria/training/abilita-visuo-spaziali/>.

- Orientarsi nello spazio, guidando o muovendosi senza compiere urti accidentali.

Quando si hanno dei problemi a livello visuo-spaziale si possono avere i seguenti sintomi:

- Difficoltà nella coordinazione e gestione dei movimenti,
- Difficoltà nella percezione della posizione e della forma degli oggetti,
- Goffaggine nei movimenti, senso di sbandamento;
- Difficoltà nel muoversi entro spazi limitati;
- Difficoltà nella coordinazione visuo-motoria, le mani e le braccia sembrano non collaborare con gli occhi e si manifesta scarsa capacità di calcolare le distanze e le dimensioni;
- Difficoltà nel disegnare, colorare, scrivere rispettando gli spazi dati.

Pertanto le lenti risultano essere dei “potenti strumenti” in grado di cambiare la relazione tra il soggetto ed il mondo esterno poiché condizionano la sua funzione visiva.

Che vi sia una stretta relazione tra la visione, l’intelligenza, la psicologia, la capacità di apprendimento di un soggetto e l’influenza che i dispositivi oftalmici possono avere su tali funzioni è provato; che relazioni così complesse siano controllabili e prevedibili non è altrettanto ovvio. Questo non esclude un lavoro clinico per evitare false aspettative sia nei soggetti che negli operatori. Migliorare la visione quando è possibile rimane un importante modo per migliorare la vita del soggetto e la sua interazione con ciò che lo circonda.

1.1.0 DATI FISICI SUL PRISMA

Il prisma è un corpo trasparente delimitato da due superfici piane inclinate e intersecanti tra loro nell’apice e da una superficie opposta ad esso che costituisce la base del prisma. L’angolo formato dalle due superfici inclinate è denominato *angolo di rifrangenza* (α) del prisma. Gli effetti principali del prisma sul fronte d’onda sono la deviazione e la dispersione. In genere i prismi utilizzati a scopi diagnostici sono formati da superfici piane, mentre le lenti prismatiche destinate alle correzioni a tempiale sono formati da superfici curve. Un raggio che incide su una superficie del prisma emerge dalla seconda superficie deviato verso la base del prisma. Come unità di misura della deviazione dei raggi prodotta da un prisma (δ) si usa in genere la diottria prismatica (Δ). Un prisma possiede un potere di

1Δ se è in grado di deviare di 1cm il punto di incontro di un raggio luminoso con un piano situato ad 1m di distanza dal prisma. (fig.1)

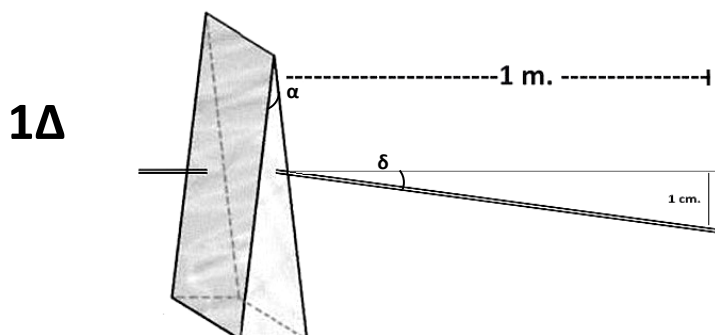


Figura 1 - Diottria Prismatica

L'angolo formato dal raggio incidente con quello emergente è denominato *angolo di deviazione* (δ) e vale

$$\delta = (n-1) \alpha$$

dove n indica l'indice di rifrazione del prisma.

All'aumentare del potere del prisma risulta più evidente il fenomeno della *dispersione* poiché facendo passare attraverso un prisma un fascio di luce policromatica, i raggi subiscono una deviazione differente a seconda della loro lunghezza d'onda. Di fatto quindi i raggi con λ inferiore (blu, viola) risultano deviati verso la base del prisma a differenza di quelli con λ maggiore (rosso) che subiscono una deviazione minore.

1.1.1 L'EFFETTO PRISMATICO

L'*effetto prismatico* si manifesta quando un raggio anziché passare attraverso il centro della lente, passa per un punto eccentrico e subisce una deviazione tanto grande quanto più è distante il centro ottico dal punto di incidenza. Questo fenomeno risulta utile nel momento in cui parliamo di *decentramento* ossia quando i centri ottici non coincidono con la distanza tra gli assi visivi, tale differenza genera un prisma il cui potere è possibile calcolarlo mediante la *legge di Prentice*:

$$\delta n = h \cdot P$$

Dove h indica il decentramento espresso in cm, P il potere della lente in diottrie e δn l'effetto prismatico nominale, ossia la deviazione subita dal raggio quando passa attraverso la lente decentrata.

Il prisma generato provoca effetti differenti a seconda che la lente decentrata sia positiva o negativa; per una lente positiva:

- il decentramento verso l'alto crea un prisma base alta,
- il decentramento verso il basso crea un prisma base bassa,
- il decentramento temporale crea un prisma base temporale,
- il decentramento nasale crea un prisma base nasale.

Per una lente negativa accade il contrario:

- il decentramento verso l'alto crea un prisma base bassa,
- il decentramento verso il basso crea un prisma base alta,
- il decentramento temporale crea un prisma base nasale,
- il decentramento nasale crea un prisma base temporale.

CAPITOLO 2 – LA VISIONE BINOCULARE

2.0.0 I DISTURBI DELLA VISIONE BINOCULARE

La *visione binoculare* è la capacità di percepire come singola l'immagine di un oggetto vista dai due occhi in sinergia.

L'equilibrio della visione binoculare risulta compromesso nel momento in cui non si verificano due importanti presupposti:

- La focalizzazione su entrambe le fovee o su punti retinici corrispondenti, garantito dall'accomodazione
- L'allineamento degli assi visivi dei due occhi sul punto oggetto fissato, regolato dalla fusione sensoriale e motoria

Ricordiamo che i *punti retinici corrispondenti* fanno parte di un'area della retina che ha come punto centrale di massima acuità visiva la fovea. Di norma ad un'area retinica dell'occhio destro corrisponde un'area retinica dell'occhio sinistro in posizione analoga. Con il termine *oroptero* si definisce il luogo dei punti dello spazio che vengono visti singoli in visione binoculare per una data distanza di fissazione poiché le immagini di tali punti dello spazio cadono su aree retiniche corrispondenti.

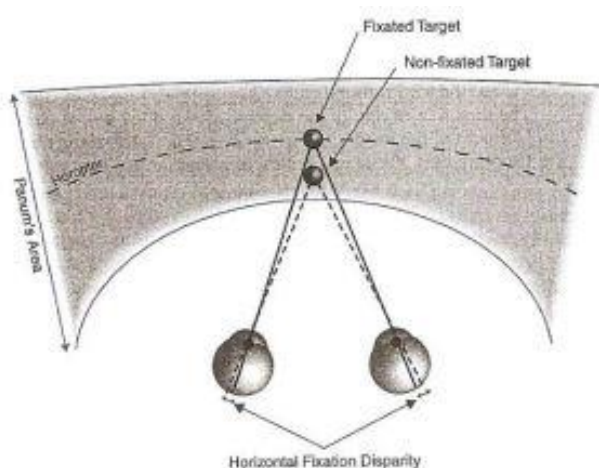


Figura 2 - Oroptero e Area di Panum

L'oroptero fa comunque parte di una regione di visione binoculare singola (di dimensioni variabili a seconda del soggetto che si considera e degli stimoli a cui viene sottoposto), che

prende il nome di *Area di Panum* in cui gli oggetti vengono visti singoli anche se percepiti da elementi retinici disparati. (fig. 2)

Nel momento in cui l'immagine non cade all'interno dell'Area di Panum si verifica la *diplopia*, ossia lo stato di visione doppia. In questi casi il sistema sensoriale, percependo questa condizione disagiata, interviene sollecitando la componente motoria che lavora affinché si stabilizzi nuovamente la condizione di ortoforia, attraverso movimenti di vergenza necessari a mantenere il corretto allineamento degli assi visivi nelle varie posizioni di sguardo. Se tale intervento si verifica non sufficiente, la diplopia permane. La visione continua ad essere fastidiosa così che l'immagine retinica peggiore venga soppressa ed il sistema visivo binoculare divenga monoculare, quindi di fatto svantaggiato.

Qualora lo squilibrio del sistema motorio fosse compensabile mediante la fusione motoria viene detto *foria* o *deviazione latente*, in caso contrario viene detto *tropia* o *strabismo manifesto*.

La presenza di una foria o il verificarsi di una tropia è legato all'entità della deviazione oculare e alla capacità del sistema motorio di compensarla.

2.0.1 LE DEVIAZIONI OCULARI

Le deviazioni oculari esistono in diverse forme e per varie cause. Entro certi limiti le forme di eteroforia e disparità di fissazione sono considerate fisiologiche, a differenza dell'eterotropia. Forie e disparità di fissazione, anche quando sono fisiologiche, hanno un notevole significato nel quadro dell'esame visivo e possono influenzare sia la visione che il comfort. Generalmente si considera la deviazione a carico dell'occhio non dominante oppure variamente ripartita tra i due.

2.1.0 DISPARITA' DI FISSAZIONE

La *disparità di fissazione* consiste in una minima differenza nella fissazione spesso presente durante la visione in binoculare, ciò significa che un occhio fissa l'oggetto mentre l'altro non dirige lo sguardo esattamente verso lo stesso punto oppure che entrambi presentino un piccolo errore. Essa non provoca diplopia perché è compensata sensorialmente. Quando la fissazione cambia, al variare della distanza, è richiesto al sistema un modificare la vergenza per mantenere la visione singola. Tale cambiamento di vergenza può avvenire in "maniera rapida" (≈ 1 sec) oppure in "maniera lenta" (≈ 30 sec). Il

meccanismo rapido permette di annullare immediatamente la disparità ricreando la visione singola, tuttavia esso risulta inefficiente poiché riduce il proprio effetto nel controllo dell'attività innervativa con la conseguenza che poco dopo la visione singola viene di nuovo a mancare. A tal proposito, nel momento in cui il “meccanismo rapido” fallisce si innesca il “meccanismo lento” secondo il quale si ha una minor tendenza a ridurre la propria efficacia nel tempo.

Per valutare a livello pratico la disparità è possibile considerare i casi in cui essa si verifica:

- Condizione di stress
- Presenza di foria associata² oltre $1-2\Delta$
- Aggiunta di prisma con orientamento opposto a quello usato per determinare la foria associata

La disparità di fissazione è quindi vista come un'alterazione dello stato di riposo e serve a fornire uno stimolo per mantenere la fusione che altrimenti subirebbe un processo di decadimento. Possiamo vederla come uno strumento di indagine dello stato di stress del sistema e risulterà tanto più elevata quanto maggiore è l'impegno del sistema a mantenere correttamente allineati gli assi visivi. La disparità di fissazione risulta essere ridotta o assente quando vi è una buona binocularità e tende ad essere elevata invece quando la visione binoculare è inefficiente o comporta astenopia.

Quando la disparità di fissazione eccede l'area di Panum si verifica diplopia. Pertanto possiamo dire che il valore di disparità è limitato all'ampiezza dell'area di Panum ossia generalmente non supera in orizzontale $\approx 0.25^\circ$ e in verticale $\approx 1,2^\circ$.

2.1.1 MISURA DELLA DISPARITA' DI FISSAZIONE

L'esame della disparità di fissazione consente di vedere come si comporta il sistema visivo nelle sue condizioni abituali, senza sollecitazioni da parte dell'operatore e di come risponde all'anteposizione di correzioni oftalmiche o prismi che lo inducono a mantenere la visione binoculare il più possibile nitida. La misura della disparità di fissazione può essere eseguita a qualsiasi distanza, ma generalmente si predilige l'esame a distanza

² il valore del prisma che crea la condizione di orto-disparità viene definito come foria associata

prossimale poiché è più frequente che si manifestano situazioni critiche. Esistono due metodi:

- *Metodo diretto*, che prevede la rilevazione del valore angolare che costituisce la disparità,
- *Metodo indiretto*, che definisce il valore del prisma che annulla la disparità.

Gli strumenti che consentono di effettuare la misura della disparità sia con metodo diretto che indiretto sono la Carta di Wesson (fig.3) e il disparometro di Sheedy (fig.4). Entrambi presentano una parte rivolta verso il soggetto esaminato, con molti elementi che visti contemporaneamente dai due occhi stimolano la fusione. Attraverso una (nel caso della Carta di Wesson), o due finestrelle (nel caso del disparometro di Sheedy) di dimensioni molto ridotte, aventi immagini polarizzate, si presentano due diverse situazioni agli occhi al fine di rilevare il disallineamento centrale.

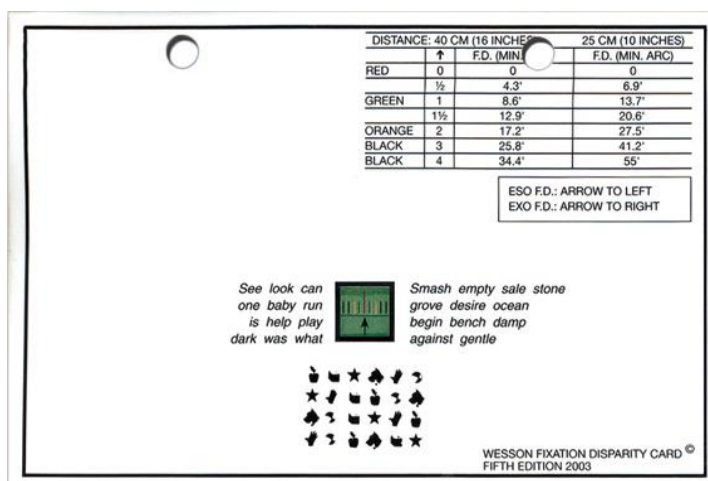


Figura 3 - Carta di Wesson

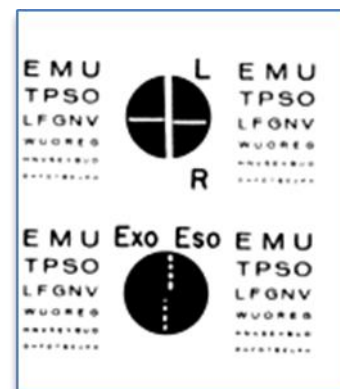


Figura 4 - Disparometro di Sheedy

- Nella Carta di Wesson, un occhio vede una freccia e l'altro una scala graduata in primi d'arco con le tacche di colori diversi. Il soggetto esaminato tenendo la carta a 40 cm o a 25cm, deve indicare verso quale colore punta la freccia e l'operatore attraverso i dati registrati nella tabella in alto a destra della carta stessa definisce l'entità della disparità. Per la misurazione indiretta si aggiungono prismi fino ad annullare il disallineamento.

- Il disparometro di Sheedy invece è costituito da un disco, contenuto in un contenitore avente una parte rivolta verso il soggetto e una parte verso l'operatore sul quale sono tracciate una serie di linee Vernier con diversi gradi di disallineamento. Al soggetto vengono mostrate le due finestrelle con le linee orizzontali (per la disparità orizzontale) e le linee verticali (per la disparità verticale). Se il soggetto presenta disparità, nel momento in cui vengono mostrate le linee allineate, il soggetto riferirà di percepire il disallineamento. In questo caso l'operatore ruota il disco posto nel suo versante fino a quando il soggetto non percepisce un allineamento perfetto; a quel punto l'operatore potrà leggere il valore ed il tipo di disparità presente nella finestra in basso per la disparità. L'esame verrà svolto sia per la valutazione orizzontale che per quella verticale. La misura indiretta viene effettuata posizionando le due mire allineate e, in caso di disparità, vengono riallineate con l'utilizzo di prismi.

2.2.0 ORTOFORIA, ETEROFORIA, ETEROTROPIA

Con *ortoforia* si intende l'allineamento degli assi visivi dei due occhi su un punto oggetto considerato, la conseguenza è la formazione della sua immagine su entrambe le fovee o comunque su due aree corrispondenti. In questa condizione non è necessario alcun movimento oculare affinché la fusione sensoriale si manifesti. (fig.5)



Figura 5 - Ortoforia

Quando la condizione di ortoforia non si verifica è rilevabile una deviazione che può essere:

1. Latente, o eteroforica: ed in base alla direzione della deviazione si distinguono a loro volta:
 - Forie orizzontali:

- Esoforia: condizione in cui gli occhi convergono in un punto più vicino di quello di riferimento, tendendo a ruotare verso l'interno.
 - Exofovia: condizione in cui gli occhi divergono fissando un punto più lontano rispetto a quello di riferimento, tendendo a ruotare verso l'esterno.
 - Forie verticali:
 - Iperforia destra: condizione in cui l'occhio destro tende a fissare un punto più in alto rispetto al sinistro
 - Iperforia sinistra: condizione in cui l'occhio sinistro tende a fissare un punto più in alto rispetto al destro
 - Forie torsionali:
 - Incicloforia: condizione in cui gli occhi ruotano verso l'interno attorno all'asse visuale
 - Excicloforia: condizione in cui gli occhi ruotano verso l'esterno attorno all'asse visuale
2. Manifesta, o eterotropica: essa è caratterizzata dal fatto che gli assi visivi non si incontrano nel punto di fissazione ed il soggetto non ha mai fissazione bifoveale, pertanto il soggetto strabico non riesce a fare in modo che le immagini riescano a formarsi sulle due fovee. In base alla direzione della deviazione si distinguono a loro volta (fig.6):
- Tropie orizzontali:
 - Esotropia: condizione di strabismo convergente, l'occhio deviato fissa un punto più vicino di quello di riferimento.
 - Exotropia: condizione di strabismo divergente, l'occhio deviato fissa un punto più lontano rispetto a quello di riferimento.
 - Tropie verticali:

- Ipertropia destra: condizione in cui l'occhio destro è ruotato più in alto rispetto al sinistro
- Ipertropia sinistra: condizione in cui l'occhio sinistro è ruotato più in alto rispetto al destro
- Ipotropia sinistra: condizione in cui l'occhio sinistro è ruotato più in basso rispetto al destro
- Ipotropia destra: condizione in cui l'occhio destro è ruotato più in alto rispetto al sinistro
- Tropie torsionali:
 - Inciclotropia: condizione in cui la parte alta dell'occhio deviato è ruotata verso l'interno attorno all'asse anteroposteriore
 - Exciclotropia: condizione in cui la parte alta dell'occhio deviato è ruotata verso l'esterno attorno all'asse anteroposteriore

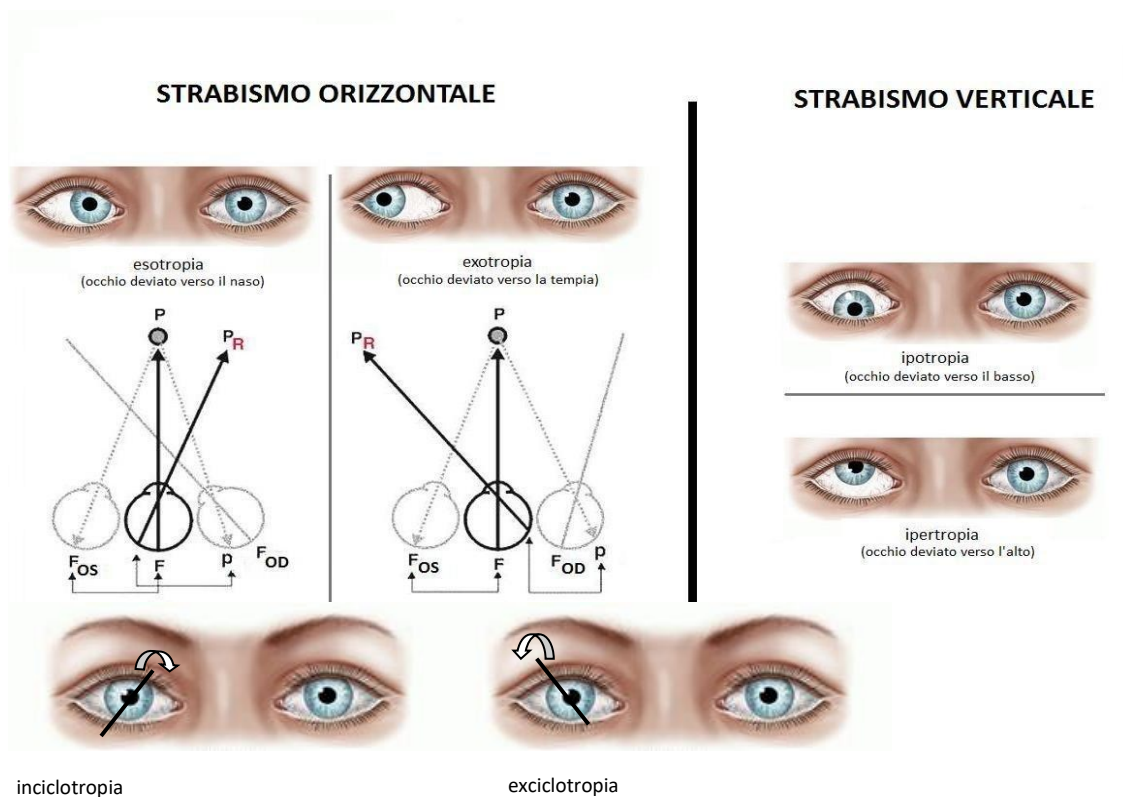


Figura 6 - Eterotropie

Le tropie possono essere differenziate anche in base all'angolo di deviazione nelle varie posizioni di sguardo ad una data distanza di fissazione costante, è possibile quindi avere:

- Strabismi paretici: in cui è maggiormente possibile notare la paresi o la paralisi di uno o più muscoli extraoculari a causa della variazione dell'angolo di deviazione nelle varie posizioni di sguardo, che aumenta quando il soggetto guarda nella direzione d'azione del muscolo interessato
- Strabismo concomitante: in cui l'angolo di deviazione resta invariato nelle varie posizioni di sguardo
- Strabismo incomitante: in cui l'angolo di deviazione cambia nelle varie posizioni di sguardo pur non avendo alcuna paresi o paralisi dei muscoli extraoculari, generalmente si definisce come tale la tropia il cui angolo di deviazione è maggiore di 10°

È possibile inoltre distinguere lo stato eterotropico in base alla tendenza del soggetto ad alternare la fissazione tra i due occhi (strabismo alternante) o a lasciare la preferenza di fissazione ad un occhio in particolare (strabismo monolaterale).

Nelle fasi di insorgenza dello strabismo il soggetto può inoltre presentare tropie intermittenti, ossia uno stato in cui la deviazione resta costante solo in alcuni momenti della giornata per cause come stress, stato di salute particolare o affaticamento. In quel caso possiamo parlare anche di *foria-tropia* per indicare che le vergenze fusionali non riescono a compensare la deviazione.

2.2.1 LE CAUSE DELL'ETEROFORIA E DELL'ETEROTROPIA

Quando trattiamo il caso di un soggetto eteroforico o di un soggetto strabico è necessario determinare se la deviazione in questione è di modesta entità o meno; se è fisiologica non sempre si può determinare una vera e propria causa poiché essa è determinata dalla relazione tra innervazione relativa alla convergenza, innervazione relativa all'accomodazione ed inserzione anatomica dei muscoli oculari. Tuttavia è possibile identificare le cause più frequenti:

- Cause refrattive, legate all'attività accomodativa
- Cause innervative, legate ad:

- Anomalie del rapporto AC/A (convergenza accomodativa/accomodazione),
- Anomalie dell'innervazione della muscolatura estrinseca
- Anomalie nella percezione visiva
- Cause anatomiche, legate a difetti che interessano la morfologia delle strutture orbitarie o l'inserzione dei muscoli extraoculari,
- Cause patologiche (es. paralisi dei muscoli extraoculari, neoplasie, traumi, malattie sistemiche)

In particolare la tendenza all'esoforia può essere causata da:

- Ipermetropia non corretta o sottocorretta
- Eccesso di accomodazione rispetto alla distanza di accomodazione
- Inizio di presbiopia
- Insufficienza accomodativa che induce un eccesso di convergenza

Mentre invece una tendenza all'exoforia può essere indice di:

- Miopia non corretta o sottocorretta
- Perdita del contributo di convergenza nel soggetto presbite
- Ridotta necessità di convergenza e/o accomodazione nell'astigmatismo elevato o nell'anisometropia o in anomalie refrattive elevate.

2.2.2 SINTOMATOLOGIA

Le deviazioni oculari possono differenziarsi anche secondo le varie tipologie di sintomi che provocano. In particolare possiamo distinguerle in:

a) Fisiologiche

È già stato appurato che gli oggetti che non cadono nell'oroptero vengano visti doppi. Le loro immagini infatti andranno a posizionarsi in punti retinici disparati e non potranno essere fuse in una percezione singola. Tale fenomeno causa una forma di diplopia del tutto normale in quanto è causata dalle caratteristiche del sistema visivo binoculare e viene

infatti definita diplopia fisiologica. In genere la diplopia fisiologica non è avvertita poiché la stimolazione di aree retiniche disparate da parte di immagini di uno stesso oggetto fisico ha come conseguenza l'invio alla corteccia visiva di segnali incompatibili per la visione singola tanto da causare una sorta di inibizione binoculare che permette di ignorare la diplopia.

È possibile evidenziare la diplopia fisiologica tramite il test della *corda di Brock* (fig.7), uno strumento utilizzato spesso in clinica optometrica per la valutazione della qualità del sistema fusionale, sensoriale e motorio e che non vi siano squilibri nella percezione dello spazio. Questo strumento consiste in una corda lunga circa 3,5 metri con tre palline di colore diverso distanziate tra loro, per comodità è possibile indicare come pallina A quella che viene posizionata all'estremità più lontana della corda mentre e come pallina B più vicina al naso. Un'estremità della corda viene posizionata sulla punta del naso dell'osservatore e l'altro capo può essere tenuto dall'operatore o fissato ad un supporto esterno. Il soggetto viene invitato ad osservare la pallina centrale (che verrà indicata come pallina P), le palline A e B daranno immagini su punti retinici non corrispondenti. In particolare definiamo:

- Diplopia omonima (quella che si manifesta per la pallina A) quando le immagini si trovano in direzione nasale e la localizzazione avviene nello spazio esterno dallo stesso lato, a destra per l'occhio destro e a sinistra per l'occhio sinistro;
- Diplopia crociata (quella che si manifesta per la pallina B) quando le immagini si trovano sulle retine tempiali e i due occhi localizzano in direzioni opposte nello spazio esterno, il destro a sinistra e il sinistro a destra.

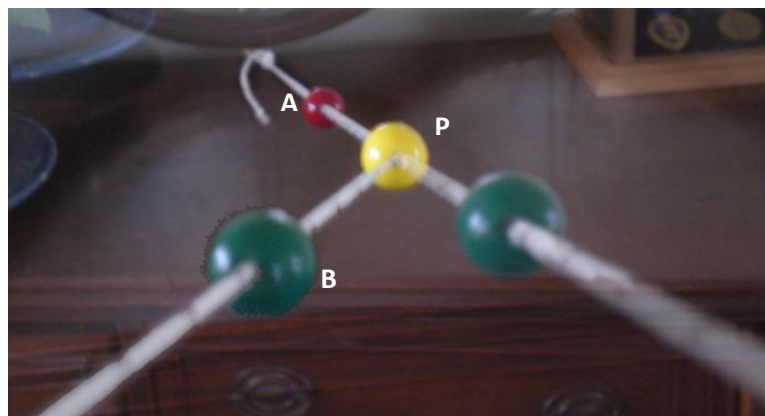


Figura 7 - Test corda di Brock

b) Asintomatiche

La presenza di forie in soggetti ametropi corretti o in soggetti emmetropi rappresenta una condizione asintomatica che non necessita interventi quando è il sistema visivo che realizza la compensazione motoria. Tale metodo di compensazione prende il nome di riserva fusionale e corrisponde a quella parte di movimenti di vergenza che non sono strettamente dipendenti dall'attività di convergenza accomodativa. Gli assi visivi sono riallineati sul punto di fissazione dai movimenti oculari senza alterare lo stimolo accomodativo.

c) Sintomatiche

Generalmente l'esistenza di una foria può essere segnalata da particolari sintomi, in particolare per l'esoforia si manifestano spesso:

- Astenopia,
- Tensione retro-bulbare,
- Riduzione dell'AV da lontano,
- Annebbiamento della visione dall'osservazione di un punto remoto ad un punto prossimo e viceversa,
- In condizioni più gravi o di maggiore stress, diplopia.

Per quanto riguarda l'exoforia, essendoci una difficoltà di convergenza degli assi visivi, man mano che il punto di osservazione si avvicina all'osservatore potrebbero presentarsi:

- Cefalea
- Lacrimazione
- Bruciore oculare
- Difficoltà di lettura
- Tendenza a preferire la visione monoculare, occludendo un occhio, per eliminare la visione doppia da vicino
- Disturbi astenopici in visione da lontano causati dall'eccesso di divergenza.

CAPITOLO 3 – USO OTTICO DELLE LENTI PRISMATICHE

3.0.0 L'ANALISI VISIVA O.E.P.

Le capacità visive necessarie per poter eseguire in maniera efficiente le richieste lavorative attuali sono profondamente cambiate rispetto a quelle di 50 anni fa. La rivoluzione informatica e l'informazione digitalizzata esigono una sempre più pesante richiesta di attenzione visiva, come per esempio televisione, videogiochi, computer etc. Lo stress è un fattore che influisce sul processo visivo.

Hans Selye³ ha dimostrato come lo stress coesista con la vita anche se ciascun individuo reagisce in modo diverso a stress di tipo diverso e possiede un diverso livello di stabilità per rispondere a quello stress. Il lavoro prossimale, concentrato e prolungato, l'eccessivo abbagliamento, l'insufficienza di illuminazione ed una erronea postura durante la lettura, possono danneggiare il processo visivo. Se il peso totale dello stress è intenso, o prolungato per lunghi periodi di tempo, l'adattamento produce distorsioni strutturali e/o difetti oculari. Determinare l'efficienza del sistema visivo solamente con un metodo quale l'acuità visiva e la determinazione dell'eventuale ametropia è alquanto riduttivo.

Possiamo trovare soggetti con difetti ametropici importanti, ma altamente efficienti nei loro compiti visivi quotidiani, e soggetti emmetropi che non sono in grado di risolvere i compiti visivi richiesti dal proprio lavoro o dal proprio hobby.

A. M. Skeffington utilizzò una serie di test, integrati in una sequenza che si può definire "psicometrica", in cui le variazioni ambientali sono prodotte dall'uso di lenti e prismi che vanno a modificare il comportamento del soggetto, portando alla definizione non solo del valore dell'ametropia ma di una misura dell'adattamento del soggetto allo stress indotto dalla visione prossimale. L'*Analisi Visiva O.E.P. - Optometric Extension Program*, è il modello operativo di 21 punti utilizzato per valutare le caratteristiche del processo di adattamento funzionale del sistema visivo e permette di trarre informazioni sia sullo stato che sulla direzione evolutiva del problema visivo. L'Optometrista comportamentale

³ Hans Selye (Vienna, 1907–Montréal, 1982), medico austriaco ricordato per le ricerche effettuate sullo stress e per la Sindrome Generale di Adattamento (GAS) da lui identificata e descritta.

verifica le abilità visuo-posturali, oculomotorie e visuo-spaziali. In questo modo è possibile verificare la qualità della percezione visiva, la sua influenza sul sistema tonico posturale, l'armonia dei comportamenti visuo-motori e visuo-percettivi.

3.1.0 LA SEQUENZA DI HAASE MKH

La sequenza di Haase (conosciuta come MKH) è costituita da specifici test polarizzati con stimoli fusionali visti da entrambi gli occhi o separatamente.

L'MKH indaga sulla presenza della disparità retinica di fissazione e definisce il valore della foria associata come miglior prescrizione ottica binoculare, secondo la quale si ottiene una visione perfettamente bifoveale con massimo valore di stereopsi.

Tutto questo è possibile attraverso l'aggiunta nella correzione occhiali di valori prismatici, spesso ben tollerati perché i test di Haase sono ricavati da condizioni visive naturali dove gli stimoli di fusione sono sempre presenti.

La visione non è quindi solo arrivare a vedere i famosi 10/10. Una situazione di disagio nelle aree più profonde del sistema visivo può comportare stress e affaticamento degli occhi, come bruciore, sensibilità alla luce, ridotta percezione della profondità, ma anche tensione muscolare di tutto il corpo, posture sbagliate, mal di testa con conseguente calo delle proprie capacità. La vita moderna sottopone i nostri occhi a uno stress continuo per tantissime ore al giorno, e solo con soluzioni tecnologicamente avanzate e soprattutto costruite ad hoc sulle caratteristiche uniche della persona è possibile ridurre al minimo il disagio che questo comporta.

Pertanto è importante evidenziare come questo tipo di approccio all'analisi visiva considera che per ottenere una correzione veramente efficace sia necessaria una personalizzazione attenta e scrupolosa della soluzione visiva adottata. E' fondamentale quindi che gli occhiali forniti siano in grado, non solo di realizzare la miglior visione, ma anche, se possibile, ridurre o eliminare i disagi che le caratteristiche fisiologiche del proprio apparato visivo possono creare.

3.2.0 METODI DI INDAGINE

Per attribuire un valore all'eteroforia è necessario evidenziarla ossia rendere palese ciò che normalmente è latente. Per riuscirci è necessario usare delle tecniche capaci di inibire l'attività del centro fusionale. Ciò è possibile in due differenti modalità:

1. Facendo arrivare agli occhi due stimoli talmente diversi tra loro da non poter assolutamente essere fusi in un'unica immagine;
2. Mantenendo lo stimolo unico, facendo in modo che esso colpisca aree retiniche non corrispondenti, al punto tale da non poter essere fuso.

Una volta ottenuta la diplopia bisogna identificare:

- le posizioni delle immagini diplopiche nello spazio poiché definiscono il tipo di deviazione:
 - se la diplopia è *omonima* (ossia le immagini cadono in prossimità della zona nasale delle retine e l'oggetto viene localizzato dallo stesso occhio che ha fornito l'immagine) si è in presenza di esoforia,
 - se è *crociata* (ossia l'immagine è nella parte temporale della retina e l'oggetto viene localizzato nel lato opposto dell'occhio che ha fornito l'immagine) si è in presenza di exoforia.
- il valore prismatico che, se correttamente orientato, è in grado di ripristinare la sovrapposizione o l'allineamento delle due immagini e di definire il valore della foria.

3.2.1 TEST PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO ETEROFORICO

I test per l'esame dello stato eteroforico si possono distinguere in:

- 1) Soggettivi, i quali si basano sulle risposte del soggetto in base alle modalità con cui viene presentata l'immagine. Tali test si differenziano a loro volta in base alle modalità con cui viene interrotta la fusione sensoriale:
 - a. Test di Schober: in questo test la dissociazione è indotta dall'uso di colori e filtri anaglifici: la croce è filtrata in rosso, i cerchi in verde. Davanti all'occhio destro è posto un filtro rosso e al sinistro un filtro verde. La posizione vista

della croce rispetto ai cerchi definisce la foria. Il prisma che ripristina il perfetto centraggio la misura. Si presenta la mira con l'occhialino rosso/verde a luce ambiente molto bassa per favorire la dissociazione in modo che un occhio veda i cerchi e l'altro la croce.

- In caso di ortoforia la croce sarà percepita al centro dei cerchi (fig.8).

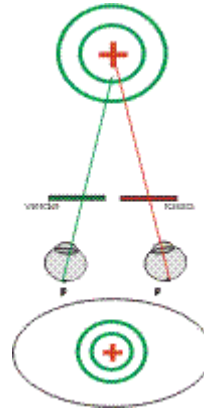


Figura 8 - Ortoforia con test di Shober

- In presenza di exoforia (fig. 9) il soggetto vedrà la croce a sinistra dei cerchi (diplopia crociata) (fig. a). L'operatore in questo caso si occuperà di spostare la croce fino a che venga percepita al centro dei cerchi (fig. b). Il risultato sarà equivalente a quello con correzione prismatica con base interna (fig. c). Nel caso della fig. b (exo) il segno relativo alla base del prisma sarà positivo.

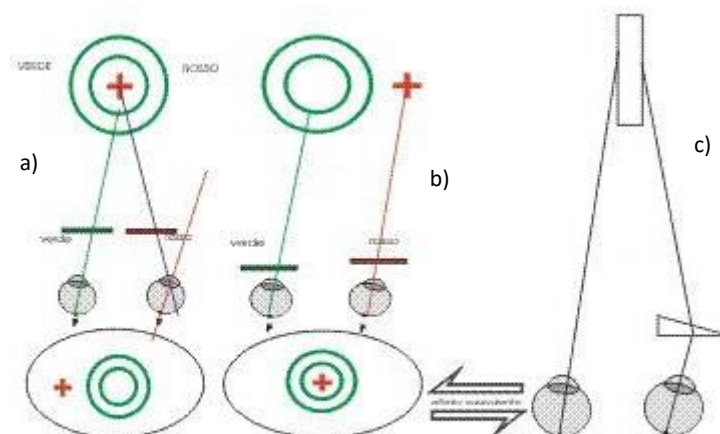


Figura 9 - Exoforia con test di Shober

- In presenza di esoforia (fig.10) avremo la situazione opposta: la croce sarà vista a destra dei cerchi (diplopia omonima) (fig. d) quindi l'operatore spostando la croce verso sinistra farà in modo che il soggetto la veda centrale. Il valore prismatico dello spostamento che si legge nella barra di stato (fig. e) corrisponderà ad una correzione con prismi base esterna (fig. f). Nel caso della fig. e (eso) il segno relativo alla base del prisma sarà negativo.

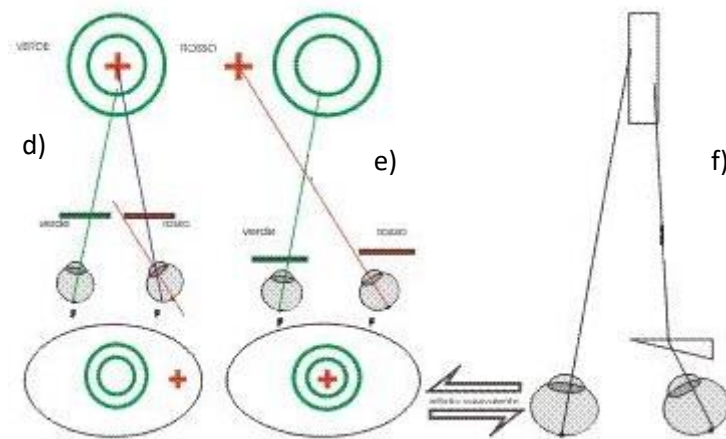


Figura 10 - Esoforia con test di Shober

- I casi di iperforia destra (in cui la croce viene vista in basso rispetto ai cerchi) ed iperforia sinistra (in cui la croce viene vista in alto rispetto ai cerchi) sono analoghi a quelli sopra indicati: nel primo caso applicheremo un prisma base bassa in modo da spostare la croce verso l'alto, mentre nel secondo caso verrà usato un prisma base alta per spostare la croce verso il basso.
- b. Test di Hering: La dissociazione è definita dal fatto che ogni occhio vede solo il braccio della croce polarizzato nella stessa direzione. Si fa osservare al soggetto in esame una mira (croce formata da segmenti perpendicolari tra loro) attraverso l'occhialino polarizzato. Tale test si effettua in un ambiente a luce molto bassa per favorire la dissociazione in modo che un occhio veda la parte orizzontale della mira e l'altro la parte verticale. In presenza di eteroforia le braccia della croce saranno tra loro disassate. Il prisma che ripristina la corretta intersecazione misura la foria

presente. In particolare (ipotizzando di aver applicato il filtro con polarizzazione verticale all'occhio destro) :

<i>Percezione della mira</i>	<i>Tipo di foria</i>
	Ortoforia
	Esoforia
	Exofovia
	Iperforia sinistra
	Iperforia destra

- c. Il metodo Maddox: Il test consente la misura sia delle forie orizzontali che verticali. (fig. 11) Il soggetto osserva in visione binoculare una mira luminosa puntiforme. Si antepone ad uno dei due occhi una lente cilindrica (*cilindro di Maddox*) con diametro di circa 3 mm, avente una sezione neutra e l'altra di potenza $\approx 500\text{dt}$. In questa condizione l'occhio libero scoperto continua a vedere la sorgente luminosa, l'altro, a causa dell'enorme distorsione generata dal cilindro, percepisce un stria luminosa, orientata secondo l'asse del cilindro stesso. Si è così ottenuta una perfetta dissociazione: ciascun occhio percepisce un'immagine totalmente diversa da quella del controlaterale. A questo punto, gli occhi assumeranno la loro posizione naturale evidenziando la foria presente. La condizione di ortoforia è definita dalla perfetta intersecazione della stria con la sorgente. La foria misurata corrisponde al valore del prisma che la ripristina.

METODO DI MADDOX PER LA MISURA DELL'ETEROFORIA
Cilindro su occhio destro

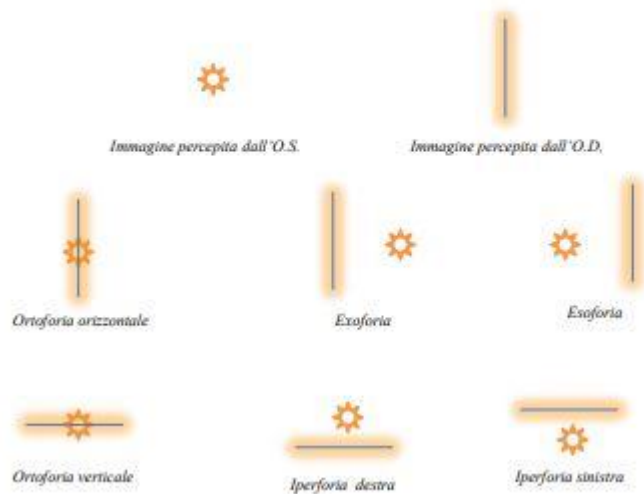


Figura 11 - Metodo di Maddox

In alternativa, è possibile fissare la sorgente luminosa al centro di una croce (*croce di Maddox*) (fig.12). Sui quattro bracci della croce sono ricavate delle tacche opportunamente distanziate, in modo che ad ognuna di esse corrisponda l'incremento di una diottria prismatica di scostamento. Il soggetto è invitato a riferire in prossimità di quale tacca vede passare la stria luminosa.

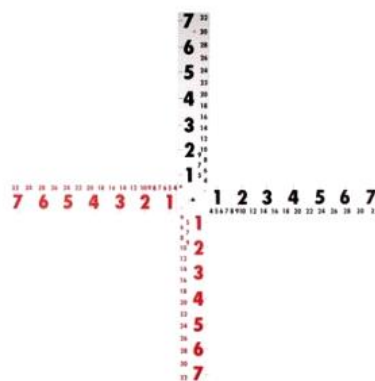


Figura 12 - Croce di Maddox

- d. Il metodo di Von Graefe: in questo test la dissociazione viene indotta tramite un prisma (generalmente orizzontale) la cui funzione è quella di spostare l'immagine retinica di una quantità maggiore rispetto alla capacità di recupero del sistema motorio. Il soggetto fissa una piccola immagine che appare duplicata a causa della presenza del prisma.

- Per le forie orizzontali: si mostra una riga di lettere in posizione verticale e si utilizza un prisma ($\approx 6\Delta$) tale da interrompere la fusione e creare visione doppia. Se il prisma è base bassa, l'immagine dell'occhio con il prisma verrà localizzata verso l'alto e viceversa. Se le righe mostrate sono allineate è presente ortoforia, se sono disallineate è presente una foria che verrà identificata in funzione del tipo di diplopia.
- Per le forie verticali: si mostra una riga di lettere in posizione orizzontale e in questo caso il prisma va posto con base nasale (con valori $\approx 10\Delta$) in modo da interrompere la fusione e creare visione doppia. Se le righe mostrate sono allineate è presente ortoforia, se sono disallineate è presente una foria che verrà identificata in funzione del tipo di diplopia.

2) Oggettivi, i quali si basano sull'osservazione del soggetto in esame da parte dell'operatore:

- a. Cover test: Il soggetto viene invitato ad osservare una mira posta a distanza $\approx 35-40$ cm. Si occlude uno dei due occhi in modo da indurlo ad assumere la posizione di foria. Si scopre l'occhio occluso e si osserva il movimento di recupero necessario a ripristinare il corretto allineamento. Oltre al tipo di foria, attraverso questo test è possibile valutare anche la velocità con cui il sistema motorio è in grado di compensare la foria; se il movimento risulta essere pressoché lento significa che il soggetto compensa faticosamente la deviazione presente.
- b. Cover test alternato: L'occlusione viene effettuata velocemente tra un occhio e l'altro e si osserva il movimento di recupero.

In entrambi i casi potremmo avere:

- Ortoforia, se non abbiamo alcun recupero;
- Exoforia, se il recupero è verso l'interno;
- Esoforia, se il recupero è verso l'esterno;

- Iperforia destra, se per l'OS il recupero è verso l'alto e per l'OD è verso il basso;
- Iperforia sinistra, se per l'OS il recupero è verso il basso e per l'OD è verso l'alto.

3.3.0 IL RAPPORTO AC/A

Nella valutazione delle cause che comportano le anomalie della visione binoculare, in particolare dello stato eteroforico, è stato già accennato il concetto di rapporto AC/A (*accommodative convergence/accommodation*). È necessario, prima di capire l'utilità della misura di tale rapporto, chiarire con precisione cos'è.

- L'*accomodazione* (A) è un meccanismo dell'apparato visivo che consiste nella capacità del cristallino di modificare il suo potere rifrattivo in relazione alla distanza dell'oggetto osservato e di consentire così la messa a fuoco sulla retina di oggetti situati a differenti distanze. Avviene ad opera del muscolo ciliare e delle fibre della zonula di Zinn in maniera del tutto involontaria. Quando il punto di fissazione si sposta da un oggetto distante ad un oggetto a distanza prossimale, si verificano automaticamente e contemporaneamente tre meccanismi:
 - 1) accomodazione, che permette la messa a fuoco sulla retina dell'oggetto osservato;
 - 2) convergenza, che permette il giusto posizionamento degli assi visivi sull'oggetto osservato;
 - 3) miosi pupillare, che consiste nel restringimento della pupilla per poter migliorare la qualità dell'immagine retinica mediante un aumento della profondità di fuoco e la riduzione delle aberrazioni che si producono alla periferia del diottro oculare.
- Per *convergenza accomodativa* (AC) si intende quella quota di convergenza totale⁴ strettamente associata all'accomodazione. È indotta dall'attività innervativa e

⁴ Le altre tre componenti della convergenza totale sono la *convergenza tonica* (che si verifica nella situazione di riposo assoluto, ad occhi chiusi, quando gli assi visivi assumono una posizione di leggera

quindi non determinata dalla quantità di accomodazione esercitata; è presente anche nella presbiopia ed è variabile in maniera altamente soggettiva.

La relazione tra convergenza accomodativa e l'accomodazione è espressa dal rapporto AC/A. Tale rapporto varia da soggetto a soggetto infatti risulta essere a volte maggiore ed altre volte minore di ciò che è richiesto. Ma ciò che conta è la costanza del valore di tale rapporto. Pertanto è possibile affermare che la risposta in convergenza di un soggetto ad una unità di stimolazione accomodativa determina il suo valore personale e soggettivo tra convergenza accomodativa e accomodazione, espresso usualmente con il termine di rapporto AC/A. In altre parole rappresenta la quantità di convergenza in diottrie prismatiche (AC) che si ottiene per ogni diottria di accomodazione (A) esercitata. Il valore medio non deve essere superiore a $5\Delta/1D$; valori superiori indicano un eccesso di convergenza, valori inferiori indicano un'insufficienza di convergenza.

3.3.1 LA MISURA DEL RAPPORTO AC/A

I più importanti metodi per la misurazione del rapporto AC/A sono:

- 1) *Il metodo della foria*: La misura viene eseguita con la correzione ottenuta con l'esame visivo. Devono essere noti i seguenti dati:
 - a. DAV⁵ per lontano in cm
 - b. FV - Foria per vicino rilevata a 40 cm in Δ : (Tale test nella sequenza dei 21 punti dell'O.E.P. è indicato con il numero #13A) Si rileva attraverso l'utilizzo del forottero a partire dalla compensazione abituale del paziente portata per vicino. La mira utilizzata è una scala ridotta di Snellen per 40 cm, che ha il vantaggio di offrire diverse gradazioni di acutezza visiva, in alternativa è possibile utilizzare le righe verticali di lettere. Si pone il cartoncino sull'asta del forottero a 40 cm, si modifica la distanza interpupillare adattandola alla distanza ravvicinata, si inserisce il prisma verticale sdoppiante (9Δ base alta) davanti all'occhio destro e si aggiunge quindi un prisma a base interna davanti all'occhio sinistro ($\approx 15\Delta$). A questo punto il

divergenza), la *convergenza fusionale* (che si può definire come la risposta motoria ad una crescente disparità retinica) e la *convergenza psichica* (ossia quella parte della convergenza totale induce psicologicamente l'esistenza, nel campo visivo, di potenziali obiettivi di fissazione)

⁵ Quando si parla di DAV si intende la distanza tra gli assi visuali, cioè gli assi immaginari che arrivano sulla fovea di entrambi gli occhi.

soggetto vedrà due mire, quella in alto risulta essere più a sinistra. Si invita il paziente a leggere la riga di lettere più piccola possibile riferendo l'esatto momento dell'allineamento delle due mire e intanto si riduce lentamente l'ammontare del prisma a base interna (posto davanti all'OS). Se l'allineamento delle due righe avviene:

- con potere prismatico a base interna, si misura un'exoforia,
- con potere prismatico uguale a zero si ha ortoforia,
- con potere prismatico a base esterna, si misura un'esoforia..

- c. FL - Foria per lontano nella condizione abituale (accomodazione rilassata) in Δ : (Tale test nella sequenza dei 21 punti dell'O.E.P. è indicato con il numero #3) Si rileva attraverso l'utilizzo del forottero con la compensazione abitualmente portata dal soggetto esaminato, con la distanza interpupillare dell'occhiale in uso. Si proietta una riga verticale di lettere con acutezza visiva pari al minimo percepibile e si antepone all'occhio destro un prisma a base alta di 6Δ , in genere sufficienti a sdoppiare verticalmente la riga. Si fanno notare al soggetto le due righe di lettere e si antepone all'occhio sinistro un prisma a base interna di $\approx 10\Delta$, facendo notare al soggetto che la riga in alto si è spostata a sinistra. Invitando il soggetto a leggere le lettere una ad una ed a segnalare il momento dell'esatto allineamento verticale delle due righe, si riduce gradualmente l'ammontare del potere prismatico a base interna posto davanti all'occhio sinistro. Anche in questo caso se l'allineamento delle due righe avviene:

- con potere prismatico a base interna, si misura un'exoforia,
- con potere prismatico uguale a zero si ha ortoforia,
- con potere prismatico a base esterna, si misura un'esoforia..

- d. Acc - Valore in diottrie dell'accomodazione esercitata nella visione a 40 cm: Tale valore si calcola attraverso il reciproco della distanza espressa in metri:

$$\text{Acc (in diottrie)} = 1 / \text{distanza di osservazione (in metri)}$$

Una volta trovati questi valori vengono inseriti nella formula, ricordando che le esoforie assumono segno positivo (+) e le exoforie segno negativo (-).

La formula che consente il calcolo del rapporto è la seguente:

$$\frac{AC}{A} = D.A.V. + \frac{(FV) - (FL)}{Acc.}$$

- *D.A.V.* distanza assi visuali
- *FV* foria per vicino
- *FL* foria per lontano
- *Acc* accomodazione

2) *Metodo del gradiente*: In questo modo non viene fatta variare la vergenza, cambiando la distanza di fissazione, bensì intervenendo sullo stimolo accomodativo necessario per vedere nitida una mira ad una costante distanza prossimale.

Si fa fissare, attraverso l'eventuale compensazione diottrica, binocularmente un trafiletto posto a 40 cm

1. Si dissocia la visione binoculare attraverso:

- a. Filtri polarizzati, si utilizzano ottotipi polarizzati in direzione ortogonale tra loro. Il soggetto in esame osserva la mira polarizzata composta generalmente da due file di lettere di AV di $\approx 8/10$ attraverso l'occhialino polarizzato e percepisce una fila di lettere con l'occhio destro e una fila con l'occhio sinistro.
- b. Prismi dissociati, si utilizza come mira una fila di lettere di AV di 7/10 ed il soggetto deve guardare attraverso dei prismi verticali di 3Δ nei due occhi a basi contrapposte, in questo modo il soggetto in esame percepisce l'immagine in alto con l'occhio a cui è stato anteposto il prisma base bassa e l'immagine vista in basso è relativa all'occhio a cui stato anteposto il prisma base alta.

2. Si misura la foria orizzontale e se ne prende nota

3. Si antepone un'addizione di 1dt positiva (si costringono gli occhi a disaccomodare di 1dt per mantenere la corretta focalizzazione)

4. Si rimisura nuovamente la foria orizzontale

La differenza tra la prima misura di foria e la seconda (dopo aver inserito la lente sf.+1.00) definisce il valore del rapporto AC/A poichè determina di quanto è cambiata la convergenza dopo avere inibito l'accomodazione di 1 dt.

È opportuno effettuare il test anche con l'inserimento di una sfera di -1,00. Spesso si ottiene un valore diverso. In questo caso si fa la media tra i due risultati.

Con il metodo della foria si ottengono generalmente valori più elevati del rapporto AC/A rispetto a quelli rilevati con il metodo del gradiente. Il motivo sta nel fatto che con il metodo della foria entra nel calcolo anche la componente psichica della convergenza.

Il valore medio del gradiente risulta essere 4/1. Ogni diottria di accomodazione trascina 4 diottrie prismatiche di convergenza. La conoscenza del valore del rapporto AC/A ci consente di stabilire a priori se la prescrizione di valori sferici potrà avere o meno effetto in presenza di una foria disturbante.

$$AC/A = \frac{(f_1 \pm f_2)}{s.a.}$$

- f_1 foria senza compensazione ottica in Δ
- f_2 foria indotta espressa in Δ
- $s.a.$ è lo stimolo accomodativo espresso in dt

3.4.0 LE RISERVE FUSIONALI

Quando è presente una deviazione oculare il soggetto gli assi visuali non sono allineati sul punto di fissazione e questo comporta la formazione di fenomeni disturbanti come:

- Diplopia: ossia lo stato di visione doppia causato dalla formazione delle immagini in punti retinici non corrispondenti della retina
- Confusione: dovuta alla visione delle immagini sovrapposte

Per ovviare a tali situazioni di discomfort in genere il soggetto va in contro a *soppressione* di una delle due immagini (ottenendo così una visione monoculare più confortevole),

oppure a *corrispondenza retinica anomala* con conseguente formazione di punti retinici non corrispondenti.

Quando viene trattato il caso di un soggetto con anomalie sensoriali della visione binoculare è necessario misurare la porzione di riserva fusionale in modo da accertare lo stato di fusione e binocularità.

La *riserva fusionale* è la parte di convergenza che entra in gioco per compensare un'eventuale deviazione oculare. Esiste un limite di dissociazione tra accomodazione e convergenza oltre il quale la capacità fusionale non è più in grado di mantenere la visione singola e simultanea. Questo limite dipende dalle riserve fusionali che ciascuno possiede. La misurazione delle riserve fusionali è effettuabile tramite l'utilizzo di prismi che vengono anteposti finché non viene interrotta la fusione e si crea diplopia. In base alle modalità con cui vengono effettuati i test è possibile ottenere:

- PRF - Riserve fusionali positive viene mostrata al soggetto un'adeguata mira (es. una singola fila di lettere in direzione orizzontale, se le riserve da misurare sono verticali e viceversa) si antepone un prisma a base esterna davanti ad uno dei due occhi in modo da incentivare la convergenza. Chiedere al paziente di riportare il primo sfuocamento percepibile, appena lo sfuocamento è riportato, smettere di aumentare il prisma base esterna ed istruire il paziente a tentare le lettere nitide. Se le lettere sono nitide continuare ad aumentare lentamente la potenza del prisma base esterna fino a che il paziente riporta uno sfuocamento. Questo è il *blur* o *punto di sfuocamento* e indica la potenza del prisma che ha causato al paziente la risposta accomodativa e quindi perdita di visione nitida. Prendere nota del valore del prisma. A questo punto aumentare il valore del prisma finché non si produce diplopia.
- NRF - Riserve fusionali negative come per le RFP viene mostrata al soggetto una mira, si antepone un prisma, questa volta a base nasale, in modo da indurre la divergenza. Si aumenta il valore del prisma fino a produrre diplopia.

Nell'esatto istante in cui il paziente riferirà di vedere doppio avremo raggiunto il *break point* o *punto di rottura*, che si ottiene quando il sistema motorio non riesce più a compensare la potenza del prisma. Vanno comunque mantenute determinate accortezze ossia:

- a. verificare che il punto di rottura sia stato realmente ottenuto continuando ad aumentare il prisma,
- b. verificare che uno dei due occhi non sia stato soppresso valutando che le due mire siano rimaste allineate. Se si sono spostate, la direzione del movimento indicherà quale occhio è stato soppresso.

A questo punto è possibile ridurre gradualmente il valore del prisma, nell'esatto momento in cui il soggetto riferirà di vedere una singola immagine avremo ottenuto il *recovery point* o *punto di recupero* ed indica il valore più alto in grado di ripristinare la fusione.

Nella seguente tabella sono riportati i valori previsionali dell'intervallo di PFR (convergenza) e NFR (divergenza), a distanza prossimale (40cm) e remota (5m):

VALORI MEDI DELL'AMPIEZZA DELLE RISERVE FUSIONALI		
Distanza	Divergenza	Convergenza
Lontano (5m)	Rottura 6 - 8	Annebbiamento 12 - 14
	Recupero 4 - 5	Rottura 25- 28
Vicino (40cm)	Annebbiamento 13 – 15	Annebbiamento 18 – 21
	Rottura 19 – 21	Rottura 25 – 28
	Recupero 13 - 14	Recupero 18 - 20

3.5.0 IPOVISIONE

L'ipovisione è una condizione anomala della visione debilitante e generalmente irreversibile che impedisce la regolare autonomia del soggetto. Le cause sono generalmente legate all'insorgenza di patologie, all'età, a traumi oculo-orbitari e ad anomalie congenite della struttura oculare.

Il ruolo dell'ottico optometrista nell'ambito dell'ipovisione è:

- Valutare l'utilità (o meno) di un ausilio ottico o elettronico per agevolare la condizione del soggetto interessato,
- Collaborare con il medico oculista per valutare le eventuali conseguenze visive che possono comportare le patologie del soggetto (se presenti)
- Studiare una terapia visiva utile al miglioramento delle condizioni quotidiane del soggetto

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) un soggetto è ipovedente quando la sua AV è compresa tra 1/20 e 3/10. Il suo deficit visivo non necessariamente è causato solo da un decremento dell'AV ma spesso è associato anche ad una riduzione drastica del campo visivo dal 30% al 60% nei casi più gravi, a disturbi legati alla luminosità e al contrasto e ad anomalie nella percezione dei colori.

Tra gli ausili compensativi, consigliati ad ipovedenti, si possono trovare, oltre a lenti oftalmiche e lenti a contatto, anche lenti prismatiche, lenti aplanatiche, telescopi galileiani e kepleriani, che hanno il compito di ingrandire l'immagine che si forma a livello della retina. Tale ingrandimento può avvenire in diversi modi:

- ingrandimento ottico: mediante una lente o una combinazione di lenti di ingrandimento (telescopi);
- ingrandimento della grandezza relativa: attraverso un aumento delle dimensioni dell'oggetto (per esempio libri con caratteri grandi o televisori con dimensioni dello schermo maggiori);
- ingrandimento della distanza relativa: con riduzione della distanza tra l'oggetto e l'occhio.

Oltre agli strumenti inizialmente citati, esistono poi ausili che hanno lo scopo di migliorare il campo visivo e la sensibilità al contrasto, di ridurre la fotofobia e di fungere da protezione dei tessuti oculari.

3.5.1 I PRISMI COME SISTEMI AUSILIARI PER GLI IPOVEDENTI

Tra i sistemi ausiliari per gli ipovedenti è possibile trovare i *sistemi ipercorrettivi*. Essi consistono in sistemi montati sull'occhiale e disponibili sia monoculari che binoculari. Si preferisce, ove possibile, sfruttare la binocularità del paziente ipovedente per garantire una maggiore AV ed ampliare il campo visivo.

I più utilizzati sono i *sistemi aplanatici*, essi possono essere realizzati da un doppietto di lenti piano-convexe con la parte convessa rivolta verso l'interno oppure da un doppietto realizzato da una lente positiva ed una negativa di materiale diverso ed incollati tra loro.

Gli ipercorrettivi prismatici (fig.13) sono dispositivi costituiti da lenti sferiche e prismatiche. Vengono utilizzati per distanze ravvicinate, poiché grazie all'utilizzo dei

prismi il piano di lettura si sposta da una distanza di circa 10 cm (soggetto ipovedente) a 35/40 cm (soggetto normovedente).

L'ipercorrettivo prismatico è accettato dal paziente grazie al suo aspetto estetico, che lo rende uguale ad un occhiale da vicino normalmente usato da soggetti presbinti. L'utilizzo dell'ipercorrettivo migliora inoltre la tollerabilità di una eventuale anisometropia che non deve superare le 3 diottrie.



Figura 13 - Esempio di occhiale per lettura prismatico

I prismi ingrandenti (fig. 14) sono costituiti da coppie di lenti prismatiche e ingrandenti, sviluppati appositamente per le persone con maculopatie⁶, che facilitano e stabilizzano la fissazione eccentrica e garantiscono quindi il massimo utilizzo del residuo visivo.



Figura 14 - Prismi ingrandenti per la fissazione eccentrica

Questa particolare correzione genera i seguenti benefici:

- Ottimizza il campo visivo residuo facilitando e stabilizzando la fissazione eccentrica sui *Locus Retinici Preferenziali* (PRL – Preferred Retinal Locus). In particolare favorisce la funzione visiva frontale, con migliore acutezza visiva.

⁶ Il termine maculopatia identifica qualsiasi malattia che colpisce la macula, la zona della retina che serve alla visione centrale distinta

L'ipovedente avrà quindi la percezione di aver spostato lo scotoma⁷ dalla zona di interesse con una minore attività di ricerca del punto di fissazione;

- Migliora la postura evitando movimento del capo, con rotazione del collo e della testa necessari per la ricerca del punto di fissazione parafoveale. Questa posizione innaturale può essere compensata dal corretto orientamento dei prismi, riportando il viso in posizione primaria;
- E' indicato per la deambulazione poiché il campo visivo non risulta ridotto dalla dimensione della lente, lo spostamento dello scotoma ha come obiettivo la migliore area di visione ottenibile, con possibilità di mettere a fuoco l'ambiente circostante;
- Permette il trattamento fotoselettivo per proteggere gli occhi dai raggi UV ed aumentare la sensibilità al contrasto, riducendo l'abbagliamento quando si va all'aperto;
- Può migliorare il VISUS per lontano anche oltre +200%: queste lenti costruite con particolari curvature e spessori producono una immagine spostata per l'effetto del prisma e leggermente ingrandita (da 4,15% a 24,10%), aumentando l'acuità visiva e la profondità di campo;

⁷ Difetto lacunare del campo visivo relativo a un'area più o meno estesa, dovuto a lesione delle vie ottiche.

CAPITOLO 4 – USO VISUOPOSTURALE DELLE LENTI PRISMATICHE

4.0.0 IL RUOLO DEL SISTEMA VISIVO NELL'ATTEGGIAMENTO POSTURALE

L'occhio, e più nello specifico il sistema visivo nel suo complesso, è tra i principali recettori sensoriali. Esso raccoglie gli impulsi necessari per fornire al cervello le informazioni utili a descrivere l'ambiente circostante.

Il cervello viene costantemente informato sullo stato di funzionalità visiva. Esso conosce la distanza di focalizzazione, l'orientamento degli assi visivi e regola, attraverso movimenti involontari, il corretto posizionamento dei bulbi oculari in funzione delle varie posizioni di osservazione.

Integrando queste informazioni con i dati che raccoglie dall'apparato vestibolare e dallo stato di contrazione tonica di alcuni muscoli che svolgono un "ruolo posturale", il cervello elabora le risposte adeguate.

Già Skeffington, padre dell'optometria comportamentale aveva intuito questo ampio ruolo del sistema visuale elaborando la teoria dei "4 aspetti del sistema visuale" (Fig. 15) (Skeffington, 1950).

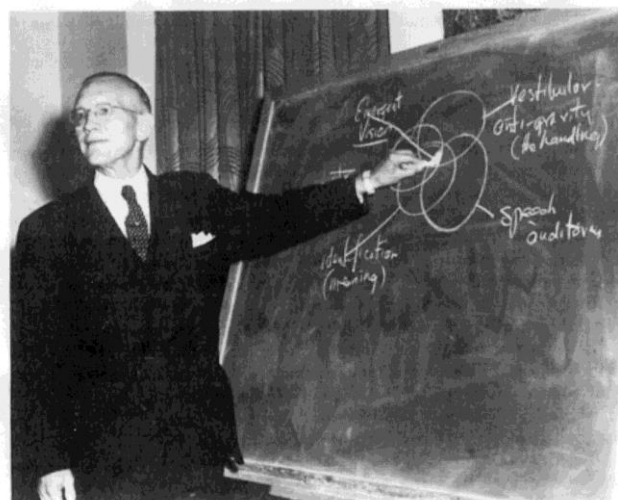


Figura 15 - Skeffington 1950

Definì la visione come un processo di integrazione di informazioni che contribuiscono a:

- conoscere la propria postura nello spazio;
- la posizione di tutto ciò che ci circonda ed è alla portata visiva;
- a identificare questi oggetti
- a poter comunicare le informazioni raccolte.

Difficoltà posturali possono essere causa o conseguenza di deficit visuali, un sistema visivo inefficace può portare infatti a posture scorrette, soprattutto astigmatismi non corretti, possono provocare l'assunzione di PAC (posizioni anomale del capo).

Anche l'apparato muscolare oculare, che si occupa della corretta direzione dei bulbi oculari, se presenta deficit (come strabismo e/o insufficienza di convergenza degli assi visivi) può essere causa di un anomalo adattamento posturale.

L'analisi optometrica mira a correggere difficoltà visive causate dall'assunzione di posture anomale, spesso anche servendosi della collaborazione di altre figure professionali come fisioterapisti, osteopati, fisiatri, odontoiatri ecc.

4.0.1 LA TEORIA DI SKEFFINGTON

Tra gli anni '40 e gli anni '50 Skeffington ipotizzò che la visione si realizzasse tramite un armonioso sviluppo di comportamenti fisici, fisiologici, percettivi e cognitivi. Al meccanismo di visione, secondo la sua teoria, contribuiscono quindi quattro aree fondamentali (fig.16):

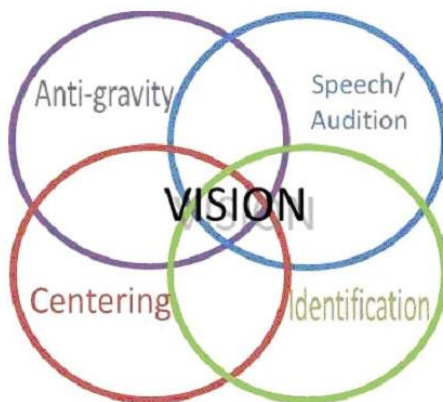


Figura 16 - 4 cerchi di Skeffington

1. L'area *antigravità* (Chi sono? Dove sono?) è legata alla capacità di localizzazione del soggetto rispetto allo spazio circostante.
2. La *centratura* (Dov'è?), si avvale dell'attenzione, stimolata dalle informazioni provenienti dai cinque organi di senso ed è resa possibile dall'allineamento degli assi visuali.
3. L'*identificazione* (Chi è? Cos'è?) invece è la "definizione e discriminazione" di un'immagine per ottenere un dato che soddisfi l'organismo. Tutti i sensi concorrono alla sua maturazione e, a livello del processo visivo, l'identificazione si realizza tramite gli impulsi provenienti dai due occhi in uno schema unitario che, sommati agli impulsi provenienti dagli altri sensi, si confronteranno con i modelli già memorizzati dalla corteccia visiva per una rapida percezione di quanto è situato nel campo visivo.
4. L'area *verbale-uditiva* è legata alla creazione di modelli mentali basati sull'esperienza e ben organizzati immediatamente disponibili.

La visione emergente è data dalla totalità dei processi precedentemente descritti.

4.1.0 LE LENTI PRISMATICHE PER MIGLIORARE LA POSTURA E POTENZIARE LE ATTIVITÀ DEL CERVELLO

«Il nostro ultimo progetto sono gli occhiali prismatici. All'esterno sembrano semplici occhiali con lenti molto spesse. In realtà, queste lenti quando indossate mostrano una realtà distorta. Gli oggetti sembrano spostati di un certo numero di gradi a destra o a sinistra, in alto o in basso. Non si tratta di realtà virtuale o aumentata, ma di una realtà distorta che porta il soggetto a dover calibrare la propria attenzione per raggiungere l'obiettivo. Se il soggetto sottoposto a diagnosi cerca di raggiungere quell'oggetto sbaglierà credendo erroneamente di vederlo davanti a sé. Dopo un certo numero di tentativi, il cervello correggerà il movimento dell'arto e raggiungerà l'oggetto. Una ripetizione continua di questo esercizio porterà il cervello a correggere ogni errore. Alla fine della sessione si potrà osservare come il potenziamento della zona del cervello sia stata attivata semplicemente dall'esercizio. Indossare gli occhiali porta involontariamente ad esercitare una zona del cervello potenziandone l'attenzione e la concentrazione ed è

qui che noi interveniamo, proprio per migliorare questo aspetto.» (Massimiliano Oliveri, medico specialista in neurologia, docente universitario e fondatore di Neuroteam.)⁸

Tale progetto è opera di un team di neurologi che attraverso varie sperimentazioni hanno dato vita ad una ricerca vantaggiosa che si serve di “dispositivi indossabili” per lavorare su attenzione, memoria e linguaggio o anche per migliorare la condizione di persone che hanno subito traumi invalidanti.

I problemi visivi e i comportamenti posturali sono fortemente correlati tra loro. Molti comportamenti posturali scorretti (es. postura asimmetrica e/o eccessivamente ravvicinata durante lo svolgimento di attività prossimali, uso prolungato di dispositivi elettronici ecc.) sono causa di disturbi visivi e sintomi di vario tipo.

Al tempo stesso, la presenza di alcuni problemi visivi predispone e induce a comportamenti posturali indesiderabili.

Ecco che allora subentrano scoliosi, disturbi visivi come miopia o deficit di convergenza, disallineamento degli assi visuali, ridotte abilità binoculari. Il cervello quindi si adatta alle più strane situazioni posturali a discapito però di problemi della visione.

Gli occhiali con correzione prismatica, sebbene necessitino di una fase iniziale di adattamento, possono essere una valida soluzione qualora il soggetto richieda un supporto per migliorare la sinergia tra sistema visivo e sistema posturale.

⁸ **Chifari Roberto.** Un paio di occhiali per potenziare l'attività del cervello. *Corriere della Sera*. 21 ottobre 2015.

CAPITOLO 5 – VALUTAZIONI SPERIMENTALI

5.0.0 APPLICAZIONI DI CORREZIONI PRISMATICHE A SOGGETTI CON DIVERSA SINTOMATOLOGIA

Di seguito verranno descritte tre differenti casistiche in cui è stato necessario applicare correzioni prismatiche per migliorare le condizioni visive, visuoperceptive e posturali dei soggetti considerati.

5.0.1 APPLICAZIONE DI CORREZIONE PRISMATICA PER COMPENSAZIONE DI ANOMALIE DELLO STATO ETEROFORICO

Anamnesi:

- Uomo
- 68 anni

Il soggetto presenta assenza di visione binoculare sia sensoriale che motoria, un'evidente exoforia OS con conseguenti anomalie dello stato di convergenza. È stato già sottoposto all'intervento di cataratta sia OS (nel 2018) che OD (nel 2019). Durante il periodo post operatorio risulta essersi ristabilita l'attività sensoriale dell'occhio ma non quella motoria.

Esame visivo pre-operatorio:

	OD			OS		
Visus	≈4-5/10			1/20		
	Sph	Cyl	Ax	Sph	Cyl	Ax
Lontano	-10.00	-4.00	100	-10.00	-4.00	90
Vicino	-6.50	-4.00	100	-6.50	-4.00	90

Esame visivo post-operatorio (OD):

	OD			OS				
Visus	≈3-4/10			9/10				
	Sph	Cyl	Ax	Sph	Cyl	Ax	Prisma	Base
Lontano	-0.50	-2.25	110	-0.75	-2.00	70	4Δ	0
Vicino	+2.25	-2.25	110	+2.25	-2.00	70	4Δ	0

Modus operandi:

In seguito all'intervento di rimozione della cataratta sono stati riscontrati evidenti miglioramenti dell'acuità visiva e dello stato refrattivo del soggetto (come è possibile notare anche nei dati sovraindicati). Tuttavia l'attività motoria è rimasta deficitaria con persistenza della deviazione exoforica all'occhio sinistro. Durante l'esame optometrico è emersa la necessità di applicare un prisma OS ≈6Δ base esterna (EB) per compensare il disallineamento orizzontale degli assi visivi ma tale correzione è risultata di difficile adattamento e sopportazione per il soggetto. È stata pertanto richiesta l'aggiunta di un prisma 4Δ EB per stimolare l'attività di convergenza e ridurre i disturbi in cui il soggetto sarebbe potuto incorrere. Dopo circa 30 giorni il soggetto presenta già apprezzabili miglioramenti dello stato di fissazione.

5.0.2 APPLICAZIONE DI CORREZIONE PRISMATICA PER COMPENSAZIONE DI ANOMALIE VISUOPERCETTIVE

Anamnesi:

- Donna
- 13 anni
- Studentessa ed utilizzatrice intensiva di dispositivi elettronici

La paziente presenta un'ipertrofia del trapezio ed ipercifosi già rilevati dal fisioterapista che la segue ed ha richiesto la consulenza dell'optometrista per valutare se, nella correzione in uso, ci fosse un problema relativo all'asse del cilindro.

Esame visivo:

	OD					OS				
Visus con correzione	9/10 (binoculare)									
	Sph	Cyl	Ax	Prisma	Base	Sph	Cyl	Ax	Prisma	Base
Lontano	-1.25	-1.25	165	2Δ	270°	-1.75	-0.75	45	2Δ	270°

Modus operandi:

Durante l'esame refrattivo, il soggetto ha spesso manifestato la tendenza ad accentuare la curva cifotica dorsale. A fine esame optometrico, con la correzione a tempiale, il visus non risultava raggiungere i 10/10 e si è evidenziata una scarsa presenza di binocularità, indice di una lenta attività accomodativa del cristallino e di una anomala visuopercezione del lontano. È stato quindi richiesto il trattamento con prismi gemellati 2Δ base bassa (DB) per stimolare la visione a distanza e consigliato di valutare i conseguenziali ed eventuali cambiamenti della postura naturale.

Dopo circa tre mesi di trattamento, i prismi sono stati rimossi poichè il soggetto ha manifestato miglioramenti sia grazie all'assunzione di una postura naturale maggiormente bilanciata ed eretta, sia recuperando visus.

Esame refrattivo post-trattamento con lenti prismatiche:

	OD			OS		
Visus	11/10 (binoculare)					
	Sph	Cyl	Ax	Sph	Cyl	Ax
Lontano	-1.50	-1.00	170	-1.50	-1.25	10

5.0.3 APPLICAZIONE DI CORREZIONE PRISMATICA PER COMPENSAZIONE DI ANOMALIE VISUOPOSTURALI

Anamnesi:

- Donna
- 23 anni

Il fisioterapista che segue la paziente, le ha consigliato di sottoporsi ad un controllo optometrico per cercare eventuali disordini visivi che possono essere concausa dei dolori dorso-lombari che manifesta e della permanente inclinazione del capo verso destra. La ragazza presenta un cheratocono bilaterale già diagnosticato da circa dieci anni e nel 2012 si è sottoposta a cross linking⁹ per OD.

Esame visivo:

	OD					OS		
Visus con correzione abituale	7/10 (binoculare)							
	Sph	Cyl	Ax	Prisma	Base	Sph	Cyl	Ax
Lontano	-3.00	-1.25	50	2Δ	270°	-1.25	-0.75	65

Modus operandi:

Il soggetto presenta un leggero disallineamento orizzontale ininfluente ($<1\Delta$). La presenza di PAC¹⁰, con conseguente disallineamento verticale degli assi visivi, causa forie verticali mal compensate e difficili da quantificare per via della persistente ed involontaria inclinazione del capo e dell'evidente torcicollo oculare. Tali osservazioni possono essere causa e conseguenza dei disturbi astenopici cronici. Il soggetto inoltre presenta attività

⁹ Il cross-linking è un trattamento per il cheratocono che consiste nel rafforzamento della cornea attraverso la "creazione" di nuovi legami tra le fibre collagene che la costituiscono. Questo avviene grazie all'azione di una vitamina, la riboflavina che, sottoposta all'azione dei raggi ultravioletti, rende più rigida la cornea stessa.

¹⁰ PAC – posizione anomala del capo

visiva dell'OD penalizzata e si ipotizza che il deterioramento di tali capacità visive siano causate dalla diversa velocità di progressione del cheratocono in un occhio piuttosto che nell'altro.

È stata richiesta pertanto l'applicazione di un prisma OD 2Δ DB per ridurre le forie verticali indotte dal torcicollo oculare e la compensazione del deficit visivo con lenti a contatto RGP per migliorare la percezione binoculare.

Dopo circa quattro mesi di trattamento, i prismi sono stati rimossi dal momento che la persona ha manifestato una forte riduzione sia dei disturbi dorso-lombari indotti dalla PAC e sia dell'astenopia.

CONCLUSIONI

L'interesse per l'uso e la funzionalità delle lenti prismatiche è nato durante le ore di tirocinio, vedere gli effetti e i benefici che questo particolare tipo di correzione può comportare e la vastità delle applicazioni che si possono effettuare mi hanno indotto ad elaborare questo lavoro di tesi sia sotto il profilo nozionistico che sperimentale.

La validità della correzione prismatica per la compensazione dei disturbi della visione binoculare e dello stato eteroforico è da sempre una certezza per molti optometristi, nonostante comporti un graduale adattamento come gran parte delle correzioni prescrivibili.

Tuttavia solo negli ultimi decenni è stata presa in considerazione l'idea di valutare la lente prismatica anche come un potente strumento di sviluppo delle funzioni neurologiche e di miglioramento della postura.

Credo che questo possa essere una potenziale realtà, che certamente necessita ancora di perfezionamenti ma che nella società odierna, continuamente impegnata a svolgere lavori prossimali e che richiedono l'uso di dispositivi elettronici, può trovare grande adempimento.

I casi riportati in questo lavoro di tesi hanno infatti confermato queste osservazioni, durante il tirocinio presso il centro ottico ho avuto la possibilità di riscontrare che le lenti prismatiche si rivelano versatili e funzionali agli usi richiesti dai soggetti eteroforici, strabici, ipovedenti o con problematiche per cui è utile la rieducazione visuoperceptiva e posturale.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. **Centro IFI - Incontro famiglia e individuo.** [Online]
<http://www.centroifi.it/optometria/training/abilita-visuo-spaziali/>.
2. **Carelli Paolo.** Slide del Corso Tecniche Fisiche per l'Optometria. 2016-2017.
Vol. I-II-III
3. **Lupelli Luigi.** *Optometria A-Z, Dizionario di Scienza, Tecnica e Clinica della Visione.* Palermo : Medical Books, 2014. ISBN 88-8034-003-4.
4. **Tecno Vision.** [Online] <https://www.dueffetecnovision.it/test-per-forie-2/>.
5. **C.O.I. - Compagnia ottica italiana snc.** [Online]
https://www.coivision.com/index.php?main_page=product_info&products_id=926.
6. **Platform Optic.** [Online] http://www.platform-optic.it/wp-content/uploads/2015/12/Platform_disparita-di-fissazione-e-sintomatologia-associata-in-visione-prossimale_Platform_Optic_dicembre_2015.pdf.
7. **Vargellini Francesco.** [Online]
<http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/privatisti%201&2/dispense%20estern e%20IBZ/5.%20LA%20VISIONE%20BINOCULARE.pdf>.
8. **Optomedica - Oftalmologia.** [Online]
<http://www.optomedica.com/ortottica/esercizi-visivi/>.
9. **Maffioletti Silvio.** *Descrizione e pratica clinica dei test optometrici.* Milano, 2003.
10. **IAPB Italia Onlus.** [Online]
https://www.iapb.it/fileutente/file/Opuscolo_Ipovisione-IAPB_Italia_onlus-web-8.pdf.
11. **Reccia Aniello.** Dispense del corso Ottica Visuale, Rieducazione Visiva ed Ipovisione. *Ipovisione.*
12. **Ottica Molinari - stile e benessere visivo.** [Online]
<https://otticamolinari.it/servizi/optometria/analisi-visiva-oep.html>.
13. **Barani, Dott. Alberto.** [Online] <http://www.robertobarani.com/hans-selye-lo-stress/>.
14. **Ottica Deriu Bosa.** [Online] <https://www.otticaderiu.com/test-di-haase/>.
15. **Network Vista Fragile.** [Online] <https://vistafragile.it/fonda-far/>.

16. **Dr. Giuseppe Ferraioli.** *Analisi Visiva.* [Online] Luglio 2017.

<http://www.ferraioligiuseppe.it/2017/07/26/analisi-visiva/>.

17. **Giannelli L.** *Moduli di approfondimento di Clinica Neuro-Visuo-Posturale.* Milano, 2017.

18. **Chifari Roberto.** Un paio di occhiali per potenziare l'attività del cervello. *Corriere della Sera.* 21 ottobre 2015.