



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei"

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

***Distribuzione delle anomalie della visione binoculare
mediante rapporto AC/A di una popolazione di
studenti***

Relatore: Prof.ssa Ortolan Dominga

Correlatore: Prof. Stanco Luca

Laureanda: Mesiti Sigismina Ilenia

Matricola: 1077726

Anno Accademico 2016/2017

*Ai miei genitori,
i miei migliori insegnanti.*

Indice

Abstract

Introduzione

1. La visione binoculare

- 1.1 Generalità
- 1.2 Anomalie del sistema visivo binoculare
- 1.3 Accomodazione e convergenza: il rapporto AC/A
- 1.4 Relazione tra le disfunzioni e l'ambiente
- 1.5 Prevalenza delle disfunzioni binoculari

2. Materiali e metodo

- 2.1 Selezione dei soggetti
- 2.2 Protocollo
- 2.3 Norme di riferimento
- 2.4 Analisi statistica

3. Risultati dello studio

4. Discussione e conclusioni

5. Bibliografia

6. Appendici

- A. Questionario d'indagine
- B. Norme di riferimento
- C. Scheda dati

ABSTRACT

Obiettivi: valutare la prevalenza dei difetti visivi di origine non refrattiva in una popolazione di studenti frequentanti l'Università degli Studi di Padova.

Metodo: sono stati valutati il PPC, la stereoacuità, la disparità di fissazione e i movimenti saccadici. Inoltre sono state osservate sia la foria abituale da lontano che quella da vicino, calcolando in seguito il rapporto AC/A.

Risultati: Dall'analisi dei dati si evince che di 91 soggetti, il 39,5% raggiunge un PPC nella norma, mentre la maggior parte di essi, cioè il 51,5% risulta avere valori fuori norma. Il restante 9% dei soggetti, sopprime uno dei due occhi. La maggior parte dei soggetti (61,5%) raggiunge i 40", il 18,7% dei soggetti presenta una stereopsi compresa tra 50" e 100", mentre il 13% dei partecipanti raggiunge un'acuità stereoscopica compresa tra 140" e 400". Il coefficiente di correlazione, valutato tra le variabili Foria L e Foria V, mostra una correlazione lineare di tipo positivo, con coefficiente pari a $0,66 \pm 0,08$. In base a questi dati, il 26% degli studenti risulta exo di base; il 23% presenta insufficienza di convergenza. Nel 12% dei soggetti è stata riscontrata pseudo-insufficienza di convergenza; stessa percentuale di soggetti (12%) è caratterizzata da una eso di base, mentre solo il 3% presenta eccesso di convergenza a distanza prossimale.

Conclusioni: la maggioranza dei soggetti, seppur asintomatici, hanno problematiche che riguardano la visione binoculare e che quindi compromettono la loro quotidianità, dalle cose più semplici come praticare sport, alle attività che richiedono maggiore attenzione e impegno visivo, come leggere o studiare.

INTRODUZIONE

Nella quotidianità, ciascuno di noi deve continuamente confrontarsi con l'ambiente che circonda lo spazio visivo, che contiene un vasto quantitativo di dati. La visione è il processo di elaborazione delle informazioni provenienti dal mondo esterno attraverso gli occhi ed elaborate dal cervello che le traduce in informazioni più complesse. E' un processo dominante dell'organismo per ottenere informazioni da tutto ciò che ci circonda. Il sistema visivo è il senso che mette in relazione l'essere umano con l'ambiente in modo privilegiato rispetto agli altri sensi. Dunque, può essere considerata come la sinergia di tante abilità e caratteristiche oculari e cerebrali. Per interagire in maniera adattiva con l'ambiente, è necessario che il sistema visivo selezioni le informazioni di cui abbiamo bisogno e ignori quelle irrilevanti. Secondo Gesell (1950), si tratta di un processo attivo e dinamico che dipende dai sistemi viscerale, scheletale e corticale. La performance visiva di qualsiasi soggetto deve dipendere dall'interazione armonica di questi tre sistemi. Il processo visivo è strettamente legato al concetto di postura: circa il 20% delle fibre retiniche che costituiscono il nervo ottico non si dirigono verso il CGL, bensì ai tubercoli quadrigemini che sono in relazione con i centri posturali di equilibrio. Questo significa che il processo visivo è maggiormente legato con la postura del soggetto, piuttosto che con l'acuità visiva e dunque con il concetto di "vedere i 10/10". Molto spesso ci si sofferma sulla correzione dell'eventuale difetto refrattivo, trascurando del tutto la visione binoculare, pur essendo questa una delle aree maggiormente causa di discomfort visivo. La visione binoculare è un fenomeno molto complesso cui partecipano varie componenti, come l'adeguato sviluppo delle strutture neuro-anatomiche, la buona capacità visiva e una esperienza visiva matura. Deficit che riguardano la binocularità possono compromettere la visione e il comfort del soggetto e

possono influenzare in modo negativo la quotidianità degli individui, compromettendo lettura, scrittura e capacità di concentrazione e comprensione.

La visione binoculare riguarda la coordinazione motoria dei due occhi e l'unificazione delle rispettive visioni del mondo. Si tratta di un processo unitario che, per motivi clinici e di analisi, può essere suddiviso in due componenti, una sensoriale e una motoria. La componente sensoriale si attiva con la luce che può essere emessa o riflessa da oggetti fisici, presenti nell'ambiente circostante; la componente motoria invece, entra in gioco subito dopo l'unificazione sensoriale delle immagini percepite singolarmente dai due occhi, permettendo così una percezione binoculare efficiente. Quando vi è disarmonia tra queste due componenti, il sistema visivo incorre in anomalie binoculari. Generalmente, 1 persona su 20 presenta disfunzioni binoculari (Stelmach & Tam, 1996), spesso dovute a una visione binoculare compromessa nei primi anni di vita. Infatti, dagli studi di McKee, Levi e Movshon (Levi & Movshon, 2003), si evince che circa il 3% della popolazione lamenta disturbi binoculari. Secondo le linee guida dell'AOA (*American Optometry Association*), la scoperta e il trattamento delle anomalie della visione binoculare sono di fondamentale importanza nella popolazione studentesca, in quanto disfunzioni accomodative e di convergenza potrebbero compromettere l'attenzione e la capacità di lettura degli studenti (Palomo et al, 2010). L'insufficienza di convergenza è molto comune tra gli studenti tra i 15 e i 19 anni, i quali risultano essere molto più sintomatici rispetto agli studenti che presentano eccesso di convergenza. Marsini et al. (Marsini et al, 2010), dimostrano come il 15% degli studenti nepalesi presenta insufficienza di convergenza, mentre lo stesso studio effettuato sulla popolazione di studenti universitari caucasici riporta una prevalenza del 56,2%

di disturbi binoculari. Tassi di prevalenza così elevati suggeriscono la necessità di una valutazione tempestiva e di una gestione appropriata dei disturbi, così da migliorare la qualità della performance visiva dei soggetti che presentano anomalie binoculari.

CAPITOLO 1: LA VISIONE BINOCULARE

1.1 GENERALITA'

La visione binoculare deriva dall'interrelazione dinamica tra occhi e cervello e include un insieme di abilità che ci permettono di identificare, interpretare e comprendere tutto ciò che vediamo (Harmon D. B., 1958). Quando gli occhi sono attivi nel formare un'unica immagine si parla di *binocularità*; quando invece da entrambi gli occhi, pur funzionando insieme, si ottengono informazioni separate, si parla di *biocularità*. Generalmente, il funzionamento corretto del sistema binoculare dipende da tre fattori principali:

- 1) *L'anatomia dell'apparato visivo;*
- 2) *Il sistema motorio che coordina i movimenti oculari*
- 3) *Il sistema sensoriale che riceve l'informazione e integra i segnali monoculari.*

La caratteristica principale indispensabile per far sì che ci sia una corretta organizzazione binoculare è che entrambi gli occhi osservino uno stesso oggetto nello spazio, sullo stesso piano di sguardo. Il legame intrinseco tra i due occhi fa sì che l'immagine sia percepita come se originasse da un occhio immaginario, posto al centro dei due reali, dunque la visione è detta *ciclopica*. Quando entrambi gli occhi fissano lo stesso punto nello spazio, si formano altri punti su aree retiniche corrispondenti, visti singolarmente. L'insieme di questi punti forma l'*oroptero*. L'*oroptero* è il "luogo immaginario" di tutti i punti oggetto, le cui immagini cadono su aree retiniche corrispondenti, a una determinata distanza di fissazione. Ha forma circolare, ed è ricordato come il "cerchio di Vieth-Müller" (Ogle, 1950). Al di fuori dell'*oroptero*, i punti oggetto sono visti doppi, dunque ha luogo la diplopia fisiologica. Nella

quotidianità, ciascuno di noi è consapevole della diplopia fisiologica solo in condizioni estreme: per esempio, se si fissa un oggetto attraverso il parabrezza dell'auto in movimento, questo sembrerà correre dritto e sdoppiarsi. Il limite della zona di visione binoculare singola e nitida non è ancora ben definito, ma alcuni studi riportati in "*Researches in Binocular Vision*" (Ogle et al, 1950) suggeriscono che il limite dell'area definita oroptero può essere considerato come un gradiente, in cui la probabilità di avere visione binoculare singola e nitida aumenta verso il centro della zona.

Per una visione binoculare efficiente, è necessario che le immagini retiniche derivanti dai due occhi siano ben focalizzate e della stessa grandezza; gli occhi devono essere capaci di allinearsi facilmente sull'oggetto di interesse per far sì che l'immagine che ne deriva cada sui punti retinici corrispondenti. Il sistema visivo richiede una binocularità efficiente per raggiungere la percezione visiva binoculare e una singola rappresentazione del mondo che ci circonda. Hering nel 1879 parlava di *direzione visiva principale* in riferimento alla direzione soggettiva di sguardo, associata con la fovea quando un dato oggetto è fissato. Quando i due occhi fissano un oggetto, i campi visivi si sovrappongono dunque l'immagine percepita dall'occhio in una determinata area dello spazio, sulla retina comparirà in posizione diametralmente opposta rispetto al punto fissato. Inoltre, nell'uomo, i campi visivi sono legati in modo reciproco, nel senso che un'area retinica dell'occhio destro corrisponde, nell'occhio controlaterale, alla stessa posizione. Una normale visione binoculare prevede tre principali gradi di percezione, come proposto da Worth nel 1915:

- *Percezione simultanea (o sovrapposizione)*
- *Fusione*
- *Stereopsi*

L'ordine delle tre capacità è molto importante: l'esistenza di una presuppone la presenza delle altre; dunque, un soggetto che non lamenta disturbi, raggiunge senza apparenti difficoltà tutti e tre i gradi di percezione.

- La *percezione simultanea* è la capacità di percepire contemporaneamente l'immagine dei due occhi, dunque il soggetto è in grado di vedere doppio. Questo fenomeno presuppone l'assenza della soppressione di uno dei due occhi.
- Il fenomeno della *fusione* è caratterizzato sia da un aspetto motorio che sensoriale. La fusione motoria dipende dal funzionamento dell'apparato muscolare che, attraverso la sua attività, è in grado di posizionare gli occhi in direzione dell'oggetto di interesse; la fusione sensoriale, invece, riguarda la componente psichica della visione. È conosciuta anche come fusione piatta e corrisponde alla capacità di ricavare un'unica immagine, a partire dalle due singole percezioni ottenute durante la visione.
- La *stereopsi* è definita come ordine relativo degli oggetti visti in profondità. È il grado massimo di espressione della visione binoculare e rappresenta la capacità di percepire la profondità dello spazio o il rilievo degli oggetti. Si divide in locale e globale: la *stereopsi locale* è indotta, per esempio, dalle caratteristiche dei target presentati al soggetto e da elementi monoculari relativi alla posizione del target, alla prospettiva, all'esperienza pregressa. La *stereopsi globale*, invece, è la percezione tridimensionale indotta solo ed esclusivamente da elementi binoculari.

Mishkin (Mishkin, 1983) sostiene che lo scopo della visione binoculare è quello di identificare e localizzare gli oggetti, rafforzando l'intero processo visivo con la stereopsi: essa costituisce quel meccanismo visuo-cerebrale che permette di

giudicare la distanza tra gli oggetti, facilitando la loro localizzazione nello spazio. Dunque, il sistema visivo crea la percezione della profondità basandosi sulle differenze orizzontali tra le immagini proiettate in ciascun occhio.

La visione binoculare è un processo sia sensitivo che motorio: i movimenti oculari lavorano in modo da dirigere entrambi gli occhi sullo stesso oggetto e il sistema visivo combina i risultati ottenuti in una singola immagine (Duckman, 2006).

Generalmente, in presenza di una visione binoculare normale, uno dei due occhi è più attivo rispetto al controlaterale. Questa condizione è definita *dominanza oculare*: l'occhio dominante è quello "preferito" nelle attività monoculari, in condizioni binoculari. Si distinguono tre tipi di dominanza oculare:

- *Spaziale* (o di sguardo), l'occhio che presenta dominanza spaziale è quello meno incline alla *suspenopsia*;
- *Percettiva*, riguarda l'occhio con acuità visiva migliore;
- *Motoria*, è presente nell'occhio che ha maggiore attività motoria, dunque maggiormente incline a raggiungere una migliore accomodazione e migliore focalizzazione.

La dominanza non è necessariamente legata all'occhio che vede meglio, bensì è correlata alla dominanza manuale (Contino et al, 1991).

1.2 ANOMALIE DEL SISTEMA VISIVO BINOCULARE

Le anomalie della visione binoculare compaiono quando esiste un problema nell'utilizzo coordinato di entrambi gli occhi. Inevitabilmente, la prevalenza delle anomalie relative al corretto funzionamento della visione binoculare variano secondo precisi criteri utilizzati per definire queste condizioni. Secondo alcuni studi, il 5% della popolazione che ha consultato un professionista

della visione, lamenta disturbi relativi alla binocularità (Adler, 2001).

Le anomalie della visione binoculare, secondo Evans et.al (Oxford, 2005), possono essere suddivise in due categorie, eteroforie e eterotropie:

- Le eteroforie sono le stesse in tutte le direzioni di sguardo, per una particolare distanza di fissazione;
- Le eterotropie, invece, variano al variare della direzione di sguardo.

La storia e i sintomi del soggetto sono punti cruciali per poter ottenere una valutazione optometrica inerente a questo tipo di disturbi. In alcuni soggetti, le anomalie binoculari corrispondono a un vero e proprio problema funzionale; in altri casi, invece, si viene a conoscenza di questi disturbi solo dopo un accurato esame delle funzioni visive. Alcune volte, questo tipo di anomalie può essere associato all'insorgere di una patologia.

Generalmente, uno screening per la valutazione delle anomalie della visione binoculare include:

- 1) *Cover Test*, con cui è possibile quantificare la presenza e l'entità della deviazione (attraverso l'uso della barra dei prismi);
- 2) *Motility Test*, che evidenzia eventuali riduzioni di movimento a livello oculare;
- 3) *Triade Accomodativa*, che comprende la valutazione di convergenza, accomodazione e miosi pupillare durante la visione prossimale.

L'eteroforia è la condizione per cui, quando si copre uno dei due occhi, l'altro tende a disallinearsi rispetto al punto di interesse. Il soggetto eteroforico generalmente lamenta sintomi astenopici, visione sfuocata, difficoltà nel passaggio dal lontano al vicino e, in

alcuni casi, difficoltà con la stereopsi. Si distinguono quattro principali tipi di eteroforia:

- *Esoforia*, gli occhi tendono ad iper-convergere, dunque nella visione a distanza, gli occhi si orientano sul punto più vicino, rispetto a quello di interesse;
- *Exoforia*, gli occhi tendono a deviare verso l'esterno. In questo caso, uno dei due occhi combatte per poter indirizzare l'altro verso l'oggetto di interesse;
- *Iperforia*, è un comportamento costante di uno dei due occhi che devia verso l'alto. Ad una iperforia destra, generalmente, corrisponde una ipoforia sinistra.
- *Cicloforia*, si tratta della rotazione di uno dei due bulbi oculari attorno all'asse antero-posteriore.

Il primo passo per la gestione delle eteroforie è rimuovere la causa della disfunzione, dunque sono spesso raccomandati esercizi oculari, modifiche refrattive, correzioni prismatiche. I sintomi non sono specifici per ogni soggetto e una batteria di test che comprenda Cover Test, prismi di allineamento, riserve fusionali e soppressione foveale può garantire la corretta valutazione di eventuali eteroforie.

L'eterotropia, o strabismo, si presenta nel momento in cui entrambi gli assi visuali sono disallineati: questa condizione non consente di dirigere i due occhi contemporaneamente sull'oggetto di sguardo. Tipicamente, gli assi visuali risultano disallineati di molti gradi, spesso anche minuti d'arco.

Dal momento che gli assi visuali puntano verso oggetti differenti, il soggetto lamenta diplopia, specie se la tropia si presenta in età avanzata, in quanto lo stesso è incapace di sviluppare l'adattamento sensoriale necessario. Per evitare gli episodi di diplopia, i soggetti più giovani sopprimono l'intero campo visivo dell'occhio strabico o sviluppano una corrispondenza retinica anomala (HARC). La soppressione dovuta alla presenza di una

forma di strabismo è una forma di soppressione globale. È molto importante conoscere la natura della condizione e l'esatto angolo di deviazione per poterlo compensare. L'eterotropia può presentarsi come una deviazione uguale in tutte le direzioni di sguardo (*comitants*), o differire in base alla distanza di osservazione (*incomitants*). In entrambi i casi, la deviazione dell'occhio interessato può essere sia interna che esterna, causando una grossa perdita dell'armonia binoculare: dunque un occhio si presenta deviato, il controlaterale invece è allineato con l'oggetto di interesse. Questa condizione, distinguibile come *-eso* o *-exo* a seconda della direzione della deviazione, può essere latente o manifesta, o derivare da una condizione patologica a sé stante.

Il trattamento delle eterotropie deve essere su misura per ciascun soggetto, dunque basato sulle necessità funzionali e cosmetiche. Il professionista, in questi casi, cerca di ridurre il più possibile i disagi causati da questa condizione e rendere più efficiente la performance visiva attraverso la compensazione ottica più adeguata.

1.3 ACCOMODAZIONE E CONVERGENZA: IL RAPPORTO AC/A

L'accomodazione e la convergenza sono i più importanti meccanismi che permettono la visione. Insieme alla miosi pupillare, durante il lavoro a distanza prossimale, costituiscono la triade accomodativa.

L'accomodazione è una delle proprietà oculari più fini. Quando si osserva un oggetto a distanza prossimale, i raggi che ne derivano sono divergenti, per cui sulla retina appaiono sfuocati. Per ovviare ciò, la corteccia visiva risponde con la modificazione del raggio di curvatura del cristallino, inducendo l'accomodazione del suo potere diottrico. Durante il processo accomodativo, è possibile notare vari fenomeni, quali:

- L'aumento della superficie anteriore del cristallino;
- Lo spostamento del polo anteriore del cristallino verso la superficie interna della cornea;
- L'aumento dello spessore centrale del cristallino e lo spostamento del corpo ciliare.

A questi fenomeni, segue l'incremento del potere refrattivo e la costrizione pupillare (*sincinesia*).

Generalmente, lo stimolo accomodativo è causato dallo sfuocamento dell'immagine retinica centrale (Campbell, 1954) o dalla coscienza della vicinanza dell'oggetto di interesse. Si tratta di un fenomeno fisiologicamente instabile, in quanto compie variazioni di potere fino a $\pm 0,40$ D (Campbell et al. 1959). Lo stimolo accomodativo è presente a partire dal quarto mese di vita e raggiunge il suo pieno sviluppo solo al quarto anno di vita (Sivak e Bobier, 1978). Durante l'osservazione a distanza prossimale accade che lo stimolo accomodativo sia in difetto, per cui si parla di *lag accomodativo*; viceversa, a grandi distanze l'accomodazione è in eccesso, per cui si osserva il *lead accomodativo*: entrambi i fenomeni sono compatibili con una visione singola e nitida.

In assenza di stimoli adeguati, per esempio un ambiente poco illuminato, il sistema accomodativo si pone in condizione di riposo, generando la cosiddetta *miopia notturna*. L'accomodazione dunque, insieme alla miosi pupillare, si associa alla convergenza.

Il meccanismo di vergenza verso un oggetto a distanza prossimale è un movimento attivo sul piano orizzontale. Secondo quanto riportato negli studi di Maddox (Maddox, 1893), la convergenza si compone di tre principali fattori:

- Il fattore fisiologico, responsabile della convergenza tonica che cessa con la morte o la paralisi, riportando gli occhi in posizione anatomica;
- Il fattore accomodativo, presente anche nei soggetti presbiteri;

- Il fattore psichico, che causa la coscienza della prossimità di ciò che si sta osservando, e attiva di conseguenza la convergenza volontaria.

Dal momento che sia la convergenza tonica che quella volontaria sono stabili per ogni singolo soggetto, le variazioni di convergenza che si presentano, generalmente dipendono dalla componente accomodativa. Questo legame tra accomodazione e convergenza è espresso tramite il rapporto AC/A (*Accommodative convergence and accommodation*). Il valore del rapporto AC/A esprime la quantità di convergenza accomodativa indotta dallo stimolo accomodativo. Si hanno due forme di rapporto AC/A, gradiente e calcolato. Il rapporto AC/A *gradiente* valuta l'influenza della convergenza ottica, ed è misurato utilizzando uno stimolo a distanza di osservazione fissa; il rapporto AC/A *calcolato*, invece, si ottiene facendo variare la distanza di fissazione dell'oggetto utilizzato come mira.

Il gradiente è un valore che, generalmente, rimane costante nell'arco vitale, anche se in sede clinica si osservano ripetute variazioni. Il valore medio, per garantire ortoforia da lontano e una leggera Exoforia a distanza prossimale ($\sim 2-3^{\Delta}$), è $4/1^{\Delta}/D$, cioè quattro diottrie prismatiche di convergenza, per ogni diottria di accomodazione.

Nel 1987, Duane descrive quattro tipi principali di disturbi binoculari (Goss, 1995) dipendenti dal rapporto AC/A: insufficienza di convergenza, eccesso di convergenza, insufficienza di divergenza, eccesso di divergenza. Negli anni, le disfunzioni binoculari sono state valutate in modo differente dai diversi professionisti; oggi è fare comune considerare l'insufficienza di convergenza e di divergenza dipendenti da un basso valore di AC/A per esempio e, invece, attribuire un valore maggiore all'eccesso di convergenza e divergenza (Fig.1).

	Distance Phoria	Near Phoria
Convergence insufficiency	Approximate orthophoria	High exophoria
Convergence excess	Approximate orthophoria	Esophoria
Divergence insufficiency	Esophoria	Low exophoria or approximate orthophoria
Divergence excess	High exophoria	Low exophoria or approximate orthophoria

Fig. 1, caratteristiche delle disfunzioni binoculari secondo Duane.

Tutte le eteroforie sono spesso associate a disturbi di natura accomodativa e dipendono dalle variazioni del rapporto AC/A. In sede clinica, se il valore AC/A risulta essere maggiore del valore medio $4/1 \Delta/D$, è possibile che si presentino:

- *Eccesso di convergenza*, il soggetto è esoforico e presenta un'eccessiva attività accomodativa. Può essere causato da ipermetropia latente, spasmo accomodativo, presbiopia iniziale. I sintomi sono tipici della sindrome astenopica e talvolta il soggetto fatica a focalizzare oggetti a grande distanza dopo una lunga attività a distanza prossimale.
- *Eccesso di divergenza*, il soggetto presenta un'elevata exoforia a distanza, che spesso sfocia in una forma di tropia. Non vi sono particolari sintomi, ma il soggetto potrebbe lamentare una perdita di visione a grande distanza.

Nel caso in cui, invece, il valore del rapporto AC/A gradiente/calcolato risulti inferiore della media, possono presentarsi:

- *Insufficienza di convergenza* (vera e pseudo), il soggetto trova molto faticoso l'impegno prolungato a distanza prossimale. Generalmente è causata da uno scarso uso della convergenza accomodativa, ed è facilmente riscontrabile in soggetti miopi non corretti.
- *Insufficienza di divergenza*, il soggetto presenta una marcata esoforia a distanza, e una minore foria a distanza prossimale. Può essere causata da ipermetropia non corretta, forme patologiche del sistema nervoso centrale (SNC), stato emotivo provato.

I disturbi relativi alla convergenza possono presentarsi in concomitanza alle disfunzioni legate al processo accomodativo. Per esempio, l'eccesso di convergenza è strettamente legato all'*insufficienza accomodativa*, che si manifesta con difficoltà nella visione prossimale, miosi pupillare, astenopia. Al contrario, l'insufficienza di convergenza si presenta spesso insieme all'*eccesso accomodativo* (anche detto spasmo), che induce *pseudomiopia*. La visione è disturbata e peggiora nel passaggio dalla visione prossimale alla visione a grande distanza.

Se il valore AC/A è nella media, la visione binoculare è caratterizzata dalle normali eteroforie di cui si è discusso nei paragrafi precedenti.

1.4 RELAZIONE TRA DISFUNZIONI BINOCULARI E AMBIENTE: VISIONE, POSTURA E RELAZIONI SPAZIALI

Numerosi studi effettuati hanno evidenziato il collegamento tra le disfunzioni binoculari e l'ambiente che ci circonda. Nel 1958, Harmon studiò i fattori legati all'ambiente scolastico che potevano causare disordini visivi, sviluppando un modello che enfatizza la relazione tra visione, postura e relazioni spaziali. Secondo quanto riscontrato da Harmon, la maggior parte dei disordini refrattivi o

oculomotori derivano da un meccanismo di difesa del corpo umano, atto a preservare l'efficienza delle funzioni visive e un'accurata localizzazione spaziale quando il soggetto sostiene un impegno visivo a distanza prossimale per un tempo prolungato. Un'accurata localizzazione spaziale richiede la conoscenza della posizione degli occhi, della testa e del corpo (Steinbach, 1986).

E' necessario che nel soggetto si verifichino input chinestetici derivanti dal corpo, dalla testa e dal collo, strettamente correlati agli input provenienti dalla retina e alle informazioni inerenti alla posizione degli occhi rispetto all'oggetto di interesse. La postura ottimale da utilizzare nell'approcciarsi al lavoro a distanza ravvicinata deve minimizzare la tensione muscolare, permettendo una normale localizzazione spaziale.

La postura ottimale per svolgere un'attività a distanza prossimale è data dall'insieme delle linee che collegano il punto medio tra i due occhi al punto medio tra le nocche delle dita medie di entrambe le mani che, insieme al punto medio che congiunge i due gomiti, forma un triangolo con base inclinata di circa 20 gradi (Fig.2).

Per mantenere questa postura ottimale durante la lettura, per esempio, è necessario inclinare di 20 gradi rispetto all'orizzontale, ciò che si sta leggendo. In condizioni normali, la distanza dall'occhio al piano di lavoro è uguale alla distanza tra il gomito e la seconda nocca del dito medio; questa distanza, prende il nome di *distanza di Harmon* e costituisce un'ottima distanza di riferimento per le attività svolte a distanza prossimale.

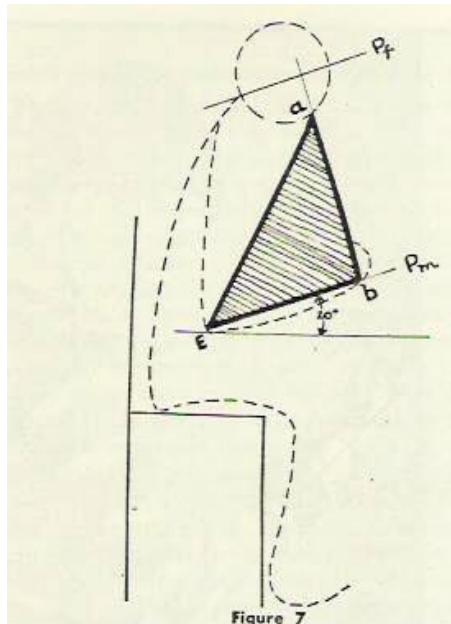


Fig. 2, rappresentazione grafica della postura ottimale.

In queste condizioni, la testa e il tronco sono supportati da una minima attività muscolare, in modo da ridurre al minimo la tensione (Harmon, 1958).

In generale, è noto che gli studenti impiegano la maggior parte del loro tempo nella lettura, nella scrittura e in altre attività a distanza prossimale.

Gli studenti che sono costretti a bilanciare il proprio corpo in base al design delle scrivanie, per esempio, tendono a ruotare la testa e il corpo, spostando il collo all'indietro rispetto al baricentro. Questo stress viene intensificato nel momento in cui l'ambiente e lo spazio di lavoro sono molto ristretti. Se questi comportamenti posturali vengono ripetuti nel tempo, l'organismo "*si adatta allo stress per combattere lo stress*". I fattori ambientali quali bagliore, tensione eccessiva e grandezza inappropriata della scrivania, per esempio, possono spingere gli studenti a lavorare col tronco inclinato o con la testa ruotata. Questo fa sì che ci sia una mancata corrispondenza tra le informazioni spaziali ricevute dal sistema visivo e l'effettiva localizzazione spaziale. Ciò che ne consegue, è un innaturale movimento di versione che gli occhi compiono per

allinearsi con l'oggetto di interesse. Non si può ottenere un bilancio ottimale se si utilizza una superficie piana come piano di lavoro, in quanto le coordinate visuali e spaziali non coincidono tra di loro. Questo comporta un aumento della tensione fisiologica e muscolare, con conseguente decremento dell'efficienza della performance visiva.

Anche i display dei videoterminali (VDT) impongono condizioni che causano distorsioni posturali. In questo caso, le posture avverse possono derivare dalla posizione impropria del piano di lavoro, distanze inadeguate di tastiera e monitor, illuminazione insufficiente.

Lavorare in un ambiente che impone posture non bilanciate richiede un eccessivo dispendio di energia e interferisce con l'efficienza della visione binoculare. Ne consegue lo sviluppo di miopia, ipermetropia, astigmatismo e anisometropia, strategia del sistema visivo binoculare messa in atto per ridurre lo stress visivo a brevi distanze.

1.5 PREVALENZA DELLE DISFUNZIONI BINOCULARI

Le disfunzioni binoculari si presentano nel momento in cui il sistema visivo è incapace di sostenere una fissazione bifoveale per un tempo prolungato, oppure quando il SNC non riceve dai due occhi le giuste informazioni stereoscopiche. Le disfunzioni accomodative interferiscono con l'abilità del sistema visivo di mettere a fuoco gli oggetti sul piano di sguardo, mentre le disfunzioni di vergenza derivano dai movimenti non coniugati che gli occhi compiono per dirigere lo sguardo verso il punto di interesse.

I primi studi condotti da Duane e Cooper nel 1897 mostrano quanto siano comuni le disfunzioni binoculari: negli adulti, la

prevalenza media è del 25%, e il rapporto tra maschi e femmine è di 3:2. Gli autori di alcuni studi molto più recenti sostengono che molti soggetti sono asintomatici: i sintomi si presentano quando lo spazio visivo è alterato, oppure quando si incrementa il tempo trascorso a espletare un impegno visivo a distanza prossimale. Uno studio del 1985 condotto da Hokoda et al, mostra come il 10% di una popolazione clinica di soggetti è caratterizzato da insufficienza di convergenza, mentre altre valutazioni effettuate da Porcar e Martinez-Palomera nel 1997 (Grosvenor, 2002) mostrano come il 15,3% di una popolazione clinica composta da studenti universitari sia caratterizzata principalmente da disordini binoculari semplici, come esoforia di base o exoforia di base. Dagli studi di Krohel et al. (Krohel et al, 1986), è emerso per esempio che le disfunzioni binoculari possono essere causate anche da traumi o da alcune malattie sistemiche. Per esempio, secondo quanto scrive Raskind (1976), l'insufficienza di convergenza è molto comune in soggetti affetti da miastenia grave, dal morbo di Parkinson o dal morbo di Alzheimer.

Scheiman et al. (1996), dopo aver valutato 2,023 soggetti, asserirono che il 19,7% degli stessi presentava disfunzioni della visione binoculare; di questi, il 7,1% presentava eccesso di convergenza, il 4,6% insufficienza di convergenza e, la restante parte, era proiettata verso anomalie di tipo accomodativo.

Studi più recenti di Bodack et al. (2010), basati sulla relazione tra variabili demografiche e prevalenza delle disfunzioni binoculari, hanno mostrato come in un campione di 1,992 soggetti, la maggior parte delle disfunzioni binoculari è presente nei soggetti di razza ispanica e nera. La prevalenza di disfunzioni binoculari clinicamente significative, sembra essere del 10,3% su una popolazione di 1201 studenti (Wajuihian, 2015). Lo studio, eseguito in Sud Africa, prende in considerazione l'associazione tra

i disturbi binoculari e il sesso, l'età, il livello di istruzione e lo stile di vita (urbano o rurale). Dallo studio è emerso che la presenza di disfunzioni binoculari è più alta nei partecipanti che conducono uno stile di vita urbano, piuttosto che in quelli che vivono in modo rurale. In questo caso, secondo quanto riportato dal "*Journal of Optometry*", la prevalenza stimata delle anomalie binoculari tra gli studenti sudafricani, è veramente bassa. Dunque, solo l'ambiente lavorativo e/o scolastico e l'età influenzano l'insorgere di disfunzioni a livello binoculare.

CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI

Lo scopo di questo studio è valutare la prevalenza dei difetti visivi di origine non refrattiva, dunque appartenenti all'area binoculare, in una popolazione di studenti frequentanti l'Università degli Studi di Padova. Lo studio è incentrato sulla distribuzione delle anomalie della visione binoculare, in rapporto con il valore AC/A di ciascun studente. Per questo motivo, i test effettuati sono stati scelti in modo da avere risultati più precisi e ripetibili. I valori derivanti da ogni singolo test sono stati confrontati con le norme standard di riferimento; per ciascun soggetto risultato fuori norma, è stato valutato il quadro diagnostico che rispecchiava i risultati ottenuti. In primo luogo, ai soggetti è stato consegnato un questionario d'indagine col fine di ottenere anche una valutazione soggettiva della loro quotidianità, mettendoli a confronto con domande inerenti gli aspetti più caratteristici della giornata. Con questo tipo di questionario, dalle risposte di ciascun soggetto è possibile evincere la presenza di condizioni di discomfort e astenopia, attribuibili alla sfera binoculare. È da precisare però che il questionario d'indagine non ha alcuna valenza scientifica a livello dell'analisi statistica, ma è da considerarsi a supporto della valutazione della condizione binoculare di ciascun soggetto.

2.1 SELEZIONE DEI SOGGETTI

Gli screening per la valutazione dei difetti visivi di origine non refrattiva si sono svolti nel periodo compreso tra il 30 gennaio e il 5 marzo 2017. Hanno avuto luogo presso i laboratori del Corso di Laurea in Ottica e Optometria dell'Università degli Studi di Padova, situati in via Tiepolo 85. Tutti i partecipanti sono stati contattati tramite mail. Di 120 studenti contattati, 101 hanno aderito agli screening; caratteristica comune dei soggetti presi in esame è essere studenti di età compresa tra i 19 e i 30 anni, regolarmente

iscritti presso l'Università di Padova. Dallo studio sono stati esclusi 10 soggetti in quanto affetti da patologie oculari. Dunque, in totale, sono stati considerati 91 soggetti (Fig.3).

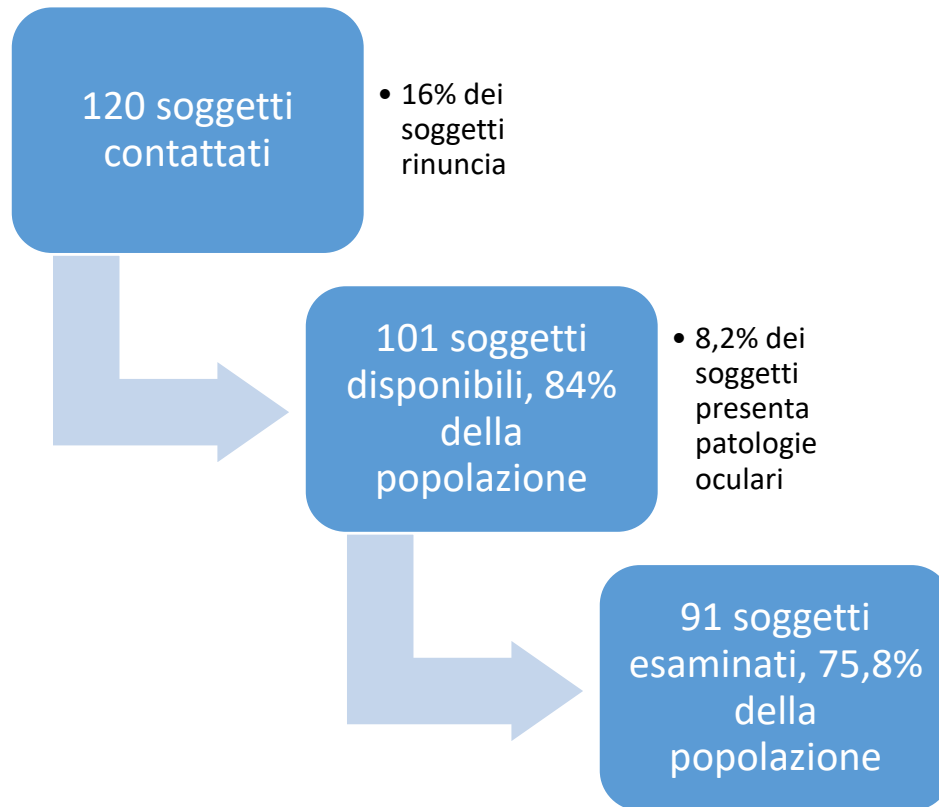


Fig. 3, flow-chart partecipanti

2.2 PROTOCOLLO

A differenza degli esami visivi completi, lo screening ha tempi molto ridotti e consente valutazioni veloci per un numero ampio di partecipanti. A tutti i soggetti è stato consegnato un questionario (Appendice A) da compilare in forma anonima: si tratta di 31 domande utili per indagare sulle abitudini e sugli eventuali sintomi del soggetto. Per questo elaborato, sono state considerate solo le domande inerenti alla sfera binoculare. A ogni domanda sono state assegnate tre risposte a scelta tra "mai", "a volte", "spesso", in modo da facilitare l'indagine e rendere più immediata la

comprensione dei sintomi lamentati. È stata utilizzata una scheda per l'annotazione dei risultati ottenuti per ciascun soggetto (Appendice B).

- **Punto Prossimo di Convergenza (PPC)**

Il PPC è il punto più vicino dove la fusione può essere ancora mantenuta; il suo valore normale va da 8 a 10 cm. Subito dopo questo punto, il soggetto perde la visione binoculare e accusa diplopia: dunque è la minima distanza in cui gli occhi riescono a convergere, mantenendo la binocularità. L'esecuzione di questo test richiede l'utilizzo di una mira di fissazione e di un metro. Secondo quanto scrivono Owens et al. (1980), è bene utilizzare una mira luminosa poiché è possibile neutralizzare l'accomodazione del soggetto. Si tratta di un test molto valido per valutare il punto di rottura e di recupero della visione binoculare: si avvicina lentamente la mira verso il naso del soggetto, partendo da circa 20° al di sotto della posizione primaria di sguardo; il punto di rottura coincide con l'affermazione "vedo doppio" da parte del soggetto. Se il soggetto non lamenta diplopia, è possibile che in quel momento stia sopprimendo uno dei due occhi. Per la fase di recupero, si attua il procedimento inverso, dunque si allontana la mira fin quando il soggetto avverte visione singola e nitida. La norma prevede valori di rottura e recupero compresi tra i 9 e i 15 centimetri.

- **Punto Prossimo di Accomodazione**

Il PPA rappresenta il punto prossimo in cui il soggetto riesce a vedere nitido: l'accomodazione è massima per mettere a fuoco un oggetto molto vicino. Per la valutazione del PPA sono stati utilizzati un ottotipo per la lettura secondo Snellen (carattere J4 0,62m) e

un metro. Si parte da una distanza di 50 centimetri e si avvicina l'ottotipo al viso del soggetto, fin quando quest'ultimo lamenta visione annebbiata. E' molto importante istruire il soggetto: deve riferire appena il target comincia a sfuocare. Il PPA corrisponde alla distanza in centimetri alla quale le lettere appaiono annebbiate.

- **Riflesso visuo-posturale**

Secondo la definizione di J.P. Lagacé (1986), il riflesso visuo-posturale rappresenta la distanza di equilibrio riflesso dell'individuo, durante un impegno visivo prolungato a distanza prossimale. Generalmente, il soggetto lavora alla distanza spaziale che permette l'integrazione percettiva e motoria, volta a soddisfare le esigenze dell'impegno con un dispendio di energia minimo. Per valutare il riflesso visuo-posturale è necessario quantificare la distanza di Harmon: si tratta della distanza minima alla quale si dovrebbe eseguire un lavoro da vicino; corrisponde alla distanza che separa il gomito ed il metacarpo medio, lungo la superficie esterna. Scopo della valutazione del riflesso visuo-posturale è la valutazione dell'efficienza visiva del soggetto: per garantire la binocularità durante un impegno prolungato a distanza prossimale, è necessario che la distanza di lettura sia maggiore o uguale alla distanza di Harmon. È importante considerare la distanza di recupero della visione binoculare misurata col PPC, in quanto ci permette di capire se il soggetto opera con armonia, in una zona di visione consolidata.

- **Stereopsi: Titmus stereotest**

La stereopsi può essere descritta come la percezione della profondità, basata sulla rivalità retinica. È una caratteristica del

sistema visivo binoculare che può essere descritta attraverso la misurazione della soglia stereoscopica raggiunta dal soggetto. In questo caso, ai soggetti è stato proposto il Titmus stereotest: consiste in due piastre, tenute a 40 centimetri di distanza dagli occhi del soggetto, il quale indossa gli occhiali polarizzati. Su una delle due piastre è presente l'immagine di una mosca: approssimativamente, il soggetto raggiunge i 3000 secondi d'arco se afferma di percepire le ali della mosca in 3D. La seconda piastra proposta durante il test, consiste in nove set di quattro cerchi (di Wirth): il soggetto percepisce in 3D un cerchio in ciascuno dei nove set, in un range che va da 800 a 40 secondi d'arco. Purtroppo il test può essere superato anche dai soggetti privi di stereoacuità, i quali sono in grado di rispondere correttamente utilizzando indicatori monoculari come il "notare" la sovrapposizione sfalsata delle due figure.

- **Wesson disparity test**

La disparità di fissazione rappresenta un meccanismo di compensazione tra la disparità fusionale e quella di vergenza, in relazione con la foria associata. Il Wesson disparity test, proposto dal Dr. Michael Wesson, permette di realizzare una stima veloce e accurata dei parametri relativi a questo campo della visione binoculare. La disparità di fissazione viene misurata in minuti d'arco, la foria associata in diottrie prismatiche. E' stato chiesto ai soggetti di indossare gli occhiali polaroid: ponendo il test ad una distanza di 40 centimetri, si chiede ai soggetti se riescono a percepire una piccola freccia nera, al di sotto delle bande colorate presenti nel test. La Wesson card è stata progettata in modo tale da permettere la visione della freccia con l'occhio sinistro e, la relativa banda colorata con l'occhio destro. In questo caso risulta molto importante fornire istruzioni dettagliate, in quanto come

ogni misura psicofisica, istruzioni confusionarie possono influenzare la veridicità dei risultati.

- **King Devick Saccadic test**

I movimenti saccadici richiedono un monitoraggio costante da parte delle aree del cervello deputate alla visione binoculare. Quando un soggetto inizia a leggere, gli occhi devono focalizzare e ottenere la coordinazione binoculare fin dalla prima parola del testo: dunque la fissazione binoculare deve essere precisa e accurata. Il King-Devick Saccadic test, basato sul test di Pierce, è frequentemente usato per valutare i movimenti saccadici degli occhi. Ai partecipanti dello screening, sono stati consegnati tre fogli, ciascuno dei quali contenente otto linee di cinque numeri singoli. I tre fogli vengono proposti in ordine crescente per difficoltà: lo spazio tra le linee diminuisce e i numeri sono maggiormente randomizzati man mano che il soggetto si porta avanti con la lettura. Il punteggio è stato calcolato sulla base del tempo impiegato da ciascun soggetto per terminare ogni chart, e il numero di errori totali è stato comparato con la deviazione standard delle norme del test stesso.

- **Test di Maddox**

Questo test rappresenta un metodo soggettivo di valutare la presenza di un'eventuale eteroforia, legata alla dissociazione. Per effettuare questo test, sono stati utilizzati un cilindro di Maddox e una penlight; il tutto effettuato a luci spente, a 33 centimetri di distanza dal soggetto. Sono state valutate solo le eteroforie orizzontali: il cilindro di Maddox è stato posto orizzontalmente davanti all'occhio dominante del soggetto; al soggetto è stato chiesto di fissare lo spot di luce con entrambi gli occhi e di

individuare la posizione della riga verticale rispetto allo spot luminoso.

- Flipper Accomodativi $\pm 2,00$ D

Il flipper è un dispositivo ottico composto da quattro lenti, sferiche o prismatiche, usato per alternare in modo rapido coppie di lenti davanti agli occhi. La valutazione della facilità accomodativa è un parametro molto importante di cui tener conto se si vuole investigare sulla binocularità. Generalmente, le lenti flipper utilizzate per questo test hanno potere $\pm 2,00$ D. Durante il test ai soggetti, con correzione abituale, è stato consegnato un ottotipo per lettura secondo Snellen (carattere J4 0,62m), da tenere a circa 40 centimetri. I partecipanti sono stati istruiti a dire "nitido" o "ora" ogni volta che il testo diventava nitido: a queste affermazioni corrisponde il cambio lenti, cioè il flipper viene capovolto. Il test continua per un minuto; l'esaminatore conta in un minuto quanti cambi di lenti effettua, per poi dividere per due e ottenere i cicli al minuto.

- Flipper prismatici 8BI/12BE

Il test dei flipper prismatici è molto comune tra i test usati per valutare la facilità di vergenza. Così come per la valutazione della facilità accomodativa, anche in questo caso sono stati usati dei flipper, con lenti prismatiche 8BI/12BE. Ai soggetti, questa volta istruiti a dire "singolo" ogni volta che l'immagine percepita fosse una, è stato consegnato un ottotipo da lettura con la riproduzione della carta ridotta di Snellen: anche in questo caso, a ogni affermazione corrisponde il capovolgimento del flipper da parte dell'esaminatore: il test dura un minuto.

- **Determinazione delle forie con il metodo Von Graefe**

Ai partecipanti sono state valutate le forie abituali sia da lontano che a distanza prossimale, con il metodo di Von Graefe. Si tratta di un test che utilizza prismi dissociati per indurre diplopia. Personalmente, durante gli screening, ho preferito utilizzare il forottero piuttosto che la montatura di prova in campo libero. Utilizzando i prismi di Risley, ho anteposto 6 diottrie prismatiche a base bassa all'occhio dominante di ciascun soggetto, così da indurre diplopia. Sull'occhio controlaterale, invece, ho anteposto un prisma da 15 diottrie prismatiche a base interna; in questo modo, i soggetti hanno affermato di vedere due immagini, una in alto più o meno centrale e una in basso decentrata temporalmente. Muovendo il tamburo del prisma da BI a BE, i soggetti hanno percepito l'avvicinarsi delle due immagini, fino all'allineamento in verticale delle stesse. Allo stesso modo, ho ripetuto il test a 40 centimetri, utilizzando 9 diottrie prismatiche a base bassa davanti all'occhio dominante e 21 diottrie prismatiche davanti al controlaterale. La stessa misura è stata ripetuta in un secondo momento, dopo aver aggiunto + 1,00 D a entrambi gli occhi dei soggetti per ottenere l'AC/A gradiente.

- **AC/A gradiente e AC/A calcolato**

Il rapporto AC/A determina la quantità di convergenza accomodativa indotta per ogni diottria di accomodazione. Il rapporto normale è 2-4/1, cioè per ogni diottria di accomodazione sono necessarie 2-4 diottrie di convergenza. Per il valore del rapporto AC/A, ho deciso di ottenere il gradiente misurando per ben due volte la foria a 40 cm con il metodo Von Graefe, utilizzando lenti positive da una diottria per occhio: il valore ottenuto con le lenti positive è stato poi sottratto al valore ottenuto

in precedenza con la giusta refrazione di ciascun soggetto. Per l'AC/A calcolato, invece, ho utilizzato la formula:

$$AC/A = DAV + d(\Delta_2 - \Delta_1)$$

dove:

- DAV è la distanza degli assi visuali, misurata in centimetri
- d è la distanza a cui è stata misurata la foria, cioè 0,4 metri
- Δ_1 è la foria misurata da lontano
- Δ_2 è la foria misurata a distanza prossimale

Nell'applicare la formula, ho tenuto conto del segno meno nel caso delle exoforie; per le esoforie ho utilizzato il segno positivo.

2.2 NORME DI RIFERIMENTO

La valutazione di convergenza, accomodazione e foria è una componente molto importante per l'analisi della visione binoculare. I valori attesi "normative data" (Appendice B) rappresentano la performance visiva minima, necessaria per una visione binoculare confortevole. Diversi studi presenti in letteratura forniscono valori normativi estrapolati dagli screening effettuati su diverse popolazioni, ma riguardo la visione binoculare, sono molto limitati i dati riferibili a una popolazione non clinica, come quella considerata in questo elaborato.

Generalmente, i dati normativi utilizzati come linee guida per le misurazioni optometriche sono quelli riportati da Scheiman e Wick (2002). Per esempio, dopo tre misurazioni del PPC, ho utilizzato come dato normativo di riferimento il valore medio di 5 cm ($ds \pm 2,5$) per la rottura e di 10 cm ($ds \pm 3,0$) per il recupero; mentre per il PPR, ho considerato normali valori compresi tra 7cm ($ds \pm 4,0$) per l'annebbiamento e 10cm ($ds \pm 5,0$) per il recupero della visione nitida.

È stata valutata la distanza di lettura dei soggetti chiedendo loro di leggere un ottotipo per la lettura secondo Snellen con carattere J4 0,62m. Per la valutazione del riflesso visuo-posturale, ho considerato come "postura ideale" quella in cui la distanza di lettura riflessa è uguale o maggiore della DH (Ugolini, 2009). Nei casi in cui la distanza di lettura riflessa è risultata inferiore alla DH, ma comunque superiore alla distanza di recupero del PPR, la postura è stata considerata *accettabile*.

Per la valutazione della stereopsi, sono stati i valori guida disponibili nel test stesso:

- Fly test 3000"
- 1° cerchio 800"
- 2° cerchio 400"
- 3° cerchio 200"
- 4° cerchio 140"
- 5° cerchio 100"
- 6° cerchio 80"
- 7° cerchio 60"
- 8° cerchio 50"
- 9° cerchio 40"

Ho considerato valori normali quelli compresi tra 100" e 40".

Secondo quanto suggerito da Vartainen et al. (2014), i risultati attesi per il *King Devick Saccadic Test*, non hanno alcun tipo di associazione con l'età dei soggetti o con la loro occupazione. Questo dato è risultato da uno studio effettuato tra il 2012 e il 2015 su 185 giocatori di hockey, di età compresa tra i 16 e i 40 anni. È stato considerato nella norma un punteggio complessivo di 40s ($ds \pm 6,1$), ottenuto dalla somma dei singoli punteggi relativi alle chart del test.

Il valore di norma per la valutazione della flessibilità accomodativa con i flipper in letteratura varia sensibilmente, ma è parere comune considerare nella norma una flessibilità di 8-9 c/min in visione binoculare. Lo stesso vale per la valutazione della

flessibilità di vergenza, ottenuta con i flipper 8BI/12BE: dunque un valore di 10-12 c/min è considerato nella norma.

Secondo Scheiman e Wick (2002), i valori eteroforici normali sono 1Δ exo ($ds\pm 2$) per la foria orizzontale a distanza e 3Δ exo ($ds\pm 3$) per la foria orizzontale misurata a 40 cm.

Per valutare le misurazioni optometriche si è tenuto conto del valore AC/A: dalla letteratura risulta normale un rapporto AC/A di $4/1 \Delta/D$, con una deviazione standard di ± 2 . Valori maggiori hanno indicato la presenza di eccesso di convergenza e di eccesso di divergenza, mentre valori più bassi hanno indicato insufficienza di convergenza, pseudo insufficienza di convergenza, insufficienza di divergenza. Valori di $4/1 \Delta/D$ sono stati considerati implicitamente legati alle deviazioni eteroforiche di base e ai disturbi dell'accomodazione.

2.3 ANALISI STATISTICA

Dopo aver compilato la scheda relativa a ciascun soggetto (Appendice C), i risultati dei vari test sono stati inseriti in un foglio di calcolo EXCEL. Sono stati ricavati i principali indici statistici quali media, deviazione standard, valori massimo e minimo, frequenze relative e percentuali. Le varie misurazioni sono state elaborate secondo analisi statistica di tipo descrittivo e, successivamente, i risultati ottenuti sono stati riportati in diversi istogrammi e tabelle riassuntive.

CAPITOLO 3: RISULTATI DELLO STUDIO

I soggetti che hanno partecipato allo screening sono stati 91, di età media $21,68 \pm 0,20$ anni. Dal momento che l'età dei soggetti partecipanti varia in un range di 18-30 anni, sono state definite le classi di età con un'ampiezza di 3 anni attraverso un grafico Pivot (Grafico I), quindi si è proceduto nel calcolo della frequenza assoluta e della frequenza percentuale:

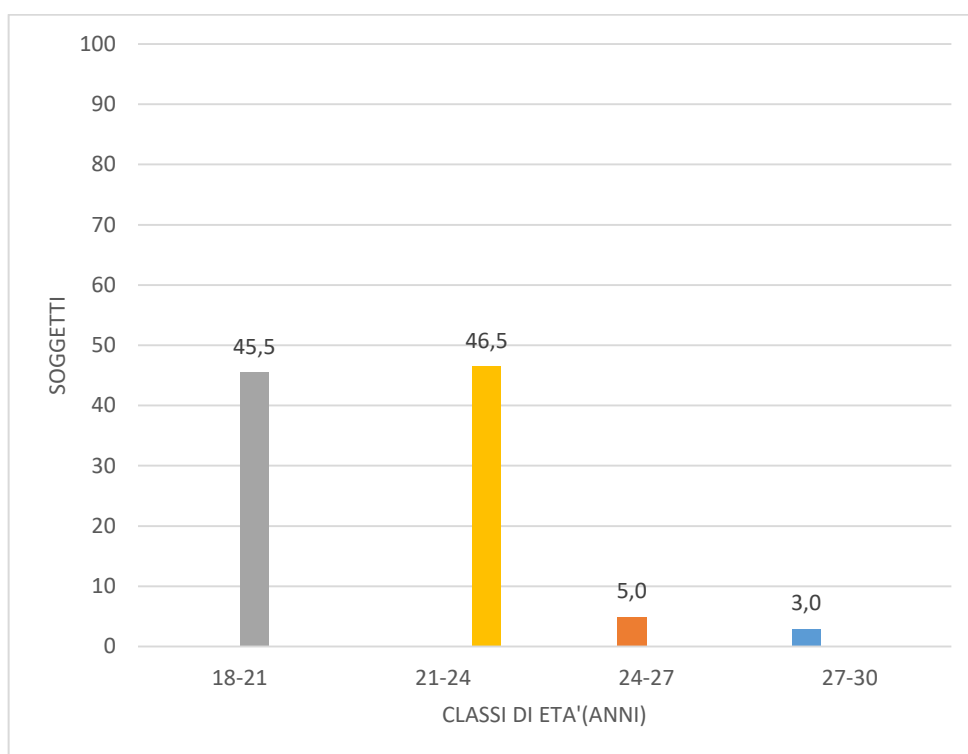


Grafico I, rappresentazione distribuzione in percentuale dei soggetti per classi di età.

Come si può notare dal grafico I, il 45,5% dei partecipanti ha età compresa tra i 18 e i 21 anni; il 46,5% ha dai 21 ai 22 anni; i soggetti di età compresa tra 24 e 27 anni sono il 5% del totale, e solo il 3% raggiunge i 30 anni di età. Allo screening hanno partecipato 65 femmine e 36 maschi (Grafico II):

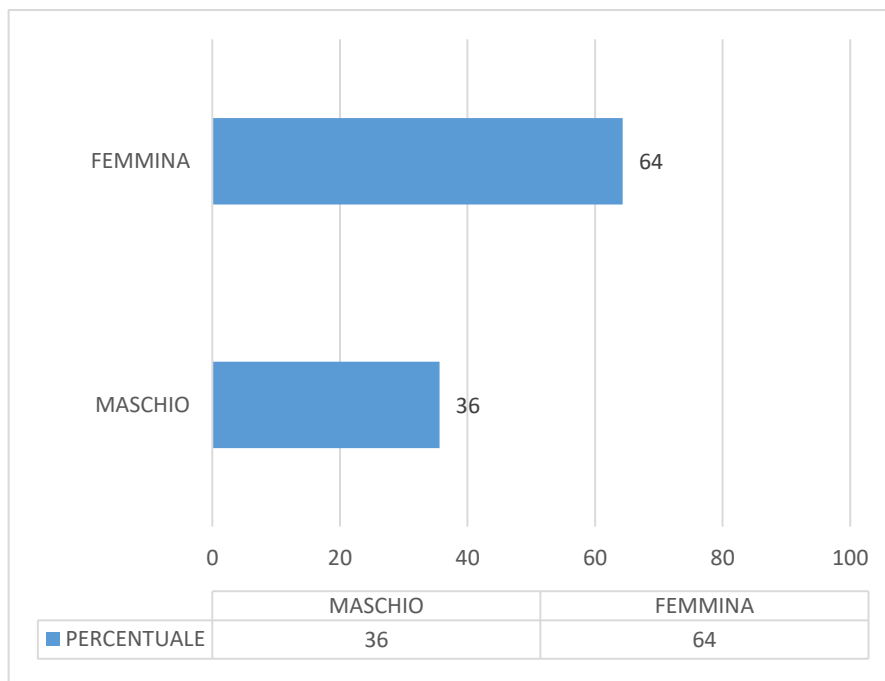


Grafico II, classificazione di genere dei soggetti esaminati.

- Questionario d'indagine

Del questionario anamnestico sono state scelte le dieci domande più pertinenti alla sfera binoculare. Dal grafico III, è possibile notare che il 74% dei soggetti ammette di leggere più volte la stessa riga frequentemente, mentre solo il 10% si accorge di avvicinare il foglio al viso durante la lettura. Molti soggetti (46%) si rendono conto di avere difficoltà a mantenere l'attenzione durante la lettura, altri (13%) invece, non percepisce la distanza tra gli oggetti. Il 38% dei partecipanti lamenta sintomi astenopici durante l'impegno visivo a distanza prossimale, mentre solo l'8% degli stessi fatica in modo continuo e frequente mettere a fuoco gli oggetti nel passaggio dal vicino al lontano. Buona parte dei soggetti (32%) vive l'esperienza della diplopia durante il lavoro da vicino e solo il 23% afferma di vedere sfuocato a distanza prossimale. Solo il 45% di essi dice di avere difficoltà nel copiare dalla lavagna, mentre la maggior parte (73%)

non lamenta fatica nel distinguere i cartelli stradali durante la guida.

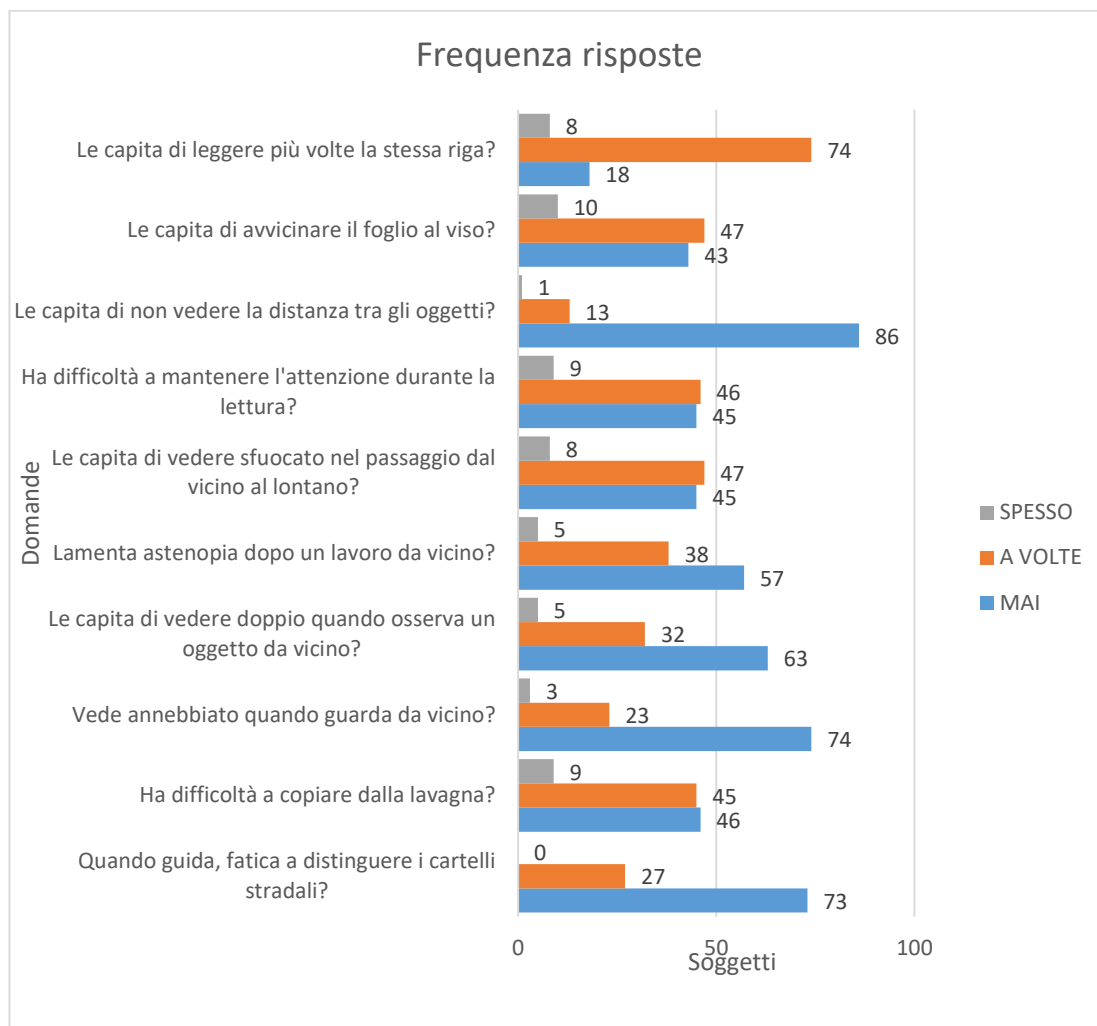


Grafico III, percentuale di risposte "mai", "a volte", "spesso".

- Correzione in uso

Tutti i soggetti sono stati valutati con la propria correzione in uso, sia da lontano che da vicino. Dal grafico IV si evince che, dei soggetti partecipanti allo screening, il 54% porta correzione a uso permanente mentre, la restante parte (46%), non utilizza ausili ottici di alcun tipo.

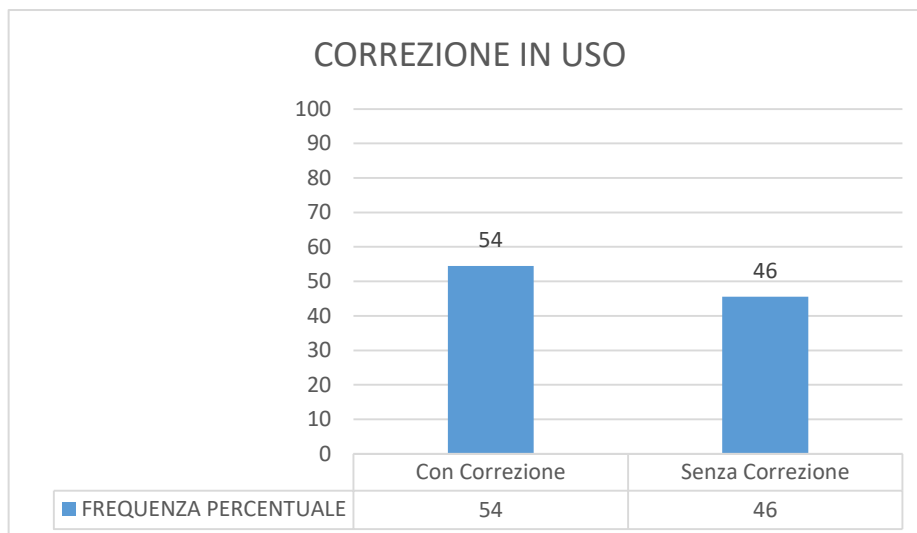


Grafico IV, percentuale della correzione in uso.

- Punto Prossimo di Convergenza

Il punto prossimo di convergenza (PPC), è stato misurato con l'utilizzo di una mira non accomodativa e di un metro. Dopo aver valutato sia il punto di rottura che di recupero di ciascun soggetto, i dati sono stati inseriti su un apposito foglio di calcolo Excel. Sono stati distinte tre classi di appartenenza, *PPC normale*, *PPC anomalo* e *SOPPRESSIONE* (Grafico V):

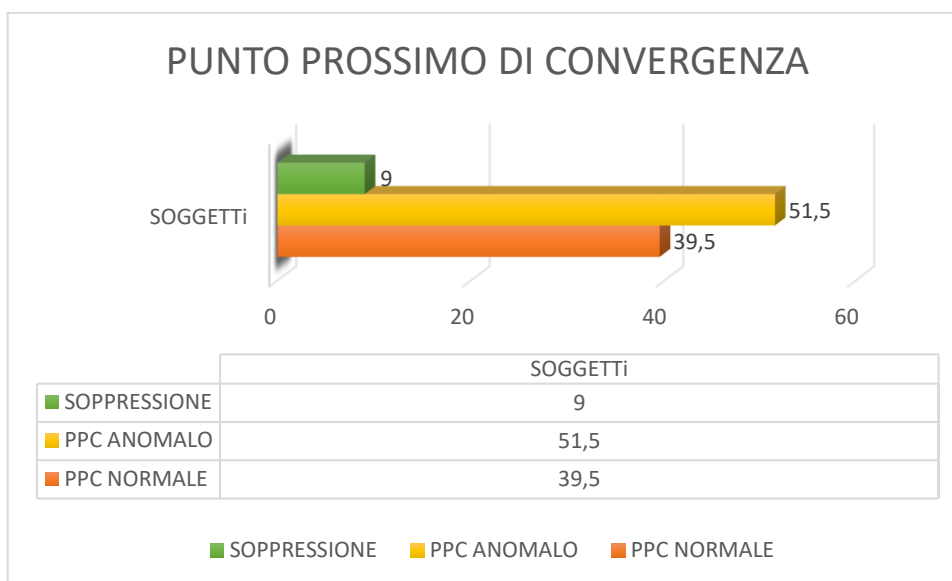


Grafico V, distribuzione dei valori di rottura e recupero.

Si può notare che solo il 39,5% dei soggetti raggiunge un PPC nella norma, mentre la maggior parte di essi (51,5%) risulta avere valori fuori norma. Il restante 9% dei soggetti non raggiunge il punto di rottura della visione binoculare, poiché probabilmente i soggetti in questione sopprimono uno dei due occhi.

- **Dominanza oculare**

Per quanto riguarda la dominanza, è stata valutata sia da lontano con il test del foro, sia da vicino con l'uso di uno specchietto. Il dato non ha carattere clinico importante in questo caso, ma è stato utilizzato per la scelta dell'occhio cui anteporre la lente di dissociazione durante il *Von Graefe Test* (Grafico VI):

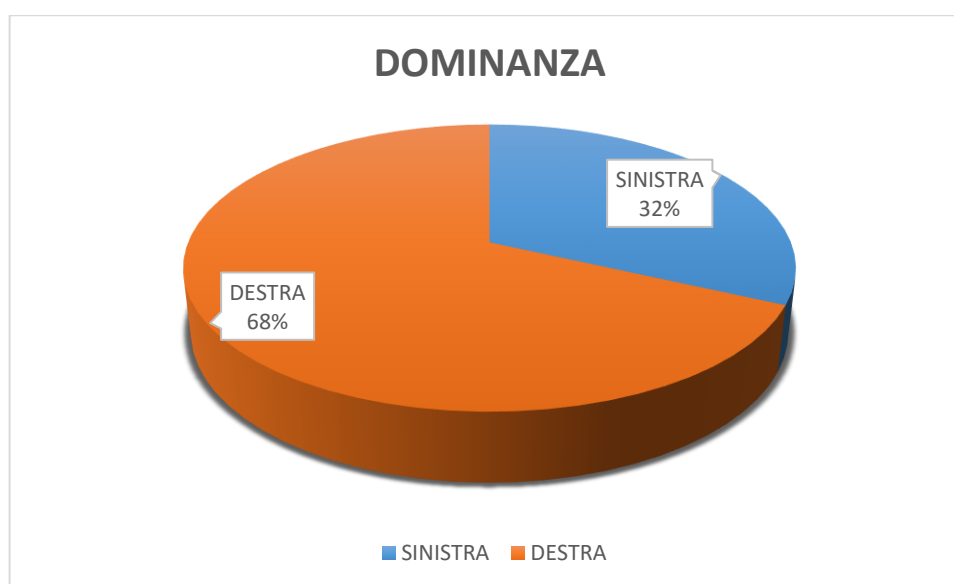


Grafico VI, plot di frequenza per la dominanza oculare.

Come si può notare, dei 91 soggetti esaminati, il 68% presenta dominanza destra, mentre la restante parte, cioè il 32% dei partecipanti, ha dominanza sinistra. Durante gli screening non sono stati evidenziati casi di dominanza crociata.

- **Stereopsi**

La stereopsi, valutata con l'utilizzo del Titmus Stereo-Test, ha mostrato che la maggioranza dei soggetti, cioè il 61,5%, raggiunge 40", valore di buona sensibilità, riconoscendo anche i dettagli più fini durante il test; il 18,6% dei soggetti presenta una stereopsi compresa tra 50" e 100", mentre il 13% dei partecipanti raggiunge un'acuità stereoscopica compresa tra 140" e 400".

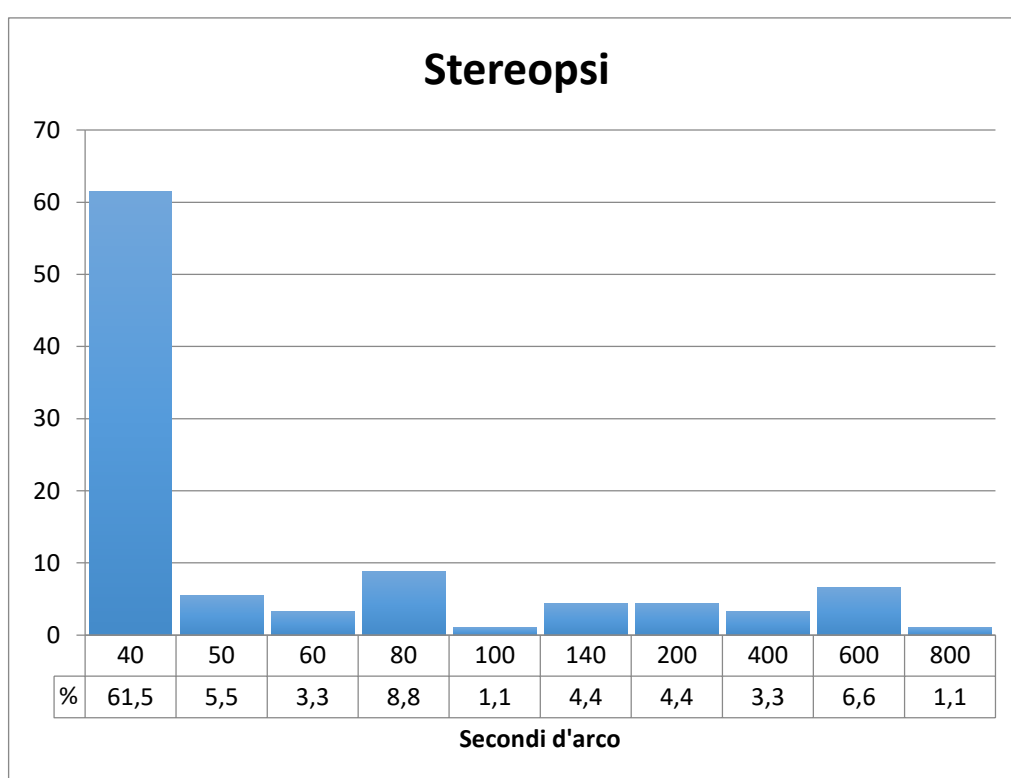


Grafico VII, distribuzione dei valori di stereopsi (sec d'arco).

Solo il 7,7% dei soggetti non raggiunge la soglia minima di acuità stereoscopica, percentuale che coincide con i soggetti che hanno ammesso di non riuscire a valutare la distanza tra gli oggetti in modo preventivo.

- **Wesson Card**

La disparità di fissazione è una minima differenza nell'orientamento della visione binoculare: mentre un occhio fissa l'oggetto, l'altro non si dirige esattamente verso lo stesso punto dello spazio visivo. Utilizzando la Wesson card, è stata misurata sia la disparità di fissazione che la foria associata, cioè la leggera deviazione presente in entrambi gli occhi (Rossetti, 2012). Nel grafico VIII sono state riportate le frequenze percentuali, calcolate sulla base di cinque classi di appartenenza: il 53,8% degli esaminati è ortoforico, cioè non presenta né disparità di fissazione né foria associata; dei soggetti che risultano in disparità di fissazione, la maggior parte (29,7%) presenta 4,3' (min d'arco) di disparità, con tendenza exo. Il 6,6% dei soggetti, anch'essi con tendenza exo, raggiunge 8,6' di disparità, mentre altri (6,6%) raggiungono 4,3' con tendenza eso. Solo il 2,2% dei soggetti raggiunge 34,3' con tendenza exo, valore limite prima di sfociare nella diplopia.

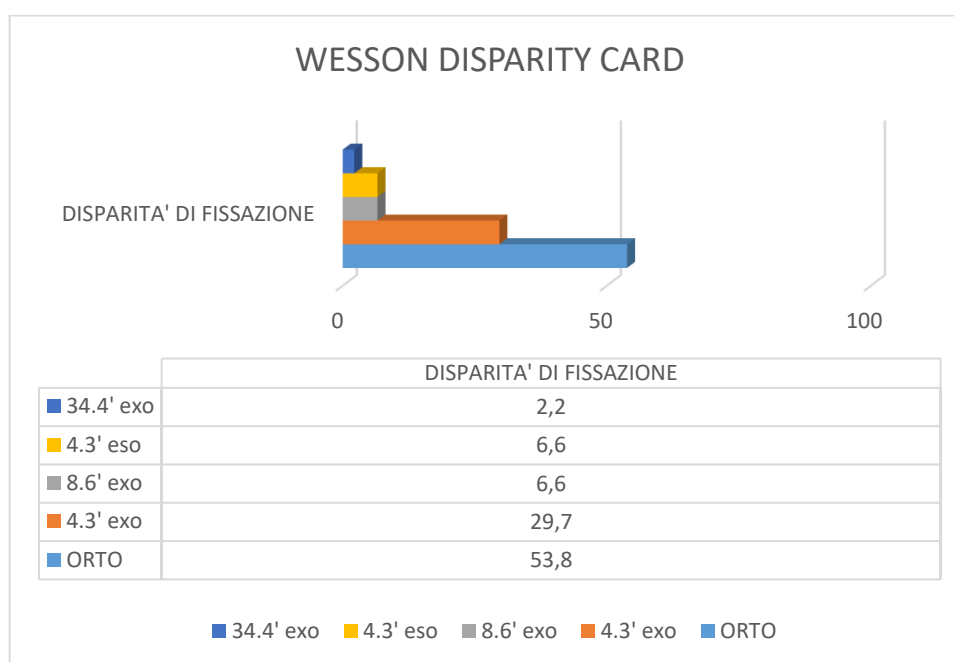


Grafico VIII, plot e distribuzione della disparità di fissazione

Va precisato che i risultati ottenuti si riferiscono al test effettuato a 40 cm, dunque a distanza prossimale, in condizioni fotopiche.

- **King Devick Saccadic Test**

Ai soggetti è stato chiesto di leggere il test il più velocemente possibile. Con l'aiuto di un cronometro è stato preso il tempo massimo impiegato da ogni soggetto per leggere le tre chart: i dati, inseriti in un foglio di calcolo Excel, sono stati elaborati in modo tale da ottenere il tempo medio impiegato per completare il test (41,3s con scarto quadratico medio $\pm 7,5s$): dal momento che il punteggio normale è di $40,0 \pm 6,1s$, il dato è comparabile con la norma.

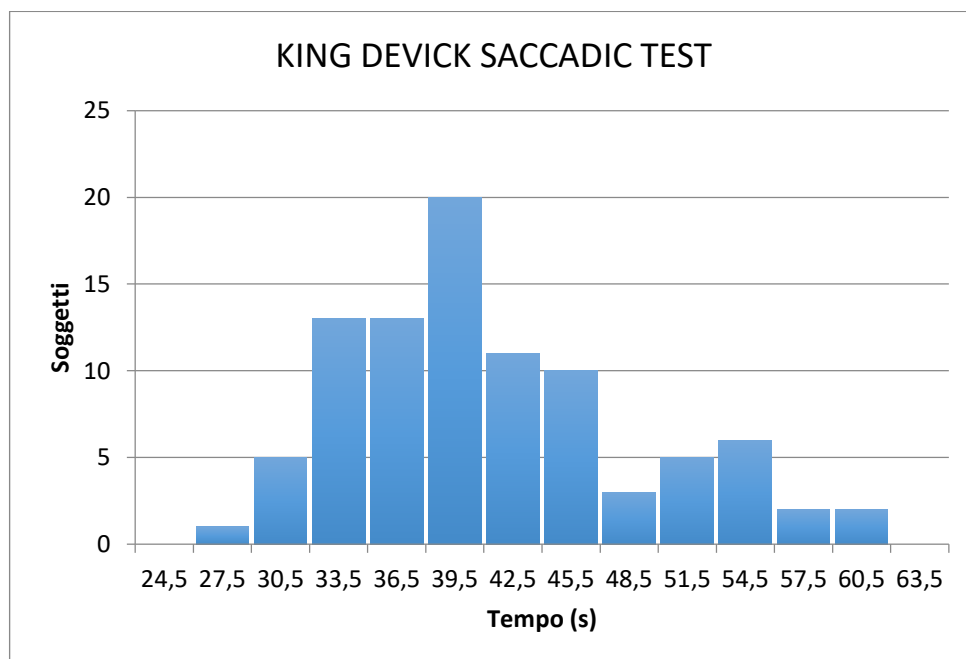


Grafico IX, rappresentazione punteggi King Devick Saccadic Test.

Dal grafico IX, si può notare come la popolazione in esame sembra essere composta da due sottopopolazioni, con tempi di risposta

diversi. La popolazione più ampia domina comunque la media complessiva di $41,3 \pm 0,8s$ mentre la popolazione in minoranza è composta da soggetti che hanno impiegato un tempo in media maggiore a completare i tre steps.

- **Correlazione Forie L e Forie V**

In seguito viene riportato il grafico di correlazione tra le forie distali e quelle misurate a distanza prossimale.

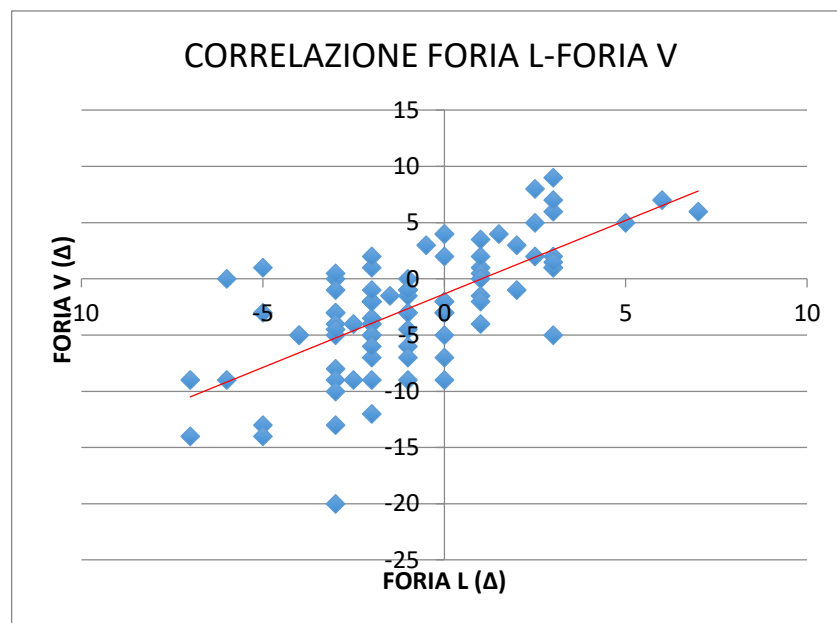


Grafico X, correlazione tra le misure di foria.

La correlazione tra le variabili FORIA L e Foria V è stata ottenuta mediante il calcolo del coefficiente di correlazione lineare di Pearson, ottenuto mediante la funzione CORRELAZIONE di Excel. Generalmente, se è presente una correlazione positiva, il valore del coefficiente di Pearson, indicato con r , oscilla in un intervallo con $0 < r < 1$: nel caso di questa distribuzione, il coefficiente di correlazione vale $r > 0$, precisamente $0,66 \pm 0,08$; dunque c'è una

correlazione positiva che indica che i valori di foria sono proporzionali tra di loro.

- **AC/A e distribuzione delle valutazioni optometriche**

Nel grafico XI, il valore AC/A considerato è quello valutato col metodo gradiente. Il valore AC/A è stato ottenuto sottraendo il valore della foria misurato a 40 cm, con l'aggiunta di lenti positive da +1,00D, al valore precedentemente misurato come foria abituale. L'AC/A gradiente varia in un range tra 0 e 9,5 Δ/D , con un intervallo di 1 Δ/D : quindi, in totale, sono state definite 11 classi di appartenenza, di cui è stata calcolata sia la frequenza assoluta che quella percentuale.

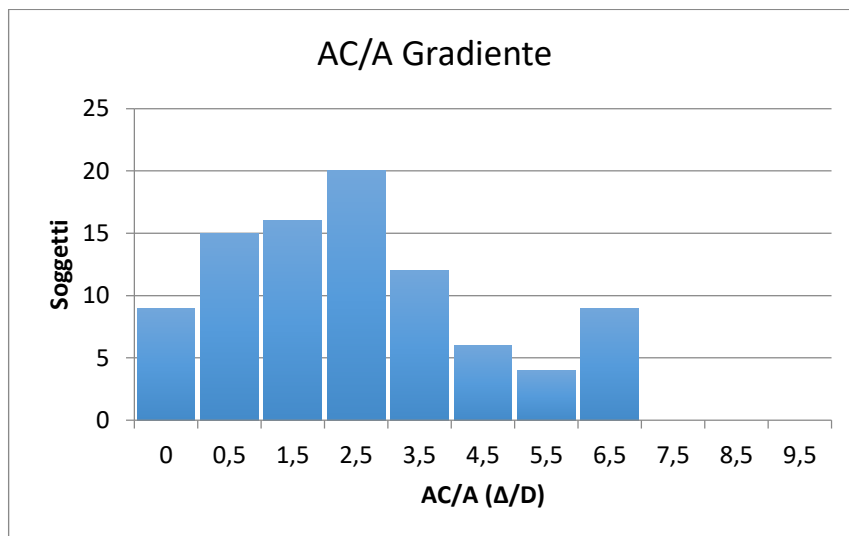


Grafico XI, distribuzione dei valori AC/A.

Da 0 a 2 Δ/D , l'AC/A è basso; da 2,5 a 5,5 Δ/D è nella norma; da 6 a 9,5 Δ/D è alto.

Dal grafico si può notare che, tra i soggetti partecipanti allo screening, 40 di essi hanno AC/A compreso tra 0/1 Δ/D e 1,5/1

Δ/D ; 42 soggetti presentano un valore AC/A compreso tra 2,5/1 Δ/D e 5,5/1 Δ/D ; i restanti 9 soggetti rientrano nell'intervallo di valori AC/A di 6,5/1 Δ/D .

Sulla base di questi dati, strettamente correlati alle distribuzioni considerate in precedenza, sono state effettuate valutazioni optometriche relative alla visione binoculare di ciascun soggetto. Nel grafico XII, sono state riportate le frequenze per ciascun tipo di valutazione optometrica eseguita per i 91 partecipanti:

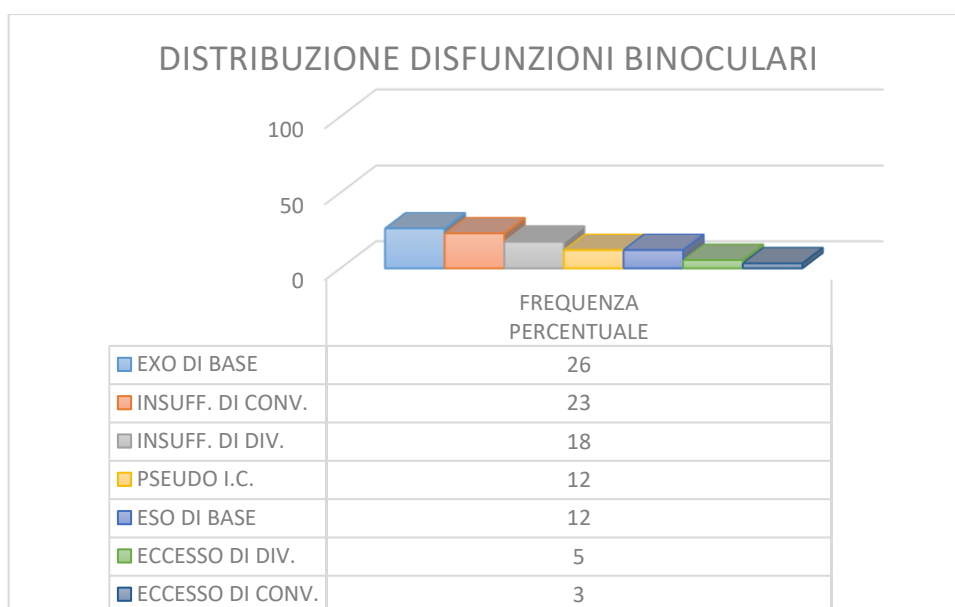


Grafico XII, distribuzione anomalie della visione binoculare.

Come si evince dalla tabella presente nel grafico XII, le disfunzioni valutate sono exo di base, insufficienza di convergenza, insufficienza di divergenza, pseudo-insufficienza di convergenza, eso di base, eccesso di divergenza, eccesso di convergenza. A ogni tipo di disfunzione è stato assegnato un numero da 1 a 7, per esempio il numero 1 contraddistingue l'exo di base, mentre il numero 4 la pseudo-insufficienza di convergenza. È stata quindi calcolata la frequenza delle disfunzioni optometriche per i

partecipanti, dopo aver appunto suddiviso le valutazioni in sette classi di appartenenza. Dall'analisi dei dati risulta che il 26% della popolazione considerata presenta exo di base, dunque AC/A nella norma e valori eteroforici con tendenza exo; il 23% invece, risulta essere in insufficienza di convergenza, dato ottenuto tramite l'analisi del PPC e della distanza di lettura, in relazione ai valori eteroforici. Nel 12% dei soggetti è stata riscontrata pseudo-insufficienza di convergenza in quanto i soggetti in questione, pur avendo un valore AC/A basso, presentano un valore exoforico molto alto a distanza prossimale, anche se il PPC risulta nella norma. Stessa percentuale di soggetti (12%) è caratterizzata da una eso di base, mentre solo il 3% presenta eccesso di convergenza a distanza prossimale. Le disfunzioni che invece caratterizzano la visione distale sono così distribuite: il 18% dei soggetti rientra nel gruppo inerente all'insufficienza di divergenza, mentre il restante 5% degli esaminati appartiene alla classe contraddistinta dal numero 6, cioè l'eccesso di divergenza.

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La visione binoculare si riferisce al coordinamento motorio dei due occhi e all'unificazione sensoriale delle rispettive immagini che ne derivano. Disfunzioni a livello binoculare possono compromettere la quotidianità di ogni singolo individuo, causando discomfort e sintomi astenopici. Proprio perché molto spesso l'area binoculare è quella maggiormente tralasciata a livello clinico, l'obiettivo principale di questo studio è indagare la prevalenza dei difetti visivi di natura binoculare in una popolazione di studenti. L'analisi statistica riguarda la descrizione di una popolazione di 91 soggetti scelti casualmente, dei quali sono stati valutati il PPC, la stereoacuità, la disparità di fissazione e i movimenti saccadici. Inoltre sono state osservate sia la foria abituale da lontano che quella da vicino, calcolando in seguito il rapporto AC/A.

Il rapporto AC/A è il fattore principale che permette di valutare l'insorgenza di disfunzioni binoculari. Dopo aver valutato la dominanza oculare di ciascun soggetto ai fini della misurazione delle forie, si è proceduto con il rilevamento del punto prossimo di convergenza (PPC). Secondo Scheiman e Wick (2002), il valore normale sia di rottura che recupero, per i soggetti che non presentano disfunzioni binoculari, dovrebbe essere $5/10 \pm 3\text{cm}$. Dall'analisi della popolazione valutata, risulta che solo il 39,5% dei soggetti ha un PPC nella norma, mentre il 51,5% risulta fuori norma; il restante 9% non raggiunge il punto di rottura della visione binoculare, probabilmente perché in uno dei due occhi si verifica il fenomeno della suspenopsia (Abraham et al, 2015). È un dato molto significativo, in quanto ci fa capire che la maggior parte degli studenti, cioè il 60%, potrebbe andare incontro a disfunzioni binoculari. In effetti, i risultati ottenuti sono in linea con quelli riportati nello studio condotto da Maples W. (2006), in

cui si riporta come il 57% degli esaminati (539 soggetti) risulti fuori norma, anche dopo tre misurazioni.

Allo stesso modo è stata valuta la stereopsi. Essa è la principale caratteristica che distingue gli esseri umani dai primati, proprio perché l'uomo ha un alto grado di visione stereoscopica, che permette di cogliere anche i dettagli più fini, in modo tridimensionale, del mondo che ci circonda. Ai soggetti è stato proposto il Titmus stereo test: il 100% degli esaminati riesce a raggiungere senza alcun problema la soglia di 3000" (Fly test), mentre maggiori difficoltà sono state riscontrate con i cerchi di Wirth. Anche se la maggior parte dei soggetti (61,5%) raggiunge i 40", il 18,7% dei soggetti presenta una stereopsi compresa tra 50" e 100", mentre il 13% dei partecipanti raggiunge un'acuità stereoscopica compresa tra 140" e 400". Il restante 7,7% degli esaminati invece, non ha una buona acuità stereoscopica. Ovviamente, come dimostrato dallo studio di Momeni-Moghadam et al. (Momeni-Moghadam et al, 2012), c'è una stretta correlazione tra problemi inerenti all'acuità stereoscopica e le disfunzioni binoculari. In effetti, un calo di stereoacuità potrebbe dipendere da un forte disallineamento degli assi visivi, dovuto per esempio ad una marcata exoforia. In "*Stereopsis with TNO and Titmus test in Symptomatic and Asymptomatic University Students*", si evidenzia come la maggior parte dei studenti partecipanti, così come nel mio caso, raggiunge senza difficoltà i 40", anche se alcuni di essi risultano essere sintomatici ed esoforici. Questo dato potrebbe dipendere dal fatto che il test presenta anche indizi monoculari, dunque alcuni dei soggetti che risultano avere una buona stereopsi, in realtà potrebbero non raggiungere realmente una buona stereoacuità: la percentuale dei soggetti nella norma potrebbe essere sovrastimata. In seguito, si è proceduto alla misurazione della disparità di

fissazione tramite l'uso della Wesson Card. I test che riguardano la disparità di fissazione sono misure dei cambiamenti che avvengono nell'allineamento oculare, in risposta allo stimolo di vergenza e accomodazione. Durante i test, non è necessario assumere che ci sia un'eteroforia associata, in quanto la disparità potrebbe dipendere da altri fattori. Per questo elaborato, invece, si è preferito considerare sia la tendenza eteroforica che la disparità di fissazione, in quanto fattori di tipo patologico sono di competenza medica. Dall'analisi statistica delle frequenze percentuali, calcolate sulla base di cinque classi di appartenenza, risulta che il 53,8% degli esaminati è ortoforico, cioè non presenta né disparità di fissazione né foria associata; dei soggetti che risultano in disparità di fissazione, la maggior parte (29,7%) presenta 4,3' (min d'arco) di disparità, con tendenza exo. Il 6,6% dei soggetti, anch'essi con tendenza exo, raggiunge 8,6' di disparità, mentre altri (6,6%) raggiungono 4,3' con tendenza eso. Solo il 2,2% dei soggetti raggiunge 34,3' con tendenza exo. Dagli studi presenti in letteratura, risulta che la disparità di fissazione è direttamente proporzionale all'ammontare della foria. Effettivamente, negli studi di Jaschinsk (Jaschinsk W., 1998), si evidenzia come la maggioranza dei soggetti non presenti disparità di fissazione e, la restante parte abbia tendenza exo. E' minima la percentuale di soggetti con disparità di fissazione correlata a una tendenza eso. Dal momento che la disparità di fissazione riguarda l'allineamento di entrambi gli occhi, perseguito e ottenuto con l'ausilio dei muscoli oculari, è stato interessante sottoporre ai soggetti il King Devick Saccadic test, così da poter valutare la qualità dei movimenti saccadici e la loro influenza sul corretto funzionamento del sistema visivo binoculare. E' stato calcolato il tempo medio impiegato da ciascun soggetto per completare il test ($41,3 \pm 7,5s$): dal momento che il punteggio normale è di $40,0 \pm 6,1s$, il dato è comparabile con la norma. Questo dato è in

linea con la letteratura: studi precedenti effettuati su giocatori di hockey, mostrano come la velocità di lettura non dipenda dall'età dei soggetti piuttosto che dalla loro etnia, bensì dall'ambiente in cui viene effettuato il test: minore è il numero di distrattori presenti, migliore sarà la performance di ciascun soggetto. Inoltre, la qualità dei movimenti saccadici, potrebbe dipendere dalle deviazioni latenti presenti nel sistema visivo di ciascuno di noi. In seguito, è stata valutata la correlazione tra l'ammontare della foria distale e della foria misurata a distanza prossimale. Il coefficiente di correlazione, anche detto di Pearson, è stato calcolato mediante la funzione CORRELAZIONE di Excel: nello specifico, $r > 0$, con un valore di $0,66 \pm 0,08$: si tratta di una correlazione positiva e indica la presenza di proporzionalità tra le due variabili.

Mediante il valore AC/A gradiente si è valutata la distribuzione delle anomalie binoculari. L'accomodazione e la convergenza sono le componenti più importanti dell'atto visivo: per una visione binoculare efficiente è necessario che queste due componenti siano in armonia, anche se non è da escludere la presenza di disfunzioni binoculari. Dall'analisi dei dati risulta, in particolare, che il 26% degli studenti che hanno partecipato allo screening presenta exo di base, dunque il valore AC/A è nella norma e i valori eteroforici hanno tendenza exo; il 23% invece, risulta essere in insufficienza di convergenza, dato ottenuto tramite l'analisi del PPC e della distanza di lettura, in relazione ai valori eteroforici. Nel 12% dei soggetti è stata riscontrata pseudo-insufficienza di convergenza in quanto i soggetti in questione, pur avendo un valore AC/A molto basso, presentano un valore exoforico alto a distanza prossimale, anche se il PPC risulta nella norma ($5/10 \pm 3\text{cm}$). Stessa percentuale di soggetti (12%) è caratterizzata da una eso di base, mentre solo il 3% presenta

eccesso di convergenza a distanza prossimale. In accordo con i dati rilevati dall'American Optometry Association (AOA), le disfunzioni binoculari sono molto comuni tra gli studenti. Il lavoro prolungato a distanza prossimale, secondo quanto affermano Borsting et al. (Borsting et al, 2010), induce variazioni nella convergenza e nell'accomodazione tali da compromettere il sistema visivo binoculare. In effetti, l'exo di base e l'insufficienza di convergenza (I.C.) sono le disfunzioni maggiormente valutate in soggetti di età compresa tra i 15 e i 26 anni. Proprio per questo motivo, è possibile affermare che i dati ottenuti sono in linea con le distribuzioni di frequenza presenti in letteratura, che si basano maggiormente sull'insorgenza e la gestione della I.C. e delle disfunzioni con tendenza exo.

La visione binoculare, a mio parere, è il più alto grado di specializzazione raggiunto dagli esseri viventi nel corso dell'evoluzione: rappresenta la capacità cerebrale di utilizzare contemporaneamente le immagini fornite da entrambi gli occhi singolarmente, per creare una visione delle cose unica, di qualità superiore. Ma cosa significa "avere una visione binoculare normale"? Ecco, con un tale quesito ci si riferisce a un sistema visivo funzionante ed efficiente, di cui il prerequisito fondamentale è la corretta coordinazione tra movimenti oculari coordinati e i processi di accomodazione e convergenza, la cui azione mira ad ottenere immagini bifoveali chiare durante l'impegno visivo a distanza ravvicinata. Questo meccanismo quindi, ci permette di apprezzare a pieno la varietà degli aspetti che caratterizzano tutto ciò che ci circonda.

La binocularità è senza alcun dubbio una parte molto importante del nostro sistema visivo, pertanto deve essere esaminata e stimolata anche con piccoli gesti quotidiani, per permettere performance visive adeguate alle necessità e con il minor sforzo

possibile. Con questo elaborato si è cercato di mettere in evidenza l'importanza di valutare il sistema binoculare, senza fermarsi solo all'aspetto refrattivo.

Le disfunzioni legate alla sfera binoculare sono molto comuni nella popolazione, e si presentano in concomitanza con conseguenze di tipo funzionale. Tuttavia, la valutazione dei disturbi binoculari non riceve l'attenzione che merita: infatti, molto spesso si tende a dar minor peso alle anomalie latenti, tra cui trovano posto le deviazioni orizzontali associate a problemi accomodativi. I risultati ottenuti evidenziano che la maggioranza dei soggetti, seppur asintomatici, ha problematiche che riguardano la visione binoculare e che quindi compromettono la loro quotidianità, dalle cose più semplici come praticare sport, alle attività che richiedono maggiore attenzione e impegno visivo, come leggere o studiare.

In futuro, ulteriori studi volti a comparare la prevalenza delle disfunzioni della visione binoculare tra le varie popolazioni mondiali, potrebbero essere di estrema rilevanza.

CAPITOLO 5: BIBLIOGRAFIA

- Abraham N., Krithica S., Jyothi T., *Normative data for nearpoint of convergence, accommodation and phoria*, Oman Journal of Ophthalmology vol. 8, India (2015)
- Bartuccio M., Taub M., *Accommodative Insufficiency: A Literature and Record Review*, Optometry and Vision Development vol. 39, No 1 (2008)
- Benjamin W., *Borish's Clinical Refraction, Second Edition*, Butterworth-Heinemann, USA (2006)
- Birnbaum M., *Optometric Management of Nearpoint Vision Disorders*, Butterworth-Heinemann, Newton (1993)
- Bodack M., Chung I., *An analysis of vision screening data from NYC public schools*, Optometry Journal, American Optometry Association (2010)
- Cacho P., Garcia A., *Treatment of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunction*, Optometry Journal, American Optometry Association (2009)
- Cooper J., Burns C., Cotter S., Griffin J., *Care of the patient with accommodative and vergence dysfunction*, American Optometry Association Clinical Guidelines, USA (2011)
- Delgadillo H., Griffin J., *Vergence facility and associated symptoms: a comparison of two prism flipper test*, Journal of Behavioral Optometry vol. 3, USA (1992)
- Eperjesi F., Ründstorm, *Practical Binocular Vision Assessment*, Butterworth-Heinemann, China (2004)
- Evans B., *Pickwell's Binocular Vision Anomalies: Investigation and Treatment, Fourth Edition*, Butterworth-Heinemann, Edinburg (2002)
- Evans, Doshi, Harvey, *Eye essential, binocular vision*, Butterworth-Heinemann, Oxford (2005)

- Goss D, *Ocular Accommodation, Convergence, and Fixation Disparity: A Manual of Clinical Analysis, Second Edition*, Butterworth-Heinemann, USA (1995)
- Gregory J., Cohen B., *Normative Values for the Nearpoint of Convergence of Elementary Schoolchildren*, Optometry and Vision Science vol. 75, USA(1998)
- Griffin J., Grisham J., *Binocular Anomalies, Diagnosis and Vision Therapy, Fourth Edition*, Butterworth-Heinemann, Woburn (2002)
- Grosvenor T., *Primary optometry Care, Fourth Edition*, Butterworth-Heinemann, USA (2002)
- Hokoda S., *General binocular dysfunctions in an urban optometric population*, Journal of American Optometry Association, USA (1985)
- Hussaindeen JR, *Binocular Vision Anomalies and Normative Data (band) In Tamilnadu*, Vision Development & Rehabilitation, vol. 1, USA (2010)
- Hyönä J., Radach R., Deubel H., *Cognitive and applied aspects of eye movements research*, Elsevier Science BV, Amsterdam (2003)
- Jaschinski W., *Fixation disparity and accommodation as function of viewing distance and prism load*, Ophthalmic and Physiological optics, Elsevier Science Ltd, UK (1997)
- Jaschinski W., *Fixation disparity at different viewing distances and the preferred viewing distance in a laboratory near-vision task*, Ophthalmic and Physiological Optics, Elsevier Science Ltd, UK(1998)
- Klein S., Levi D., *Binocular Combination in abnormal binocular vision*, Journal of Vision, USA (2010)
- Loerzel R., Tran L., Goss D., *Effect of lens power on binocular lens flipper*, Journal of Behavioral Optometry vol. 14, USA (2003)

- Maples W., *Near Point of Convergence Measured in Elementary School Children*, Optometry and Vision Science, vol. 84, USA(2006)
- Momeni-Moghadam, *Stereopsis with TNO and Titmus test in Symptomatic and Asymptomatic University Students*, Journal of Behavioral Optometry, vol. 2, USA(2012)
- Murray C., *Normative Values for the Accomodative Convergence to Accomodation Ratio*, Investigative Ophthalmology and visual science Vol.51, No 3, USA (2010)
- Rosenfield M., Logan N., *Optometry: science, techniques and clinical management, Second Edition*, Butterworth-Heinemann, Toronto (2009)
- Rossetti A., Gheller P., *Manuale di Optometria e Contattologia*, Seconda Edizione, Zanichelli, Bologna (2003)
- Sartori C., Segantin O., Tavazzi S., *Postura, illuminazione delle aule e abilità visive dei bambini a scuola*, Dislessia vol. 6, No 3, Edizioni Erickson, Trento (2009)
- Scheiman M., Wick B., *Clinical management of binocular vision, Heterophoric, Accomodative, and Eye Movement Disorders, Second Edition*, Lippincott Williams & Wilkins, USA (2002)
- Steinman S., Garcia r., *Foundation of Binocular Vision*, McGraw-Hill, USA (2000)
- Taub M., *Binocular vision anomalies, what every optometrist should know*, Review American Journal of Optometry, USA (2004)
- Ugolini D., *Relazione tra Occhio e Postura: Test per Optometristi*, Associazione Italiana Studio e Ricerca in Posturologia, Bologna (2012)
- Vartiainen M., Holm A., Peltonen K., *King-Devick test normative reference values for professional male ice hockey players*, Scandinavian Journal of medicine and science in sport vol.25, No 3, John Wiley & Sons Ltd, 2015

- Vogel G., *Saccadic Eye Movements: theory, testing & therapy*, Journal of Behavioral Optometry vol. 6, USA (1995)
- Wajuihian S., Rekha H., *Vergence anomalies in a sample of high school students in South Africa*, Journal of Optometry, Elsevier, Spagna (2015)

CAPITOLO 6: APPENDICI

A. Questionario d'indagine

Soggetto n° _____

N	DOMANDA	MAI	A VOLTE	SPESSO
1	Quando guida, fatica a distinguere i cartelli stradali?			
2	La luce del sole le provoca bruciore e sensazione di abbagliamento?			
3	Prova fastidio visivo dopo aver praticato sport?			
4	Ha difficoltà a copiare dalla lavagna?			
5	Ha notato di vedere male con uno dei due occhi?			
6	Vede annebbiato quando guarda da vicino?			
7	Le capita di vedere doppio quando osserva un oggetto da vicino?			
8	Lamenta astenopia (mal di testa, nausea, confusione) dopo un lavoro da vicino?			
9	Le capita di avere bruciore agli occhi e/o lacrimazione?			
10	Ha notato di avere visione confusa nel passaggio dal vicino al lontano?			
11	Le è mai capitato di vedere sfuocato da lontano dopo la lettura?			
12	Ha difficoltà a mantenere l'attenzione durante la lettura?			
13	Le capita di inclinare il capo mentre osserva gli oggetti?			
14	Le capita di vedere annebbiato ciò che legge?			
15	Vede peggio a fine giornata?			
16	Durante il lavoro da vicino, ha la sensazione di "sforzare" gli occhi?			
17	Nota di stancarsi subito durante lo studio?			
18	Le capita di non vedere la distanza tra gli oggetti?			
19	Le capita di chiudere un occhio durante la lettura?			
20	Durante la lettura, "salta" alcune parole?			
21	Le capita di non riuscire ad allineare cifre e/o colonne numeriche?			
22	Riesce facilmente a comprendere quello che legge?			
23	Durante la lettura, le capita di avvicinare il foglio al viso?			

24	Le capita di non riuscire a mantenere l'attenzione durante un impegno visivo a distanza prossimale?			
25	Pensa di essere goffo nei movimenti?			
26	Le capita di leggere più volte la stessa riga?			

- Nel complesso, si ritiene soddisfatto della sua performance visiva?

B. Norme di riferimento

RISULTATI ATTESI [di riferimento] NEI TEST BINOCULARI E SULL'ACCOMODAZIONE (adottati da Scheiman e Wick, 2002)

AA 2009/2010 – Docente A. Rossetti, OD (trascrizione dr. Mirko Chinellato)

Test	Risultati attesi (expected)	Deviazione standard
[Deviazioni] Cover test o altra tecnica: - Foria laterale da lontano - Foria laterale da vicino	1Δ exoforia 3Δ exoforia	±2 ±3
Rapporto AC/A [gradiente, mira prossim.]	4/1 Δ/D	±2
Test di vergenza [relativa/fusionale] 1) Lontano - Δ base esterna - Δ base interna 2) Vicino - Δ base esterna - Δ base interna	Sfuocamento:9 Rottura:19 Recupero:10 Rottura:7 Recupero:4 Sfuocamento:17 Rottura:21 Recupero:11 Sfuocamento:13 Rottura:21 Recupero:13	±4 ±8 ±4 ±3 ±2 ±5 ±6 ±7 ±4 ±4 ±5
Punto prossimo di convergenza - target accomodativo - penna luminosa	Rottura: 5 cm Recupero: 10 cm Rottura: 7 cm Recupero: 10 cm	±2,5 ±3 ±4,0 ±5,0
Ampiezza Accomodativa - Push-up/pull away - Lenti negative allo sfuocamento	18 - 1/3 · età 2D < push-up/pull away	±2D
Facilità accomodativa Monoculare 1) Bambini -sei anni -sette anni -da 8 a 12 anni 2) Adulti -da 13 a 30 anni -da 30 a 40 anni	[flipper ±2D, cpm=cicli per minuto] 5,5 cpm 6,5 cpm 7,0 cpm 11,0 cpm (non quantificato)	±2,5 ±2,0 ±2,5 ±5,0

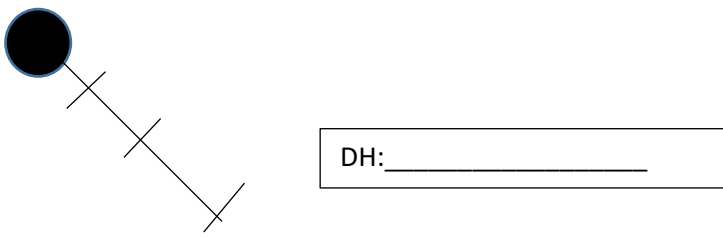
C. Scheda dati

Soggetto n° _____

Età: _____ Sesso: _____

Professione : _____ Rx: _____

OD: _____ OS: _____

DOMINANZA	OD	OS
DAV		
P.P. CONVERGENZA	ROTTURA _____	RECUPERO _____
P.P.ACCOMODAZIONE	ANNEBBIAMENTO _____	RECUPERO _____
RIFLESSO VISUO-POSTURALE		
STEREOPSI	CERCHI DI WIRTH _____	FLYSTEREO TEST _____
WESSON TEST		
KING DEVICK		
TEST MADDOX		
FLIPPER ± 2,00D	_____ c/m	Più lento con _____
FLIPPER 8BI/12BE	_____ c/m	Più lento con _____
FORIE	LONTANO	VICINO
AC/A GRADIENTE (+1,00D OU)		

