



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

Tesi di laurea

La differenza nelle eteroforie tra i 40 cm
e la distanza di lettura

Relatore: Marino Formenti

Correlatore: Dominga Ortolan

Laureanda: Francesca Silvidii

Matricola: 2025364

Anno accademico 2023/2024

Indice

Abstract	1
Introduzione	2
Capitolo 1 – Le eteroforie	4
1.1. La visione binoculare e le eteroforie	4
1.2. Cause	7
1.3. Il ruolo delle riserve fusionali	9
1.4. Disturbi associati alle eteroforie	12
1.5. Effetto prismatico delle lenti	15
1.6. Implicazioni sulla qualità della vita.....	16
1.7. Il profilo del giovane miope	17
1.8 Eteroforie e distanze di lettura.....	18
Capitolo 2 - Strumenti e metodi	23
Capitolo 3 – Presentazione dei dati.....	26
Capitolo 4- Discussione e conclusione	33
4.1. Discussione.....	33
4.2 Conclusioni.....	36
Bibliografia	38

Abstract

Obiettivi: Fornire una panoramica delle distanze di lettura di un campione di studenti universitari e osservarne la variazione, in termini di foria, tra la misurazione alla distanza di lettura reale dei pazienti e quella a 40 cm.

Metodi e strumenti: Il campione è costituito da 24 studenti universitari di età media 25 anni. Per ognuno è stata calcolata la media tra distanza di lettura, scrittura e lavoro allo smartphone; esame soggettivo e forie da lontano con il metodo di Von Graefe e quelle prossimali con le relative riserve fusionali sia a 40 cm, sia alla distanza media precedentemente calcolata.

Risultati: Le distanze di lettura reali medie risultano inferiori ai 40 cm, in particolare con un picco inferiore per la lettura allo smartphone, con un valore medio di $33,58 \pm 7,17$. Esiste una correlazione, $R^2 = 0,7858$, tra la riduzione della distanza di lettura e l'incremento della deviazione di tipo exoforico. Per quanto riguarda le riserve fusionali, le deviazioni non risultano compensate per il 25% degli studenti a 40 cm, e per il 42% alla distanza di lettura reale.

Conclusione: Tale studio suggerisce di prestare sempre attenzione a quale sia la distanza di lavoro prossimale effettiva del soggetto durante l'esame visivo, poiché nei giovani la distanza di lettura tende a essere inferiore alla distanza convenzionale di 40 cm. Inoltre, anche i test dovrebbero essere eseguiti alla distanza prossimale cui il soggetto è solito posizionarsi durante la lettura, in quanto i valori individuati, soprattutto in termini di eteroforia e della sua compensazione, tendono a differire rispetto alla distanza standard, e la valutazione della funzionalità della visione binoculare, spesso associata a stress visivo e astenopia, rischia di non essere accurata.

Introduzione

Il termine 'eteroforia' fa riferimento al disallineamento degli assi visivi che si verifica quando la fusione viene interrotta e uno dei due occhi devia dalla posizione di fissazione.

Si tratta di una misura molto importante nella pratica clinica e costituisce un elemento essenziale nell'analisi visiva, fornendo molte informazioni sul funzionamento del sistema di visione binoculare¹ e giocando allo stesso tempo nei bambini un ruolo fondamentale nello sviluppo del sistema visivo. È tra gli attori principali che contribuiscono al mantenimento sia della binocularità, sia di una buona qualità visiva esente da sintomi, soprattutto durante il lavoro prossimale, situazione in cui la domanda di vergenza, da cui l'eteroforia dipende, aumenta. Oltre a ciò gioca un ruolo fondamentale per la sua influenza sulla percezione della profondità spaziale, altro parametro essenziale nella valutazione della qualità visiva,² e per la possibilità che fornisce all'optometrista di comprendere la tollerabilità della prescrizione che verrà eventualmente proposta, che necessita di un'attenta valutazione delle condizioni reali in cui questa verrà portata. Nonostante la sua importanza, l'eteroforia è un tema poco divulgato, soprattutto verso il pubblico esterno, ma costituisce un parametro cui l'optometrista dovrebbe dedicare particolare attenzione, soprattutto per la sua influenza sul lavoro prossimale.

Viviamo in un mondo in cui la tecnologia è parte integrante della quotidianità, gli smartphone sono costantemente sotto gli occhi di tutti e l'attività lavorativa è sempre più legata alla lettura. Tutto questo porta con sé delle conseguenze in termini di benessere visivo e ha un'influenza sullo stato della visione binoculare. Per questa costante evoluzione nelle nostre abitudini di vita, l'optometria dovrebbe restare al passo con la ricerca al fine di offrire degli studi che permettano ai professionisti di adattarsi a ogni esigenza visiva.

Ad oggi, nella pratica clinica, la misura delle eteroforie si svolge comunemente a 40 cm. Tuttavia la maggior parte dei giovani non legge abitualmente a questa distanza. Le cause sono molteplici: per i più giovani ciò dipende dalla distanza

di Harmon, ma anche tra gli studenti universitari permangono spesso abitudini posturali scorrette e dannose mantenute per periodi di tempo prolungati. Anche l'utilizzo degli smartphone induce spesso distanze di lettura molto inferiori alla norma.

Lo studio alla base di questo elaborato è una ricerca sperimentale condotta su un campione di studenti universitari. La ricerca vuole approfondire quali sono le distanze di lettura reali in diverse condizioni della loro quotidianità, ovvero la lettura, la scrittura e l'utilizzo dello smartphone. Sulla base di ciò la ricerca mira a indagare la variazione del valore eteroforico prossimale se misurato alla distanza di lettura reale di ogni individuo, confrontato con la stessa misura presa alla distanza di 40 cm, e la sua relazione con la riduzione della distanza di esecuzione. Si ricercherà infine un confronto tra la compensazione del valore eteroforico a 40 cm e quella a distanza di lettura, attraverso la valutazione delle rispettive riserve fusionali.

Per quanto riguarda la struttura della tesi, il primo capitolo fornisce una panoramica teorica del ruolo delle eteroforie nella visione, della loro definizione e degli studi che analizzano le variazioni eteroforiche e in termini di distanza di lettura nei giovani. A questi seguono la descrizione della metodologia e della strumentazione utilizzata e la presentazione dei risultati ottenuti. A termine dell'elaborato gli stessi vengono discussi, cercando di individuare le affinità o le divergenze con gli studi precedentemente considerati.

Attraverso questi passaggi l'obiettivo è di rintracciare una panoramica della differenza che si potrebbe riscontrare nella pratica clinica e dell'affidabilità delle misure convenzionali, al fine di fornire una prospettiva sulle possibili conseguenze riguardanti lo stress visivo e la compensazione delle eteroforie stesse derivanti da abitudini posturali scorrette.

Capitolo 1 – Le eteroforie

1.1. La visione binoculare e le eteroforie

La visione è un processo complesso, che prevede l'utilizzo simultaneo di entrambi gli occhi e la fusione delle immagini corrispondenti. La possibilità di sovrapporre e fondere due immagini deriva dall'azione combinata dell'apparato muscolare estrinseco unita all'organizzazione retino-corticale². Sono i muscoli extraoculari che permettono i movimenti di duzione, versione e vergenza. Si parla di duzione quando si considerano le abilità di movimento di un singolo occhio, con termine versione ci si riferisce invece ai movimenti di pari ampiezza e stessa direzione eseguiti dai due occhi. Il movimento di vergenza infine valuta la loro azione sincrona ma in direzione opposta, finalizzata all'osservazione di un oggetto posto a distanza finita, che prende il nome di convergenza se gli occhi si muovono l'uno verso l'altro fino a puntare un piano più prossimo rispetto al quello precedentemente fissato, o divergenza, per il suo reciproco. Distinguiamo a tal proposito la convergenza fisiologica, responsabile della posizione di riposo assunta in assenza di stimoli, dalla convergenza accomodativa, essenziale per ottenere una buona visione binoculare: l'accomodazione fornisce un'immagine nitida mentre gli occhi convergono sul punto osservato.³

Nella classificazione di Worth del 1915, la visione binoculare prevede tre stadi, i primi due – percezione simultanea e fusione – sono non tanto propedeutici quanto essenziali per il verificarsi del terzo: la stereopsi, ovvero la capacità di percepire informazioni relative alla profondità e alla posizione spaziale degli oggetti osservati, grazie alla diversa posizione degli occhi nello spazio e alla disparità che ne deriva.²

È proprio l'orientamento degli occhi a carico del sistema muscolare estrinseco che ci conduce alla definizione delle eteroforie. Si parla infatti di ortoforia quando le due immagini di uno stesso oggetto si formano su aree retiniche corrispondenti e non sono necessari movimenti di compensazione per giungere alla fusione sensoriale e ottenere un'unica immagine binoculare.⁴ Quando tale fattispecie non si verifica, interrompendo la fusione si può osservare una deviazione a carico di un

occhio che prende il nome di eteroforia, generalmente tale deviazione è latente, poiché compensata dalla fusione motoria, per questo la sua osservazione richiede la dissociazione della binocularità. Qualora la compensazione non risultasse possibile, si assisterebbe alla deviazione manifesta di uno o entrambi gli occhi che prende il nome di eterotropia e che può dare luogo a manifestazioni di diplopia oppure ad adattamenti come nel caso della soppressione monoculare, causando l'annullamento della stereopsi.⁵

Per quanto concerne la deviazione osservata, questa può essere orizzontale, verticale o torsionale.

L'eteroforia orizzontale si divide in:

- Exoforia: ovvero la tendenza degli occhi alla divergenza e all'osservazione di un piano più lontano, si manifesta con la deviazione di uno dei due occhi verso l'esterno rispetto alla posizione di fissazione ed è compensata dai meccanismi di convergenza. Inoltre, la sua mancata compensazione può dare luogo a diplopia di tipo crociato. È considerato un meccanismo passivo, poiché la stessa posizione di riposo fisiologica tende a essere divergente, tuttavia la divergenza non sarebbe attuabile in forma volontaria, da cui la definizione qui riportata.³
- Esoforia: si tratta della tendenza degli occhi a convergere verso un punto più prossimo rispetto al piano di osservazione, con la conseguente deviazione latente di un occhio in direzione nasale. Nel caso in cui la compensazione non risulti possibile e la deviazione si renda manifesta, la diplopia che ne conseguirà sarà di tipo omonimo. È compensata dai meccanismi fusivi di divergenza ed è considerato un processo attivo, in quanto la convergenza è possibile volontariamente;³

Si tratta del gruppo di maggior interesse clinico, per la sua relazione con l'accomodazione, nonché quello preso in esame in questo elaborato. Tuttavia presentiamo la classificazione delle eteroforie verticali e torsionali, divise rispettivamente come elencato di seguito.

Verticali:

- Iperforia destra o ipoforia sinistra: l'occhio destro devia verso l'alto e il sinistro verso il basso
- Iperforia sinistra o ipoforia destra: il reciproco del precedente.

Troviamo poi le rotazioni torsionali in direzione nasale (incicloforia) o temporale (excicloforia).³

Come già accennato, da lontano si registra comunemente uno stato ortoforico con una lieve tendenza all'exoforia, mentre a 40 cm è normale riscontrare una lieve exoforia. I valori di norma attesi a distanza sono 1 Dp di exoforia \pm 2 Dp, mentre da vicino sono di 3 Dp di exoforia \pm 3 Dp.

L'interesse per le eteroforie divenne rilevante a partire dalla fine del XIX secolo. Mentre già erano attivi diversi studi sull'argomento, Maddox fornì una definizione più dettagliata e ancora oggi riconosciuta delle eteroforie come deviazione relativa degli assi visuali quando gli occhi sono dissociati.⁶ Secondo lo studioso si tratterebbe di un errore di allineamento che permane quando la vergenza tonica porta gli occhi verso la postura di divergenza anatomica.

Il tema acquisì poi particolare rilevanza a partire dal XX secolo, infatti a inizio Novecento aumentò l'attenzione per la valutazione delle funzionalità della visione binoculare, ambito che include anche l'eteroforia. Tale interesse crebbe a partire dalla consapevolezza che la stessa eteroforia potesse costituire una causa per i sintomi astenopici, motivata dall'eccessiva richiesta di riserve fusionali che può indurre, un aspetto che in seguito approfondiremo.⁶

In questo contesto si stagliano nuove definizioni e nuovi studi, tra cui quella di Stevens del 1906, che considera l'eteroforia come una deviazione latente degli occhi.⁷

Ancora oggi la visione binoculare si presenta come un elemento di centrale interesse clinico. In un mondo in cui l'attività prossimale acquisisce un ruolo sempre più importante nelle nostre vite, è essenziale per l'optometria garantirne il corretto funzionamento. Campi condizionati dall'eteroforia sono la stereopsi e l'abilità di lettura, senza contare l'influenza nella progressione miopica e in numerosi sintomi

astenopici in presenza di disfunzioni visive. Per quanto riguarda la stereopsi, uno studio di Saladin⁸ mostra come questa possa essere condizionata negativamente da lievi entità esoforiche. Anche relativamente alla progressione miopica la visione binoculare emerge come aspetto di notevole rilevanza: si riscontra infatti uno stretto legame tra la progressione, l'intensità e le condizioni del lavoro prossimale e lo stesso International Myopia Institute (IMI)⁹ evidenzia l'importanza della binocularità come elemento chiave per l'emmetropizzazione.

Inoltre la velocità di lettura, ma anche la comprensione e il comfort durante la stessa, risulta inquinata sia da alti livelli di exoforia prossimale, sia da disfunzioni della visione binoculare come l'insufficienza di convergenza, che verranno approfonditi in seguito.

Proprio durante diversi compiti prossimali come lo studio o la lettura sostenuta, possono manifestarsi diversi sintomi nelle circostanze in cui il sistema non è in grado di sostenere senza affaticamento le risposte di vergenza e accomodazione richieste¹⁰ in maniera precisa e continuata. Non è difficile comprendere l'importanza di monitorare tali condizioni se consideriamo la prevalenza di queste disfunzioni anche in ambiente pediatrico. Secondo un articolo di Taub del 2004,¹¹ sulla base del confronto tra le ricerche di Scheiman *et al.* e Lara *et al.*, la percentuale di bambini che presentano disfunzioni binoculari e relativi sintomi oscillerebbe tra il 19,7% e il 22,3%, con distribuzione variabile delle singole disfunzioni.

1.2. Cause

Non è semplice definire quali siano le cause che conducono alla presenza di eteroforie, e in sede clinica risulta tanto più complesso risalire all'eziologia di tali deviazioni. Tuttavia, tra i fattori che possono concorrere alla loro presenza o mancata compensazione, troviamo cause ottiche o refrattive, quali errori refrattivi non corretti, generalmente associati a una richiesta accomodativa anomala. Un esempio specifico è costituito dall'ipermetropia non corretta che può indurre esoforia o, diversamente, da una miopia non corretta che induce exoforia. Sempre nell'ambito delle cause ottiche troviamo sovracorrezione o sottocorrezione delle

ametropie, gli effetti prismatici indotti da errori di centratura delle lenti, e le anisometropie che possono causare difficoltà nella fusione delle immagini.^{12,13}

Un'altra sorgente della comparsa di eteroforie è costituita dalle cause ambientali, in particolare correlate al lavoro da vicino. Tra queste si annoverano l'assenza di un'illuminazione adeguata, una distanza di lavoro troppo prossima al piano o un improvviso incremento quantitativo dell'attività prossimale.¹²

Si identificano poi cause di natura innervativa, come anomalie dell'innervazione motoria e del rapporto tra accomodazione e convergenza, che inducono un rapporto AC/A anomalo. Si riscontrano infine con minor frequenza cause anatomiche, quali alterazioni nella struttura ossea o nell'inserzione dei muscoli.¹³

Le difficoltà nell'individuazione di una causa specifica risiedono nella possibilità che, anche in uno stesso soggetto, le numerose possibili cause qui annoverate possano coesistere e manifestarsi simultaneamente. A questi fattori, inoltre, si sommano ulteriori elementi scatenanti o aggravanti di natura qualitativa, la cui influenza non è misurabile, ovvero i fattori emotivi e di stress come ansia e preoccupazione.

Ulteriormente in svariate circostanze non si assiste alla presenza di un'anomalia innata, bensì a un adattamento che si manifesta secondariamente alle cause ottiche e refrattive che abbiamo già citato: si tratta delle cosiddette eteroforie secondarie, la cui origine, come nel caso precedente, può essere di diversa natura.¹³

L'esoforia può essere indotta da un'eccessivo sforzo accomodativo, causato per esempio da un'ipermetropia non corretta o da un'insufficienza accomodativa, che porta, per la stretta relazione tra accomodazione e convergenza, a un eccesso di convergenza. Un caso opposto è invece quello degli esordi della presbiopia, quando, per compensare la riduzione dell'accomodazione, è necessario un incremento dell'innervazione accomodativa, che può portare, anche in questo caso, a un aumento di convergenza.^{12,13}

Un'exoforia secondaria deriverebbe, al contrario, da una ridotta attività dell'accomodazione, e di conseguenza della convergenza accomodativa, che può

verificarsi nei miopi non corretti, che dimostrano una buona visione prossimale in assenza di sforzo accomodativo, o nei presbiteri avanzati, la cui ampiezza accomodativa risulta minima.¹³

Oltre alle cause refrattive, bisogna sempre prestare attenzione al centraggio delle lenti oftalmiche, poiché il loro decentramento induce effetti prismatici che possono dare luogo sia a variazioni eteroforiche, sia a conseguenti adattamenti binoculari.
12,13

1.3. Il ruolo delle riserve fusionali

Le eteroforie entro certi limiti vengono compensate dal sistema visivo, in grado di rendere indipendenti accomodazione e vergenza. Lo stesso sistema visivo può infatti modificare l'accomodazione mantenendo la fissazione stabile o viceversa. Si parla quindi di fusione motoria in relazione alla capacità dell'apparato muscolare di produrre movimenti degli occhi finalizzati a posizionare le immagini di uno stesso oggetto su aree retiniche corrispondenti. Questa interviene in risposta alla diplopia, per ripristinare la fusione senza modificare l'accomodazione.¹⁴ La fusione sensoriale è invece il processo che interviene per fondere le immagini provenienti dai due occhi ed è anche alla base della stereopsi; disturbi della fusione sensoriale possono indurre diplopia¹⁵.

Il limite del sistema al mantenimento della visione singola è determinato dalle riserve fusionali, ovvero la capacità residua di vergenza fusionale che rimane una volta corretta la deviazione oculare. Si tratta dunque di quella parte di vergenza che può ancora essere utilizzata per mantenere la visione singola una volta compensata l'eteroforia, e che viene comunemente misurata per valutare la funzionalità del sistema visivo.

Per comprendere questo concetto, definiamo in prima battuta le vergenze relative¹⁶ come il limite cui giungono le vergenze mantenendo l'accomodazione costante, che si presenta clinicamente come il punto di annebbiamento. L'aumento del valore prismatico stimola la convergenza fusionale, che a sua volta richiama accomodazione. L'annebbiamento si verifica quando il soggetto non riesce più a

compensare la disparità retinica indotta e non riesce più a mantenere l'accomodazione costante.¹⁷ Se si prosegue il test fino alla rottura della visione singola, si ottiene l'entità delle vergenze fusionali. In assenza di annebbiamento questo traguardo rappresenta unicamente il limite della convergenza fusionale, se invece si è precedentemente raggiunto il punto di annebbiamento, è possibile definire l'ampiezza della convergenza accomodativa come la differenza tra il punto di rottura e di annebbiamento. Questa definizione fa riferimento al test delle riserve fusionali positive o negative, eseguito con i prismi di Risley o con la barra dei prismi. L'incremento del valore prismatico impone agli occhi la rotazione al fine di mantenere la visione singola e la fissazione foveale. In conclusione del test si riduce la disparità retinica fino al recupero della visione binoculare singola, questo definisce il cosiddetto punto di recupero. Il test può essere eseguito in direzione sia convergente che divergente. Utilizzando i prismi a base esterna gli assi visivi sono portati a convergere, mentre l'accomodazione relativa negativa (ARN) mantiene la visione singola. Si misura così la riserva fusionale positiva, necessaria al sistema per la compensazione dell'exoforia. Viceversa con i prismi a base interna si valutano le riserve fusionali negative, ovvero la capacità di divergenza e quindi la compensazione delle esoforie, mentre l'accomodazione relativa positiva (ARP) contribuisce a mantenere la visione nitida.¹⁷

Quando si eseguono i test nella pratica clinica, alcuni studi recenti suggeriscono di partire dalle vergenze fusionali negative, per non incorrere nella possibilità di influenzare il valore del recupero a causa dell'eccessiva stimolazione della convergenza. Tuttavia tale affermazione risulta dibattuta nella pratica, in cui la maggior parte del mondo optometrico ha sempre eseguito, ed esegue tuttora, prima il test con i prismi a base esterna.¹⁸

Da una buona ampiezza fusionale dipendono la compensazione delle eteroforie e l'assenza di anomalie della visione binoculare, cui sono associati sintomi e discomfort.¹⁹ È dunque importante sul piano clinico indagare l'ampiezza delle vergenze necessarie per compensare un'eteroforia.

Il principale criterio per valutare il comfort del sistema visivo è quello di Sheard, che prevede, per ottenere un'adeguata compensazione, che le riserve fusionali siano

almeno il doppio della foria da compensare. Tale criterio risulta più adeguato per la compensazione dell'exoforia, mentre, per quanto riguarda le deviazioni esoforiche, la letteratura recente reputa più affidabile il criterio di Percival, per cui il sistema dovrebbe operare entro i due terzi della sua ampiezza totale.¹⁹

I valori di norma clinicamente presi in considerazione a distanza e a 40 cm e riportati nel manuale di Scheiman e Wick sono riportati nella tabella sottostante.²⁰

Tabella 1. Valori di norma per le vergenze positive e negative con i prismi di Risley in Diottrie prismatiche (Dp).

	Valori per sfuocamento/rottura/recupero	Deviazione standard
Riserve fusionali positive a distanza	9/19/10	4/8/4
Riserve fusionali negative a distanza	X/7/4	X/3/2
Riserve fusionali positive a 40 cm	17/21/11	5/6/7
Riserve fusionali negative a 40 cm	13/21/13	4/4/5

Gli autori riportano anche una differenza nei valori attesi negli adulti rispetto ai bambini di età 7-12 anni. Questi ultimi manifesterebbero capacità di convergenza ridotte da vicino (19 Dp contro le 21 Dp degli adulti), ma delle riserve negative maggiori, sempre da vicino, che indicano una maggiore capacità di divergenza.²¹

Uno studio pubblicato sull'Optometry e Vision Science del 2011 ²¹ riporta i cambiamenti nei bambini miopi dopo 10 anni di follow-up e mostra uno *shift* exoforico, accompagnato da una riduzione delle riserve fusionali positive, questa variazione si riscontra e per vicino e per lontano. Se per lontano tale cambiamento risulta molto ridotto, da vicino, partendo da una media esoforica all'inizio dello studio, lo shift medio è di 4,1 Dp verso l'exoforia, con una riduzione di 9,4 Dp nelle riserve a base esterna al punto di rottura da 30 Dp a 21 Dp, che si discosta da quanto riportato da Scheiman e Wick.

1.4. Disturbi associati alle eteroforie

Comunemente, in condizioni al limite della rottura fusionale, si possono riscontrare disturbi astenopici riconducibili a disturbi della visione binoculare in generale.

Un valore eteroforico anomalo può essere indice di una disfunzione binoculare o accomodativa, per comprenderne la classificazione, è importante conoscere lo stretto legame tra accomodazione e convergenza. L'attore principale che permette la visione singola e nitida è la cosiddetta triade accomodativa, costituita da accomodazione, convergenza e miosi, che lavorano sinergicamente per garantire una buona visione durante le attività prossimali. Le tre funzioni lavorano in equilibrio pur garantendo un certo grado di autonomia per eventuali variazioni. ¹⁵ Mentre la miosi mantiene una certa indipendenza, accomodazione e convergenza sono strettamente connesse, nello specifico una induce l'altra e viceversa. Sulla base di questo principio si introduce il rapporto tra convergenza accomodativa e accomodazione (AC/A), ovvero la quantità di convergenza indotta da una unità di stimolazione o rilassamento accomodativo.

Tale parametro può essere dedotto tramite un metodo calcolato e un metodo gradiente, il suo valore di norma atteso è il rapporto 4/1, con una deviazione standard di ± 2 . ²² Si tratta di una misura fondamentale che guida la clinica verso l'analisi differenziale dei disturbi della visione binoculare che andremo ad approfondire.

La comune classificazione delle anomalie della visione binoculare si basa proprio sul rapporto AC/A e la foria da lontano, ed è stato elaborato da Scheiman e Wick.

11

Tra le anomalie più comuni riscontriamo l'insufficienza di convergenza, caratterizzata da elevata exoforia da vicino, un basso rapporto AC/A, riserve fusionali positive da vicino scarse e un punto prossimo di convergenza, la cui norma è $7/10 \pm 4/5$ cm, anomalo. Risultano ridotte anche l'accomodazione relativa negativa e la facilità accomodativa binoculare con lenti positive. I disturbi a essa associati sono molto comuni, troviamo visione sfuocata alla lettura, stanchezza visiva, mal di testa e altri sintomi che caratterizzano l'astenopia. Oltre a questi ci sono diversi campanelli d'allarme, disturbi molto comuni che non sempre vengono immediatamente ricondotti a una disfunzione visiva, per esempio sonnolenza e scarsa concentrazione nel lavoro prossimale, difficoltà di comprensione, nausea o vertigini durante la lettura.¹¹ Come già sottolineato, il paziente non tollera l'aggiunta di positivo, dunque per la sua risoluzione la strategia vincente è costituita dal visual training.¹⁰

Le cause possono essere attribuite a un ridotto utilizzo della convergenza accomodativa, provocato a sua volta da condizioni quali una miopia non corretta, che induce un minor utilizzo dell'accomodazione, una presbiopia manifesta, oppure una debilitazione fisica causata da ambliopia o strabismo di insorgenza precoce.²³

Apriamo una parentesi sulla diagnosi differenziale rispetto alla pseudoinsufficienza di convergenza, caratterizzata invece da un punto prossimo di convergenza nella norma e dall'accettazione di lenti positive durante la valutazione della facilità accomodativa monoculare e binoculare. È spesso caratterizzata da un adattamento posturale anomalo e la terapia è appunto costituita dalla prescrizione di positivo per vicino.^{10,17}

Pur presentando sintomi affini, l'eccesso di convergenza potrebbe essere considerato il problema opposto all'insufficienza di convergenza, manifestandosi con esoforia elevata da vicino, un rapporto AC/A elevato, e riserve fusionali negative scarse. Il paziente presenterà inoltre un lag elevato e difficoltà con lenti

negative alla facilità accomodativa binoculare. Il trattamento può essere effettuato prescrivendo del positivo per vicino.^{10,11} La causa è spesso costituita da un eccessivo utilizzo dell'accomodazione, che può scaturire da un eccesso di attività prossimale o da cause refrattive come ipermetropia latente o presbiopia incipiente.

Le anomalie appena elencate manifestano sintomi nella visione prossimale e devono sempre essere monitorate, soprattutto nei giovani che dedicano molto tempo allo studio, poiché tali sintomi possono avere conseguenze sulla performance scolastica. Oltre a queste presentiamo poi i disturbi della visione binoculare che presentano AC/A nella norma, ovvero esoforia ed exoforia di base, caratterizzate da valori eteroforici fuori dalla norma e di simile entità sia a distanza infinita, sia a distanza prossimale. I sintomi comuni sono sensazione di bruciore, astenopia e annebbiamento intermittente da lontano e da vicino, con un peggioramento dei sintomi a fine giornata e spesso incorrono nel momento in cui le vergenze fusionali non sono in grado di compensare la deviazione.^{11,17} Causa frequente per l'exoforia di base sono i fattori anatomici, oppure una miopia non corretta o un'ipermetropia che l'accomodazione non riesce a compensare; mentre per l'esoforia di base potrebbe trattarsi di cause genetiche o di un errore nella vergenza tonica.^{11,23}

Quando incontriamo invece un'exoforia elevata da lontano e nella norma da vicino, con AC/A elevato, potremmo essere in presenza di un eccesso di divergenza. In questo caso si può spesso osservare che un occhio devia verso l'esterno e che il soggetto manifesta la tendenza a chiudere un occhio nelle giornate soleggiate, oltre a lamentare visione sfuocata a distanza; si tratta comunemente di una problematica di tipo innervativo.^{11,23}

L'insufficienza di divergenza al contrario è caratterizzata da elevata esoforia a distanza e AC/A basso, i sintomi comuni sono astenopia da lontano, associata ad annebbiamento e diplopia intermittente da lontano, con peggioramento degli stessi a fine giornata, ed è probabilmente provocata da un'elevata esoforia tonica.^{11,23}

1.5. Effetto prismatico delle lenti

Anche il centraggio delle lenti oftalmiche nella correzione delle ametropie gioca un ruolo fondamentale per la sua influenza sulle eteroforie. Infatti le lenti oftalmiche possono essere viste come una coppia di prismi appaiati per la base, nel caso delle lenti positive, o per il vertice, nel caso delle lenti negative. Questa similitudine mira a far comprendere in quale modo un occhio che non fissa attraverso il centro ottico della lente, ma che intercetta una sua area periferica, possa subire un effetto prismatico. Questa fattispecie si può verificare sia in caso di decentramento della lente, sia nel caso in cui l'occhiale venga utilizzato in maniera, per così dire, "impropria", per esempio quando un occhiale centrato per lontano viene utilizzato per la lettura.¹⁷ L'entità di tale effetto prismatico è proporzionale al potere ottico della lente, secondo la formula di Prentice qui riportata:

$$\Delta = P \times \text{dec (cm)}$$

Dove Δ rappresenta l'effetto prismatico della lente, espresso in diottrie prismatiche, P il potere della lente in diottrie (D) e dec il decentramento in cm.

Per quanto riguarda la direzione della deviazione indotta, si otterrà una deviazione a base interna nel caso di un miope che utilizza l'occhiale per leggere da vicino, la sua compensazione dipenderà dallo stato eteroforico del paziente, dalle sue riserve fusionali e dal potere della lente. In questo caso, l'effetto prismatico potrebbe essere ben tollerato se non addirittura benefico in caso di exoforia, mentre bisognerà prestare particolare attenzione quando abbiamo a che fare con soggetti esoforici. Oltre a ciò non bisogna trascurare né gli effetti prismatici verticali, che, così come le rispettive forie, sono tollerati in misura minore, né tantomeno a eventuali differenze di potere tra i due occhi, tali che l'effetto prismatico a carico di ciascun occhio sarà molto diverso dal controlaterale. Date le premesse ne segue che, allo stesso modo, un ipermetrope che utilizza l'occhiale per la lettura da vicino subirà una deviazione a base esterna, che può essere tanto positiva per un paziente esoforico, quanto complessa da gestire in condizioni di exoforia. Nel caso in cui lo spostamento richiesto per compensare l'effetto prismatico sia al limite delle capacità delle riserve fusionali, potrebbero subentrare astenopia o diplopia.²⁴

1.6. Implicazioni sulla qualità della vita

Abbiamo visto come le riserve fusionali siano un elemento essenziale per garantire il comfort oculare. Gli argomenti qui trattati possono apparire slegati dalla realtà ma rivestono grande importanza per le loro conseguenze nella qualità della vita quotidiana. Valori eteroforici fuori dalla norma e riserve fusionali insufficienti, se non attenzionati, possono provocare stress visivo e causare discomfort, in particolare durante le attività prossimali.

Il concetto di stress viene per la prima volta adattato alla visione da Skeffington nel 1928 all'interno dell'Optometric Extension Program (OEP). Egli descrive una modifica del sistema visivo che tende all'eccesso di convergenza e allo sviluppo di miopia come conseguenza del lavoro prossimale.²⁵

Il sistema sotto sforzo reagisce con una serie di diversi sintomi che il paziente può lamentare, raggruppati sotto la definizione di astenopia. Questi includono mal di testa, occhio secco, bruciore agli occhi, visione doppia o annebbiata, acuità visiva ridotta e fotofobia. Tali sintomi sono strettamente correlati al lavoro prossimale e la loro incidenza nella popolazione è in crescita, soprattutto da quando i dispositivi elettronici sono parte integrante della nostra vita quotidiana. Uno studio del 2012 riferisce che su un campione di bambini di 6-16 anni l'incidenza di sintomi astenopici è del 24,7%, con una correlazione positiva legata all'età.²⁶ Questo dato mostra un ulteriore incremento quando si sposta l'attenzione su un campione di studenti universitari, con un'incidenza del 57% tra gli studenti fino ai 30 anni.²⁷ Difficilmente questi sintomi presentano un'eziologia univoca, poiché a influire sugli stessi sono anche fattori psicologici, quali stress e ansia, e ambientali, tra cui un gran numero di ore di studio continuativo o una scarsa illuminazione. A queste cause si sommano i disturbi visivi, rappresentati da errori refrattivi e disturbi accomodativi e binoculari. Quando il sistema accomodativo e binoculare è sotto sforzo, per esempio nel caso di un'eteroforia mal compensata, è molto comune la comparsa di sintomi astenopici, che non devono essere trascurati poiché, soprattutto nei giovani, spesso compromettono la performance scolastica o accademica, le capacità di lettura e comprensione, nonché la capacità di mantenere la concentrazione durante il lavoro prossimale per lunghi periodi di tempo.²⁶

1.7. Il profilo del giovane miope

Una sfida fondamentale con cui l'optometria oggi si deve confrontare è il controllo della progressione miopica, in notevole aumento negli ultimi anni e con la previsione che nel 2050 il 50% della popolazione mondiale sarà miope.²⁸

Per monitorare questo processo si è reso necessario conoscere il profilo accomodativo e binoculare che caratterizza un giovane miope in progressione.

Già prima dell'insorgenza si individuano alcuni campanelli d'allarme per lo sviluppo della miopia, in particolare un rapporto AC/A elevato nei 4 anni che antecedono la comparsa, che raggiunge a quel punto un picco che permane per 5 anni. Oltre al rapporto tra convergenza e accomodazione, altri parametri si collocano al di fuori della norma: i miopi mostrano un lag elevato.²⁹ Questo si verifica in genere successivamente all'insorgenza della miopia e ciò fa dedurre che non si tratti tanto di un fattore predittivo quanto di una conseguenza dell'insorgenza. Ulteriore elemento che si può spesso riscontrare nei giovani miopia è l'esoforia prossimale, che tuttavia non è associata a un eccesso accomodativo, ma a una facilità accomodativa ridotta e una scarsa accomodazione relativa positiva (ARP), a riprova del fatto che i giovani miopi tendono ad accomodare meno rispetto ai loro coetanei emmetropi.³⁰

Come è facile osservare, sono diversi i parametri della visione binoculare che devono essere attenzionati quando si ha a che fare con un giovane in sviluppo miopico. L'intensa attività prossimale e il livello di scolarizzazione costituiscono un fattore di rischio di cui bisogna tenere conto quando si tratta di sviluppo miopico, anche perché si associano spesso a una minor esposizione all'aria aperta, che avrebbe invece un ruolo protettivo. Valori riguardanti la visione binoculare fuori dalla norma possono fornire molte informazioni non solo sul benessere visivo, ma anche sul livello di progressione miopico. Per questo l'attenzione dell'optometrista non può indirizzarsi unicamente verso l'aspetto refrattivo e il professionista si deve curare di tutti gli aspetti relativi alla visione prossimale.

1.8 Eteroforie e distanze di lettura

Abbiamo già descritto come, nell'analisi visiva, le eteroforie vengano misurate sia a distanza infinita - convenzionalmente a 6 m - sia a distanza prossimale. La differenza tra le due è stata ampiamente esaminata in letteratura e il mondo accademico si trova concorde nell'indicare valori di norma più exoforici da vicino, ovvero alla distanza di 40 cm, quando l'accomodazione è coinvolta nel processo visivo, rispetto a quelli misurati a distanza.¹ Da vicino la misurazione viene comunemente eseguita alla distanza arbitraria di 40 cm, che è legata alla distanza di lettura ideale media di un soggetto adulto e si è affermata come standard optometrico per simulare le condizioni di lavoro ideali e per rendere i dati confrontabili e ripetibili. Tuttavia questa trova raramente riscontro nella distanza di lettura reale dei soggetti in esame, da un lato perché fa riferimento alla distanza di Harmon media, che tende a variare da individuo a individuo in base alla sua altezza, dall'altro perché è molto comune trovare soggetti con abitudini posturali scorrette e dannose, come per esempio una distanza di lettura molto ravvicinata o un'inclinazione del capo che impone ai due occhi una diversa richiesta accomodativa, soprattutto nei giovani che trascorrono molto tempo a studiare o a guardare piccoli schermi come quelli degli smartphone.

La valutazione della distanza di lettura acquisisce particolare importanza se consideriamo che l'eteroforia è strettamente legata alla convergenza accomodativa e quindi alla stessa richiesta accomodativa, per cui una distanza di lettura diversa dai 40 cm può portare a un diverso valore di eteroforia. Oltre a ciò, proponendo i test a una distanza standard per ogni soggetto, il rischio è quello di ottenere una valutazione incompleta del suo stato di visione binoculare³¹. L'eteroforia misurata dipende quindi da numerosi fattori e condizioni, quali lo stato accomodativo dell'osservatore, le dimensioni del testo e la distanza di lettura.

Troviamo accenni alla questione presentata già a partire dalla metà del XX secolo; nel 1955 Alpern *et al.*³² rilevano che a una ridotta distanza di lettura e a un aumento dello stimolo accomodativo sia associato un aumento dell'esoforia. Tale risultato viene ripreso anche in studi successivi,³¹ secondo i quali una

fissazione sostenuta, con un'elevata domanda di convergenza, potrebbe causare uno *shift* esoforico della foria, se confrontata con la misura di base. Non è tuttavia chiaro quale sia la durata dello sforzo che induce tale adattamento.

Si tratta tuttavia di un'affermazione dibattuta: altre fonti ³³ sostengono invece che un lavoro prossimale sostenuto a distanza di lettura anomala induca un aumento di exoforia, associata a stress visivo e sintomi astenopici se tale aumento non è correttamente compensato, in particolare si registra un aumento dell'exoforia e dei sintomi associati dopo 30 minuti di lettura alla distanza di 20 cm.

Un altro tema che riscontra molta attenzione nel mondo accademico è proprio la distanza di lettura, soprattutto relativa ai giovani. Questo interesse emerge non solo dal suo legame con le eteroforie e dalla necessità di ottenere, durante l'esame optometrico, dei dati affidabili e quanto più possibile vicini alla realtà, ma anche dal fatto che l'intensa attività prossimale e una distanza di lettura troppo ravvicinata vengono annoverate tra i fattori che possono contribuire allo sviluppo della miopia. ³⁴

L'attenzione alla postura è un ulteriore elemento essenziale di cui l'optometrista deve tenere conto, a causa degli effetti che una postura scorretta, se protratta nel tempo, può indurre. Le manifestazioni più comuni sono quelle già citate: una distanza di lettura anomala e inadeguata e l'inclinazione del capo, fattore che induce una differenza nel rendimento accomodativo dei due occhi e il rischio di aggravare la condizione anisometropica. Le conseguenze presentate si sommano all'aumento di eteroforie preesistenti, comportando il progressivo peggioramento del benessere del sistema visivo. ³⁵

Per queste ragioni non solo è fondamentale l'attenzione all'ergonomia, ma è anche importante che le osservazioni sulla distanza di lettura vengano applicate durante l'esame visivo, per eseguire i test a una distanza adeguata alle abitudini del soggetto.

Uno studio del 2001 ³⁶ suggerisce che nei bambini tra i 6 e gli 11 anni, poiché la loro statura è inferiore a quella degli adulti, da cui deriva una diversa distanza di

lavoro, i test prossimali dovrebbero essere eseguiti alla distanza di 25 cm, affinché i dati raccolti possano essere ritenuti affidabili ai fini della prescrizione. Questa conclusione può essere ritrovata in numerosi studi successivi, che affermano la necessità di considerare la diversa distanza di lavoro abituale dei bambini.³⁷ Tuttavia la letteratura risulta carente per quanto riguarda i valori di norma a tale distanza.

Sarebbe però insufficiente pensare che tale attenzione per la progressione miopica e i cambiamenti nella condizione binoculare si possano limitare ai bambini: pari interesse è rivolto dalla ricerca anche verso i giovani adulti, in particolare le studentesse e studenti che si trovano a dedicare molte ore al giorno alle attività prossimali. Proprio agli studenti universitari si dedica uno studio del 2008³⁸ che, pur non individuando una relazione tra lo *shift* miopico dei partecipanti e le variazioni binoculari che andiamo a enunciare, mostra nell'arco di tre anni uno shift da esoforico a exoforico nelle forie prossimali, associato a un aumento del lag accomodativo, lieve aumento dell'exoforia da lontano, e una riduzione dell'intervallo tra rottura e recupero a base esterna nelle riserve fusionali. Gli autori ipotizzano che tale variazione binoculare sia indotta per compensare la domanda eccessiva di convergenza, insieme a una debolezza del sistema accomodativo, che, secondo gli autori, potrebbe fungere da predittore di un incremento miopico.

In generale, oltre alla statura, ci sono altri fattori che inducono una postura inadeguata o molto prossima al piano: uno studio sulla distanza di lavoro dei bambini cinesi in età scolare mostra delle distanze complessivamente molto inferiori ai 40 cm, e mette in evidenza come questa tenda a variare in base al tipo di compito che viene proposto. La loro distanza di lavoro infatti tende a ridursi ulteriormente quando la loro attenzione è catturata dai dispositivi elettronici, per esempio quando giocano ai videogames e in particolare quando trascorrono del tempo allo smartphone.³⁹ Inoltre si osserva che la distanza di lavoro subisce un'ulteriore riduzione all'aumentare del livello di concentrazione, combinandosi col fatto che le dimensioni ridotte dello schermo inducono maggiore stabilità nella postura scorretta. La distanza di lavoro tende quindi a ridursi nel corso della

durata di uno stesso compito, tuttavia non è stata individuata una correlazione con il grado di miopia dei bambini.

In un altro studio cinese ⁴⁰ si evidenzia come i giovani assumano una postura corretta se si trovano confortevolmente seduti su una sedia, ma la loro distanza di lettura si riduca a circa 30 cm nel momento in cui si trovano alla scrivania, dimostrando come anche le condizioni ambientali influenzino la postura. Tra queste un esempio è costituito dalle sedie ergonomiche, che tendono a garantire una postura e una distanza di lavoro adeguate, e da un buon livello di illuminazione soprattutto durante lo studio o la lettura. Anche i bambini mostrano una distanza inferiore durante la scrittura rispetto alla lettura, la causa principale di tale variazione risiede nel fatto che la loro distanza di Harmon è complessivamente inferiore rispetto a quella degli adulti. Lo studio mostra anche l'impatto sulla postura indotto dalla tipologia e dall'intensità del compito svolto: gli studenti universitari durante gli esami, momento in cui il loro livello di concentrazione è molto elevato, tendono a ridurre la loro distanza di lettura, arrivando talvolta a meno di 20 cm. A tale distanza lo stress visivo risulta molto elevato e ci si aspetta che manifestino un lag accomodativo significativamente superiore alla norma.

Dopo aver esaminato alcune conseguenze indotte da una distanza di lettura inadeguata, consideriamo ora quelle dell'utilizzo dei dispositivi elettronici. La necessità di posare l'attenzione sull'utilizzo degli smartphone deriva anzitutto dalla loro diffusione capillare, soprattutto tra i giovani. L'Optometry and Vision Science riferisce che nel 2011 i giovani americani tra gli 8 e i 18 anni trascorrono in media 7,5 ore al giorno davanti a dispositivi digitali di intrattenimento tra TV, computer e video games. ⁴¹ Anche in Italia nel 2023 si registra un uso intensivo, con il 47% dei giovani tra gli 11 e 19 anni che trascorrono almeno 5 ore al giorno on-line, e questo avviene per la maggior parte del tempo allo smartphone. ⁴²

Gli smartphone presentano delle dimensioni del testo molto ridotte, che inducono gli utenti a mantenere una distanza di lavoro inferiore. Ciò causa una maggior richiesta accomodativa e di vergenza con conseguenti sintomi quali bruciore agli occhi, mal di testa, diplopia e visione sfocata, sia da vicino che da lontano,

successiva all'utilizzo prolungato. Questi sintomi risultano aggravati dall'utilizzo di dispositivi elettronici rispetto alla tradizionale lettura su carta. Associato all'incremento di richiesta accomodativa e ai sintomi sopra elencati, si riscontra generalmente un lag superiore alla norma dopo un periodo d'uso prolungato a distanza ridotta. Studi condotti su un campione di videoterminalisti hanno dimostrato che gli stessi sintomi risultano inoltre più fastidiosi per i pazienti esoforici rispetto a quelli ortoforici che presentano una fissazione più precisa.⁴³

Alcuni studi hanno esaminato la variazione eteroforica durante l'utilizzo dello smartphone a distanze ridotte in diversi gruppi di pazienti con differenti condizioni di base.⁴⁴ In pazienti esoforici si è osservato un notevole shift esoforico corrispondente alla riduzione della distanza di lettura, con valori superiori rilevati a 20 cm rispetto a quelli ottenuti a 30 cm. Questo trend risulta invertito in pazienti con exotropia intermittente, non nella distanza di lettura, che si attesta per i partecipanti tra i 20 cm e i 30 cm, bensì nella variazione eteroforica. Infatti i pazienti mostravano, a 20 cm, una maggior disparità di fissazione rispetto alla distanza di 30 cm e 50 cm, insieme a un aumento di visione monoculare. La stessa tendenza si evidenzia anche nel gruppo di controllo, presentandosi come indicatore di affaticamento visivo.⁴⁵

Sulla base degli studi citati, mentre il mondo accademico è concorde nel definire le norme e i valori attesi per i test eseguiti a 40 cm, si osserva che, per quanto riguarda le distanze inferiori, non si riscontra altrettanta chiarezza. Tuttavia ciò che emerge è che tale distanza convenzionale di esecuzione dei test, soprattutto per quanto riguarda i giovani, dovrebbe essere rivista, sia per la loro altezza, sia per le abitudini posturali scorrette sempre più diffuse.

Capitolo 2 - Strumenti e metodi

Considerata l'importanza di una buona qualità della visione prossimale nei giovani studenti e la possibilità concreta da parte dell'esaminatrice di entrare in contatto con il campione, è stata selezionata come popolazione di interesse quella degli studenti universitari. Questo gruppo rappresenta una categoria che dedica molto tempo al lavoro prossimale oltre a essere spesso soggetti a discomfort e astenopia, inoltre i giovani sono soliti utilizzare molto sia lo smartphone che altri dispositivi elettronici per diverse ore nel corso della giornata. Il criterio di esclusione adottato ha previsto l'esclusione degli studenti della facoltà di ottica e optometria, poiché si è ritenuto che, a causa della loro consapevolezza riguardo alle procedure e della conoscenza delle indicazioni ergonomiche, potessero alterare la propria postura in funzione dell'osservazione o interferire con i test eseguiti in altro modo, dando origine a risultati non attendibili. Hanno preso parte allo studio 24 studentesse e studenti dell'Università degli Studi di Padova, trovati per conoscenza o per prossimità alla sede universitaria. Ciascuno dei partecipanti, prima di prendere parte allo studio, ha compilato e firmato un modulo di consenso informato, in cui prestava la disponibilità al trattamento dei dati raccolti in maniera aggregata con la garanzia di totale riservatezza in termini di privacy. L'intera raccolta dati si è svolta nei laboratori di optometria dell'Università degli Studi di Padova, la procedura di seguito illustrata si è svolta in maniera identica per ogni partecipante e con l'utilizzo dei medesimi strumenti.

Nella fase preliminare della raccolta dati gli studenti sono stati fatti accomodare alla scrivania al fine di raccogliere i dati sulle loro distanze di lettura abituali. Anzitutto, è stato loro sottoposto un testo stampato cartaceo chiedendo di leggerne il contenuto. Il testo utilizzato è l'ottotipo prossimale di dimensione 0,62 M. Successivamente, si è chiesto loro di scrivere una breve presentazione di sé e infine di leggere un testo a scelta sui social dal proprio smartphone. Per ciascuna di queste attività si è atteso che la postura si stabilizzasse e a quel punto, con l'ausilio di un metro flessibile, si è misurata la distanza cui i partecipanti si posizionavano dal testo. Si è presa nota delle singole distanze e si è calcolata la media di queste con la calcolatrice.

Al termine di questa prima fase è cominciata la parte strumentale che ha previsto lo svolgimento dei test optometrici. A questo punto si è eseguito l'esame visivo oggettivo e soggettivo, al termine del quale tutti i soggetti sono risultati in grado di leggere confortevolmente i 10/10. Tutti i dati sono stati raccolti utilizzando lo stesso forottero e ottotipo.

Una volta determinata la refrazione per lontano, si sono misurate le eteroforie a distanza con il metodo di Von Graefe. A tal fine si è proiettata la mira di numeri verticali, antepoendo davanti all'occhio destro un prisma di 15 Dp a base interna e davanti al sinistro 6 Dp a base bassa. La consegna è stata quella di cercare di mantenere nitida la visione delle due immagini, di fissare quella in alto e di comunicare il momento in cui le due immagini si sarebbero sovrapposte. Le diottrie prismatiche sull'occhio destro sono state ridotte alla velocità di 2 Dp al secondo fino all'allineamento delle mire. Nell'esecuzione di tale test, se tale allineamento si verifica con un prisma a base esterna si è in presenza di esoforia, al contrario se la rotazione si arresta sui prismi a base interna il paziente è exoforico, mentre sullo zero si ha a che fare con una condizione di ortoforia. Anche questa misura è stata annotata. Si è dunque passati ai test prossimali, riducendo la distanza interpupillare dello strumento e accendendo la luce per le mire prossimali. La medesima procedura, antepoendo però davanti all'occhio destro 20 Dp a Base interna, è stata eseguita anche da vicino utilizzando come mira la linea di lettere verticale; dapprima alla distanza di 40 cm e successivamente alla distanza di lettura media precedentemente calcolata.

Sulla base del valore eteroforico individuato, a distanza prossimale sono state misurate anche le riserve fusionali necessarie alla compensazione della deviazione. Per la natura dei dati precedentemente raccolti, che verranno presentati nel capitolo seguente, per tutti i soggetti sono state misurate unicamente le riserve fusionali positive, ovvero la loro capacità di compensazione dell'exoforia. Come metodo di misura sono stati usati i primi di Risley al forottero e come mira si è utilizzata la carta ridotta di Snellen. Nel test somministrato, si chiede al paziente di cercare di tenere la visione nitida e di riferire il momento dell'annebbiamento e successivamente della rottura, ovvero il momento in cui si manifesta diplopia,

mentre l'esaminatore aumenta il potere prismatico contemporaneamente in entrambi gli occhi. Successivamente alla rottura si incrementa ancora il potere prismatico per poi ridurlo in maniera graduale: il paziente dovrà ora riferire il momento in cui le immagini rientrano improvvisamente una dentro l'altra. L'incremento prismatico deve essere effettuato alla velocità di una diottria prismatica al secondo in direzione base esterna per la misura della vergenza fusionale positiva, interna per quella negativa.

Tutti i dati precedentemente raccolti manualmente sono stati poi riportati su un file Excel, attraverso cui sono stati poi elaborati; ai valori exoforici è stato attribuito segno positivo, a quelli esoforici negativo, mentre per quanto riguarda la compensazione è stato applicato il criterio di Sheard.

Capitolo 3 – Presentazione dei dati

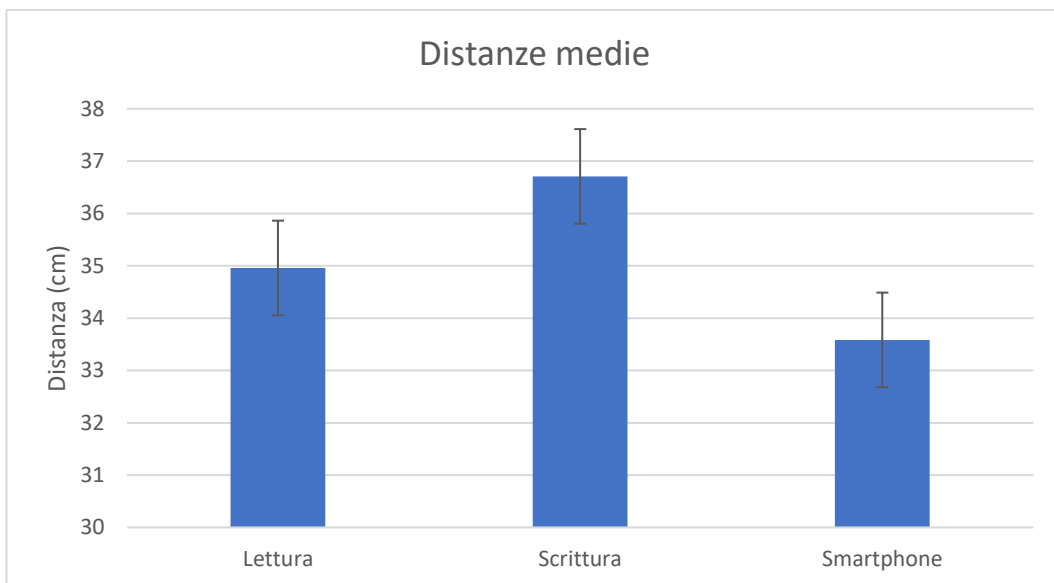
Hanno partecipato alla raccolta dati 24 studentesse e studenti, tutti iscritti all'Università degli Studi di Padova, la cui età media è risultata di 25 anni $\pm 2,42$ anni. Dall'esame soggettivo è emerso che oltre la metà degli studenti, ovvero il 58,3%, sono miopi, il 25 % ipermetropi e il restante 16,7 % emmetropi. Ciascuno di loro raggiunge i 10/10 binoculari con la correzione risultante dall'esame soggettivo.

Osservando in primo luogo la distribuzione delle distanze di lavoro prossimale individuali, i risultati raccolti sono riportati in tabella 2, nella quale sono indicate la media in cm e la deviazione standard rispettivamente per le distanze di lettura, scrittura e utilizzo dello smartphone. Le stesse sono poi messe a confronto graficamente nel grafico sottostante (grafico 1).

Tabella 2. Media e deviazione standard delle distanze di lettura, scrittura e utilizzo dello smartphone, espresse in cm.

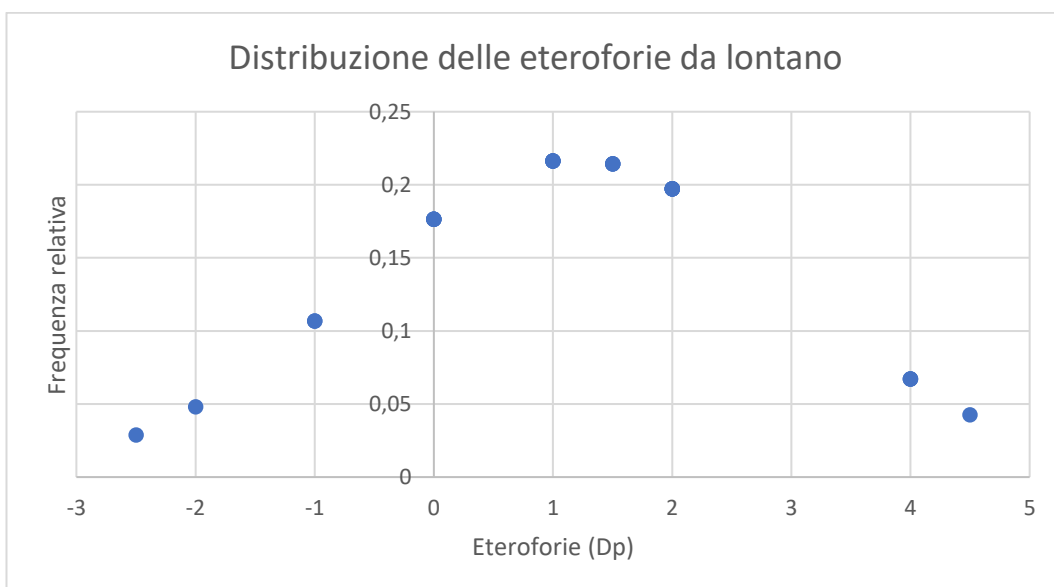
	Media (cm)	Deviazione standard (cm)
Lettura	34,96	6,52
Scrittura	36,71	7,81
Smartphone	33,58	7,17

Grafico 1. Distanze medie di lettura, scrittura e smartphone, espresse in cm.



Nel grafico seguente (grafico 2) è rappresentata la distribuzione normale delle eteroforie da lontano. Per agevolare la comprensione, i valori exoforici saranno in seguito contrassegnati con il segno positivo, mentre quelli esoforici sono indicati come negativi. Tale scelta è stata dettata dall'incidenza di valori exoforici, superiore rispetto a quelli esoforici.

Grafico 2. Distribuzione delle eteroforie da lontano, espresse in Diottrie prismatiche (Dp)



Le eteroforie a distanza presentano un valore medio di 1,19 Eso 1,83. Si rileva quindi una elevata deviazione standard. I dati individuati, come emerge graficamente, coprono un range molto ampio di valori. Inoltre, mentre il valore medio cade all'interno dei valori di norma, ciò non si può affermare per la totalità dei dati, molti dei quali si posizionano al di fuori della norma, con una distribuzione dei dati dai 2,5 Eso ai 4,5 Exo.

Di seguito nei grafici 3 e 4 sono riportate le distribuzioni normali delle eteroforie rispettivamente a 40 cm e a distanza di lettura individuale, derivata dalla media tra lettura, scrittura e smartphone per ogni soggetto.

Grafico 3. Distribuzione delle eteroforie (in Dp) misurate a 40 cm, il valore positivo indica exoforia.

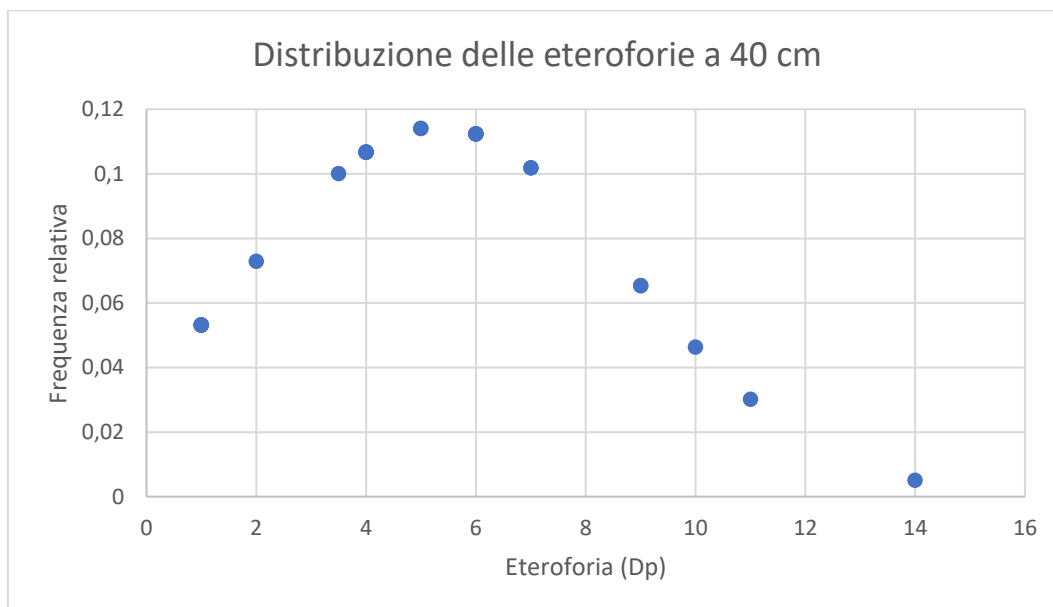
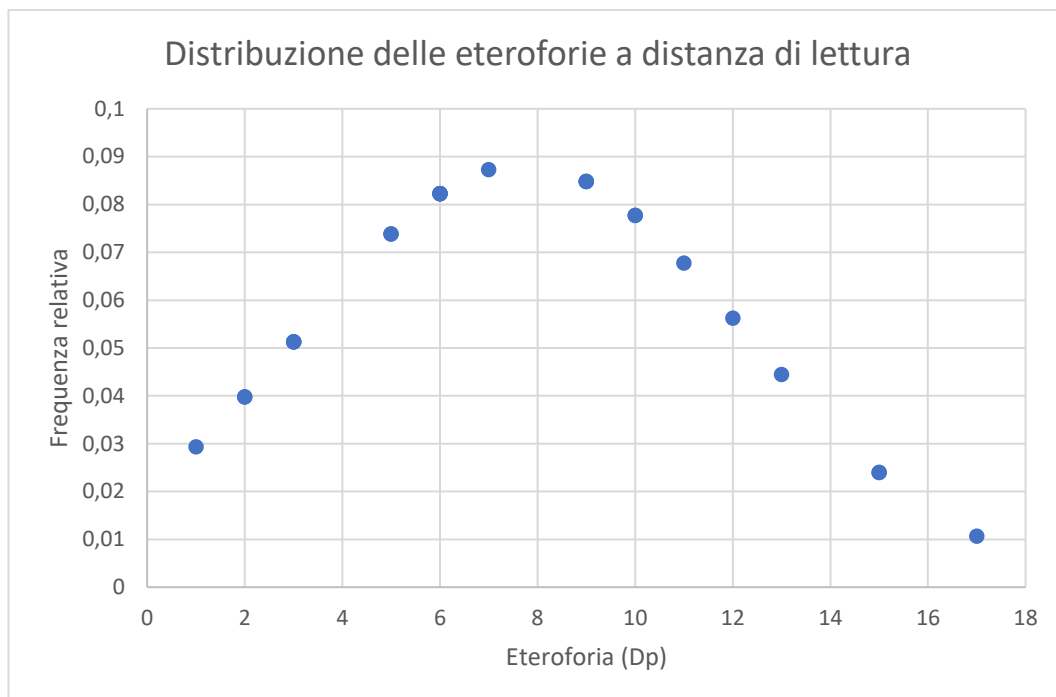


Grafico 4. Distribuzione delle eteroforie (in Dp) misurate alla distanza di lettura, il valore positivo indica exoforia.



Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori medi con le relative deviazioni standard dei valori eteroforici alle tre distanze.

Tabella 3. Valori medi eteroforici in diottrie prismatiche, deviazione standard e varianza a diverse distanze di misura.

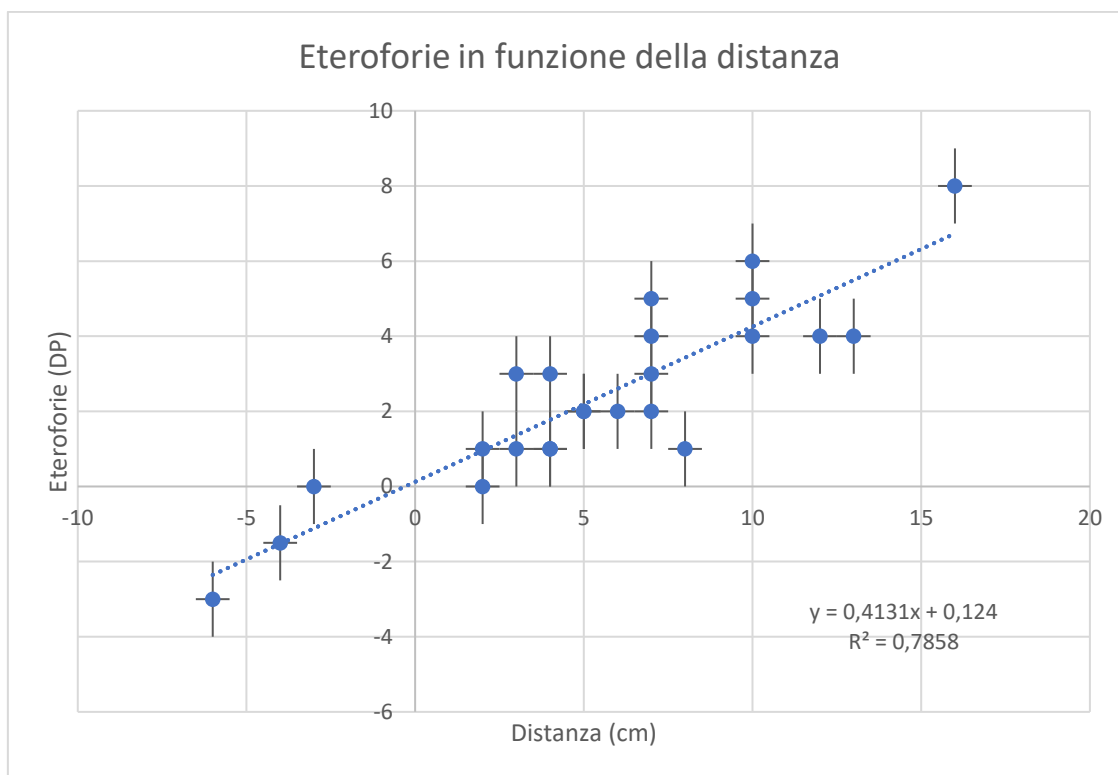
Distanza	Media (Dp)	Deviazione standard	Varianza
Lontano	1,19 EXO	1,83	3,35
40 cm	5,31 EXO	3,48	12,13
Distanza di lettura media	7,71 EXO	4,51	20,39

Rispetto alle eteroforie misurate a 40 cm, i valori che emergono alla distanza di lettura media si discostano maggiormente dai valori di norma e coprono un range di valori molto più ampio, ciò può essere conseguenza anche del fatto che il test è stato eseguito a distanze diverse. Inoltre tali valori risultano complessivamente più

exoforici rispetto a quelli misurati a 40 cm, per tale incremento si è ricercato il grado di correlazione con la distanza di esecuzione del test.

Le distanze cui si fa riferimento successivamente non sono riportate come valore assoluto, ma come differenza tra 40 cm e la seconda distanza di esecuzione del test, in particolare i valori positivi fanno riferimento a una distanza inferiore, quelli negativi a un valore maggiore di 40 cm. Sull'asse delle ordinate è riportata la variazione del valore eteroforico indotta dalla differenza della distanza, i valori positivi indicano un aumento di exoforia, quelli negativi la sua riduzione.

Grafico 5. Eteroforie in funzione della distanza.



Notiamo che la relazione tra il valore eteroforico e la distanza di lettura si presenta come una regressione lineare, in cui a una riduzione della distanza di lavoro corrisponde un aumento del valore exoforico, con una correlazione del 78,58 %. Tale tendenza è approssimata dalla retta $y=0,4131x + 0,124$.

Inoltre, sia a 40 cm che a distanza di lettura sono state misurate le riserve fusionali positive, necessarie per la compensazione dell'eteroforia prossimale. Le stesse sono state confrontate con i valori eteroforici secondo il criterio di Sheard, ovvero considerando l'eteroforia compensata solo nel caso in cui le riserve fusionali siano almeno il doppio del valore da compensare, per valutare il grado di tolleranza, dato riportato nei grafici seguenti.

Grafico 6. Compensazione delle eteroforie a 40 cm.

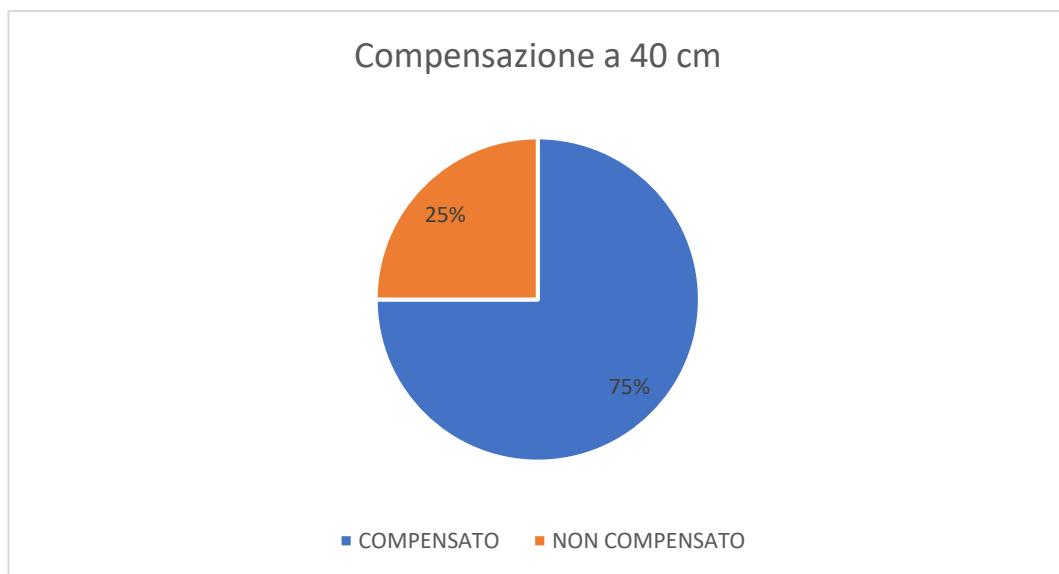
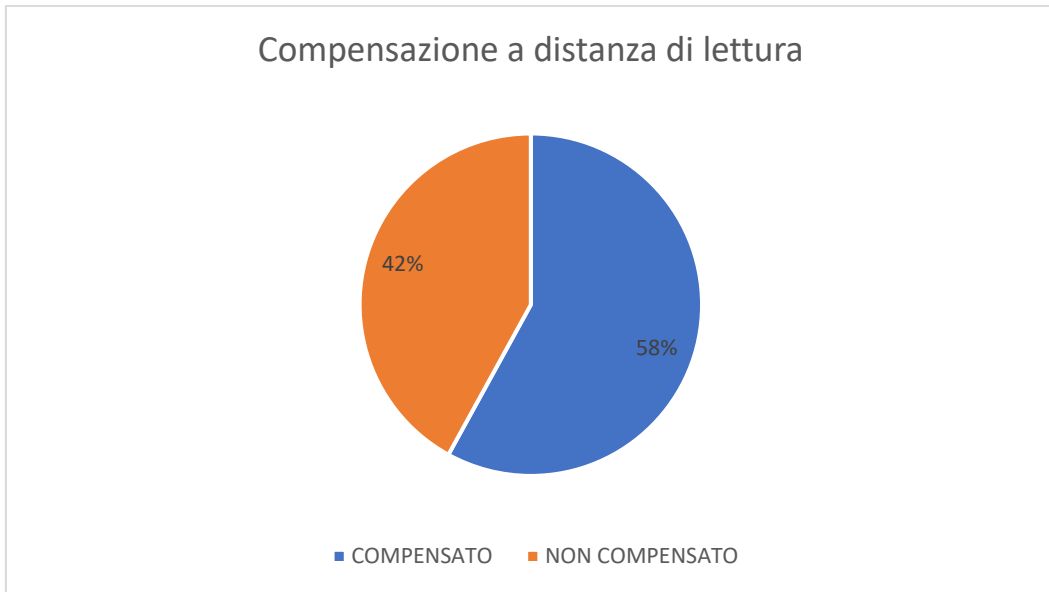


Grafico 7. Compensazione delle eteroforie a distanza di lettura media.



Graficamente emerge che, eseguendo i test a 40 cm, 1 studente su 4, corrispondente al 25 %, mostra delle riserve fusionali insufficienti a compensare la deviazione. Quando invece i test vengono eseguiti a una distanza di lavoro inferiore, la percentuale degli studenti che non presentano una buona compensazione dell'eteroforia sale al 42%.

Capitolo 4- Discussione e conclusione

4.1. Discussione

Per quanto riguarda le distanze di lettura, analizzando i grafici emerge come il picco inferiore si riscontri per la distanza cui i giovani si posizionano per la lettura allo smartphone. Questo è coerente con i *paper* presi in esame in precedenza, i quali affermano che le dimensioni ridotte dello schermo e del testo inducono una distanza di lettura inferiore.¹⁵ Anche per la lettura la media risulta essere inferiore ai 40 cm, attestandosi a 34,96 cm. Questi valori ridotti porterebbero ad ampliare le conclusioni di Rosenfield *et al.*⁸, il quale afferma che la distanza di esecuzione dei test dovrebbe essere ridotta per i bambini di età compresa tra i 6 e gli 11 anni: non solo si può giungere alla stessa conclusione per i giovani universitari, per i quali allo stesso modo l'esecuzione dei test a 40 cm risulta inadeguata rispetto alle condizioni di lavoro reali, benché non presentino una distanza di Harmon ridotta quanto quella dei bambini, ma l'elevata deviazione standard evidenzia anche come non si possa definire una distanza standard adatta per tutti. La scrittura è il dato che mostra una media e una deviazione standard più elevata, suggerendo che anche la variabilità dei dati è maggiore per questo tipo di attività. Si tratta anche del parametro per cui si registrano i singoli valori più elevati: questo risultato potrebbe dipendere dal fatto che i giovani adulti presentano una distanza di Harmon elevata, benché tale elemento non sia stato specificamente registrato. Se rapportiamo questo studio a quelli già citati, che prendono in considerazione la relazione tra la distanza di lavoro e il livello di concentrazione dei bambini e degli studenti universitari,^{11,12} potremmo aspettarci delle distanze di lavoro ancora inferiori. Infatti, nonostante si sia lasciato ai partecipanti il tempo di adattare la propria distanza di lettura per il tipo di compito proposto, possiamo considerare che questi non abbiano dimostrato un coinvolgimento significativo durante i test. Di conseguenza, per esempio durante gli esami, o quando sono particolarmente coinvolti in un compito, la loro distanza di lettura potrebbe risultare ulteriormente ridotta.

Spostando l'attenzione sulle eteroforie da lontano, il valore medio di 1,19 Dp EXO parrebbe in linea con il valore di norma riferito da Scheiman e Wick. Ciononostante

la deviazione standard risulta superiore al dato stesso, indicando che il range di valori rilevati è molto ampio, tale che alcuni dei partecipanti si collocano al di fuori dei valori di norma. Questo potrebbe essere un campanello d'allarme per alcune anomalie della visione binoculare, che però non risultano accorpabili, poiché i valori oscillano tra 2,5 Dp ESO e 4,5 Dp EXO. Infatti, come si può osservare nel grafico 2 che ne mostra la distribuzione, questi valori estremi si presentano con frequenza molto ridotta.

Per quanto concerne le eteroforie prossimali, un primo dato da evidenziare è che non si sono riscontrati valori esoforici in nessun partecipante. Questo elemento solleva alcune perplessità se consideriamo che il 58,3 % dei pazienti è miope e gli studi sul profilo visivo del giovane miope riportano un profilo generalmente esoforico.⁴⁶ Tuttavia l'età media dei partecipanti, benché siano giovani, è relativamente elevata, aspetto che ci permette di formulare un'ipotesi al riguardo. Mentre gli studi si concentrano perlopiù su un campione molto giovane in fase di progressione, una possibile spiegazione potrebbe essere che i partecipanti di questo studio non siano in una fase di progressione attiva della miopia, anche se ci si aspetterebbe che l'accomodazione ridotta dei miopi rispetto agli emmetropi conducesse agli stessi risultati. Questo dato si mostra però coerente con lo studio di Jorge *et al.*¹⁰, che in un campione di studenti universitari mostra nell'arco di tre anni uno *shift* exoforico indotto per compensare l'eccessiva domanda di convergenza. Vi è poi da considerare l'elemento di casualità, indotto dalla dimensione limitata del campione: se si estendesse lo studio a un campione più ampio, ci si potrebbe aspettare una varianza maggiore nei risultati.

In generale i valori eteroforici misurati a una distanza di lettura complessivamente inferiore risultano mediamente più elevati di quelli a 40 cm, con un valore medio di 7,71 Dp EXO contro le 5,31 Dp a 40 cm. Il valore di norma per le eteroforie a distanza prossimale, misurate a 40 cm, è di 3 Dp di exoforia con deviazione standard di ± 3 Dp.³⁹ Pertanto, il valore medio di 5,31 Dp di exoforia si colloca al limite superiore della norma, ma i dati mostrano una dispersione notevole, come si deduce dalla deviazione standard di 3,48 Dp, corrispondente al 65,5 % della media stessa, che indica una notevole variabilità. Anche attraverso l'osservazione del grafico 3 si

giunge alla medesima conclusione, questo mostra una concentrazione di punti intorno al valore medio, in corrispondenza del picco della distribuzione normale, ma con diversi *outliers* periferici. Trattandosi tuttavia di una misurazione individuale per cui ogni soggetto mostra un diverso stato eteroforico, questi *outliers* sono da considerarsi rilevanti ai fini dello studio e non ascrivibili a un problema nella misurazione.

I dati eteroforici relativi alle distanze di lettura risultanti dalla media tra lettura, scrittura e utilizzo dello smartphone risultano mediamente più exoforici, con una varianza significativamente superiore al dato precedente. La curva di distribuzione si presenta infatti più ampia, con i punti distribuiti su un intervallo più esteso e meno concentrati, risultando in una curva di distribuzione più piatta. Tale tendenza all'aggravamento dello stato exoforico può essere approssimata da una retta di equazione $y=0,4131x+0,124$, riportata nel grafico 5. La regressione lineare fa supporre un aumento dell'exoforia di 0,41 Dp per ogni cm di riduzione della distanza di esecuzione dei test. Inoltre la variabilità dei risultati, come evidenziato dal coefficiente di determinazione, può essere spiegato per il 78,58 % dalla riduzione della distanza, mostrando una buona correlazione tra la riduzione della distanza e l'aumento del valore exoforico.

Per garantire una buona qualità del sistema visivo, è essenziale valutare il grado di compensazione delle eteroforie.³⁵ È particolarmente importante considerare che i valori di norma a cui si fa mediamente riferimento sono relativi all'esecuzione dei test a 40 cm, e per questa ragione è rilevante analizzare la variazione delle riserve fusionali in risposta all'aumento dell'exoforia. Un incremento dell'exoforia, per garantire il comfort visivo, dovrebbe essere bilanciato da un aumento della capacità di convergenza: tuttavia tale incremento non si verifica, al contrario le riserve fusionali a distanze inferiori ai 40 cm tendono a ridursi, tanto che la capacità di compensare la deviazione eteroforica cala del 17 % tra i 40 cm e la distanza di lettura ridotta. Il dato particolarmente rilevante è a questo punto il fatto che per il 42% dei partecipanti, l'exoforia elevata che presentano alla loro distanza di lettura abituale non risulta confortevolmente compensata dalle riserve fusionali positive. Per questo motivo ci si potrebbe aspettare che alcuni di loro possano manifestare

delle anomalie della visione binoculare o sintomi astenopici durante periodi di studio prolungati.

4.2 Conclusioni

Lo studio non risulta esaustivo per quanto riguarda il numero limitato di dati e le poche misure relative a ciascun soggetto. Per quanto riguarda le distanze di lettura, la conclusione che se ne può trarre è che la media degli studenti legge a una distanza inferiore ai 40 cm. Per questo motivo, così come per l'analisi visiva nei bambini, la distanza standard di esecuzione dei test andrebbe rivista. Inoltre, la grande variabilità riscontrata implica che questa dovrebbe essere personalizzata per ogni soggetto, poiché le medie riscontrate non permettono di definire una distanza reale valida per tutti i partecipanti, ma mostrano anche una notevole differenza legata al tipo di attività proposta, per cui bisognerebbe valutare le distanze di lettura reali per ogni singolo compito. Un ulteriore aspetto da osservare relativo a questo lavoro sperimentale, è il fatto che nel complesso, guardando quindi ai valori medi, le distanze medie individuate non si discostano in maniera significativa dai 40 cm. Questo può essere una conseguenza del fatto che gli studenti abbiano una distanza di Harmon pari a quella degli adulti, per cui sarebbe interessante ripetere lo studio su un campione più giovane, per esempio di bambini delle scuole elementare, la cui altezza è inferiore e da cui ci si potrebbe aspettare una distanza di lavoro ridotta.

Poiché si è riscontrata una buona correlazione tra la riduzione della distanza di lettura e l'aumento del valore exoforico, possiamo affermare che i test devono essere adeguati alle condizioni reali di lavoro dei pazienti. Come emerge infatti dallo studio, un'eteroforia che appare compensata se misurata alla distanza di 40 cm, non è detto che lo sia anche durante l'attività di studio quotidiana a una diversa distanza. In particolare, risulta importante valutare il grado di compensazione in maniera specifica per la distanza di utilizzo dello smartphone: come già affermato, i giovani sono coinvolti nel suo utilizzo per diverse ore al giorno e si tratta dell'attività per cui si riscontra la distanza di lettura inferiore, in molti casi prossima ai 20 cm, ponendo il sistema visivo sotto sforzo anche per periodi di tempo

prolungati. Tuttavia in questo elaborato dalle tre distanze è stata derivata una media, per cui il valore eteroforico misurato potrebbe non coincidere precisamente con quello reale manifestato dai partecipanti durante le singole attività: sarebbe utile riproporre lo studio misurando le eteroforie a ciascuna delle distanze di lavoro dei pazienti per valutare come le eteroforie variano a ciascuna di queste distanze, e, ad ogni modo, potrebbe essere funzionale che i professionisti adottassero questa prassi nella loro pratica clinica.

Lo studio fornisce una stima di quale sia l'aumento del valore exoforico in funzione della riduzione della distanza di lettura e la stessa tendenza si registra anche per lievi variazioni della distanza qui riscontrati. Tuttavia, il fatto che non si siano incontrati partecipanti che manifestassero esoforia prossimale a 40 cm fa sì che non sia possibile determinare, sulla base di questo studio, quale sia il comportamento in presenza di esoforia, ossia se ci si possa aspettare, alla riduzione della distanza di esecuzione del test, un ulteriore *shift* esoforico o allo stesso modo una tendenza all'exoforia. Questo sarebbe un aspetto da indagare in futuri studi che ripropongano l'argomento.

In questo studio si è approfondita la variazione relativa ai valori eteroforici, in relazione alla differente distanza di lettura rispetto ai 40 cm. Tuttavia le eteroforie costituiscono solo una parte dell'esame visivo e del benessere visivo del paziente. Se volessimo adattare queste conclusioni all'attività del professionista sarebbe opportuno che le stesse accortezze in termini di distanza di lettura e lavoro prossimale, con attenzione particolare anche allo smartphone, fossero applicate anche a tutti gli altri aspetti riguardanti la visione binoculare e l'accomodazione, come il lag accomodativo e la facilità accomodativa, altro essenziale parametro di cui bisogna tenere conto quando ci si relaziona nella propria attività lavorativa con i giovani, al fine di individuare eventuali cause di astenopia e stress visivo o la presenza di anomalie accomodative e binoculari.

Bibliografia

1. Troyer Mary E., et al. 2017. *The heterophoria of 3-5 year old children as a function of viewing distance and target type*. *Ophtalmic & Physiological Optics* 37: 7–15.
2. You Yun Lee, Bérangère Granger-Donetti, Chung Chang, Tara L. Alvarez. 2009. *Sustained convergence induced changes in phoria and divergence dynamics*. *Vision Research* 49: 2960–72.
3. Rossetti, A. Gheller, P. 2003. *Manuale di optometria e contattologia* ; II ed. Zanichelli. cap 7.1: 154-155
4. Rossetti A., Gheller P.; 2023. *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.;Zanichelli; cap. 7.4; p. 162-165.
5. Dowley, D. (1987). *The Orthophorization of Heterophoria*. In *Ophthal. Physiol. Opt* (Vol. 7, Issue 2).
6. Rossetti A., Gheller P.; *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.;Zanichelli; cap. 7.4; p. 183-185
7. Dowley D. (1990) *Heterophoria*. *Optometry and Vision Science*; 67-6: 456-460
8. Fry G.A.; *Fundamental variables in the relationship between accommodation and convergence*; *The Optometric Weekly Journal*; 1943; vol. 34; pp. 153-155.
9. J. James Saladin, *Effects of Heterophoria on Stereopsis*; *Optometry and Vision Science*; 1995; vol.72, pp. 487-492.
10. Logan, N. S., Radhakrishnan, H., Cruickshank, F. E., Allen, P. M., Bandela, P. K., Davies, L. N., Hasebe, S., Khanal, S., Schmid, K. L., Vera-Diaz, F. A., & Wolffsohn, J. S. 2021. *IMI accommodation and binocular vision in myopia development and progression*. In *Investigative Ophthalmology and Visual Science* (Vol. 62, Issue 5). Association for Research in Vision and Ophthalmology Inc.

11. American Optometric Association. 2001. *Care of the Patient with Accommodative and Vergence Dysfunction*. 243.
12. Taub, M. B. (2004). *Binocular vision anomalies. What every Optometrist should know*. June 2004, 42-45
13. Ansons A. M., Davis H., *Clinical Features, Aetiology and Management of Specific Disorders*; Diagnosis and Management of ocular motility disorders; section III; III edition.
14. Rossetti A., Gheller P.; 2003 *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.; Zanichelli; cap. 7; p. 163-164
15. Rossetti A., Gheller P.; 2003 *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.; Zanichelli; cap. 7; p. 169-171
16. Ortolan D., *Miopia e controllo della progressione miopica*, 2023, CdAF
17. Millodot, M. (2000). *Dictionary of Optometry and Visual Science* (V ed.). London: Butterworth - Heinemann.
18. Formenti M. *L'esame visivo optometrico*, 2021. Corso di "tecniche fisiche per l'optometria 2". Università degli studi di Padova.
19. Koslowe, K., Sassonov, O., Sassonov, Y., Koslowe, K. C., & Shneur, E. 2010. *The effect of test sequence on measurement of positive and negative fusional vergence*. <http://www.covd.org>.
20. Lança, C. C., & Rowe, F. J. 2019. *Measurement of fusional vergence: a systematic review*. In *Strabismus*. Vol. 27, Issue 2, pp. 88–113. Taylor and Francis Ltd.
21. Scheiman, M., Wick, B., 2019. *Clinical Management of Binocular Vision*. Wolters Kluwer Health.

22. Anderson, H., Stuebing, K. K., Fern, K. D., Manny, R. E., Od, , & Od, . 2011. *Ten-Year Changes in Fusional Vergence, Phoria, and Nearpoint of Convergence in Myopic Children*. *Optometry and Vision Science*, 88(9).
23. Scheiman, M., Wick, B., 2019. *Clinical Management of Binocular Vision*. Wolters Kluwer Health.
24. Rossetti A., Gheller P.; 2003. *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.;Zanichelli; cap. 7.4; p. 174-179
25. Formenti, M., *Esame visivo del miope*, 2023, Corso di Alta Formazione, Università di Padova.
26. Rossetti A., Gheller P.; 2003. *Manuale di Optometria e Contattologia*; II ed.;Zanichelli; cap. 7; p. 181
27. Vilela, M. A. P., Castagno, V. D., Meucci, R. D., & Fassa, A. G. (2015). *Asthenopia in schoolchildren*. *Clinical Ophthalmology*, 9, 1595–1603.
28. Hashemi H, Saatchi M, Yekta A, Ali B, Ostadimoghaddam H, Nabovati P, Aghamirsalim M, Khabazkhoob M. *High Prevalence of Asthenopia among a Population of University Students*. *J Ophthalmic Vis Res*. 2019 Oct 24;14(4):474-482.
29. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. *Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050*. *Ophthalmology*. 2016 May;123(5):1036-42.
30. Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, et al. *IMI Accommodation and binocular vision in myopia development and progression*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021;62(5):4
31. Gifford KL, Richdale K, Kang P, Aller TA, Lam CS, Liu YM, Michaud L, Mulder J, Orr JB, Rose KA, Saunders KJ, Seidel D, Tideman JW, Sankaridurg

- P. *IMI - Clinical Management Guidelines Report*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2019 Feb 28;60(3):M184-M203.
32. Lee, Y. Y., Granger-Donetti, B., Chang, C., & Alvarez, T. L. (2009). *Sustained convergence induced changes in phoria and divergence dynamics*. Vision Research, 49(24), 2960–2972.
 33. Alpern, M., & Arbor, A. 1955. *Testing Distance Effect on Measurement at Various Accommodation Levels*. AMA Arch Ophthalmol., 54(6), 906-15.
 34. Pickwell, D., Jenkins, T., & Yekta, A. A. 1987. *The effect on fixation disparity and associated heterophoria of reading at an abnormally close distance*. Ophthal. Physiol. Opt., Vol. 7, No. 4. pp. 345-347.
 35. Jp JM, Saw SM, Rose KA, Morgan IG, Kifley A. Wang JJ, Mitchell P., 2008. *Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children*. Invest Ophthalmol Vis Sci.
 36. Miron M., Mattioni M., Mizzoni P. 2014. *Visione e postura. Utilità della prevenzione in età scolare*. Professional Optometry; Settembre 2014: 34-37
 37. Rosenfield M, Wong NN, Solan HA. 2008. *Nearwork distances in children*. Ophthalmic Physiol Opt.; 21(1): 75–76. 33.
 38. Wang Y, Bao J, Ou L, Thorn F, Lu F. 2013. *Reading behavior of emmetropic schoolchildren in China*. Vision Res;86:43Y51
 39. Jorge, J., Borges De Almeida, J., & Parafita, M. A. 2008. *Binocular Vision Changes in University Students: A 3-Year Longitudinal Study*. In Optometry and Vision Science. Vol. 85, Issue 10.
 40. Bao, J., Drobe, B., Wang, Y., Chen, K., Seow, J., 2015. *Influence of Near Tasks on Posture in Myopic Chinese Schoolchildren*. In Optometry and Vision Science Vol. 92, Issue 8.

41. Wang, Y., Bao, J., Ou, L., Thorn, F., & Lu, F. 2013. *Reading behavior of emmetropic schoolchildren in China*. *Vision Research*, 86, 43–51.
42. Bababekova, Y., Rosenfield, M., Hue, J. E., & Huang, R. R. 2011. *Font Size and Viewing Distance of Handheld Smart Phones*.
43. Save The Children. 2023. *Infanzia: si abbassa sempre di più l'età in cui si utilizza uno smartphone e il 43% dei bambini tra 6 e 10 anni nel sud e nelle isole lo usa tutti i giorni*. 15 novembre 2023
44. Collier, J. D., & Rosenfield, M. 2011. *Accommodation and convergence during sustained computer work*. *Optometry*, 82(7), 434–440.
45. Hirota, M., Morimoto, T., Miyoshi, T., & Fujikado, T. 2020. *Binocular Coordination during Smartphone Reading in Esophoric Patients*. *Journal of Binocular Vision and Ocular Motility*, 70(1), 15–20.
46. Hirota, M., Kanda, H., Endo, T., Morimoto, T., Miyoshi, T., & Fujikado, T. 2018. *Binocular coordination and reading performance during smartphone reading in intermittent exotropia*. *Clinical Ophthalmology*, 12, 2069–2078.