

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

Interazione funzionale tra eteroforie ed ametropie

Relatore:

Prof. Michele Gagliardi

Candidato:

Rossella Iannece
Matricola M44/252

A.A. 2015/2016

INDICE	pag. 1
INTRODUZIONE	pag. 3
Capitolo 1: Disturbi della visione binoculare	pag. 4
1.1 Visione binoculare	pag. 4
1.1.1 Funzionamento.....	pag. 4
1.1.2 Anomalie.....	pag. 4
1.2 Lo stato eteroforico	pag. 5
1.2.1 Descrizione e peculiarità.....	pag. 5
1.2.2 Classificazione clinica.....	pag. 6
1.2.3 Cause dell'eteroforia.....	pag. 8
1.2.4 Sintomatologia.....	pag. 8
1.2.5 Compensazione.....	pag. 9
1.2.6 Aspetti statistici.....	pag. 9
Capitolo 2: Origine refrattiva delle forie orizzontali	pag. 11
2.1 L'accomodazione	pag. 11
2.1.1 Il processo accomodativo.....	pag. 11
2.1.2 Accomodazione e ametropie.....	pag. 12
2.1.3 Rapporto AC/A.....	pag. 13
2.2 Cause delle forie orizzontali	pag. 13
2.2.1 Esoforia.....	pag. 13
2.2.2 Exoforia.....	pag. 14
2.2.3 Cause secondarie.....	pag. 15
Capitolo 3: Tecniche di esame delle eteroforie	pag. 16
3.1 I test optometrici	pag. 16
3.2 Metodi con prisma base alto	pag. 16
3.2.1 Test foria abituale da lontano.....	pag. 16
3.2.2 Test foria indotta da lontano.....	pag. 18

3.3 Metodo con filtri polarizzati e anaglifici	pag. 18
3.3.1 Test di Hering	pag. 18
3.3.2 Test di Schober	pag. 19
Capitolo 4: LO STUDIO	pag. 21
4.1 Lo scopo	pag. 21
4.2 Soggetti	pag. 21
4.3 Procedura iniziale	pag. 21
4.3.1 Anamnesi	pag. 21
4.3.2 Test preliminari	pag. 22
4.4 Metodo	pag. 23
4.5 Risultati	pag. 24
4.5.1 Prima parte	pag. 24
4.5.2 Seconda parte (Esame refrattivo Soggettivo)	pag. 25
4.5.3 Seconda parte (Test delle forie)	pag. 27
4.6 Discussione	pag. 28
4.7 Conclusioni	pag. 30
Bibliografia	pag. 31

Introduzione

La visione è un fenomeno complesso che trova origine nella sinergia dei sistemi nervoso e muscolare.

La realizzazione di un'immagine visiva cosciente viene a manifestarsi in un sistema dinamico sotto diversi aspetti; tale dinamicità si manifesta con il lavoro della muscolatura estrinseca, che consente i movimenti dei bulbi oculari e quella intrinseca che consente il meccanismo dell'accomodazione (focalizzazione degli oggetti in visione prossimale).

I due gruppi, ovviamente lavorano sinergicamente al fine di consentire alla stimolazione luminosa di eccitare aree retiniche corrispondenti; in tal modo si verifica la visione binoculare. L'alterazione dei due fenomeni dinamici o anche uno solo di essi, comporta alterazioni nella fattibilità di una condizione visiva ottimale.

Nel lavoro di tesi sperimentale è illustrato l'aspetto della dinamicità dovuta alla muscolatura estrinseca che può causare deviazioni dei bulbi che non vertono sullo stesso punto di osservazione. In particolare, viene presa in considerazione l'insorgenza di una specifica deviazione latente in relazione alla ametropia esistente in un soggetto.

A tale scopo sono state effettuate verifiche della presenza di eteroforie in soggetti miopi ed ipermetropi, con o senza una correzione oftalmica, e la valutazione di cambiamenti dopo verifica della situazione refrattiva.

Questa pratica ha comunque accertato che le deviazioni esistenti sono caratteristiche delle singole ametropie in relazione all'accomodazione utilizzata dal soggetto.

La ricerca, seppur con un numero limitato di casi, ha reso possibile anche evidenziare che perfino una correzione oftalmica non centrata amplifica le deviazioni comportando in ogni caso un discomfort visivo.

Capitolo 1

DISTURBI DELLA VISIONE BINOCULARE

1.1: Visione binoculare

1.1.1 Funzionamento

La visione è un atto percettivo complesso compiuto dai due occhi in sinergia.

La capacità di percepire come singola l'immagine di un oggetto, prende il nome di visione binoculare, nonostante ai centri corticali occipitali giungano due impulsi: rispettivamente le immagini retiniche da un occhio e dall'altro.

Tale complessità è da attribuire alla necessaria cooperazione e alla corretta funzionalità di varie componenti dell'apparato visivo.

I presupposti che adducono alla visione binoculare sono:

- a) la formazione di immagini nitide garantite dall'accomodazione che le mette a fuoco su entrambe le fovee o due punti retinici corrispondenti;
- b) l'allineamento degli assi visivi dei due occhi sul punto oggetto fissato, fermo o in movimento, ad ogni distanza e prospettiva, regolato dalla fusione sensoriale (piatta) e dalla fusione motoria.

La componente sensoriale riceve ed elabora l'impulso, trasmette le informazioni alla componente motoria che, tramite movimenti di vergenza della muscolatura estrinseca, mantiene gli assi visivi in ortoposizione.

Le condizioni precedenti assicurano la stereopsi, vale a dire la capacità di percepire la profondità e la localizzazione spaziale dell'oggetto utilizzando la disparità di alcuni degli elementi retinici della stimolazione binoculare.

La binocularità garantisce la formazione di un'unica percezione di grado superiore partendo da stimoli monoculari.

1.1.2 Anomalie

L'equilibrio binoculare manifesta anomalie quando uno o più dei presupposti sopracitati non si verificano o risultano alterati.

Una delle cause più frequenti di disturbi alla visione binoculare è la perdita di parallelismo tra gli assi visivi con conseguente visione doppia (diplopia). Ovvero le due immagini retiniche andranno a cadere sui punti retinici non corrispondenti, che hanno diversa localizzazione spaziale, determinando così la diplopia. Al fine di eliminare la diplopia, la componente sensoriale interviene una seconda volta agendo sulla componente motoria che, nella maggior parte dei casi, riposiziona il giusto allineamento degli assi ottenendo nuovamente la fusione.

Nei casi in cui la componente sensoriale non sia sufficiente a riportare gli assi in posizione ortoforica, la diplopia permane. La visione doppia risulta fastidiosa. Una tra le due immagini retiniche, solitamente la peggiore, viene soppressa. In questo modo il sistema visivo avendo ripristinato la visione singola ritorna ad una visione monoculare, di fatto peggiore.

Gli squilibri che vengono compensati dopo l'intervento del sistema fusionale prendono il nome di eteroforie (o strabismo latente), mentre quelli che persistono anche dopo un ulteriore intervento prendono il nome di eterotropie (o strabismo manifesto).

1.2: Lo stato eteroforico

1.2.1 Descrizione e peculiarità

Lo stato eteroforico è uno squilibrio a carico della visione binoculare.

La deviazione che ne deriva non è attribuibile ad un solo occhio ma ad entrambi, e in prevalenza al non dominante.

“L'ortoforia è la posizione degli occhi in cui gli assi di sguardo si intersecano nel punto di fissazione anche se viene eliminato lo stimolo fusionale.”¹ (fig.1)

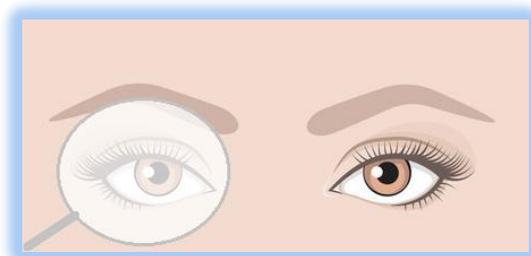


fig.1

¹ Lupelli L., “Optometria A-Z. Dizionario di Scienza, Tecnica e Clinica della Visione”, Palermo, Medical Books, 2014, pag 238

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

- latente: quando l'attività fusionale compensa l'errore di allineamento e gli occhi presentano un aspetto e una visione binoculare normale. Non è possibile riscontrarla con una semplice osservazione esterna, quindi, bisogna inibire la normale fusione, tramite procedure opportune, per poterla evidenziare e misurare. Questa tipologia di deviazioni appartiene al gruppo delle eteroforie.
- manifesta: quando l'errore di vergenza è consistente e l'attività fusionale non è sufficiente a ripristinare l'ortoforia; un occhio assume sempre una posizione deviata evidente e costante con conseguente perdita della binocularità e un'ambliopia più o meno grave, questa tipologia di deviazioni appartiene al gruppo delle eterotropie.

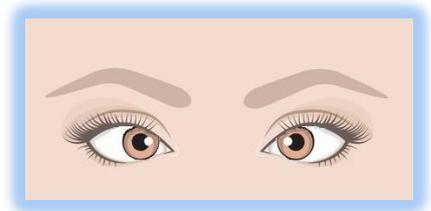
1.2.2 Classificazione clinica

In letteratura lo stato eteroforico è suddiviso nei seguenti gruppi:

Eteroforie orizzontali

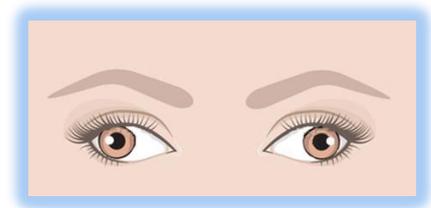
- *Esoforia*, condizione in cui gli occhi fissano un punto più vicino di quello di riferimento, assumono una posizione più convergente dell'ortoforia, tendendo così a ruotare verso l'interno. (fig.2)

fig.2



- *Exofovia*, condizione in cui gli occhi fissano un punto più lontano di quello di riferimento, assumono una posizione meno convergente dell'ortoforia, tendendo così a ruotare verso l'esterno. (fig.3)

fig.3



Eteroforie verticali

- *Iperforia dx* (o ipoforia sx), l'occhio destro fissa un punto più in alto rispetto al sinistro o viceversa. (fig.4)

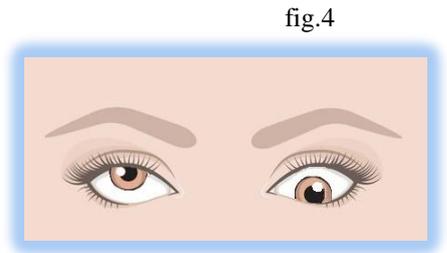


fig.4

- *Iperforia sx* (o ipoforia dx), l'occhio sinistro fissa un punto più in alto rispetto al destro o viceversa. (fig.5)

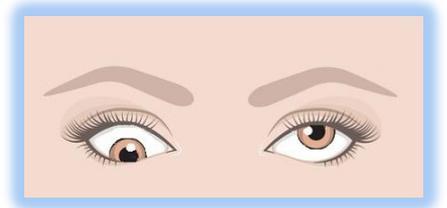


fig.5

Eteroforie torsionali

- *Incicloforia*, l'occhio, durante la fissazione, ruota intorno al suo asse antero-posteriore in maniera tale che l'estremo superiore del meridiano verticale risulti inclinato verso il naso. (fig.6)

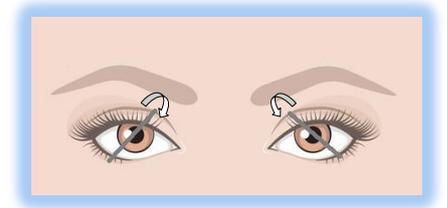


fig.6

- *Exocicloforia*, l'occhio, durante la fissazione, ruota intorno al suo asse antero-posteriore in maniera tale che l'estremo superiore del meridiano verticale risulti inclinato verso le tempie. (fig.7)

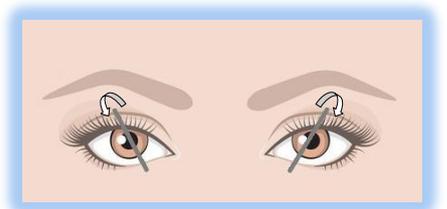


fig.7

1.2.3 Cause dell'eteroforia

Conoscere le origini che sono causa delle deviazioni è possibile attraverso un esame approfondito. La ricerca etiologica ha riscontrato tre fattori che sembrano assumere un ruolo chiave: refrattivi, innervativi e anatomici; possono presentarsi da soli o più spesso combinati tra loro in modi differenti, i primi due in particolare con maggiore frequenza. I fattori refrattivi si riferiscono a tutte le varie condizioni di ametropia, considerando soprattutto la funzione dell'accomodazione ad essa correlata. Ad esempio l'ipermetropia non corretta può causare una esoforia, la miopia non corretta una exoforia.

Con fattori innervativi si raggruppano una serie di anomalie a livello neuro-sensoriale:

- valori anomali del rapporto AC/A (convergenza accomodativa/ accomodazione),
- anomalie dell'innervazione che regola la muscolatura estrinseca,
- anomalie nella percezione visiva.

I fattori anatomici, definiti anche statici, sono le variazioni della struttura ossea dell'orbita, della posizione, delle intersezioni bulbari e della struttura fasciale dei muscoli estrinseci.

1.2.4 Sintomatologia

Una sintomatologia caratteristica che può ricondurre all'esistenza di una foria si presenta quando il vizio refrattivo non è correttamente compensato o in particolari condizioni.

L'esoforia può essere associata ai tipici sintomi dell'astenopia:

- mal di testa localizzato alla fronte,
- sensazione di tensione retro bulbare,
- bassa acuità visiva da lontano,
- visione annebbiata quando si passa dall'osservazione per vicino a lontano,
- talora diplopia.

Avviene con scarsa frequenza e in condizioni di stress che provocano un impegno eccessivo nel mantenere la visione binoculare.

Nell' exoforia causata da un'insufficienza di convergenza, la difficoltà degli assi visivi a convergere, man mano che l'oggetto diminuisce la distanza dal viso, presenta dei sintomi che possono essere molto disturbanti:

- cefalea,
- lacrimazione,
- bruciore oculare,
- difficoltà nella lettura,
- occlusione di un occhio per eliminare la visione doppia da vicino.

Quando l'exoforia è dovuta ad un eccesso di divergenza i disturbi si manifestano durante la visione da lontano.

Visione sfuocata e forti disturbi astenopici in modo particolare si evidenziano alla guida o in attività sportive all'aperto.

1.2.5 Compensazione

Il soggetto eteroforico che utilizza una compensazione ottica, in grado di correggere adeguatamente l'ametropia e che non induca variazioni della foria, ha una visione binoculare regolare e gli occhi hanno un aspetto normale, con gli assi visivi paralleli. 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. I movimenti di vergenza non sono strettamente dipendenti dall'attività di convergenza accomodativa, vengono quindi resi indipendenti: gli assi visivi sono riallineati sul punto di fissazione dai movimenti oculari senza alterare lo stimolo accomodativo.

1.2.6 Aspetti statistici

Il nostro sistema visivo è connaturato in maniera tale da pervenire comunque alla binocularità nonostante la presenza di eteroforie.

La condizione tollerata in presenza di forie (termine più comune delle eteroforie) per l'equilibrio binoculare è ortoforia o leggera exoforia in distanza, exoforia di 4-8^Δ da vicino.

Se risultano essere di modesta entità le forie sono fisiologiche.

La condizione di eteroforia appare quasi ordinaria: circa l'80% dei soggetti presenta una foria per alcune distanze.

Le eteroforie che si riscontrano con più frequenza nella pratica optometrica sono quelle che si svolgono sul piano orizzontale, assumendo anche un interesse maggiore in quanto legate allo stato refrattivo dall'attività accomodativa e alla correzione ottica, (aspetto questo che verrà trattato in maniera più approfondita nel capitolo 2).

Le forie verticali si presentano raramente da sole, sono quasi sempre associate alle orizzontali e possono arrecare maggiori disturbi alla visione binoculare anche se di piccola entità ($0.5-1^{\Delta}$). Infatti, a differenza delle deviazioni orizzontali, per le quali l'errore di vergenza può essere consistente perché il sistema fusionale è in grado di compensarlo in maniera ottimale, nelle forie verticali la capacità totale in verticale del sistema fusionale è di 3^{Δ} .

Capitolo 2

ORIGINE REFRAATTIVA DELLE FORIE ORIZZONTALI

2.1: L'accomodazione

2.1.1 Il processo accomodativo

Le ametropie sferiche risultano essere tra le cause più frequenti alla base di una foria. Questa stretta associazione è legata al ruolo dell'accomodazione nei vizi refrattivi.

L'accomodazione è il meccanismo del sistema visivo che consente una visione nitida a diverse distanze modificando il potere refrattivo del cristallino. Un cambiamento nella forma del cristallino determina la variazione del potere diottrico oculare: il muscolo ciliare, stimolato dal sistema parasimpatico, contraendosi (accomodazione positiva) modifica la tensione delle fibre zonulari. Le fibre che, compongono l'apparato sospenditore del cristallino, in relazione alla tensione applicata aumentano o diminuiscono il suo volume. Si determina così la formazione di immagini a fuoco sul piano retinico di oggetti posti a qualsiasi distanza.

Il processo accomodativo scaturisce dal sistema nervoso autonomo (SNA) e quindi in maniera indipendente dalla volontà. E' possibile stimolare l'accomodazione, processo involontario, esercitando volontariamente la convergenza. Questo fenomeno prende il nome di sincinesia e si può estendere anche alla costrizione pupillare, la quale riduce le aberrazioni successive ai cambiamenti di curvatura del cristallino e aumenta la profondità di campo selezionando la porzione centrale; infatti, per un'adeguata capacità accomodativa, è necessario che ci sia sinergia tra la cosiddetta triade prossimale: convergenza, accomodazione e miosi pupillare; l'insieme delle reazioni oculari durante la visione prossimale. (fig.8)



fig.8

2.1.2 Accomodazione e ametropie

I fattori esterni che innescano il meccanismo dell'accomodazione sono:

- immagine retinica sfuocata centralmente;
- aberrazione cromatica oculare;
- coscienza della distanza dello stimolo, grandezza dello stimolo.

Dal punto di vista teorico, la misura (in diottrie) dell'ampiezza accomodativa (AA) per osservare uno stimolo corrisponde all'inverso della distanza, misurata in metri, dello stesso stimolo dall'osservatore.

In linea con la teoria che i sistemi biologici tendono ad un risparmio energetico (l'esecuzione di un atto con il minimo sforzo necessario), l'effettiva accomodazione utilizzata dal sistema visivo non corrisponde a quella teorica necessaria: per la visione prossimale la quantità effettiva è minore della quantità teorica e viene definita lag accomodativo (0,75D).

Tale differenza si ripresenta per l'osservazione a grande distanza, ma, risulta in eccesso (lead accomodativo).

È la profondità di campo che garantisce la nitidezza dell'immagine nonostante l'errore focale.

Il ruolo dell'accomodazione è alla base della compensazione delle ametropie. Questa stretta associazione è dovuta al fatto che è necessario intervenire sull'accomodazione al fine di permettere la formazione di un'immagine retinica nitida.

Nell'ipermetropia l'immagine nitida si forma dietro il piano retinico, rendendo difficoltosa la messa a fuoco di oggetti vicini. Il sistema ottico oculare che presenta questo tipo di errore refrattivo, pur di ottenere un'immagine nitida da vicino, cerca di modificare la curvatura del cristallino e, per sinergia, converge più del dovuto dirigendo lo sguardo in senso mediale, verso il naso.

Nel miope le radiazioni provenienti dall'infinito formeranno un'immagine nitida prima del piano anatomico della retina, nel vitreo. Si andrà a verificare una situazione contraria a quella descritta precedentemente e l'occhio tenderà a dirigersi verso l'esterno.

2.1.3 Rapporto AC/C

La convergenza è un movimento di vergenza orizzontale capace di portare entrambi gli assi visivi su un punto di fissazione posto ad una distanza finita nello spazio, permettendo così la corrispondenza retinica bifoveale. È uno dei presupposti inevitabili che adduce alla visione binoculare.

La convergenza è data dalla somma di tre componenti (Maddox, 1893):

- psichica: la consapevolezza di vicinanza dello stimolo induce convergenza volontaria;
- fisiologica: la posizione degli occhi in assenza di fusione (posizione di foria);
- accomodativa: associata all'attività innervativa che genera lo stimolo accomodativo.

Se la convergenza finale risulta in eccesso o insufficiente intervengono i movimenti fusionali, presenti in ogni direzione, per eliminare la diplopia percepita solo a livello inconscio, dovuta agli errori di puntamento, al fine di preservare la binocularità.

Il valore del rapporto tra *accomodative convergence* (AC) e accomodazione (A) esprime la quantità di convergenza accomodativa indotta da una quantità di accomodazione relativa allo stimolo e non all'accomodazione effettiva, ovvero valuta come l'accomodazione causa convergenza. Il rapporto è soggettivo quindi è possibile affermare che un valore ottimale non deve essere superiore a $5 \Delta/D$, un valore anomalo induce problemi nelle vergenze.

2.2: Cause delle forie orizzontali

2.2.1 Esoforia

L' esoforia è la tendenza degli assi visivi a convergere. È corretta continuamente dai movimenti fusionali in divergenza che inviano impulsi continui alla muscolatura estrinseca oculare. Tale correzione termina quando l'attività fusionale viene interrotta, rendendo visibile la deviazione.

Si riscontra spesso associata a:

- ipermetropia non corretta o ipocorretta in soggetti giovani: rende difficoltosa la messa a fuoco di oggetti vicini, il sistema visivo tenta di compensare l'errore refrattivo con un aumento dell'accomodazione;
- miopia elevata: la visione a distanza prossimale è più confortevole per il miope causando un eccesso di accomodazione; può presentarsi in soggetti emmetropi che fanno un uso eccessivo della visione da vicino;
- spasmo muscolare: deriva dall'uso protratto della visione da vicino, come nel caso della lettura di un libro, dopo l'uso prolungato del computer o dopo attività lavorative che richiedono prolungata concentrazione su particolari piccoli. In queste condizioni si provoca un'alterazione nella curvatura del cristallino che permane anche nella visione distale, provocando una pseudomiopia;
- presbiopia incipiente: la riduzione di elasticità del cristallino provoca una maggiore stimolazione innervativa causando un aumento della convergenza accomodativa;
- valore del rapporto AC/A elevato.

2.2.2 Exoforia

L'exoforia è la tendenza degli assi visivi a deviare verso l'esterno. Le riserve fusionali di convergenza permettono di mantenere la deviazione allo stato latente, solamente bloccando la fusione viene messa in evidenza. Può essere conseguente a:

- miopia non corretta: la visione da vicino risulta nitida anche con una accomodazione ridotta, quindi il contributo della convergenza accomodativa è minore;
- astigmatismo elevato, anisometropia o altre anomalie refrattive elevate: insufficienza di convergenza causa di una ridotta acuità visiva;
- presbiopia avanzata o assoluta: perdita del contributo della convergenza accomodativa;
- eccesso di divergenza: il soggetto è in grado di convergere da vicino, ma nella visione a distanza gli assi visivi tendono a divergere eccessivamente;
- valore del rapporto AC/A ridotto.

2.2.3 Cause secondarie

La tendenza a eso/exodeviazioni può essere causata anche dai sistemi di compensazione ottica: una pseudoforia può derivare da errori di centraggio delle lenti. La foria può subire variazioni se l'osservazione avviene al centro della lente o in periferia, a causa degli effetti prismatici indotti, oppure un cambiamento nel potere della lente induce una quantità di accomodazione differente che può essere in eccesso o in difetto.

Capitolo 3

TECNICHE DI ESAME DELLE ETEROFORIE

3.1: I test optometrici

I test che analizzano e quantificano le forie sono molteplici e tutti improntati sulla dissociazione della visione binoculare, si differenziano per il metodo con cui si ottiene la rottura del riflesso della fusione, ne esistono quattro, tramite: prisma base alta (BA), cilindri di maddox, filtri anaglifici o polarizzati e cover test.

Nella fase sperimentale della tesi, le metodologie adottate nei vari test sono state: quella del prisma base alta e quella relativa all'uso di filtri anaglifici o polarizzati. La scelta è ricaduta su questa tipologia di test perché hanno un tempo di somministrazione molto simile tra loro, in maniera tale da poter essere effettuati in sequenza senza che il soggetto si stanchi, fornendo risposte fallaci che andrebbero ad alterare i risultati.

Di seguito è riportata la descrizione della loro esecuzione.

3.2: Metodo con prisma base alta

3.2.1 Test foria abituale da lontano

Il test ha lo scopo di individuare e valutare l'eventuale presenza di una foria orizzontale nella visione da lontano. Portato il soggetto nella condizione di accomodazione rilassata e visione binoculare interrotta, si esamina l'orientamento orizzontale degli assi visivi.

Il test è stato eseguito con luce ambientale di normale intensità, la correzione da inserire nel forottero è quella usata abitualmente dal soggetto per la visione da lontano; nei soggetti che non hanno nessuna correzione per la visione a distanza, vengono inserite delle lenti neutre. Si antepone un prisma di Risley 6^{Δ} BA all'occhio dominante (fig.9), la mira è un punto luminoso di piccole dimensioni utile per attivare e controllare l'accomodazione. In questo modo, la visione è dissociata: l'occhio con il prisma anteposto vedrà la mira in una posizione più in basso (il prisma è un dispositivo ottico che, tra le sue proprietà, ha quella di far emergere un raggio incidente sulla sua superficie, deviato verso la base del prisma. L'immagine sarà percepita verso l'apice) rispetto alla posizione reale della mira, vista invece dall'altro occhio.



fig.9 Prisma di Risley 6^ΔBA

Il soggetto può affermare di vedere:

- due mire allineate verticalmente una all'altra, condizione che specifica una ortoforia;
- una, tra le due mire, percepita spostata lungo la direzione orizzontale: se la mira è localizzata dallo stesso lato dell'occhio che la percepisce è una esoforia, se la mira è localizzata dal lato opposto dell'occhio che la percepisce è una exoforia.

Per quantizzare la foria, all'occhio controlaterale si antepone un prisma di Risley di 10^Δ (fig.10) base interna (BI) o esterna (BE) relativamente al tipo di foria orizzontale. L'occhio in questione percepirà la mira, che si trova più in alto, spostata in direzione orizzontale opposta alla visione precedente. Si prosegue, diminuendo lentamente il valore del prisma finché il soggetto avvisa di vedere le due mire allineate in direzione verticale. La quantità indicata dalla freccia sulla corona del disco rappresenta il valore

residuo del prisma, sufficiente a compensare l'angolo di deviazione tra gli assi visivi.



fig.10 Posizionamento Prismi di Risley per quantizzare la foria. Od: 6^{Δ} BA, Os: 10^{Δ} BE.

Quando il valore, sul quale il soggetto afferma di vedere le mire allineate verticalmente, è pari a 0 (verticale), il prisma è azzerato e la condizione è ortoforica. Invece, se la freccia si ferma su valori alla destra dello 0 verticale il prisma è BE e correggerà una esoforia, se la freccia si ferma su valori alla sinistra dello 0 verticale il prisma è BI e correggerà una exoforia.

3.2.2 Test foria indotta da lontano

Questo test si esegue dopo aver svolto l'esame soggettivo, serve a valutare se la correzione trovata, che compensa totalmente l'ametropia, induca una variazione in meglio o in peggio della foria abituale nella visione da lontano.

La procedura di esecuzione del test è uguale a quella descritta in precedenza, varia solamente la correzione da inserire nel forottero, che corrisponde a quella trovata con l'esame refrattivo soggettivo.

3.3: Metodo con filtri polarizzati e anaglifici

3.3.1 Test di Hering

Il test utilizza, come metodo per la dissociazione della visione binoculare, i filtri polarizzati. In questo caso, la condizione ideale per creare la dissociazione totale, in cui ogni occhio percepisce contemporaneamente due immagini diverse (nessun elemento fusibile centrale o periferico) per portare gli assi visivi alla posizione di foria, è

adoperare luce ambientale ridotta. Così facendo, gli oggetti presenti sullo sfondo, che potrebbero attivare la fusione periferica ed evidenziare una deviazione dovuta non ad una eteroforia ma alla disparità di fissazione, sono eliminati. La mira utilizzata per l'esecuzione del test è una croce, i cui bracci sono polarizzati ortogonalmente tra di loro, proiettata a distanza (fig.11). La correzione inserita nel forottero è quella da lontano o se il soggetto non ha nessuna correzione per la visione a distanza verranno inserite delle lenti neutre. Applicando i filtri polarizzati, indicati dalla lettera P, con l'occhio destro vengono visti i bracci verticali e con il sinistro i bracci orizzontali. Viene chiesto al soggetto se la mira si presenta come una croce centrata, oppure, c'è un disallineamento nei bracci. Le possibili risposte sono: bracci verticali spostati in direzione orizzontale verso destra, si tratta di una esoforia, verso sinistra, si tratta di una exoforia, se è presente allineamento si tratta di ortoforia.

Per trovare la misura della foria si antepone all'occhio destro un prisma di Risley, a BI o BE a seconda del tipo di foria, e si individua il valore in grado di ripristinare il corretto allineamento nella mira.

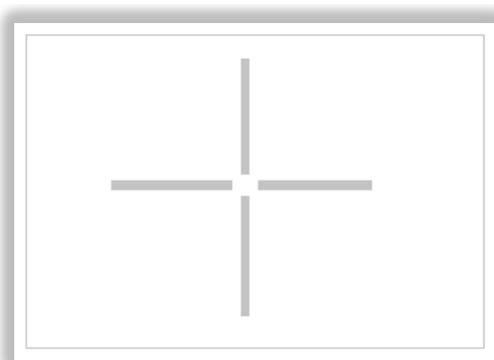


fig.11 Mira polarizzata

3.3.2 Test di Schober

Il test proposto da Schober impiega l'utilizzo di filtri anaglifici, sono filtri di colori complementari, solitamente rosso e verde, che assorbono (bloccano) a vicenda le rispettive lunghezze d'onda. La mira presentata in distanza è una croce rossa al centro di due cerchi concentrici verdi (fig.12). In questo modo si ottiene la dissociazione, la percezione contemporanea di due immagini sovrapponibili ma non fusibili, il riflesso della fusione viene interrotto e gli assi visivi si portano nella posizione di riposo. Anche con questo test, la luce ambientale deve essere minima in modo che gli occhi non possano percepire nessun oggetto nel campo visivo periferico.



fig.12 Mira test di Schober

L'esecuzione è molto simile al test precedente. Dopo aver posizionato correttamente il forottero e inserita l'eventuale correzione, viene anteposto all'occhio destro il filtro rosso, contrassegnato dalle lettere RL e all'occhio sinistro il filtro verde, GL, e presentata la mira. La croce rossa è vista dall'occhio destro, i cerchi verdi dall'occhio sinistro. È chiesto al soggetto di descrivere la mira, la posizione della croce rispetto ai cerchi definisce la foria; in caso di ortoforia la croce è percepita al centro dei cerchi.

Una valutazione approssimativa in diottrie prismatiche è possibile chiedendo all'esaminato di precisare con esattezza dove si colloca la croce rispetto agli anelli. Sapendo che uno spostamento, il quale corrisponde alla posizione in cui l'estremità di un braccio della croce sfiora il primo anello, vale 1^{Δ} , due spostamenti sono pari a 2^{Δ} , quando il centro della croce si trova sul primo anello, tre spostamenti sono pari a 3^{Δ} , quando il centro si trova nel secondo anello.

Capitolo 4

LO STUDIO

In questo capitolo viene descritto lo studio sperimentale sul quale si basa la tesi.

4.1: Lo scopo

Lo scopo dello studio è valutare l'interazione funzionale tra ametropie ed eteroforie nella visione da lontano.

L'ipotesi da verificare mette a confronto i valori ottenuti da diverse condizioni ottiche: la correzione abituale, la nuova correzione trovata in sede d'esame o l'assenza di una correzione, per misurare quanto la variazione della potenza diottrica influenzi lo stato eteroforico, in modo particolare le forie orizzontali.

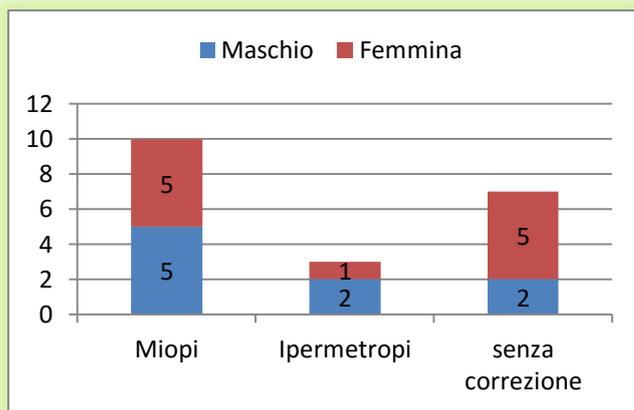
4.2: Soggetti

I soggetti analizzati per lo studio, da inizio gennaio a fine febbraio 2017 presso il laboratorio di optometria del dipartimento di Fisica, sono venti (9 maschi e 11 femmine) di età compresa tra i 22 e 31 anni. Tutti sono stati esaminati con la correzione abituale per distanza o senza, se non la usavano.

4.3: Procedura iniziale

4.3.1 Anamnesi

I dati anamnestici raccolti riguardano: sesso, età, occupazione e condizione refrattiva (vedi Graf.1). I portatori di una correzione abituale hanno indicato anche da quanto tempo la impiegano. Poiché i soggetti esaminati sono tutti studenti e di giovane età, è importante acquisire informazioni per quanto concerne l'utilizzo della visione da vicino e, se associata ad un uso prolungato, hanno evidenziato la presenza di disturbi visivi (passando dalla visione prossimale a quella da lontano) o anestetici.



Graf. 1 Il campione di soggetti dopo l'anamnesi è distribuito tra i due sessi: in egual numero per i miopi, gli ipermetropi hanno una prevalenza maschile, mentre i soggetti che non portano una correzione abituale(sc) hanno una maggioranza femminile.

4.3.2 Test preliminari

A tutti i soggetti sono stati effettuati due test preliminari: l'autorefrattometria (ARef) e la dominanza oculare.

L'ARef dà una valutazione oggettiva della refrazione, in particolar modo, per i soggetti che non hanno una correzione abituale, i valori rilevati automaticamente hanno dato un'indicazione approssimativa sull'eventuale ametropia e successivamente sono stati confrontati con quelli dell'esame refrattivo soggettivo.

Il test utilizzato per individuare la dominanza oculare è quello del cartone forato: la mira presentata in lontananza è un punto luminoso, il cartone è mantenuto dal soggetto con entrambe le mani e, attraverso il foro, con entrambi gli occhi aperti si invita a guardare la mira. Viene occluso un occhio, se causa la sparizione della mira è il dominante (oppure, l'occhio che non viene occluso, continua a vedere la mira). Tutti i soggetti hanno mostrato una dominanza dell'occhio destro.

Ai soli soggetti che portano una correzione ottica, è stata controllata la centratura degli occhiali ed annotato un'eventuale decentramento. Il potere della correzione in uso è stato misurato con l'utilizzo di un frontifocometro automatico, è stato successivamente verificato se si trattasse della correzione adeguata con l'esame refrattivo soggettivo.

La tabella sottostante (Tab.1) riporta i valori della correzione abituale misurata al frontifocometro automatico.

#	OD	OS
1	<i>sf</i> -2,50	<i>sf</i> -3,25

2	<i>sf -2,00 cyl -0,50 ax 130</i>	<i>sf -1,50 cyl -0,50 ax 60</i>
3	<i>sf -0,75 cyl -0,75 ax 178</i>	<i>sf -0,50 cyl -0,75 ax 3</i>
4	<i>cyl +1,00 ax 75</i>	<i>cyl +1,00 ax 90</i>
5	<i>sf -0,75</i>	<i>sf -0,75</i>
6	<i>sf -4,00 cyl -1,75 ax 3</i>	<i>sf -3,25 cyl -1,00 ax 180</i>
7	<i>sf -1,75 cyl -0,50 ax 125</i>	<i>sf -3,00 cyl -0,50 ax 77</i>
8	<i>sf -1,50</i>	<i>Sf -1,50</i>
9	<i>sf -1,25</i>	<i>sf -0,75</i>
10	<i>sf -1,50</i>	<i>sf -1,25</i>
11	<i>sf -2,00 cyl -0,75 ax 180</i>	<i>sf -1,00 cyl -0,75 ax 45</i>
12	<i>sf +1,25 cyl -0,50 ax 85</i>	<i>Sf +1,00</i>
13	<i>sf +1,50 cyl -0,75 ax 30</i>	<i>sf +0,75 cyl 0,25 ax 120</i>

Tab.1 Rx in uso

4.4: Metodo

Il metodo di studio procede dividendosi in due parti:

- Nella prima parte è stata eseguita una prima valutazione delle forie orizzontali nella visione a distanza in condizioni abituali. I test effettuati sono: test della foria abituale da lontano, test di Schober e test di Hering, la loro modalità di esecuzione è descritta nel capitolo 3, sottoparagrafo 3.2.1 , 3.3.1, 3.3.2 .
- Nella seconda parte è stato svolto un esame refrattivo soggettivo: per i soggetti con correzione in uso, è servito a controllare se il valore della correzione utilizzata fosse esatta; per i soggetti che non portavano correzione è servito ad individuare se fosse presente un'ametropia di cui non erano a conoscenza. Sono stati eseguiti, una seconda volta, i test per la valutazione delle forie: Test della foria indotta da lontano (vedi capitolo 3, sottoparagrafo 3.2.2), test di Schober e test di Hering.

4.5: Risultati

4.5.1 Prima parte

Il tipo di foria evidenziata dai test e la sua quantizzazione, misurata in diottrie prismatiche, è riportata nella Tab.2.

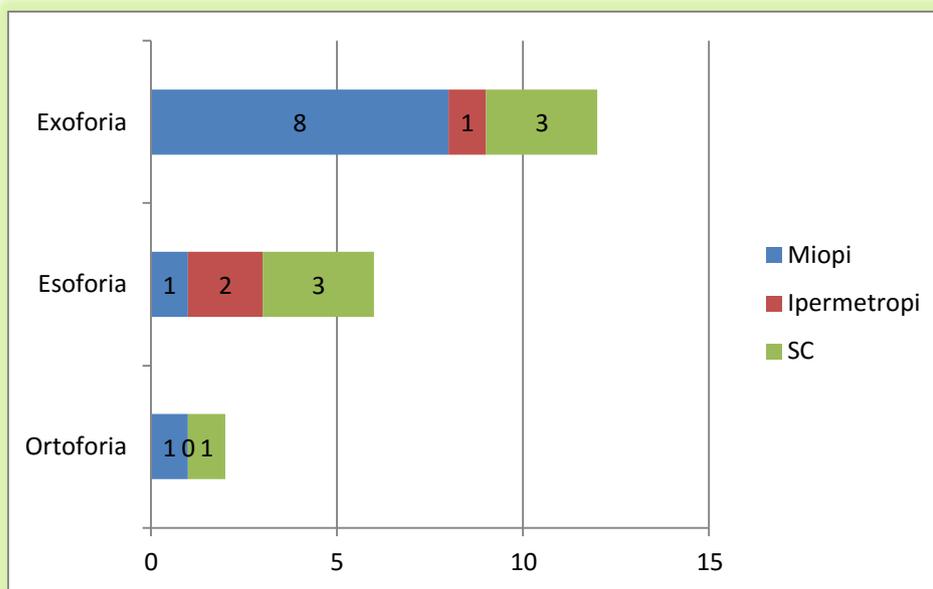
#	EXO(Δ)	ESO(Δ)	ORTO
1	3		
2		5	
3			0
4	2		
5	3		
6	3		
7	2		
8	3		
9	3		
10	2		
11	1		
12		3	
13		4	
14		3	
15	2		
16		3	
17	3		
18		4	
19			0
20	2		

Tab. 2 I risultati relativi ai test delle forie effettuati nella prima parte del metodo di studio descritto.

La condizione ortoforica corrisponde ad un valore pari a zero(0) in dtp.

I test hanno evidenziato che i venti soggetti presentano una condizione eteroforica per lontano, la cui distribuzione è: dodici associati ad exoforia, sei associati ad esoforia e due ortoforici.

Nel campione analizzato gli exoforici, che presentano come vizio refrattivo la miopia sono otto, un solo ipermetrope e tre i soggetti che non usavano nessuna correzione (SC). Gli esoforici sono tre SC, due ipermetropi e un miope. La condizione di ortoforia si evidenzia in un soggetto miope ed in uno SC. (vedi Graf.2)



Graf. 2 Distribuzione dei vizi refrattivi nelle varie condizioni eteroforiche

4.5.2 Seconda parte (Esame Refrattivo Soggettivo)

La seconda parte del metodo di studio ha previsto l'esecuzione di un esame refrattivo soggettivo. Per i tredici soggetti che presentavano già una correzione abituale è stato sufficiente verificare se il valori riportati dalla Rx (Tab.1) correggevano totalmente l'ametropia o è stata necessaria una modifica, quindi una nuova correzione.

Nella tabella sottostante (Tab.3) si riportano i valori successivi alla refrazione soggettiva per i soggetti che portavano abitualmente una correzione.

#	OD	OS
1	<i>sf -2,75 cyl -0,50 ax 45</i>	<i>sf -3,75 cyl -0,25 ax 150</i>
2	<i>sf -2,25 cyl -1,25 ax 120</i>	<i>sf -3,00 cyl -1,00 ax 85</i>
3	<i>sf -1,50 cyl -0,75 ax 178</i>	<i>sf -2,00 cyl -0,50 ax 3</i>
4	<i>sf -0,50 cyl -0,75 ax 135</i>	<i>sf -0,25 cyl -0,50 ax 180</i>

5	<i>sf -1,00 cyl -0,25 ax 90</i>	<i>sf -1,00 cyl -0,25 ax 90</i>
6	<i>sf -4,50 cyl -2,25 ax 180</i>	<i>sf -3,75 cyl -1,50 ax 180</i>
7	<i>sf -1,75 cyl -0,50 ax 125</i>	<i>sf -2,50 cyl -0,50 ax 77</i>
8	<i>sf -1,25</i>	<i>sf -0,75 cyl -1,00 ax 175</i>
9	<i>sf -1,25</i>	<i>sf -0,75</i>
10	<i>sf -1,50</i>	<i>sf -1,25</i>
11	<i>sf -2,00 cyl -0,75 ax 180</i>	<i>sf -1,00 cyl -0,75 ax 45</i>
12	<i>sf +2,00 cyl -0,50 ax 85</i>	<i>sf +1,25</i>
13	<i>sf +1,75 cyl -1,00 ax 30</i>	<i>sf +0,75 cyl -0,50 ax 120</i>

Tab.3Rx post
soggettiva. In

grassetto sono segnati i valori riguardanti i soggetti che presentavano una correzione errata, quindi la nuova correzione.

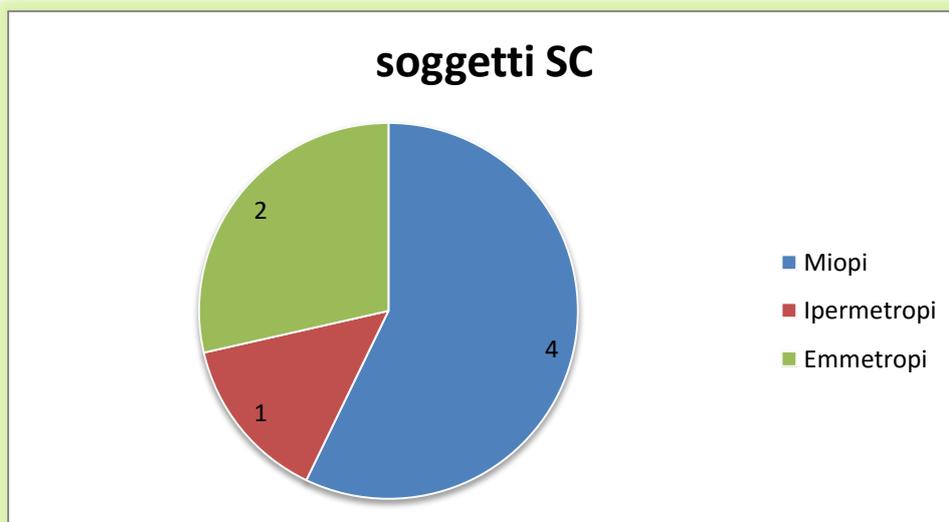
Solamente per tre, tra i soggetti che portavano una correzione abituale, è stata verificata un'attendibilità della correzione in uso rispetto all'ametropia presente.

Dei restanti sette soggetti SC, l'esame refrattivo soggettivo ha riscontrato solamente in due la reale mancanza di necessità ad avere una correzione ottica, classificandosi così emmetropi. Gli altri cinque, invece, hanno evidenziato un vizio refrattivo non corretto (vedi Graf.3).

Di seguito, sono riportati i valori delle correzioni trovate in sede d'esame. (Tab.4)

#	OD	OS
14	<i>sf -0,50 cyl -0,50 ax 120</i>	<i>sf -0,25 cyl -0,25 ax 40</i>
15	<i>sf -0,50</i>	<i>sf -0,50</i>
16	<i>sf -1,00 cyl -0,25 ax 135</i>	<i>sf -0,75 cyl -0,25 ax 85</i>
17	<i>sf +1,00 cyl -0,75 ax 10</i>	<i>sf +0,75 cyl -0,50 ax 120</i>
18	<i>sf -0,75 cyl -0,50 ax 180</i>	<i>sf -0,50 cyl -0,50 ax 155</i>

Tab.4 Valori della
compensazione
ottica
misurata ai
soggetti SC



Graf.3

Distribuzione delle ametropie, dopo l'esame soggettivo, nei soggetti che non portavano nessuna correzione.

4.5.3 Seconda parte (Test delle forie)

Con i risultati ottenuti dall'esame refrattivo soggettivo, si è indagato nuovamente sulla condizione eteroforica. Tutti i soggetti hanno eseguito ex novo i test delle forie con inseriti i valori trovati poco sopra, (vedi Tab. 3, Tab. 4.).

Nelle tabella seguente sono riportati i valori quantitativi, in diottrie prismatiche, relativi alle forie analizzate una seconda volta.

#	ESO(Δ)	EXO(Δ)	ORTO
1		2	
2	1		
3			0
4	2		
5		3	
6		1	
7			0
8		3	
9		3	
10		2	
11		1	

12	2		
13	1		
14	2		
15		2	
16	3		
17	1		
18	2		
19			0
20		2	

Tab.5 I risultati relativi ai test delle forie effettuati nella seconda parte del metodo di studio descritto.

La ripetizione dei test delle forie ha evidenziato delle variazioni a livello quantitativo della foria, rispetto ai risultati ottenuti precedentemente.

Un maggiore approfondimento in merito, avviene nel capitolo successivo (4.6).

4.6 Discussione

Il quadro che emerge dai test preliminari e dallo svolgimento della prima parte del metodo di studio, mostra come i vizi refrattivi si distribuiscono nelle condizioni eteroforiche (Graf.2). Si nota, come alla maggior parte dei miopi (otto) è associata una exoforia da lontano; condizione questa ritenuta “normale” perché in linea con le cause da cui può scaturire. Per gli stessi motivi, a due ipermetropi su tre è associata una esoforia da lontano. Dei tre soggetti ritenuti “anomali”, maggiore attenzione va rivolta all’anamnesi, dalla quale è ipotizzabile identificare delle eventuali cause.

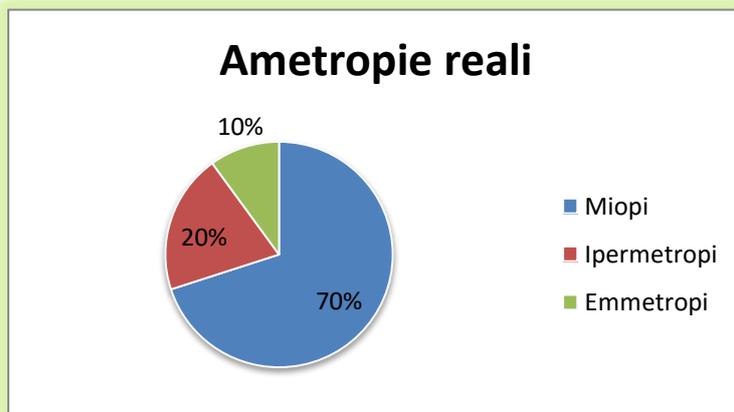
Il miope che presenta la condizione di ortoforia, in nessun modo identifica un caso anomalo, ma rappresenta una situazione ottimale. Al secondo miope è associata una esoforia di 5^Δ, esaminando i dati dell’anamnesi vengono tenuti in considerazione, come una probabili cause, un lieve decentramento dell’occhiale in verticale e l’utilizzo della stessa correzione per un periodo lungo, 5 anni.

Il soggetto ipermetrope, a cui è associata una exoforia da lontano, lamenta disturbi nella visione, ritenendo la correzione in uso non adeguata al vizio refrattivo; ulteriori indagini e considerazioni sono rimandate dopo aver svolto la seconda parte del metodo di studio. L’esecuzione dell’esame di refrazione soggettivo ha portato alla luce che, dei tredici soggetti con correzione abituale, solamente tre avevano una correzione in grado di

compensare in modo ottimale l'ametropia (Tab.3); dei sette soggetti SC, due sono emmetropi, quattro miopi e uno ipermetrope (Graf.3).

L'indagine delle forie orizzontali nella visione da lontano giunge al termine riproponendo a tutti i soggetti i test delle forie con i nuovi dati ottenuti.

Il grafico 4 riporta come sono realmente distribuite le ametropie all'interno del campione analizzato. I venti soggetti si ripartiscono in base all'ametropia in: quattordici miopi, quattro ipermetropi e due emmetropi.



Graf.4: Reale distribuzione delle ametropie tra i soggetti analizzati.

Mettendo a confronto le tabelle 2 e 5, rispettivamente i valori delle forie orizzontali in visione a distanza con la correzione abituale (o senza niente) e con la nuova correzione, andremo subito a guardare i valori che si riferiscono ai casi di cui abbiamo trattato prima: il soggetto miope che presentava una eso di 5^{Δ} , con la nuova correzione, diminuisce ad un valore di 1^{Δ} , quindi la causa era da ricercare, come ipotizzato, nella errata correzione dell'ametropia e nel decentramento; il soggetto ipermetrope con 2^{Δ} di exo, con la nuova correzione è passato ad un valore di 2^{Δ} di eso. È considerato un valore accettabile, in quanto il soggetto con la nuova correzione non lamenta più i disturbi visivi, poiché raggiunge un visus di 12/10, ed inoltre l'entità della deviazione è poco rilevante per causare disturbi alla visione binoculare.

Dei sette soggetti che inizialmente non portavano nessuna correzione, i due emmetropi non prendono parte alla discussione, in quanto l'entità della foria non è ovviamente variata; dei cinque restanti soggetti, di cui quattro miopi e un ipermetrope, solamente uno dei miopi rispetta l'associazione exoforia-miopia, gli altri tre, nonostante non si attengano alla "regola", ottengono una diminuzione dell'entità della foria quando

utilizzano la nuova correzione; il soggetto ipermetrope, invece, passa da una condizione di 3^{Δ} di exo a 1^{Δ} di eso, avendo un miglioramento.

4.7 Conclusioni

Dallo studio si evidenzia la correlazione ametropie–eteroforie e la diretta connessione tra miopia ed exoforia e ipermetropia ed esoforia. In taluni episodi è stato costatato un’inversione della relazione, purtuttavia le eccezioni confermano la regola e resta in vigore la logica spiegazione delle alterazioni eteroforiche.

Un soggetto miope non corretto o ipocorretto mostra una exoforia grazie alla tendenza ad una visione prossimale con uno sforzo accomodativo superficiale, l’ipermetrope, specie in giovane età, utilizza accomodazione per compensare il vizio refrattivo.

Gli assi visivi vengono indirizzati sull’oggetto da vedere con una convergenza o divergenza proporzionata alla distanza di osservazione ma, ovviamente ciò è strettamente legato alla miosi e soprattutto all’accomodazione.

In effetti i sistemi lavorano concordemente e l’uno non può essere scisso dall’azione dell’altro, non a caso si parla di triade accomodativa.

Anche una correzione preesistente non esatta o non sufficiente e la centratura dell’occhiale correttivo, possono comportare insorgenza o alterazione delle eteroforie.

In ultima analisi è d’obbligo sottolineare che le performance e una visione confortevole sono conseguenza di un’attenta valutazione di ogni aspetto delle abilità visive e non unicamente sulla superficiale quantizzazione dell’acutezza visiva, stabilendo quindi soltanto i decimi risolutivi a determinate distanze. I controlli e le misure vanno effettuate certamente in relazione al disturbo visivo ma non deve essere sottovalutato nessun aspetto che interagisce nella realizzazione della funzione di un sistema molto complesso.

Bibliografia

Carlson Nancy B., Kurtz D., (2014). *Clinical Procedures for Ocular Examination 3/e*. McGraw-Hill.

Contino F., Gorgone G., (1991). *Ottica Fisiopatologica*. Florio, Napoli.

Grannelli L., Grannelli M., Moro G., (2012). *L'esame visivo efficace*. Medical Books, Palermo.

Hasebe S, Nonaka F, Ohtsuki H., (2005). *Accuracy of accommodation in heterophoric patients: testing an interaction model in a large clinical sample*. *Ophthalmic Physiol Opt.* 25(6):582-91.

Kaschke M., Karl-heinz, Rill D., Stefan M., (2014). *Optical Devices in ophthalmology and optometry*. Vch Pub.

Lupelli L., (2014). *Optometria A-Z Dizionario di Scienza, Tecnica e Clinica della Visione*. Medical Books, Palermo.

Maiocchi A., (2007). *Manuale Pratico per l'esecuzione di un esame visivo*. Medical Books, Palermo.

Paliaga G., (1991). *L'esame del visus*. Minerva Medica, Roma.

Rosenfield M., Logan N., (2009). *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. Elsevier.

Rossetti A., Gheller P., (2003). *Manuale di optometria e contattologia*. Zanichelli, Bologna.

Sheedy J.E., Saladin J.J.(1977) *Phoria, vergence and fixation disparity in oculomotor problems*. *Am J Optom Physiol Opt.* 54 (7); 474-478.

Zeri F., Rossetti A., Fossetti A., Calossi A., (2012). *Ottica Visuale*. Società Editrice Universo, Roma.