



Università degli studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

***Valutazione del comfort visivo nella compensazione
di alte ametropie con lenti a contatto morbide, tra
design della lente e visione binoculare.***

***(Evaluation of the visual comfort in compensating high refractive
errors through the of soft contact lenses, focusing on lens design
and binocular vision)***

Relatore: Prof. Renzo Colombo

Correlatore: Prof. Luca Stanco

Laureanda: Nicoletta Martino

Matricola: 1118452

Anno accademico 2017/2018

INDICE

ABSTRACT	1
Capitolo 1: INTRODUZIONE	3
1.1. Visione binoculare.....	4
1.2. Accomodazione.....	5
1.3. Convergenza.....	6
Capitolo 2: LAC E VISIONE BINOCULARE	7
2.1. Design di LaC morbide.....	7
2.2. Contact Lens Discomfort (CLD).....	10
2.3. Differenza di compensazione tra LaC e lenti oftalmiche.....	11
2.3.1. Aspetti cosmetici	
2.3.2. Campo visivo	
2.3.3. Ingrandimento dell'immagine retinica	
2.3.4. Accomodazione	
2.3.5. Convergenza ed effetti prismatici	
Capitolo 3: COMFORT E VISIONE PROSSIMALE	21
3.1. Stress visivo prossimale.....	21
3.2. Disfunzioni binoculari.....	25
3.3. Valutazione del comfort visivo: criteri di Sheard e Percival.....	28
Capitolo 4: LO STUDIO	31
4.1. Descrizione del campione.....	31
4.2. Protocollo esecutivo.....	33
4.3. Analisi statistica.....	40
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	53
BIBLIOGRAFIA	57
APPENDICI	63

ABSTRACT

OBIETTIVO

Lo scopo della ricerca è quello di valutare il comfort visivo in soggetti con ametropie elevate (superiori a 4.00 diottrie) compensate con lenti a contatto morbide a visione singola, attraverso l'analisi visiva binoculare e lo studio della diottrica della lente.

METODO

È stato selezionato un gruppo di 30 soggetti con età compresa tra i 19 e i 32 anni, con miopia o ipermetropia ≥ 4.00 D e astigmatismo compreso tra $[-0.75; 0]$ D. A tutti è stato inizialmente sottoposto un questionario con 12 domande a risposta multipla; sono successivamente stati valutati:

- Acuità visiva monoculare e binoculare (a distanza e prossimale);
- Sovrarefrazione;
- Lag accomodativo con Retinoscopia Nott;
- Foria orizzontale con Cover test (a distanza e prossimale) e valutazione del rapporto AC/A gradiente;
- Vergenze fusionali e relative (a distanza e prossimali) e valutazione del comfort visivo prossimale secondo il Criterio di Sheard;
- Punto prossimo di accomodazione e ampiezza accomodativa;
- Punto prossimo di convergenza;
- Distanza di lettura, distanza di Harmon e valutazione del comfort attraverso l'analisi della postura visiva prossimale;
- Accomodazioni relative positive e negative (ARP, ARN);
- Flessibilità accomodativa con Flipper ± 2.00 D;
- Flessibilità di vergenza con Flipper prismatico $8\Delta BI/12\Delta BE$.

RISULTATI

Dalla ricerca condotta, emerge una valutazione soggettiva soddisfacente del comfort visivo nel 83.33% dei soggetti analizzati, confermati in seguito da una valutazione oggettiva del comfort visivo tramite il criterio di Sheard e l'analisi del Revip dei singoli soggetti; tuttavia vengono riscontrate delle differenze statisticamente significative tra i dati ottenuti e quelli di riferimento, principalmente per i valori di ARN ($p=0.039$), VFP/VFN ($p=0.0005$).

Risultano in linea con i precedenti, i valori di ARP e flipper accomodativo $\pm 2.00D$, i quali indicano un maggiore difficoltà nel rilassare il sistema accomodativo; a questi si associa una rilevante percentuale di esoforia prossimale ed un PPC anomalo.

Non risultano dati significativi invece, dalla valutazione dell'ampiezza accomodativa, lag accomodativo e facilità di vergenza.

CONCLUSIONI

Nonostante soggetti con elevate ametropie presentino alterazioni nelle funzioni di accomodazione e convergenza, modificate anche dall'influenza delle LaC morbide sulla visione alle diverse distanze, è stato riscontrato un generale comfort visivo, indice dello sviluppo di un corretto adattamento da parte del sistema.

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

Per comfort, sia esso psicologico o fisico, si intende una condizione di facilità, spesso caratterizzato dalla mancanza di difficoltà¹;

analogamente, il comfort visivo indica una situazione di benessere priva di disturbi più o meno invalidanti per il soggetto, come l'astenopia.

Il raggiungimento di una visione confortevole è il prodotto finale di una serie di fattori che interagiscono tra di loro influenzandosi reciprocamente, fino a stabilire un equilibrio, quando possibile, che permetta al soggetto di ottenere una performance visiva soddisfacente; ciò può dipendere, ad esempio, dalle condizioni di illuminazione negli ambienti di vita e di lavoro², dal tipo di occupazione svolta e dall'impegno visivo che essa implica.

Con l'utilizzo delle lenti a contatto (LaC) morbide, vi sono molteplici fattori addizionali che possono determinare una corretta applicazione.

Oltre all'indiscussa importanza nella scelta dei parametri, un ruolo fondamentale è svolto da:

- la corretta gestione e manutenzione, compresa la tipologia di soluzioni utilizzate che interagiscono col materiale della lente, consentendone di preservare le caratteristiche ottiche, la qualità delle superfici e di conseguenza mantenere inalterata la relazione tra lente e cornea³, nonché di salvaguardare l'integrità e la cinetica del film lacrimale pre-lente (Guillon and coll.);
- la qualità e quantità dell'ammiccamento, il quale permette di mantenere pulita la superficie oculare e quella della lente, ricostituire il film lacrimale e distribuirlo mediante il rivo lacrimale e i menischi, garantire l'effetto pompa e la suzione dai puntini lacrimali e, in modo particolare di eliminare mucine, lipidi deteriorati⁴ e i depositi, in grado di causare una riduzione cospicua del comfort anche se presenti in numero ridotto (Wardlaw and Sarver 1986);
- variazioni delle prestazioni visive, dovute all'usura delle LaC morbide e alla diffusione della luce prodotta dalla qualità del film lacrimale o dai cambiamenti di idratazione della lente⁵;
- fattori fisiologici del portatore, come ad esempio la presenza di occhio secco indotto da lenti a contatto (CLIDE) e l'entità dell'ametropia da correggere;

- una componente psicologica, spesso non riconosciuta né trattata, che influenza direttamente e indirettamente la compliance del soggetto. L'esposizione a situazioni stressanti, ansia, depressione o eccessiva concentrazione, induce la somatizzazione di tali condizioni e porta a sviluppare mal di testa e dolore anomalo, fino a condurre al drop out⁶.

Numerosi studi hanno confermato infatti, attraverso un'analisi totalmente basata sui sintomi soggettivi e sui fattori precedentemente esposti, che circa il 50% dei portatori di LaC manifesta disagio visivo da moderato a intenso, con un notevole peggioramento della qualità della visione verso la fine della giornata⁷.

Due elementi che potrebbero fornire una spiegazione alla variazione del comfort nei portatori di LaC, sono l'analisi del design della lente (e delle sue curve) e la valutazione optometrica della visione binoculare, per individuare la relazione che sussiste tra di essi e quanto possa essere determinante sul risultato finale dell'applicazione e sulla qualità della performance soggettiva.

1.1. La visione binoculare

Il processo visivo ha inizio con la formazione di un'immagine ottica del mondo esterno sui fotorecettori retinici tramite i diottri oculari. Poiché tale evento rappresenta il primo vero passo nella percezione visiva, ogni imperfezione dell'apparato ottico oculare, ha la potenzialità di deteriorarla in modo significativo. Uno dei più alti gradi di specializzazione raggiunti nel processo evolutivo, è infatti rappresentato dalla capacità di utilizzare cerebralmente le immagini fornite separatamente da entrambi gli occhi (*visione bioculare*) per produrne una unica di grado superiore: tale capacità prende il nome di binocularità⁸.

Il presupposto iniziale è che la direzione dei due assi visivi sia contenuta nella stessa area di spazio e non siano presenti deviazioni, in modo da far cadere entrambe le immagini nelle due fovee che costituiscono i principali punti retinici corrispondenti (*o punti zero*); contemporaneamente vi sono altri punti che formano un'immagine su aree corrispondenti secondarie.

L'insieme di questi punti forma l'oroptero (o cerchio di Vieth-Muller), una linea passante per i punti nodali dei due occhi che permette di unire i punti di fissazione e ottenere un'unica percezione a partire da immagini distinte; tale processo non si verifica invece per punti esterni all'oroptero: in questo caso vengono percepiti come doppi e si sviluppa diplopia fisiologica⁹. In realtà Panum (1858) dimostrò che esiste un intorno volumetrico dell'oroptero, conosciuto appunto come "area di Panum", entro il quale gli oggetti, pur stimolando aree retiniche non perfettamente corrispondenti, vengono percepiti ancora come singoli.

Durante la visione binoculare si verificano tre importanti fenomeni, riconosciuti come tre gradi principali della percezione binoculare (Worth, 1915):

1. *percezione simultanea*: le immagini vengono percepite ed elaborate simultaneamente e si genera diplopia, sinonimo di biocularità, presupponendo l'assenza di soppressione;
2. *fusione*: si suddivide in motoria e sensoriale. La prima corrisponde all'attività dell'apparato muscolare di posizionare le immagini su aree retiniche corrispondenti; la seconda invece, detta anche fusione piatta, riguarda la capacità da parte del cervello di ottenere un'unica percezione a partire da due immagini simili¹⁰.
3. *stereopsi o stereoacuità*: rappresenta la capacità psichica di ottenere informazioni sulla tridimensionalità degli oggetti e posizione nello spazio, a partire dalla disparità retinica binoculare orizzontale delle immagini, che deve essere inferiore a 2° (Hubel, 1988) o 5" d'arco.

Nella condizione fisiologica il soggetto possiede tutte e tre le capacità e una corretta visione binoculare è il risultato della loro influenza reciproca.

1.2. Accomodazione

Il meccanismo dell'accomodazione è una delle più alte proprietà del sistema oculare, grazie al quale si creano sul piano retinico le immagini a fuoco di oggetti posti a varie distanze. In condizioni statiche, i raggi provenienti dall'infinito terminano in un punto a fuoco sulla retina; attraverso l'accomodazione invece, è possibile focalizzare anche raggi provenienti da un punto oggetto prossimo

all'osservatore grazie all'aumento di potere diottrico del cristallino (H. Von Helmholtz).

Gli stimoli sensoriali per l'accomodazione sono rappresentati da:

1. sfuocamento dell'immagine centrale;
2. aberrazione cromatica oculare (Wolfe, Owens, 1989);
3. prossimità dell'oggetto.

Si attivano inoltre alcuni processi nel sistema visivo, quali la *miosi* (ovvero il restringimento pupillare) per aumentare la profondità di fuoco nonché migliorare la qualità dell'immagine e la *convergenza* degli assi visivi, per formare le immagini provenienti da due occhi su punti retinici corrispondenti e permettere la fusione¹².

Queste tre componenti formano la cosiddetta *triade accomodativa o prossimale*, la cui alterazione della sinergia può portare a deviazioni binoculari, alcune considerate fisiologiche, entro determinati limiti, come la disparità di fissazione, altre latenti (esoforie) o manifeste (esotropie): esse assumono un notevole significato clinico nel quadro dell'esame visivo esercitando una cospicua influenza sulla qualità della visione e sul comfort.

1.3. Convergenza

Quando la fissazione si sposta da un piano all'altro, il movimento attivo è la vergenza orizzontale: durante l'osservazione di un oggetto a distanza finita (minore di 5 m), i bulbi oculari ruotano in modo disgiunto e volontario perdendo l'iniziale parallelismo, affinché le immagini si formino ancora in punti retinici corrispondenti (movimenti di vergenza).

La parte maggiormente determinante è quella accomodativa, la quale permette di attivare una sincinesia tra accomodazione e convergenza: si verifica un'attivazione dei muscoli retti interni e del muscolo ciliare in risposta ad una stimolazione nervosa, che porta ad un cambiamento di curvatura del cristallino¹¹.

La relazione tra accomodazione e convergenza accomodativa è ben espressa dal rapporto AC/A, il quale esprime la quantità di convergenza accomodativa (AC) in diottrie prismatiche indotta per ogni diottria di accomodazione esercitata.

CAPITOLO 2: LAC E VISIONE BINOCULARE

2.1. Design di LaC morbide

Le lenti a contatto morbide costituiscono la parte predominante del mercato, rappresentando circa il 90% delle applicazioni al mondo¹⁵.

Nonostante il fitting delle lenti a contatto morbide sia considerato come uno dei principali fattori che determina il comfort visivo, interagendo con la superficie corneo-sclerale e modificandone la normale omeostasi, pochi studi clinici hanno indagato accuratamente la relazione che sussiste tra minime variazioni dei parametri della lente e i cambiamenti nel comfort percepito dal soggetto.

Diverse ricerche, infatti, hanno analizzato il comfort visivo in funzione delle diverse tipologie e geometrie delle LaC, ma solo una minoranza di essi ne ha sistematicamente variato i parametri; sebbene l'evoluzione tecnologica abbia portato alla sintesi di nuovi materiali e alla sperimentazione di design innovativi, spesso sono state utilizzate vecchie tipologie di lenti ad uso prolungato.

Un ulteriore errore nelle misurazioni può essere causato dai molteplici fattori che influenzano il comportamento della LaC sulla cornea; non è possibile effettuare una valutazione in senso assoluto, in quanto esso è influenzato da fattori oculari e dai parametri stessi della lente¹⁷.

Tra i principali fattori oculari¹⁸ vi sono:

- *sagittale oculare*: in funzione del fattore di forma della sclera e della cornea, del raggio e del diametro corneale;
- *apice corneale*: la cui posizione determina il corretto centraggio della lente;
- *ampiezza e tensione palpebrale*¹⁹: palpebre strette e lasse determinano una minima influenza sul comportamento della lente, la quale presenterà un eccessivo movimento per la facilità a divincolarsi da esse.
- *composizione lacrimale*: pH e pressione osmotica delle lacrime possono variare i parametri e influire sull'applicazione della LaC in situ, ionica o non ionica; per tale motivo spesso è indispensabile una sostituzione del materiale, tale da ottenere una corretta relazione tra il contenuto idrico e la ionicità della lente e quelle relative alle lacrime¹⁶.

I parametri geometrici che invece influenzano maggiormente il comportamento della LaC sono:

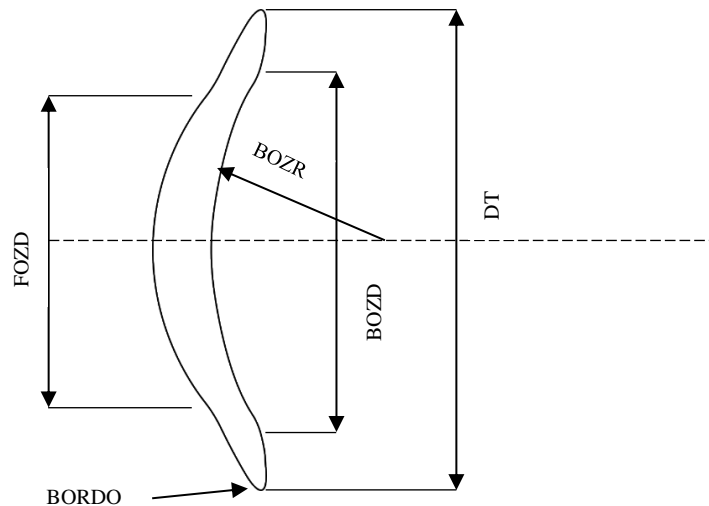


Fig. 1. Rappresentazione grafica dei parametri di una lente a contatto; sono indicati diametro totale (DT), diametro della zona ottica posteriore (BOZD), raggio base posteriore della zona ottica (BOZR), diametro della zona ottica anteriore (FOZD) e bordo della lente.

- *diámetro totale (DT):* determinato in relazione al diametro corneale soggettivo (circa 1 mm maggiore del diametro dell'iride visibile, distanza "white-to-white"). Il DT dovrebbe essere tale da permettere un movimento verticale all'ammiccamento di almeno 0.5 mm e fornire una completa copertura corneale¹⁷.
- *raggio di curvatura della zona ottica posteriore (BOZR):* la zona ottica della lente è la parte che si relaziona con quella della cornea ed è deputata alla visione. È stato verificato come la variazione del BOZR influisca in minima parte sul centraggio e sul movimento della LaC, ma abbia un ruolo fondamentale nella dinamica del film lacrimale; una curva troppo ripida determina un'applicazione stretta e il ristagno lacrimale, fino a sviluppare complicanze (come staining, edema, riduzione di visione e comfort) e impedirne il porto¹⁹.

Lowther e Tomlinson hanno tuttavia verificato che un cambiamento di 0.95 mm nel BOZR, seppur minimo, sia necessario per ottenere un miglioramento dell'allineamento e della performance della lente¹⁷, nonché un'ottimizzazione della visione, del comfort e della salute oculare.

- *zona periferica*: zona di appiattimento che crea un sollevamento al bordo della lente (*edge clearance*); una clearance ottimale permette una migliore manipolazione, impedisce che i bordi si indentino nell'epitelio corneale, crea un menisco lacrimale adeguato a creare un'adeguata forza capillare di attrazione e a mantenere un buon centraggio in tutte le direzioni di sguardo²⁰.
- *design e spessore al bordo*: parametro fondamentale nel determinare il comfort della lente e l'integrità della superficie oculare.

In numerosi studi si è tentato di determinare la forma ottimale per adattarsi alle esigenze sensoriali del soggetto, elaborando la cosiddetta forma a “punta di sci” (Mandell, 1977), con un design più sottile che permette una minore interazione con le palpebre rispetto ad altre forme citate in letteratura, come “rounded”, “knife”, “chisel” (“arrotondato”, “a coltello”, “a scalpello”) (Maissa et coll.; Hubner et coll)¹⁷.

Poiché le LaC morbide hanno un elevato DT, coprendo quindi interamente la cornea fino ad arrivare al limbus e alla congiuntiva bulbare, è necessario effettuare una valutazione corneale periferica per comprenderne la morfologia e permettere che il profilo del bordo della lente sia perfettamente conforme con quello della superficie oculare.

L'interazione tra le due componenti potrebbe indurre complicanze a livello dell'epitelio corneale, della salute oculare e una costante sensazione di corpo estraneo, spingendo il portatore a risolvere il problema diminuendo il tempo di utilizzo o rimuovendo la lente in maniera permanente.

(Shen et al.)

Grazie allo sviluppo tecnologico degli ultimi decenni e le numerose sperimentazioni nella pratica contattologica, sono stati immessi sul mercato un numero considerevole di nuovi materiali, di soluzioni per la manutenzione delle LaC e design innovativi, per minimizzare l'impatto con la superficie oculare e

ridurre quindi i sintomi di mancato adattamento del portatore²².

2.2. Contact Lens Discomfort (CLD)

“Il disagio della lente a contatto è una condizione caratterizzata da sensazioni oculari avverse, episodiche o persistenti, legate all’uso delle lenti, con o senza disturbi visivi, derivante da una ridotta compatibilità tra lente a contatto e ambiente oculare, che può portare a una riduzione nel tempo di utilizzo e ad abbandonarne l’uso.”

È questa la definizione di CLD elaborata dalla Tear Film & Ocular Surface Society (TFOS), specificando che si tratti di una condizione successiva all’iniziale “periodo di adattamento” cui è sottoposto ogni neofita nell’abituarsi all’uso delle lenti a contatto. La condizione di discomfort può essere accompagnata da segni fisici, come staining corneale o iperemia congiuntivale; in assenza di essi, si effettua una valutazione basata sui sintomi soggettivi del paziente, che devono essere assimilabili alla definizione precedente²³.

Su circa 140 milioni di portatori, il 23% e il 94% sembra manifestare CLD e una percentuale di essi, compresa tra il 12% e il 51%, arriva al drop out¹⁷.

La difficoltà principale consiste nell’individuare e descrivere l’eziologia del disagio indotto dalla LaC; una prima valutazione fondamentale è quella effettuata tramite i test lacrimali, al fine di valutare i cambiamenti che essa causa nella composizione dei diversi strati e la stabilità del film presente sulla superficie anteriore e posteriore della lente, nonché l’osservazione in lampada a fessura, per riconoscere condizioni oculari che potrebbero determinare discomfort (come disfunzione delle ghiandole di Meibomio o Lid Wiper Epitheliopathy)²⁴.

Per poterne facilitare la diagnosi optometrica, l’ambiente e la lente a contatto sono state individuate come le due principali macro-categorie cui possono essere ricondotte le diverse cause di CLD: nella prima rientrano i fattori intrinseci (come età, sesso, patrimonio genetico) e modificabili (stile di vita, alimentazione, ecc.) del paziente, ambiente oculare e ambiente esterno; il materiale, il design, il fitting e la manutenzione delle LaC invece, rientrano nella seconda classe²⁵.

Tra i vari fattori associati alle caratteristiche della lente, non vi è stato un riconoscimento unanime della principale causa di discomfort, ma solo una descrizione generale dell'interazione tra le varie componenti e l'elevata probabilità di associazione al CLD²⁶.

Il ruolo del design della LaC sul comfort visivo e sulla capacità di adattamento del soggetto, invece, è indiscusso.

La cornea è una delle regioni oculari maggiormente sensibili a causa della densa innervazione di tipo sensitivo, costituita dalle terminazioni dei nervi ciliari lunghi, che derivano dal ramo naso-ciliare della branca oftalmica del trigemino e formano il plesso peri-corneale. Prima di raggiungere la cornea, le fibre nervose perdono la guaina mielinica dopo aver oltrepassato il limbus, pertanto le terminazioni nervose non risultano protette e determinano, con la lente in situ, un aumento della sensibilità corneale¹¹.

2.3. Lenti a contatto e correzione oftalmica

Esistono numerose differenze a livello accomodativo e binoculare, nella compensazione delle ametropie con lenti a contatto o tramite un approccio oftalmico, che inducono una variazione delle funzioni visive a causa della diversa distanza dall'apice corneale e delle variazioni di vergenza delle radiazioni incidenti.

Entrambe le soluzioni implicano vantaggi e svantaggi, i quali devono essere tenuti in considerazione nella scelta della gestione optometrica del soggetto.

2.3.1 Aspetti cosmetici

Un fattore che sicuramente influisce sulla scelta del trattamento da adottare, è quello estetico: l'utilizzo di LaC spesso migliora la percezione di sé stessi ed elimina, soprattutto in soggetti con alti difetti visivi, l'ingrandimento dovuto alle lenti oftalmiche.

Gli occhi vengono percepiti della loro reale grandezza, eliminando l'effetto di ingrandimento dovuto alle lenti positive per l'ipermetropia e, analogamente, di

rimpicciolimento causato dalle lenti negative per la compensazione della miopia²⁷; vengono inoltre rimossi i riflessi dovuti alla superficie delle lenti, nonché gli effetti prismatici che causano una di distorsione dello spazio.

2.3.2. *Campo visivo*

Per campo visivo si intende il massimo spazio percepibile dal soggetto in direzione primaria di sguardo.

Il normale campo binoculare è ottenuto dalla sovrapposizione dei due campi visivi monoculari, che permettono di ottenere un'ampiezza di circa 120° in direzione primaria di sguardo, con due falci tempiali esclusivamente monoculari di 25° - 40°⁹.

Con LaC centrate, il campo visivo corrisponde a circa 100°; utilizzando una correzione oftalmica invece, l'ampiezza apparente corrisponde a 80° ed è legata alla grandezza della lente, alla distanza dall'apice corneale, all'entità dell'ametropia da correggere e alla differenza tra le lenti negative e positive.

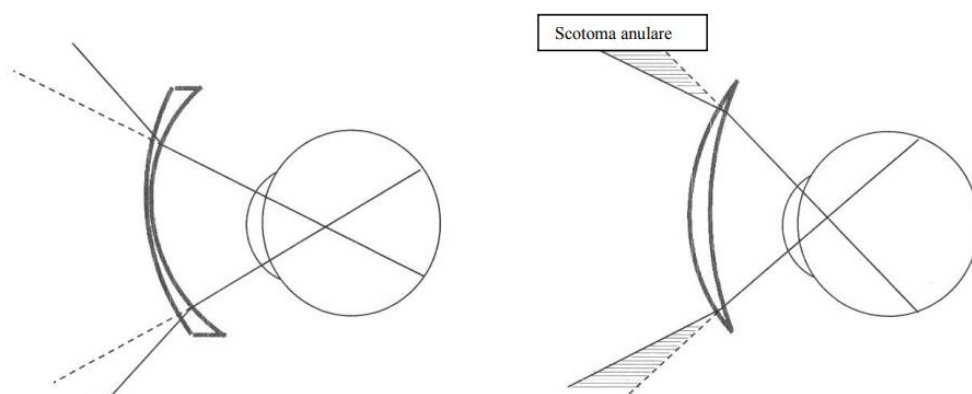


Fig. 2. Campo visivo indotto da lenti oftalmiche negative (a sinistra) e positive (a destra).

Nel primo caso infatti, l'estensione è maggiore a causa della divergenza indotta dalla lente.

Nelle lenti positive, invece, a causa dell'effetto prismatico, si verifica una riduzione del campo visivo: esso determina la scomparsa di parte del campo periferico, creando un vero e proprio scotoma anulare che circonda il campo centrale. Tale effetto è noto come "Jack in the box", in quanto gli oggetti posti in periferia del campo visivo spariscono e compaiono all'improvviso, come una marionetta chiusa in una scatola che balza fuori improvvisamente sospinta da una molla²⁸.

2.3.3. Ingrandimento dell'immagine retinica

L'occhio si serve di un sistema ottico per formare sul piano retinico l'immagine dell'oggetto osservato.

Un occhio si considera emmetrope se, con accomodazione rilassata, il suo secondo punto focale, quello relativo all'immagine, coincide con il centro della macula, consentendo al soggetto di ottenere una visione nitida.

Tuttavia, esistono delle anomalie refrattive (o ametropie) causate da un errato adattamento del sistema visivo all'ambiente o da un disequilibrio tra le dimensioni delle diverse componenti ottiche, che influenzano le attività comportamentali del soggetto e la percezione del mondo esterno¹³.

La grandezza dell'immagine è determinata principalmente dalla distanza dell'oggetto e dalle sue dimensioni; per poterla definire, è necessario considerare l'angolo visuale α , ovvero l'angolo compreso tra l'asse ottico e quello che congiunge il punto di fissazione con la fovea passando per il punto nodale dell'occhio, oppure utilizzando la relazione

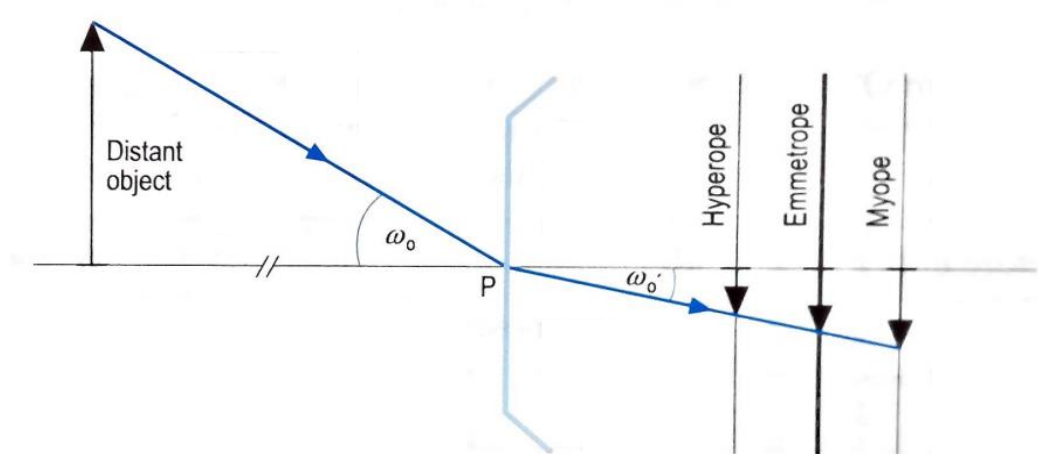
$$h_o : d_o = h_i : d_i$$

dove h_o e d_o rappresentano rispettivamente l'altezza dell'oggetto e la distanza tra apice corneale e punto nodale medio (circa 7 mm), h_i e d_i l'altezza dell'immagine e la distanza tra il piano retinico e il punto nodale medio (circa 17 mm)⁹.

Sebbene qualsiasi correzione ottenuta con lenti oftalmiche o LaC, alteri la grandezza reale dell'immagine retinica, nell'ingrandimento è necessario considerare le differenze introdotte dalla forma e dallo spessore delle lenti.

Analizzare la dimensione dell'immagine che si forma sul piano retinico di un occhio ametropo e le sue variazioni in presenza di compensazione, rappresenta un sussidio importante per la pratica optometrica; per una ricostruzione più precisa si ricorre all' "occhio ridotto" di Emsley²⁹.

Un oggetto a distanza lungo l'asse ottico di un occhio non corretto, sottende un angolo visuale ω_o sul piano pupillare; quest'ultimo causa una rifrazione del raggio che crea un secondo angolo ω_o' , utilizzato per determinare la grandezza di base dell'immagine.



*Fig. 3. Immagine retinica in un occhio ridotto con ametropia assiale non corretta; il raggio illustrato rappresenta il raggio di luce principale.
[W. A. Douthwaite, Contact Lens Optics and Lens Design]*

In presenza di ametropia assiale come nella figura sopracitata, rispetto ad un occhio emmetrope, l'immagine non corretta sarà sfuocata e avrà dimensioni maggiori nell'occhio miope e minori in quello ipermetrope; nelle ametropie refrattive, invece, la grandezza non subisce variazioni ma l'immagine sfuocata si formerà prima del piano retinico in presenza di miopia, poiché il potere dell'occhio è troppo forte rispetto alla grandezza assiale; si verificherà il contrario in caso di ipermetropia¹⁴.

Nel caso tale ametropia venga compensata, l'immagine subirà un ingrandimento positivo o negativo, legata al tipo di ametropie, alla sua entità e al tipo di correzione adoperata²⁸.

Un fattore importante da considerare è la distanza dal piano della lente correttiva sottile a quello pupillare: nel caso di lenti oftalmiche è approssimativamente di 15 mm, con LaC invece essa è di circa 3 mm (tra la pupilla d'entrata e il piano della cornea). In questo modo, passando dal primo metodo di compensazione al secondo, i miopi percepiranno un'immagine di dimensioni maggiori rispetto alla precedente (Bennet, 1985); di conseguenza, utilizzando per la prima volta lenti ad alto potere negativo, potrebbe verificarsi un aumento dell'acuità visiva accompagnata da un iniziale disorientamento; la situazione opposta si verifica per gli ipermetropi, i quali potrebbero sperimentare un importante calo di acuità e riduzione delle dimensioni reali degli oggetti osservati³⁰.

2.3.4. Accomodazione

L'attività dell'accomodazione, come precedentemente affermato, permette all'occhio di creare sul piano retinico immagini a fuoco di oggetti posti a diverse distanze, grazie all'attività del cristallino⁹.

Nel caso di un occhio emmetrope, la vergenza dei raggi provenienti da una sorgente posta all'infinito corrisponde a zero sul piano corneale ($L_d = 0$); posizionando invece l'oggetto di interesse ad una distanza prossimale, la vergenza dei raggi incidenti è definita dall'inverso della sua distanza²¹.

Casi più articolati riguardano soggetti ipermetropi o miopi corretti rispettivamente con lenti oftalmiche positive e negative.

Per analizzare la vergenza sul vertice corneale di un oggetto posto all'infinito, bisogna prendere in considerazione la vergenza sul piano della lente, la quale modifica quella in ingresso, inizialmente nulla, secondo il suo potere diottrico.

Nel caso di una sorgente posta a distanza prossimale, la vergenza di ingresso (L_{in}) dei raggi che incidono sulla lente, sarà pari al reciproco della distanza in metri tra essa e la sorgente; in questo modo i raggi saranno trasmessi dalla lente con una

vergenza (L_{out}) determinata dalla somma tra il potere della lente e la vergenza d'entrata, ovvero:

$$L_{out} = P + L_{in}$$

Sarà quindi possibile ricavare nuovamente la vergenza L_v e successivamente la richiesta accomodativa³¹.

Da un punto di vista quantitativo, è possibile affermare che un ipermetrope accomodi maggiormente rispetto ad un soggetto miope e viceversa.

Correggendo l'ametropia con LaC viene annullata la distanza apice corneale, pertanto le condizioni di un emmetrope e di un ametropo corretto si equivalgono; di conseguenza un ipermetrope dovrà esercitare una quantità minore di accomodazione passando da lenti oftalmiche a LaC, a differenza di un soggetto miope che eserciterà un'entità di accomodazione maggiore³².

È importante conoscere in modo dettagliato il valore dell'ampiezza accomodativa individuale, per determinare se delle variazioni nella richiesta accomodativa (generalmente inferiori ad una diottria) siano comunque sufficienti a rendere la visione del soggetto non più confortevole nelle attività prossimali.

Tuttavia, è stato verificato come il rapporto AC/A rimanga costante con entrambi i metodi di compensazione, presupponendo che entrambi i tipi di lenti siano correttamente centrate. (Westheimer, 1962; Stone 1967)

2.3.5. Convergenza ed effetti prismatici

Durante la visione con lenti a contatto, un portatore non è sottoposto ad alcun effetto prismatico, nell'ipotesi che esse rimangano perfettamente centrate per tutte le direzioni di sguardo e le distanze di osservazione.

Analogamente, quando un soggetto corretto con lenti oftalmiche si trova in posizione primaria di sguardo, gli assi visivi passano attraverso i centri ottici e non si verifica alcun effetto prismatico. Tale condizione tuttavia, non si verifica nelle altre direzioni di sguardo, in cui sarà necessaria una versione oculare in direzione dell'apice del prisma per poter mantenere l'oggetto di interesse in fovea. Nel caso di lenti positive si genera un effetto prismatico a base esterna che induce una maggiore richiesta di convergenza; con lenti negative invece, si verifica un

effetto prismatico a base interna, determinando una riduzione della richiesta di vergenza³¹.

Da un punto di vista quantitativo, la formula di Prentice rappresenta una relazione che ben approssima l'entità della deviazione effettiva δ :

$$\delta = F \cdot h$$

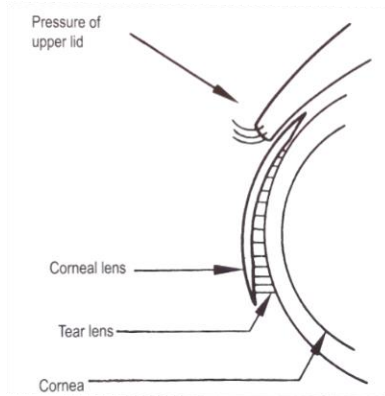
dove F corrisponde al potere della lente (in diottrie) e h la distanza tra il centro ottico della lente e l'asse visivo (in cm).

Nel caso in cui il punto di fissazione non si trovi in direzione primaria di sguardo, un ipermetrope dovrà effettuare quindi un movimento maggiore rispetto ad un emmetrope, al contrario del miope che effettuerà una versione di minore ampiezza¹⁴.

La formula di Prentice può anche essere utilizzata per determinare la deviazione indotta dal possibile decentramento di una lente a contatto sulla cornea, verificando come essa sia eliminata o ridotta in modo significativo rispetto all'utilizzo di lenti oftalmiche.

Uno degli scopi di un fitting dinamico corretto è quello di garantire che il movimento della lente all'ammiccamento, o il decentramento considerando un fitting statico, sia lo stesso in entrambi gli occhi³³.

Analizzando un portatore di LaC morbide di elevato potere negativo in entrambi gli occhi, l'inclinazione causata dalla pressione della palpebra superiore o da un eccessivo lag verticale, crea un prisma lacrimale a base bassa [figura 4] che contrasta l'effetto prismatico con base opposta della lente negativa (Bennet, 1985).



*Fig. 4: Prisma lacrimale a base bassa.
[A. J. Phillips, L. Speedwell, Contact Lenses, 2007]*

L'effetto generale nel passaggio da lenti oftalmiche a LaC nella visione prossimale, è quello di causare una maggiore convergenza nel miope in quanto lo spazio viene percepito più vicino in assenza dell'effetto prismatico a base interna, nonché una riduzione della richiesta di convergenza nell'ipermetrope grazie all'aumento della sua distanza di lavoro³⁴.

La correzione con LaC sembrerebbe indurre un costante vantaggio nell'ipermetrope al contrario del miope, costretto ad un maggiore sforzo nell'attività accomodativa e di convergenza.

Questa interpretazione dei meccanismi visivi porterebbe quindi a considerare che un ipermetrope portatore di LaC sia in una situazione di comfort in qualsiasi condizione di visione, così come un miope corretto con LaC abbia sempre una performance visiva insoddisfacente e disagiata.

In realtà, però, non è così. Considerando un soggetto giovane con una miopia elevata ed una significativa tendenza all'exoforia prossimale, nel passaggio da occhiale a lente a contatto, sperimenta con molta probabilità un maggiore affaticamento visivo prossimale, conseguente alla perdita dell'effetto prismatico a base interna indotto dalle lenti oftalmiche se centrate per lontano. Il contrario si verificherebbe invece se, lo stesso soggetto, presentasse esoforia prossimale; in tal caso sarebbe avvantaggiato dall'utilizzo delle LaC.

Questa tipologia di valutazioni riguarda anche i soggetti ipermetropi che, sfruttando l'effetto prismatico a base esterna, trarranno vantaggio dall'utilizzo di

una correzione oftalmica in caso di esoforia prossimale; in presenza di exoforia, invece, vi sarà maggior beneficio con l'utilizzo di LaC.

Per scegliere la migliore tecnica di gestione optometrica nella compensazione delle ametropie e preferire un sistema all'altro, un presupposto fondamentale da considerare è quindi la condizione binoculare del soggetto, ovvero l'equilibrio tra forie prossimali, vergenze fusionali e attività accomodativa: un cambiamento nella richiesta accomodativa o di vergenza, seppur minimo, potrebbe alterare una già precaria condizione visiva e determinare l'insorgenza di sintomi astenopici.

CAPITOLO 3: COMFORT E VISIONE PROSSIMALE

L'optometria ha da sempre indagato le funzioni visive implicate durante le attività prossimali.

Il comfort visivo, infatti, può essere analizzato sotto diversi aspetti: oltre a riassumere una serie di segni e sintomi associati all'utilizzo delle lenti a contatto, può essere legato strettamente all'atto visivo.

Sono state elaborate teorie e modelli optometrici diversi sul discomfort e sulla performance inefficace che possono derivare in conseguenza ad una attività prolungata da vicino, per determinarne le cause e i protocolli di gestione.

Alle tradizionali interpretazioni, che identificano l'eziologia di tale squilibrio con le anomalie refrattive, le disfunzioni binoculari, l'ereditarietà o l'influenza di fattori biologici e psicologici, attualmente vengono contrapposte delle nuove teorie elaborate in seguito ai cambiamenti imposti dalla società sulle abitudini di vita e di visione.

Le generazioni precedenti, basate sulla attività di caccia, pesca e coltivazione, erano sottoposte ad uno stile di vita prettamente dinamico; di conseguenza il sistema visivo doveva rispondere a stimoli distanti, continui cambiamenti di accomodazione e convergenza e una stimolazione visiva prevalentemente periferica.

Bidimensionalità e staticità sembrano invece essere le prerogative delle moderne condizioni visive. Le principali attività che vengono svolte sono sostenute nel tempo e per lo più di tipo intellettuale, come lettura, scrittura o lavoro d'ufficio, pertanto l'attenzione è focalizzata a distanza prossimale e il sistema visivo elabora segnali che stimolano la visione centrale, con conseguente inibizione del campo periferico, della tridimensionalità e della dinamicità tra accomodazione e convergenza³⁵.

3.1. Stress visivo prossimale

Nonostante il lavoro prossimale possa avere un ruolo significativo nello sviluppo di disordini visivi o di ametropie (principalmente miopia e ipermetropia), come

risultato di un errato adattamento del soggetto a condizioni visive stressanti, non sono state stabilite con certezza né le condizioni che devono necessariamente verificarsi per lo sviluppo di tali scompensi visivi, né i meccanismi agenti. Due principali teorie però, vengono generalmente accettate come chiave di risposta ai cambiamenti indotti nel sistema visivo: “the use-abuse theory” e “the near point visual stress theory”.

La prima, spesso attribuita a Cohn (1867, 1883), è specifica per la miopia e attribuisce la sua insorgenza ad un eccessivo utilizzo degli occhi per attività ravvicinate, affermando quindi, sulla base dei precedenti lavori di Keplero (1611), Ware (1813) e Donders (1864), che una continua e prolungata stimolazione dell’accomodazione possa essere considerata una causa miopigenica³⁶.

La teoria dello stress visivo prossimale, invece, fu elaborata da Skeffington (1928-1974); egli propose il concetto di “stress visivo” in seguito all’interesse dimostrato per la teoria di H. Seyle sullo stress, inteso come risposta non specifica del corpo agli agenti esterni. Secondo Skeffington, il lavoro prossimale imposto dalla nostra cultura è incompatibile con la fisiologia del sistema visivo e funge da agente stressante, pertanto viene elaborata una risposta di adattamento per mantenere efficiente la performance visiva, che porta a localizzare la convergenza prima dell’accomodazione³⁷. Una lettura funzionale richiede che entrambe le componenti siano localizzate sul piano di sguardo; in assenza di un sistema di compensazione o di una reazione del sistema binoculare, l’avvicinamento della convergenza indurrebbe visione sfuocata o diplopia. I soggetti, infatti, attuano degli appropriati cambiamenti visivi e, lo sforzo diretto alla risoluzione del mismatch accomodazione-convergenza, causa un indebolimento della comprensione e dell’efficienza della performance durante il lavoro prossimale; di conseguenza si verifica una tendenza ad evitare il lavoro da vicino come soluzione alla diplopia o all’astenopia³⁸.

Birnbaum ha ricondotto il modello di adattamento di Skeffington alla fisiologia generale dello stress, che prevede l’attivazione dei meccanismi neuroendocrini identificati da Cannon nel 1929 e da Selye nel 1956.

Cannon infatti, aveva elaborato la risposta “fight or flight”, identificandola come una reazione di emergenza da parte di soggetti sottoposti ad agenti stressanti, i

quali possono evitare la condizione che genera il disagio (flight) o affrontarla, attuando delle strategie adattive (fight).

L'attenzione e lo sforzo mentale implicati durante la visione prossimale quindi, non sono dei processi passivi, bensì conseguenze all'attivazione del sistema nervoso simpatico simili a quelle proposte da Cannon, anche se di entità minore (Birnbaum, 1984)³⁷. Anche l'accomodazione è controllata dalla branca simpatica del sistema nervoso autonomo, deputata all'azione e alla difesa dell'organismo dalle situazioni di pericolo; il sistema parasimpatico, invece, permette di neutralizzare gli effetti del precedente e mantenere in vita l'organismo fornendo le forze necessarie. Lo stress visivo induce una risposta da parte del sistema nervoso simpatico: la sua stimolazione determina il rilascio di adrenalina che, tramite un effetto cicloplegico, allontana l'accomodazione dal piano di fissazione, causando una perdita della visione nitida; tale effetto viene ripristinato solo in seguito all'adattamento del sistema visivo che induce l'attivazione del sistema parasimpatico. A causa del legame esistente tra accomodazione e convergenza, si verifica una sovra-convergenza (Eso-Shift, ovvero lo scivolamento verso l'esoforia), in quanto un aumento dello sforzo accomodativo genera un conseguente avvicinamento della convergenza, che si focalizza su un piano più vicino dell'accomodazione. Per ripristinare la tendenza esoforica ed ottenere una visione chiara, singola e confortevole, si verifica nuovamente la stimolazione del sistema simpatico che permette agli occhi di divergere, evitando la diplopia e rilassando il sistema accomodativo. Questo ciclo di stimolazione e rilassamento non può essere sostenuto a lungo, in quanto determina un malfunzionamento del sistema visivo e può sfociare in errori refrattivi (miopia ed elevata ipermetropia), disfunzioni accomodative e binoculari, o portare ad evitare il lavoro prossimale¹⁹. Una condizione che può contrastare (entro determinati limiti) la sovra-convergenza, è la presenza di "buffer" fisiologici, o "zone cuscinetto". L'ipermetropia (+ 0.75 D) rappresenta la riserva protettiva per il sistema accomodativo, l'exoforia (0.5^Δ a distanza e 6^Δ a distanza prossimale) permette invece di salvaguardare il sistema di vergenze. Tali condizioni non vanno intese soltanto come difetti refrattivi o deviazioni da compensare, piuttosto permettono

al sistema visivo di mantenere una flessibilità funzionale tra l'accomodazione e la convergenza, adattarsi e reagire a condizioni visive stressanti.

Un soggetto emmetrope o ortoforico, infatti, non avrà alcuna capacità di adattamento alle richieste visive e sarà, con molta probabilità, sintomatico; per tali motivazioni, nel modello di Skeffington, un lag accomodativo e di vergenza contenuto nei valori limite già citati, è considerato fisiologico e funzionale³⁹.

Tuttavia, la presenza di exoforia non esclude del tutto la possibilità che possa verificarsi l'eso-shift. La foria associata, infatti, misura nella maggioranza dei casi una quantità superiore di esoforia (o minore di exoforia).

Si è dunque ipotizzata l'influenza che potrebbero esercitare anche la convergenza accomodativa (AC) e l'accomodazione convergente (CA) nel processo di sovraconvergenza (Schor e Narayan, 1982):

in condizioni di fusione, nel momento in cui l'accomodazione determina una richiesta di convergenza superiore alla necessaria, vengono stimulate le vergenze fusionali negative per ridurre la quantità accomodativa; di conseguenza viene attivata la convergenza accomodativa da cui sfocia un aumento dell'esoforia.

In seguito a tali osservazioni, Schor associa un rapporto CA/C elevato ad un adattamento carente del sistema di vergenze, così come ricollega un adattamento accomodativo scarso ad un alto rapporto AC/A³⁸.

L'interazione tra i diversi fattori che possono determinare l'insorgenza di disordini refrattivi e binoculari, suscitò l'interesse di D. B. Harmon, il quale elaborò un modello con lo scopo di analizzare la relazione esistente tra postura, spazio e visione. Egli notò come posture inadeguate assunte per lunghi periodi di tempo fossero spesso causa di problemi visivi e, analogamente, come scompensi visivi possano indurre posizioni del corpo scorrette⁴⁰; in tal caso si verifica un adattamento soggettivo alle condizioni ambientali, che permette di ridurre lo sforzo percettivo alterando i processi visivi e causando l'insorgenza delle disfunzioni binoculari³⁸.

La postura fisiologicamente ottimale ed equilibrata per il lavoro prossimale, tale da distribuire equamente i segnali sulla superficie retinica e sostenere un impegno visuo-cognitivo prolungato con il minimo dispendio energetico⁴¹, è quella che

permette di creare idealmente un triangolo equilatero (inclinato di circa 20° rispetto all'orizzontale) tramite la linea che unisce il punto centrale tra i due occhi, quello tra i due gomiti e il punto intermedio tra la seconda nocca del dito medio delle due mani. In questo modo, la distanza tra gli occhi e il target corrisponde a quella tra la seconda nocca del dito medio e la punta del gomito, che viene appunto definita "Distanza di Harmon"; essa permette di facilitare la manualità, agevolare le funzioni binoculari mantenendo gli occhi alla stessa distanza del compito da svolgere, nonché orientare il corpo per consentire l'integrazione tra postura e visione e mantenerne l'equilibrio (Harmon, 1951-1958).

3.2. *Disfunzioni binoculari*

Le anomalie della visione binoculare sono comunemente attribuite a cause anatomiche, funzionali o di innervazione, spesso associate a sintomi come mal di testa, astenopia, diplopia occasionale, visione offuscata intermittente o discomfort significativo.

Secondo Skeffington (1928-1974), per poterli evitare, il soggetto sviluppa un'interazione anomala tra accomodazione e convergenza, che viene interpretata come fattore fondamentale nello sviluppo di disfunzioni visive e come un processo adattativo del soggetto, principalmente durante lo svolgimento di compiti prossimali prolungati; è infatti improbabile che essi scaturiscano da un breve e transitorio sforzo visivo, il quale può essere facilmente compensato dai processi visivi attuati da un sistema funzionale (Flax, 1985).

Un'altra conseguenza del mismatch accomodazione-convergenza, è il danneggiamento delle capacità cognitive. Alcuni soggetti evitano infatti compiti prossimali a causa delle numerose difficoltà incontrate dal sistema durante l'elaborazione delle informazioni; tale risposta si verifica per la presenza di un problema visivo che, però, non viene corretto: evitando lo sforzo prossimale, l'astenopia non si manifesta e quindi il soggetto si presenta asintomatico⁴².

Per poter analizzare la funzionalità del sistema visivo ed elaborare un eventuale piano d'azione, viene utilizzata la relazione tra l'eteroforia presente e il rapporto AC/A; la presenza di uno o entrambi i parametri fuori norma, rappresenta un indicatore di una disfunzione visiva⁴³.

Rientrano nelle disfunzioni binoculari:

- *Insufficienza di convergenza*: la più comune tra le anomalie non strabismiche della visione binoculare. Anche dopo brevi lavori prossimali, i soggetti manifestano sintomi, come mal di testa, visione sfuocata, diplopia e difficoltà di concentrazione. Può essere dovuta ad un ridotto utilizzo della convergenza accomodativa, che induce quindi ad una tendenza a convergere in misura ridotta rispetto al necessario;
- *Pseudoinsufficienza di convergenza*: il problema primario è rappresentato da una insufficienza accomodativa e non di convergenza (Richman e Cron). A differenza dell'insufficienza di convergenza vera, in questo caso si verifica una buona accettabilità di convesso e un PPC normale rispetto alla distanza riflessa di lettura⁴⁴;
- *Insufficienza di divergenza*: condizione poco comune, in cui è presente una maggiore esoforia a distanza e una minore eteroforia prossimale (rapporto AC/A ridotto). Potrebbe essere causata da ipermetropia non corretta, fattori anatomofisiologici o emozionali e patologie del sistema nervoso centrale⁹;
- *Eccesso di convergenza*: caratterizzata da esoforia prossimale ed ortoforia, o esoforia moderata, a distanza, pertanto il soggetto manifesta un elevato rapporto AC/A. È comunemente presente nei giovani ed associata al lavoro prossimale, in seguito ad una sovra-stimolazione del sistema accomodativo (come ipermetropia latente o insufficienza accomodativa)⁹ .
- *Eccesso di divergenza*: può essere definito un puro problema di visione binoculare da lontano⁴⁴. Presenta una elevata exoforia a distanza, di entità variabile in funzione del livello di attenzione; può essere inoltre presente una exotropia intermittente.
- *Esoforia di base*: è una condizione binoculare descritta per la prima volta da Duane, contraddistinta dalla stessa entità di esoforia a distanza e prossimale, per tale motivo il rapporto AC/A è nella norma.
- *Exoforia di base*: stato visivo caratterizzato da exoforia da lontano e da vicino, pertanto, anche in questo caso, il rapporto AC/A è nella norma.

La classificazione delle disfunzioni accomodative è invece dovuta a Cooper (1987), sviluppata sulla base dei precedenti lavori proposti da Donders (1864) e Duke-Elder (1970)⁹; essa comprende:

- *Insufficienza accomodativa*: condizione in cui il soggetto ha difficoltà a stimolare l'accomodazione. Generalmente presenta difficoltà durante attività prossimali, astenopia o visione offuscata (Duke-Elder e Abrams, 1970); indicatori oggettivi potrebbero essere un valore dell'ampiezza accomodativa inferiore a quello medio indicato dalla formula di Hofstetter⁴³, buona accettabilità di positivo, un lag alto riscontrato in retinoscopia dinamica, ARP ridotta e basse RFN per l'eccesso di convergenza indotto da un maggiore sforzo innervativo, soprattutto in presenza di un rapporto AC/A elevato.
- *Eccesso accomodativo*: il soggetto presenta difficoltà a rilassare l'accomodazione. Rutstein et al., hanno definito lo spasmo accomodativo come una condizione in cui la risposta è eccessiva rispetto lo stimolo⁴³. Si manifesta in seguito all'aumento dell'innervazione parasimpatica del muscolo ciliare, che induce astenopia e affaticamento da vicino. All'esame visivo optometrico è riscontrata acuità visiva ridotta a distanza, bassa accettabilità di positivo, ARN inferiore rispetto all'ARP, RFP basse e ridotto lag accomodativo rispetto ai valori attesi (o lead); potrebbe inoltre verificarsi una tendenza all'esoforia⁹. Uno spasmo accomodativo sostenuto nel tempo, inoltre, induce pseudomiopia, condizione per cui un individuo emmetrope o ipermetrope, risulta miope;
- *Inerzia accomodativa*: condizione in cui il soggetto presenta difficoltà a cambiare la risposta accomodativa. Dopo un prolungato lavoro da vicino, lamenta affaticamento visivo, astenopia, possibile diplopia e visione sfuocata a distanza. Dati oggettivi comprendono un'ampiezza accomodativa nella norma, ma bassi valori di ARP e ARN; potrebbe inoltre presentarsi in associazione ad esoforia prossimale.

Prima di scegliere la corretta gestione della condizione visiva, è tuttavia necessario valutare la condizione complessiva del soggetto ed individuare il problema principale, la cui risoluzione potrebbe migliorare la qualità visiva e permettere la giusta interazione con l'ambiente circostante.

3.3. Valutazione del comfort visivo: criteri di Sheard e Percival

La tendenza a sovraconvergere può indicare, come già detto, il rischio di sviluppare disordini visivi legati alla visione prossimale; risulta quindi importante riconoscere alcuni segni precoci per poterne prevenire lo sviluppo.

Tra i segni più comuni vengono incluse: alterazioni del sistema accomodativo e di vergenza, esoforia o ortoforia da vicino, eccessiva exoforia prossimale, scivolamento verso l'emmetropia, miopia o alta ipermetropia, bassa accettabilità di positivo e astenopia.

Tutti questi fattori possono portare, in assenza di un'elaborazione efficiente delle informazioni da parte del sistema, ad evitare attività che richiedono un determinato impegno intellettuale e cognitivo. Quando un soggetto può allora definire la propria performance soddisfacente e confortevole?

Uno tra i metodi più funzionali ai fini della valutazione, è quello grafico.

Esso permette di tracciare i valori di accomodazione e convergenza, utilizzando coordinate cartesiane, nella maggioranza delle condizioni di visione (ad eccezione di soggetti con visione monoculare o ipovedenti); tale metodo permette quindi una veloce determinazione della relazione tra il sistema accomodativo e di convergenza, nonché l'utilizzo di diversi sistemi e regole per l'analisi.

La prima descrizione grafica dell'interazione tra accomodazione e convergenza si deve a Donders (1864), il quale individuò la possibilità di sostenere uno sforzo accomodativo ad una determinata distanza di fissazione solo in presenza di ARP nettamente superiore rispetto all'ARN; Landolt (1886) invece, inserì nel grafico il range delle vergenze relative, specificando la possibilità di mantenere, senza astenopia, fino ad un terzo del range assoluto di convergenza⁴².

Il controllo della risposta di vergenza può essere determinante nel comprendere l'eziologia della disfunzione visiva binoculare; tuttavia, i pareri riguardanti la gestione sono discordanti. Nonostante il costante sviluppo di tecniche per rendere confortevole l'utilizzo di prismi, come quelle per ottenere la stabilizzazione prismatica sulle LaC ed evitare rotazioni o distorsioni dello spazio, numerose sono le opposizioni all'utilizzo di tale tipologia di compensazione, in quanto il soggetto potrebbe presentare un adattamento prismatico peggiorando così il quadro visivo⁴⁵ o sperimentare distorsioni spaziali (McCormack, 1985).

Questo problema ha suscitato l'interesse di Sheard e Percival, i quali hanno elaborato dei criteri che fungono da ausilio nella scelta della prescrizione. Sheard afferma che, affinché un soggetto sia in comfort, le riserve fusionali che permettono di compensare la foria, debbano essere almeno il doppio della domanda, ovvero la foria stessa: le riserve fusionali positive (prismi a base esterna) devono essere il doppio della exoforia presente e, allo stesso modo, le negative (prismi a base interna) il doppio rispetto all'esoforia del soggetto (Borish, 1970; Grisham, 1983; Goss, 1986).

In assenza di tali requisiti, la deviazione potrebbe sfociare in una eterotropia, pertanto si procede con la prescrizione della compensazione prismatica di entità pari a:

$$P = \frac{2}{3} \text{ foria} - \frac{1}{3} \text{ vergenza fusionale}$$

Se P assume un valore nullo o negativo, il soggetto non necessita di correzione; solo ottenendo un valore positivo, si procede con la prescrizione di prismi a base esterna per l'esoforia e a base interna per l'exoforia.

Secondo Percival, invece, la valutazione del comfort è indipendente dalla foria: si considera infatti la relazione con la zona di visione binoculare singola e nitida (ZCSBV), ovvero quella compresa tra le linee degli annebbiamenti a base interna ed esterna e la linea di base con stimolo accomodativo nullo.

La zona di comfort corrisponde al terzo centrale della ZCSBV, in cui non sono presenti conflitti di accomodazione e convergenza. Se la linea di Donders, ovvero quella corrispondente alla richiesta visiva, non rientra in tale limite, il criterio di Percival non è applicabile, sarà pertanto necessaria la prescrizione di lenti, prismi o rieducazione visiva.

L'entità prismatica prescrivibile segue la seguente formula:

$$P = \frac{1}{3} G - \frac{2}{3} L$$

Dove G corrisponde al maggiore e L al minore dei due limiti (a base esterna o interna); anche in questo caso, se P risulta essere un valore negativo o nullo, la correzione prismatica non è necessaria⁴⁶.

Molti professionisti reputano entrambi i criteri delle linee guida sommarie per la gestione dei disturbi visivi. Sebbene siano notevoli i vantaggi indotti dal metodo grafico per la semplicità e compattezza delle informazioni raccolte, esso non permette di identificare tutte le tipologie di disordini binoculari, come l'inerzia accomodativa; Warrell et al. (1971) si sono interessati dell'effettiva validità dei due criteri, dimostrando come la correzione prismatica fosse preferita dai soggetti in caso di esoforia a distanza, ma non in presenza di esoforia prossimale o exoforia a distanza. Sheedy e Saladin (1977-1978) invece, hanno osservato come il criterio di Sheard fosse maggiormente efficace nella determinazione di sintomi astenopici in soggetti exoforici, mentre quello di Percival in soggetti esoforici³⁸. Nonostante la loro dibattuta rilevanza clinica, essi costituiscono un ausilio aggiuntivo nella scelta del trattamento più opportuno, nonché un notevole supporto alla pratica optometrica.

CAPITOLO 4: LO STUDIO

Il seguente capitolo è dedicato alla descrizione della ricerca svolta, all'analisi e alla discussione dei risultati ottenuti.

L'idea si sviluppa sulla base delle precedenti valutazioni riguardanti i diversi sistemi di compensazione; considerando soggetti con ametropie semplici medio-elevate, infatti, la differenza di visione tra l'utilizzo di occhiali e lenti a contatto è rilevante e la scelta di uno di essi risulta ostica a causa della maggiore probabilità di alterazione dell'equilibrio visivo.

L'obiettivo principale dello studio, è appunto quello di valutare il comfort visivo dei soggetti, analizzando l'influenza che le LaC morbide hanno sulla loro visione binoculare, a distanza e prossimale.

4.1. Descrizione del campione

È stato analizzato un gruppo di 30 soggetti (29 miopi e 1 ipermetrope), composto da 9 uomini e 21 donne di età compresa tra i 19 e i 32 anni (età media $22,7 \pm 2,69$), comprendente sia studenti sia lavoratori selezionati causalmente [figura 5 e 6].

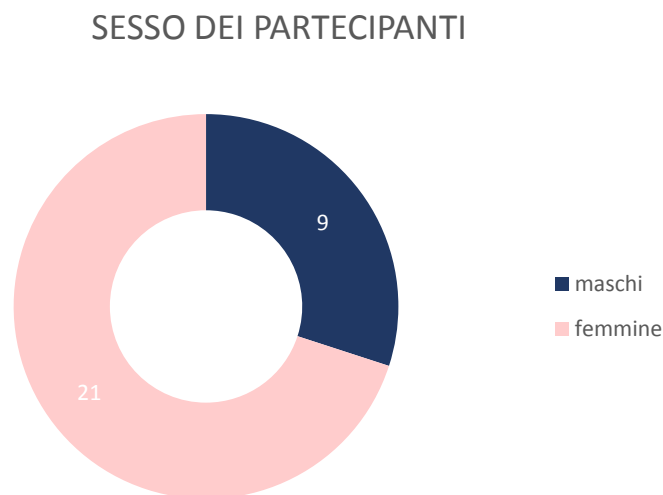


Fig. 5: distribuzione dei soggetti secondo il sesso.

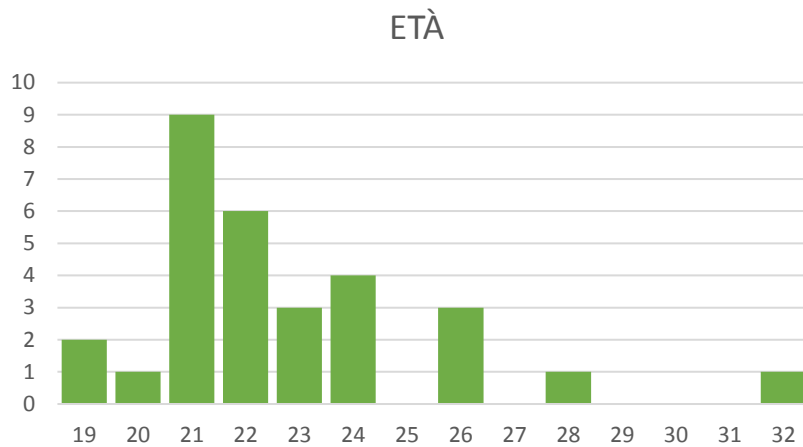


Fig. 6: distribuzione dell'età dei soggetti

Sono stati rispettati alcuni criteri di inclusione:

- Miopia ≥ 4.00 D e astigmatismo refrattivo e/o corneale compreso tra $[-0.75; 0]$ D;
- Ipermetropia ≥ 4.00 D e astigmatismo refrattivo e/o corneale compreso tra $[-0.75; 0]$ D;
- Utilizzo di lenti a contatto morbide a visione singola come unico ausilio di compensazione o un impiego di almeno 5 giorni a settimana;
- Acuità visiva monocolare $\geq 8/10$ e binoculare $\geq 9/10$.

Sono stati invece esclusi soggetti che presentavano:

- Presbiopia, per l'impossibilità di analizzare la funzione accomodativa;
- Strabismo o Ambliopia;
- Patologie oculari.

Ad ognuno dei partecipanti sono state spiegate le finalità dello studio ed è stato sottoposto il consenso informato da sottoscrivere, autorizzandomi a trattare i loro dati personali ai fini della ricerca, mantenendo l'anonimato e senza alcuna divulgazione a terzi.

4.2. Protocollo esecutivo

Tutti i soggetti sono stati valutati nel periodo compreso tra aprile e giugno 2018; i test sono stati svolti presso i laboratori dell'Università degli Studi di Padova al fine di non avere variazioni delle condizioni ambientali, in una definita fascia oraria compresa tra le h14:00 e le h17:30, tale da poter ottenere dei risultati il più possibile oggettivi e presupponendo, quindi, che ciascun esaminato presentasse lo stesso livello di “stanchezza visiva”.

Nella prima parte dello studio è stato sottoposto un questionario suddiviso in due sezioni [appendice A].

La prima è stata utilizzata per la raccolta di informazioni anagrafiche, l'occupazione, l'ultimo controllo optometrico/oftalmologico e il valore diottrico delle lenti a contatto in uso; con la seconda, invece, sono stati elencati i principali sintomi di affaticamento visivo secondo una frequenza crescente (“mai”, “a volte”, “spesso”, “sempre”), per una valutazione soggettiva del comfort durante attività prossimali prolungate.

Il questionario originale da cui sono state tratte le domande per questo studio, è quello proposto da Scheiman e Wick (2002), formulato per analizzare il sistema visivo binoculare e accomodativo, successivamente modificato e adattato affinché andasse ad indagare più propriamente i sintomi correlati al comfort visivo prossimale.

Solo in seguito al controllo del corretto completamento del questionario, si è proceduto con i test optometrici selezionati per un'adeguata analisi visiva.

Esame visivo optometrico

Una misurazione iniziale è stata quella della distanza interpupillare; sebbene la maggioranza dei test sia stata svolta in condizioni ambientali, per l'esecuzione di alcuni di essi è stato necessario l'utilizzo del riunito e quindi del forottero, centrato per ciascun esaminato.

- ***Sovrarefrazione***

Prima di procedere con i test optometrici, è stata effettuata per ognuno dei partecipanti una sovrarefrazione monoculare in entrambi gli occhi, in quanto i

soggetti hanno utilizzato per tutta la durata dell'esame visivo le proprie lenti a contatto morbide abituali.

Lo scopo della sovrarefrazione non è soltanto determinare che il potere diottrico sia adeguato, ma considerare anche la stabilità della lente che sarà direttamente correlata alla stabilità della visione.

Ogni soggetto è stato posto sulla poltrona del riunito; il test è stato svolto con illuminazione ambientale e l'ottotipo (lettere di Snellen) proiettato su uno schermo ad una distanza di circa 4 metri. Dopo un annebbiamento tale da impedire il riconoscimento degli 0,5/10 e rilassare completamente il sistema accomodativo, si è proceduto tramite una lenta diminuzione di potere di 0.25D alla volta fino alla percezione della lettera proiettata, riducendone volta per volta la dimensione e, allo stesso tempo, il potere delle lenti ad ogni errore commesso; infine la procedura è stata ripetuta fino al raggiungimento dei 10/10, accertandomi quindi che il potere delle LaC indossate fosse adeguato.

- ***Retinoscopia dinamica Nott***

La tecnica di Nott si basa sulle osservazioni e gli studi di Sheard⁹. La particolarità di questa tecnica, è quella di non dover usufruire di lenti per la valutazione del lag accomodativo, ovvero la differenza tra l'accomodazione richiesta e quella esercitata. Utilizzando il forottero, infatti, è possibile posizionare la mira a T per la schiascopia a 40 cm sull'asta dello strumento; in condizioni di illuminazione ridotta, il soggetto osserva l'ottotipo binocularmente e l'osservatore, anch'esso posto inizialmente a 40 cm, si allontana fino al raggiungimento del riflesso retinoscopico neutro in entrambi gli occhi.

Il reciproco della distanza in metri compresa tra la carta a T e il punto neutro, corrisponde al lag accomodativo del soggetto; tuttavia si parla di *lag* dell'accomodazione se questa è in difetto rispetto allo stimolo (quindi il punto neutro sarà localizzato oltre l'ottotipo), si presenta invece una condizione di *lead*, se è in eccesso rispetto allo stimolo (la neutralità sarà raggiunta a distanza inferiore rispetto alla mira).

- ***Acuità visiva a distanza***

Dopo la determinazione del lag accomodativo, fuori dal forottero, è stata determinata l'acuità visiva abituale del soggetto. Utilizzando per il test le lettere di Snellen proiettate a distanza con illuminazione ambientale, è stato eseguito il test prima in condizioni monoculari (tramite l'utilizzo di un occlusore), poi binoculari. È stato successivamente chiesto al soggetto di leggere a voce alta le linee d'acuità dell'ottotipo da 0,5/10 a 10/10 fino alla più piccola riconoscibile, registrando l'acuità corrispondente alla linea letta correttamente per più del 67%, corrispondente a circa 4 lettere identificate su 6; in caso contrario è stata segnata la linea precedente.

- ***Acuità visiva prossimale***

Il test è stato effettuato a distanza prossimale (40 cm), prima in condizioni monoculari e poi binoculari, con illuminazione ambientale e, in aggiunta, la luce proveniente dal faretto del riunito. È stato sottoposta al soggetto la tavola di Snellen chiedendo, analogamente al test precedente, di leggere fino alla più piccola riga individuata e prendendo nota dell'acuità ottenuta.

- ***Eteroforia orizzontale a distanza***

Per la misurazione delle eteroforie orizzontali è stata utilizzata la tecnica del cover test, in modo da ottenere una valutazione oggettiva dell'eventuale deviazione in condizioni il più possibile ambientali.

Inizialmente il test è stato eseguito a distanza. In un ambiente ben illuminato, è stato chiesto al soggetto (opportunitamente seduto sulla poltrona del riunito, alla stessa altezza dell'esaminatore) di fissare attentamente un punto luminoso proiettato su uno schermo a distanza.

Nella prima fase del test, ovvero quella cover/uncover, è stata verificata l'assenza di strabismo; gli occhi vengono singolarmente coperti e scoperti, accertandosi che l'occhio in esame non presenti alcun movimento indotto dal riflesso di fissazione una volta rimosso l'occlusore⁹. In caso contrario, si è in presenza di eterotropia. Questa prima fase è stata poi seguita da quella alternata, solo dopo aver escluso la presenza di strabismo. Per mezzo di un occlusore viene coperto un occhio che,

privato dello stimolo percettivo, devia in posizione di riposo; dopo pochi secondi, l'occlusore viene spostato velocemente sul controlaterale, osservando l'occhio appena scoperto: il soggetto è esoforico se il movimento di recupero, generato dal riflesso fusionale, parte dal naso verso l'esterno; in presenza di recupero dalla tempia, si è in presenza di exoforia; se invece non si osserva alcun movimento, il soggetto è ortoforico.

Una volta individuata la direzione della deviazione, viene anteposta la stecca di prismi, a base esterna nel primo caso e a base interna nel secondo, aumentandone il valore (che corrisponderà all'entità della deviazione), fino alla neutralizzazione; sovracorreggendo l'eteroforia invece, si osserverà un movimento opposto a quello iniziale.

- ***Eteroforia orizzontale prossimale***

Per la determinazione della eteroforia prossimale è stata seguita la stessa procedura precedente, variandone la mira di fissazione. Al punto luminoso infatti, è stata sostituita una mira accomodativa di piccole dimensioni posizionata a 40 cm e tenuta dal soggetto stesso.

Successivamente è stato ripetuto il test facendo indossare al soggetto, con ametropia corretta con le proprie LaC morbide, l'occhialino di prova con due lenti sferiche +1.00D che inducono una variazione della foria, rilassano l'accomodazione e la convergenza accomodativa; misurando nuovamente il valore della deviazione, è stato possibile calcolare il rapporto AC/A gradiente, dato dal cambiamento della foria a causa della variazione dello stimolo accomodativo.

- ***Vergenze orizzontali***

Al test precedente, è seguito quello delle vergenze orizzontali a distanza e prossimali, con cui è stato possibile determinare l'ammontare della riserva di vergenza nonché l'abilità a cambiare la posizione oculare mantenendo fissa l'accomodazione e la distanza di osservazione⁹.

La procedura seguita è la stessa per entrambe le distanze: in presenza di illuminazione ambientale (con aggiunta del faretto per la misurazione prossimale), è stato chiesto ai soggetti di osservare la mira proiettata prima a distanza e in

seguito posta a 40 cm, costituita da una linea verticale di lettere d'acuità visiva massima per ogni esaminato, focalizzando l'attenzione su una di esse a loro scelta. Utilizzando i prismi di Risley, è stato aumentato binocularmente il potere prismatico in modo lento e regolare, fino al raggiungimento del punto di annebbiamento (l'accomodazione cioè non è più stabile sulla mira) e di rottura (in cui non è più possibile la visione binoculare singola), per essere poi successivamente ridotto fino al punto di recupero (in cui è diminuita la disparità retinica e viene recuperata la visione binoculare singola); è stato inoltre chiesto ai soggetti di avvertire in caso di spostamento laterale della mira, indice di soppressione monoculare⁴⁷.

La tecnica è stata ripetuta sia con i prismi a base esterna (vergenze fusionali positive) per opporsi all'exoforia, sia con quelli a base interna (vergenze fusionali negative), in grado di ostacolare l'esoforia; tali valori sono stati successivamente confrontati con l'entità della foria, per poter effettuare una valutazione del comfort visivo utilizzando il criterio di Sheard.

- *Accomodazioni relative*

Al contrario del test precedente, nelle accomodazioni relative è stata valutata l'abilità a mantenere stabile i movimenti di vergenza variando binocularmente l'accomodazione. Servendomi nuovamente del forottero, in condizioni di illuminazione ambientale e della luce del faretto, è stata posta la carta ridotta di Snellen ad una distanza di 40 cm, chiedendo di leggere l'ultima riga dell'ottotipo. Sono state anteposte ad ogni soggetto, binocularmente e in sequenza, delle lenti negative per la valutazione dell'accomodazione relativa positiva, chiedendo di avvertire una volta che la lettura fosse diventata estremamente difficoltosa, quasi impossibile; successivamente il test è stato ripetuto con lenti positive per valutare l'accomodazione relativa negativa.

- ***Flipper accomodativo $\pm 2.00D$***

Per poter valutare la flessibilità accomodativa e testare l'abilità del soggetto a mantenere una visione nitida stimolando e inibendo l'accomodazione, è stato utilizzato il flipper accomodativo con lenti sferiche di potere $+2.00D$ e $-2.00D$. Consegnando al soggetto una mira per lettura secondo Snellen di $0.62M$, da posizionare alla distanza soggettiva di lettura, è stato eseguito il test in condizioni monoculari (utilizzando un occlusore) e binoculari.

Il test è stato svolto in un minuto: i soggetti dovevano avvertire non appena la visione fosse diventata nitida dopo aver anteposto, alternativamente, lenti positive e negative; è stato poi determinato il numero di cicli effettuati alternando le due lenti.

- ***Flipper prismatico $8\Delta BI/12\Delta BE$***

Analogamente alla facilità accomodativa, è stata analizzata anche quella di vergenza attraverso un flipper prismatico binoculare di potere $8\Delta BI/12\Delta BE$. Utilizzando la stessa mira precedente di dimensioni $0.62M$ posta a 40 cm e le stesse condizioni di illuminazione ambientale, è stato chiesto ai soggetti di rendere singolo il testo ad ogni cambiamento prismatico, misurando nuovamente i cicli effettuati in un minuto.

- ***Punto prossimo di accomodazione e ampiezza accomodativa***

Tale dato permette di misurare l'abilità a variare l'accomodazione in risposta ad uno stimolo che si avvicina al piano facciale.

È stata consegnata ad ogni soggetto una mira accomodativa posta a lunghezza pari alle braccia, circa $20^\circ/30^\circ$ gradi al di sotto della linea primaria di sguardo; successivamente è stata avvicinata lentamente verso il piano facciale fino a percepirne lo sfuocamento in condizioni monoculari, per poi allontanarla nuovamente fino al recupero della visione nitida.

A questo punto è stato possibile calcolare anche il valore dell'ampiezza accomodativa, una funzione che si riduce all'aumentare dell'età a causa dell'aumento di rigidità del cristallino e dell'involutione delle fibre del muscolo ciliare¹¹, data dal reciproco del PPA in metri.

- ***Riflesso visuo-posturale (REVIP)***

Il riflesso visuo-posturale è la distanza rappresentante l'equilibrio riflesso dell'individuo durante un lavoro prolungato da vicino (J. P. Lagacè, 1986).

Poiché esso è funzione dell'integrazione percettiva e motoria, il soggetto lavora a quella distanza per cui questa condizione è rispettata con un minimo dispendio di energia⁴⁷.

Per poter valutare più accuratamente il comfort e la performance visiva del soggetto, è stata quindi valutata la postura visiva adottata durante le attività prossimali, tramite l'analisi di tre variabili differenti: distanza di lettura, distanza di Harmon e PPC.

- *Distanza riflessa di lettura*: fornendo al soggetto una mira per lettura (testo di dimensioni 0.62M), è stato chiesto di posizionarlo alla distanza a cui lo avrebbe normalmente letto in condizioni abituali; successivamente, utilizzando un metro da sarta, è stata misurata la distanza tra l'ottotipo e il piano facciale parallelo agli occhi;
- *distanza di Harmon*: rappresenta la distanza minima alla quale dovrebbe svolgersi un'attività da vicino. Utilizzando nuovamente il metro da sarta, è stata misurata la distanza tra la punta del gomito destro e la prima nocca del dito medio della mano destra di ogni soggetto;
- *punto prossimo di convergenza*: rappresenta il punto in cui gli occhi possono ancora convergere, mantenendo una visione singola.

Lo svolgimento di questo test richiede la stessa procedura e strumentazione del PPA, nonché le stesse condizioni di illuminazione ambientale. Tuttavia, la mira è stata avvicinata lentamente e con continuità fino al raggiungimento della diplopia, lamentata dal soggetto, o valutata oggettivamente tramite la deviazione verso l'esterno dell'occhio dominante che non mantiene più la fissazione e cessa la convergenza⁹; è stato in seguito determinato anche il punto recupero della visione singola e nitida, allontanando la mira di fissazione dal piano facciale.

Per poter effettuare una valutazione qualitativa della performance visiva soggettiva, sono stati messi in relazione i tre dati precedenti, permettendo quindi

di distinguere le diverse posture di visione prossimale e ricondurle alle quattro principali⁴⁷:

- *postura ideale*: la distanza riflessa di lettura corrisponde, o si trova a 5 cm, dalla distanza di Harmon; in questa condizione l'organismo è in comfort ed è possibile svolgere lavori prossimali prolungati;
- *postura accettabile*: la distanza riflessa di lettura è situata in zona di binocularità consolidata, ovvero a distanza inferiore a quella di Harmon, ma comunque superiore a quella di recupero;
- *postura mediocre*: la visione è instabile; la distanza di lettura è compresa tra quella di rottura e recupero della visione binoculare, potrebbero pertanto manifestarsi difficoltà percettive;
- *postura inaccettabile*: il soggetto si trova in condizioni monoculari, in quanto la distanza riflessa di lettura è inferiore al punto di rottura.

4.3. Analisi statistica

Per l'analisi dei dati raccolti è stato utilizzato Excel come foglio di calcolo ed è stata effettuata un'analisi statistica sia di tipo descrittivo sia inferenziale. Per l'elaborazione dei dati, infatti, sono stati calcolati i principali indici di tendenza centrale e di dispersione, per poter determinare quanto i risultati ottenuti fossero distanti dai valori attesi; per la costruzione dei grafici inoltre, sono stati misurati i minimi, i massimi, le frequenze assolute e relative, numero e ampiezza delle classi, al fine di ottenere una equipartizione dei risultati ottenuti.

È stato inoltre effettuato il "Test Z" per verificare se il valore medio della distribuzione di valori ottenuti si discostasse significativamente dai valori di riferimento. Si tratta di un test parametrico basato sulla stima della media e della varianza (indici caratteristici di una distribuzione normale di valori), utilizzato per determinare la significatività dei risultati ottenuti e quindi per verificare che l'eventuale differenza nel valore dei parametri sia significativa a livello statistico, o sia dovuta al caso.

Per la verifica delle ipotesi, si è proceduto tramite la formulazione di due assunti di base:

- H_0 (o *ipotesi nulla*): $\mu = \mu_0$
- H_1 (o *ipotesi alternativa*): $\mu \neq \mu_0$

Nel primo caso non vi è alcuna differenza tra i risultati, quindi la media del campione considerato è uguale a quella attesa; nel secondo, invece, sussiste una differenza statisticamente significativa tra le due medie.

Per poter formulare questa seconda ipotesi è stato scelto di utilizzare il test a due code, in quanto era d'interesse per lo studio sapere se la media dei singoli parametri analizzati fosse diversa da quella attesa e non specificatamente maggiore o minore; la zona di rifiuto è simmetricamente divisa nelle due code della distribuzione, ed è stato stabilito come livello di significatività α un valore pari a 0.05 (o errore di prima specie), ovvero la probabilità di cadere nella zona di rifiuto quando l'ipotesi nulla è vera. In questo caso quindi, il valore critico ottenuto di "Z" è $|1.96|$, pertanto l'ipotesi nulla sarà rifiutata per $z < -1.96 \cup z > +1.96$; attraverso un opportuno programma di calcolo è stato inoltre possibile determinare il cosiddetto "p-value" (ovvero il livello di significatività osservato), che rappresenta la probabilità di osservare un valore uguale o più estremo di quello di partenza, quando l'ipotesi H_0 è vera⁴⁸.

Pertanto, se:

- $p < \alpha$: è possibile rifiutare l'ipotesi nulla, esiste quindi un'influenza statisticamente significativa delle LaC morbide sulla performance binoculare del soggetto;
- $p > \alpha$: l'ipotesi nulla non può essere rifiutata, pertanto non si può assumere alcuna influenza significativa della variabile considerata sulla visione.

Dopo aver raccolto le informazioni richieste dalla prima parte del questionario, sono state elaborate le risposte date da ciascun soggetto per valutazione dei sintomi visivi, sulla base della frequenza registrata [figura 7].

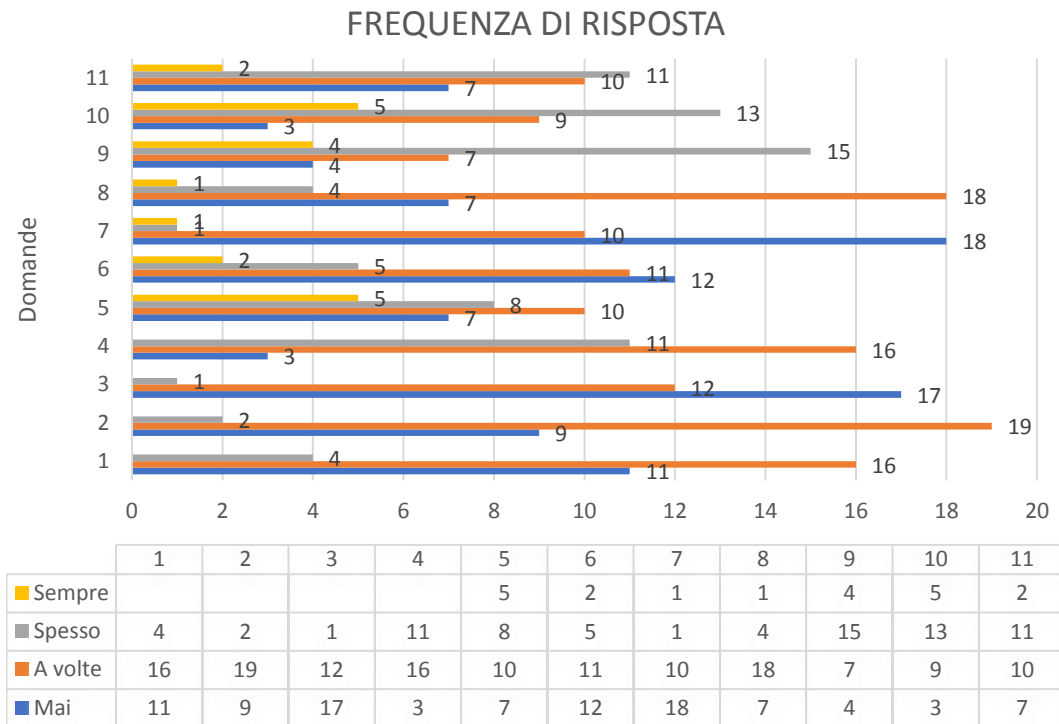


Fig.7: frequenze assolute delle risposte dei 30 soggetti per ogni domanda del questionario e tabella dati riassuntiva.

È stato successivamente chiesto ai soggetti di valutare la propria performance visiva con un punteggio da 1 (pessimo) a 10 (ottimo): il 16,67% dei soggetti ha assegnato un valore insufficiente al proprio comfort visivo con le lenti a contatto in uso (≤ 5 su 10), il 50% ritiene la propria visione soddisfacente (assegnando un punteggio di 7 su 10) e il 33,33% la reputa invece ottima (≥ 8 su 10).

Dopo aver effettuato la sovrarefrazione ad ogni soggetto e aver verificato l'adeguato potere diottrico delle LaC, è stata misurata l'acuità visiva monoculare e binoculare, verificando che fosse superiore a o uguale a 8/10 nel primo caso e a 9/10 nel secondo. Tali condizioni (rispettate nella totalità dei soggetti), rappresentavano una prerogativa per l'esecuzione dell'analisi visiva, in unione alle caratteristiche refrattive e alla salute oculare precedentemente esposte, utilizzate per la selezione dei partecipanti.

Lag accomodativo

La prima componente analizzata è stato il lag accomodativo attraverso la tecnica di Nott, di cui vengono di seguito riportati i risultati riguardanti i soggetti miopi [figura 8]:

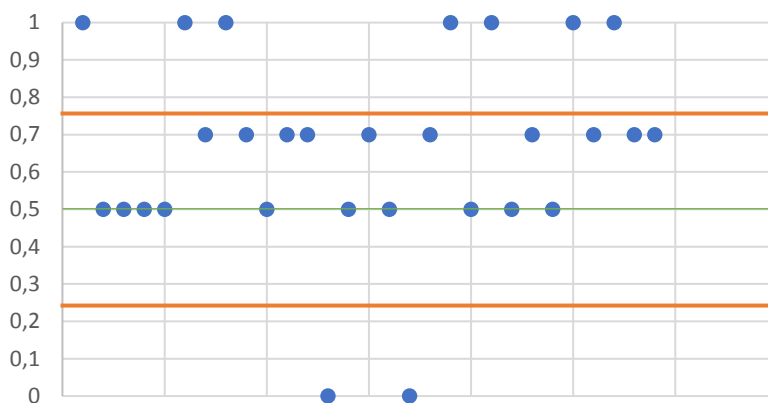


Fig.8: distribuzione del lag accomodativo dei soggetti miopi rispetto ai valori attesi.

Da una prima valutazione qualitativa, si può osservare che la maggioranza dei dati raccolti (70%) è compatibile con i valori attesi, ovvero $0.5 \pm 0.25\sigma$ [Appendice B]; tali valori vengono rappresentati nel grafico rispettivamente tramite la linea verde (media) e le due linee arancioni (deviazione standard, $\pm\sigma$).

Effettuando lo Z-Test è possibile inoltre verificare l'alta compatibilità statistica dei dati ottenuti con quelli attesi: si ottiene infatti un valore di "Z" pari a 0.43σ , il quale corrisponde ad un p-value di 0.67.

Tale condizione ($p > 0.05$) porta ad accettare l'ipotesi nulla H_0 , escludendo quindi qualsiasi influenza delle LaC morbide sul lag accomodativo dei soggetti ametropi analizzati.

Per quanto riguarda il soggetto ipermetrope valutato (LaC +5.25 OU), è stato riscontrato un lag accomodativo di +1.00D. Questo valore risulta discostarsi da quelli attesi e si potrebbe ipotizzare una correlazione tra il lag registrato e refrazione del soggetto; tuttavia, alcuni studi condotti a tal fine, non hanno registrato risultati significativi (McBrien e Millodot, 1986).

Ampiezza accomodativa

L'ampiezza accomodativa è una funzione clinicamente valutata in condizioni monoculari e binoculari tramite la tecnica del push-up (Borish, 1970).

In questo studio, è stata calcolata come il reciproco del PPA in metri: tale test è stato effettuato monocularmente, tre volte per ciascun occhio; è stata in seguito determinata la media delle sei misure totali al fine di minimizzare gli errori sistematici e casuali sulle misurazioni.

Età	Valori attesi di AA	Età	AA	Età	AA	Età	AA
19	11.67	22	8,33	20	9,09	21	7,69
21	11.00	19	8,33	26	12,50	24	6,67
22	10.67	21	10,00	19	10,00	23	10,00
23	10.33	26	9,09	22	7,69	24	9,09
24	10.00	22	10,00	22	7,69	26	9,09
26	9.33	23	10,00	28	8,33	32	8,33
28	8.67	21	1,11	23	12,50	21	7,14
32	7.33	21	4,55	24	6,67	21	10,00
		21	10,00	24	7,14	21	8,33
		21	10,00	22	7,69	22	10

Tab. I: Nelle tabelle soprastanti, rispettivamente, a sinistra i valori attesi di AA per ogni classe d'età [18-1/3-età ± 2D, Appendice B]; a destra, i risultati ottenuti per i soggetti miopi (in nero) e quello ipermetrope (in verde).

Anche in questo caso, i risultati ottenuti per tutti e 30 i soggetti risultano essere perfettamente compatibili con i valori attesi e con gli studi di Fledelius-Maddock et al. (1981) e McBrien-Millodot (1986)³⁶, pertanto eventuali differenze nei valori sono dovute al caso.

Flipper ±2.00D e 8Δ BI/12Δ BE

Per poter valutare la flessibilità accomodativa, è stato eseguito il test del flipper accomodativo condizioni monoculari e, a seguire, binoculari.

Oltre a prendere nota del numero di cicli al minuto effettuati, è stato annotato con quale delle due lenti il soggetto ha presentato maggiore difficoltà.

Analizzando i risultati ottenuti dal flipper monoculare, è stato riscontrato che l'86.67% dei soggetti totali presenta risultati nella norma [Appendice B] e solo il 13.33% delle performance (corrispondente a 4 soggetti miopi) è risultato

insufficiente ($0 \leq \text{cpm} \leq 4$ per entrambi gli occhi); di essi il 75% ha presentato difficoltà con la lente di +2.00D e il 15% con entrambe le lenti sferiche. Nonostante la quasi totalità dei valori sia compatibile con quelli attesi e le differenze riscontrate siano dovute al caso, è possibile ipotizzare l'influenza delle LaC morbide sulla capacità accomodativa dei soggetti miopi: la difficoltà a rilassare il sistema accomodativo con la lente positiva infatti, potrebbe essere dovuta (seppur non in modo statisticamente significativo) alla maggiore accomodazione esercitata dai soggetti miopi portatori di lenti a contatto. Anche nel caso del flipper $\pm 2.00D$ binoculare [figura 10] i risultati sono altamente compatibili con quelli attesi ($p = 0.757$), ad eccezione del 23.34% che presenta valori al di sotto della norma [Appendice B] a causa di difficoltà con lenti negative.

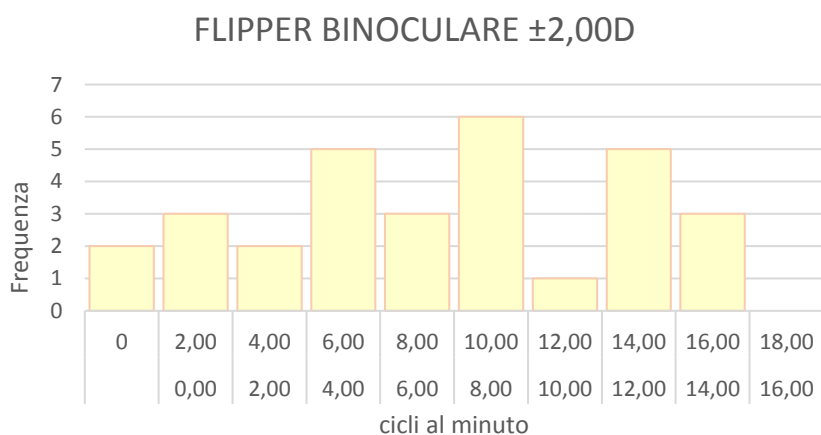


Fig.10: Distribuzione normale dei cicli al minuto con flipper $\pm 2.00D$ binoculare.

Questo diverso comportamento accomodativo in condizioni monoculari e binoculari, potrebbe essere dovuto all'interazione esistente nel secondo caso con il sistema di vergenza; si verifica infatti un mismatch causato, principalmente, dall'incapacità del sistema visivo di spostare l'accomodazione prima della convergenza, spesso causa di scarso comfort, astenopia e difficoltà nelle attività prossimali (Pierce and Greenspan, 1971; Sherman, 1973; Hoffman and Rouse, 1980; Levine et al., 1985).

Per la facilità di vergenza, invece, è stato analizzato il 76.67% dei soggetti in quanto 7 di essi non presentavano diplopia all'anteposizione dei prismi (0 cpm). Tuttavia, non stati raccolti dati statistici rilevanti; non sono stati inoltre calcolati i principali indicatori di tendenza centrale e dispersione poiché i valori ottenuti non seguono una distribuzione gaussiana.

Accomodazioni relative

La valutazione di ARP e ARN ha fornito un valido aiuto all'interpretazione della performance dei soggetti; esse sono infatti il prodotto di diverse componenti del sistema visivo, tra cui capacità fusionali, rapporto AC/A e, solo per l'ARP, anche dell'ampiezza accomodativa⁹.

Di seguito viene riportata la distribuzione dell'ARP nei 29 soggetti miopi [figura 11]:

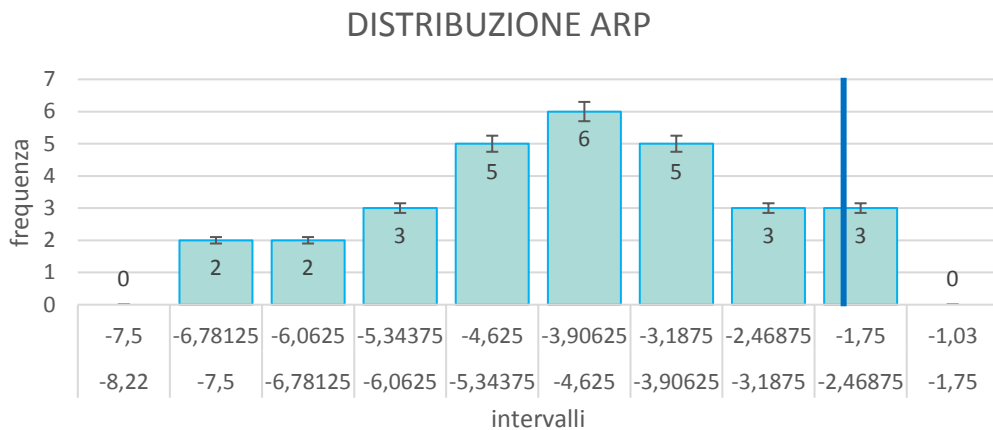


Fig.11: Distribuzione ARP nei soggetti miopi; in blu, la linea corrispondente alla media attesa dei valori.

Osservando il grafico, si può notare come la distribuzione dei dati segua un andamento gaussiano, con un picco in corrispondenza di valori superiori a quelli attesi [Appendice B]. La media dei valori registrati (-4.16 ± 1.55) si discosta, infatti, da quella di riferimento, così come l'ARP del soggetto ipermetrope analizzato ($-4.25D$); nonostante quest'ultimo risultato potrebbe essere dovuto a ipermetropia sovracorrecta, tale ipotesi non viene presa in considerazione in

seguito ad un valore ottenuto inizialmente in sovrarefrazione di 0.00D.

Sebbene il primo gruppo analizzato sembri confermare la precedente tendenza di eccesso accomodativo associato alla miopia e all'utilizzo di LaC morbide, non si ottiene dal Test-z una conferma della significatività dei risultati ($z=1.155$, $p = 0.248$), pertanto viene accettata l'ipotesi nulla.

Diverso è invece il caso dell'ARN, anch'essa caratterizzato da una distribuzione normale dei dati [figura 12].

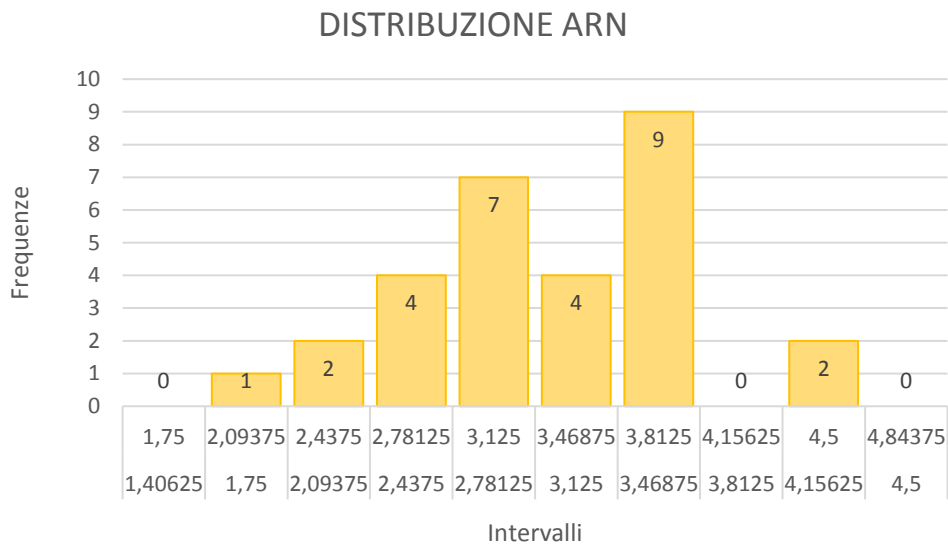


Fig. 12: Distribuzione ARN soggetti miopi.

I valori sembrano nuovamente confermare il maggiore sforzo accomodativo dei soggetti miopi portatori di LaC: nonostante la media ottenuta dall'elaborazione dei dati ($\mu = +3.17 \pm 0.57$) sia superiore a quella attesa, è comunque minore in valore assoluto a quella riguardante l'ARP.

Un valore superiore alla norma, in linea con i precedenti, si ottiene anche nel case-report di ipermetropia elevata, giustificabile però con una buona capacità accomodativa del soggetto ancora in età giovanile.

Come si evince dal grafico (figura 13), un supporto a tali ipotesi proviene dal Test-z ($z = 2.057\sigma$; $p = 0.039$):

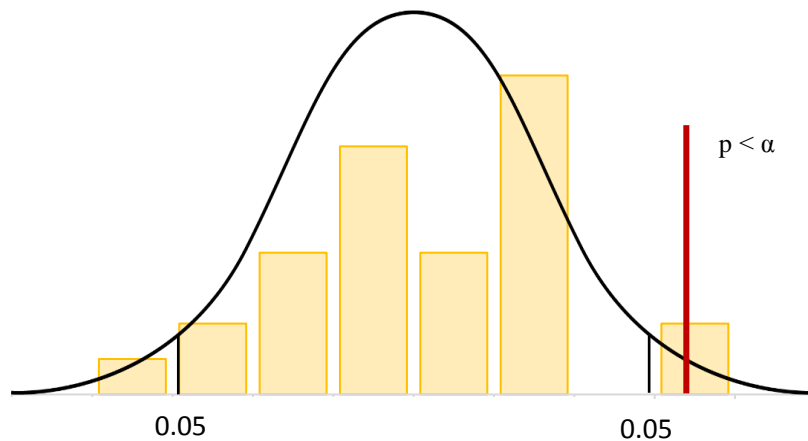


Fig. 13: Distribuzione gaussiana dei valori di ARN e regioni di rifiuto del Test-z; in rosso, la linea corrispondente al p-value.

Ottenendo un valore di $p < \alpha$ e assumendo un livello di confidenza del 95%, è possibile rifiutare l'ipotesi nulla H_0 in favore di quella alternativa e affermare quindi, pur in presenza di un campione esaminato numericamente limitato, che la differenza tra la media ottenuta nell'indagine e quella attesa sia statisticamente significativa e non dovuta al caso. Per ottenere un maggiore controllo della distribuzione di probabilità associata alla curva e ottenere una conferma dei risultati ottenuti, sarebbe necessario esaminare un ulteriore gruppo di soggetti più sostanzioso, superiore a quello in esame di almeno un ordine di grandezza.

Forie orizzontali a distanza e prossimali

I due gruppi di risultati ottenuti dal test effettuato alle due distanze considerate (6m e 0.4m), differiscono sensibilmente tra loro.

Nella prima condizione infatti, l'86.67% dei soggetti presenta eteroforia compatibile con i valori di riferimento [appendice B], ad eccezione del restante 13.33% con un'elevata esoforia prossimale.

Sulla base di questi risultati non può essere ipotizzata una conclusione rilevante, al contrario di quanto accade invece per le deviazioni da vicino.

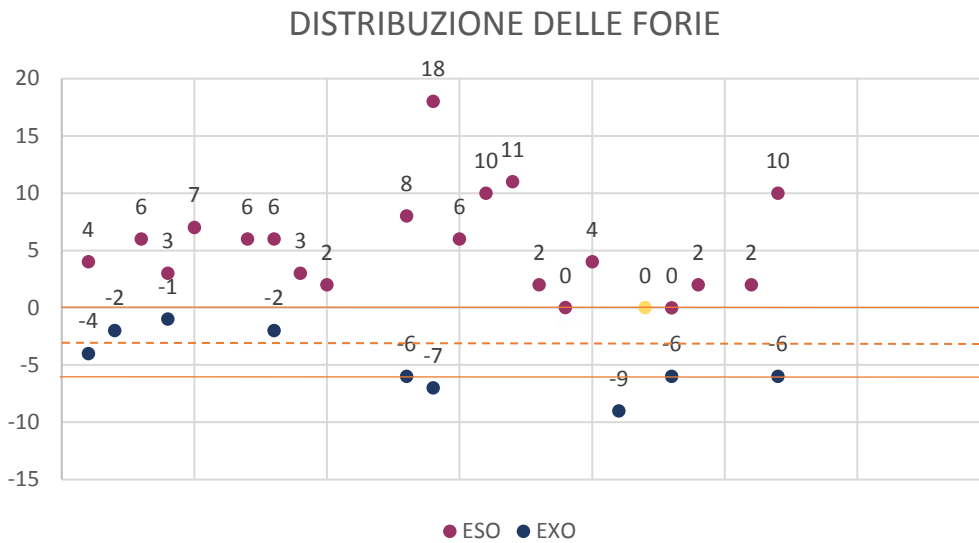


Fig. 14: Distribuzione dell'eteroforia prossimale della totalità dei soggetti rispetto ai valori di riferimento di media e deviazione standard; in giallo, il valore corrispondente al caso di ipermetropia.

Come si osserva dal grafico riportato, la maggioranza del campione presenta valori di eteroforia prossimale non compatibili con quelli attesi: del 66.67% dei soggetti con eteroforia anomala infatti, il 90% manifesta esoforia da lieve ad elevata $[-2\Delta; -18\Delta]$ e solo il 10% di essi exoforia di poco superiore a quella attesa. Questo risultato è in accordo con la teoria dello stress visivo prossimale (descritto nel capitolo precedente) e quindi con l'eso-shift associato ad un maggiore sforzo convergenza e dell'accomodazione nei soggetti miopi con l'utilizzo di LaC, riscontrato anche con il flipper accomodativo binoculare e le accomodazioni relative.

Valutando a questo punto il rapporto AC/A gradiente, invece, l'indagine non differisce dalla norma: i valori sono compatibili con quelli di riferimento nel 93.34% dei casi, ad eccezione di 2 soggetti (miopi) su 30 totali, caratterizzati rispettivamente da un rapporto AC/A di 8/1 e 10/1, in cui la convergenza è notevolmente superiore a quella necessaria. Tali dati, associati ad elevata esoforia prossimale a PPC anomalo, potrebbero essere indicativi di eccesso di convergenza e confermare ulteriormente la sovraconvergenza nei soggetti miopi portatori di LaC.

Vergenze orizzontali a distanza e prossimali

Per l'analisi dei dati riguardanti le vergenze relative e fusionali (annebbiamento/rottura/recupero) nei soggetti, sono stati esclusi coloro che lamentavano spostamento laterale della mira di fissazione e quindi soppressione durante il test, rispettivamente: 5 soggetti miopi per le VFP e 3 per le VFN; a distanza prossimale invece, sono stati esclusi solo 2 soggetti miopi per le VFP (Tabella II).

Test	6m	0.4m
VFP	25	28
VFN	27	30

Tab. II: numero dei soggetti analizzati nella valutazione delle vergenze.

Supponendo una totale indipendenza tra le due tipologie di misure e un'assenza di correlazione tra il test a distanza e quello prossimale, è possibile calcolare la probabilità complessiva relativa alla differenza tra l'analisi condotta e i risultati di riferimento, utilizzando il suggerimento di Fisher (1934).

$$Prob_{tot} = \prod_i Prob.i = \prod_i (Z - test)$$

Già da una prima osservazione dei dati ottenuti (figura 15), si può notare un'elevata percentuale di valori anomali per ogni funzione esaminata:

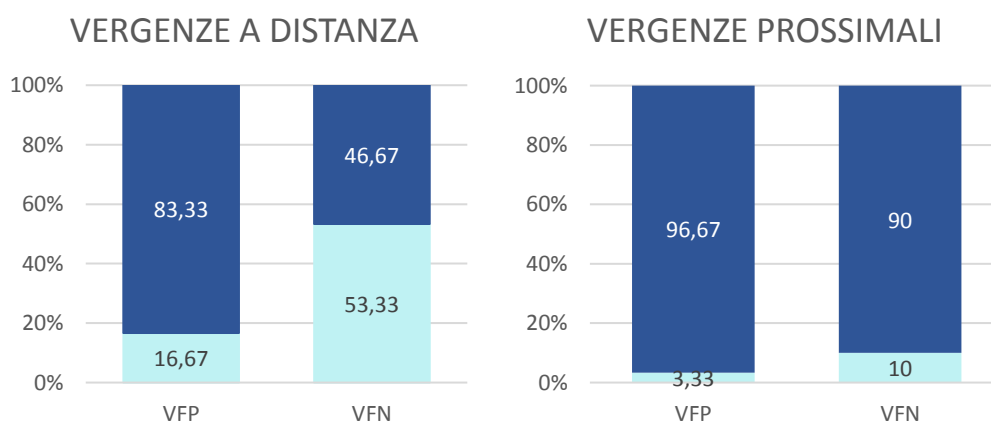


Fig.15: In azzurro, la percentuale di valori in accordo con quelli attesi; in blu, la percentuale di valori anomali.

Tali osservazioni assumono un significato statistico grazie al Test-z, il quale fornisce un valore di “Z” pari a 3.459, da cui è possibile ricavare $p = 0.00054$ ($p < 0.05$); data quindi l’alta significatività statistica della differenza tra i valori riscontrati e quelli di riferimento, è possibile considerare vera l’ipotesi alternativa H_1 , affermando che l’utilizzo di LaC morbide può influenzare la performance e il comfort binoculare del soggetto.

Per quest’ultimo parametro, oltre ad una valutazione soggettiva tramite il questionario iniziale di anamnesi, è stata effettuata un’analisi quantitativa utilizzando i parametri del criterio di Sheard (figura 16):

- VFP > 2exo
- VFN > 2eso

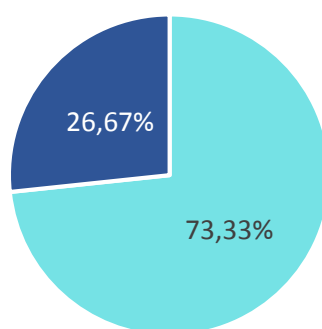


Fig. 16: Distribuzione dei soggetti in comfort (azzurro) e fuori comfort (blu) secondo il criterio di Sheard.

Dal grafico si può notare che la maggior parte del campione (73.33%) risulta avere una visione confortevole, al contrario invece del restante 26.67% caratterizzato da una visione fuori comfort.

Si può quindi sottolineare come, nonostante molti soggetti presentino valori anomali durante i test di vergenza, la loro performance risulti allo stesso modo confortevole; da qui l’importanza di considerare i risultati dell’analisi visiva non in senso assoluto ma nel complesso e, soprattutto, in riferimento alle esigenze dei singoli soggetti.

Revip

Per la valutazione della postura visiva dei soggetti, sono stati messi in relazione la distanza riflessa di lettura, la distanza di Harmon, il punto prossimo di

convergenza (risultante dalla media di tre misurazioni consecutive) e la distanza di recupero della visione singola e nitida.

Analizzando le singole funzioni, è stato registrato un PPC (fino a rottura) anomalo nel 93.33% dei casi, comprendenti anche il soggetto ipermetrope: tra questi, è risultato superiore ai valori di riferimento [Appendice B] nel 23.33% dei casi e ridotto nel restante 60% (PPC al naso); per quanto riguarda la distanza di recupero, invece, è risultata superiore ai valori attesi nel 56.67% dei soggetti. Questi due valori sono stati in seguito comparati con le distanze di lettura e di Harmon (figura 17):

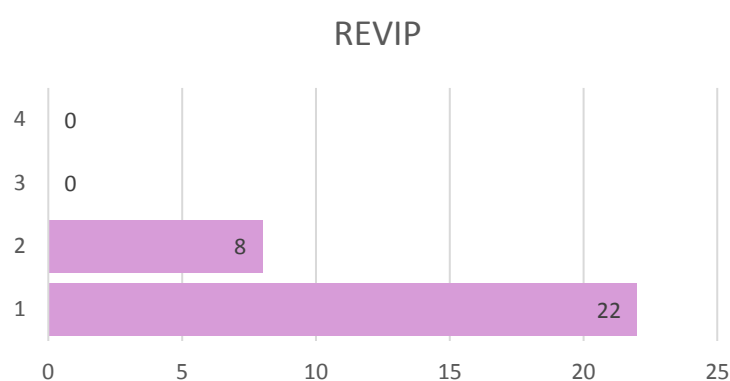


Fig. 17: frequenza della postura visiva dei soggetti. [1:ideale; 2:accettabile; 3:mediocre; 4:inaccettabile]

Come si evince dal grafico, la postura visiva si presenta ideale in 22 soggetti su 30 e accettabile nei rimanenti 8, nessuno tuttavia manifesta un Revip mediocre o inaccettabile; questo potrebbe essere un chiaro segno dell'adattamento visivo alle diverse richieste di visione, relazionate alla condizione complessiva del sistema.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La valutazione del comfort visivo è uno degli aspetti più complessi dell'analisi visiva di ogni persona. Esso è condizionato da una moltitudine di fattori in relazione tra loro comprendenti, ad esempio, la condizione refrattiva dei soggetti, le richieste di visione o le caratteristiche illuminotecniche degli ambienti di vita e di lavoro; ciò a cui viene erroneamente attribuita scarsa importanza, è la scelta del trattamento optometrico adeguato.

A causa dei nuovi stili di vita imposti dalla società moderna, non è più sufficiente attribuire il concetto di "buona visione" al raggiungimento dei 10/10, è necessario piuttosto focalizzare l'attenzione sulla performance complessiva del soggetto e la migliore gestione per consentire una visione il più possibile confortevole, seppure a discapito della nitidezza dell'immagine.

Spesso infatti, a stati visivi invalidanti come quelli indotti da elevata miopia o ipermetropia, si associano disfunzioni accomodative e/o binoculari su cui è indispensabile intervenire.

Molti soggetti con prescrizioni elevate traggono notevoli benefici da una compensazione con lenti a contatto, le quali però possono essere associate ad un fitting piuttosto ostico. La stabilità della visione è infatti correlata sia ad un opportuno movimento della LaC sull'occhio, che potrebbe però essere alterato dalle curve centrali e periferiche, peso e spessore consistenti (al centro o al bordo); sia dalla scelta del materiale corretto, al fine di non interferire con la fisiologia oculare e preservare un'adeguata omeostasi.

In presenza di miopia elevata (generalmente $\geq 5.00D$), potrebbe manifestarsi exoftalmia, associata a scarso ammiccamento e occhio secco: questo, così come un raggio corneale piuttosto piatto, comporta una notevole difficoltà nella scelta della LaC; rispetto ad una compensazione oftalmica però, esse sono in grado di fornire una migliore qualità della visione, sia in termini di acuità visiva, sia di campo visivo.

Analogamente, l'ipermetropia elevata (anch'essa $\geq 5.00D$) potrebbe essere associata a strabismo e ambliopia, che impediscono lo sviluppo di una normale visione se non corrette precocemente³⁰.

Anche in questo caso, l'uso della LaC migliorerebbe il campo visivo e la performance binoculare, richiedendo al sistema una minore quantità di accomodazione e convergenza e riducendo quindi l'affaticamento visivo indotto da un continuo esercizio dell'accomodazione, anche a distanza, per correggere l'errore refrattivo⁹.

Il raggiungimento di un totale comfort, oltre che della corretta interazione tra accomodazione e convergenza, sarà dato dalle caratteristiche del soggetto (e di conseguenza dal suo livello di compliance e sensibilità), da quelle della LaC (sia fisiche sia meccaniche) e dell'ambiente (esterno e/o negli spazi chiusi). Da questa serie di motivi nasce il tentativo di indagare il livello di comfort visivo e funzionalità della visione in soggetti con elevate ametropie, in cui è presente un maggiore rischio di sviluppare disfunzioni accomodative e/o binoculari nel passaggio da occhiali a LaC e viceversa.

In seguito ad una prima analisi del questionario, sottoposto per evidenziare eventuali sintomi durante la visione prossimale e a distanza, è emersa una scarsa frequenza di risposte "spesso" e "sempre", facendo ipotizzare una qualità di visione tendenzialmente soddisfacente; queste risposte vengono confermate in linea generale dalla valutazione soggettiva di ognuno sul proprio comfort, reputato insufficiente solo dal 16.67% del totale.

Durante l'esame optometrico svolto, sono stati invece riscontrati risultati interessanti riguardo la componente accomodativa e di vergenza. Un primo dato significativo è quello relativo all'ARN ($p=0.039$), il quale indica un generale sforzo accomodativo dei soggetti analizzati e la non accettabilità di positivo: l'86.67% presenta valori nettamente superiori a quelli di riferimento, riconducibili nel caso di ipermetropia ad una buona capacità accomodativa del soggetto e ad una tendenza all'eccesso accomodativo presente, invece, in una parte cospicua dei soggetti miopi.

Tale ipotesi è avvalorata dal risultato di altri due test eseguiti:

- ARP: sebbene non sia stato riscontrato un p-value significativo (0.248), si ottiene una media dei valori superiore a quelli attesi, che assume significato se considerato in una batteria di test e non singolarmente ($ARP > ARN$);

- Flipper monoculare ± 2.00 : si registra una maggiore difficoltà con lenti positive e quindi a rilassare l'accomodazione;

Risposte altrettanto interessanti si ottengono dall'elaborazione delle vergenze prossimali e delle forie orizzontali prossimali.

Nel primo caso, si registra un p-value=0.0054: si tratta di un dato altamente significativo, in quanto conferma l'incompatibilità dei dati rispetto a quelli di riferimento e permette di supporre uno stato di comfort visivo alterato.

A tal proposito è stata anche possibile una sua valutazione oggettiva utilizzando il criterio di Sheard: solo il 26.67% dei soggetti però risulta fuori comfort; questo dato assume un carattere decisivo nella valutazione della qualità visiva, sottolineando quindi le diverse possibilità di adattamento del sistema alle richieste di visione abituali, variabili da persona a persona.

Nelle forie prossimali, invece, è stata riscontrata un'alta percentuale di esoforia (corrispondente al 90% dei valori fuori norma), indice della sovraconvergenza dei soggetti miopi portatori di LaC. Tale risultato è in accordo con la teoria dell'eso-shift associato allo stress visivo prossimale e con gli studi di Forrest (1960), Ehrlich (1987), Stenhouse-Stewart (1945), Vaegan (1979) e Birnbaum (1985).

Questo dato è affine inoltre con un PPC anomalo nel 93.33% dei casi: il 60% di essi presenta un punto di rottura al naso, percentuale che conferma un eccesso di convergenza presente nel 48.28% dei soggetti miopi.

Durante attività prossimali potrebbero pertanto manifestarsi episodi di visione sfuocata o doppia, a causa delle difficoltà dell'individuo a localizzare la convergenza più vicina dell'accomodazione³⁸. È stato a questo punto valutato anche il Revip, risultato ideale in 22 soggetti su 30, indice di una visione confortevole e di un corretto adattamento visivo, in accordo con i risultati ottenuti dal criterio di Sheard.

La totalità dei risultati ottenuti indica un elevato sforzo binoculare nei soggetti analizzati, che durante la visione sembra sfociare prevalentemente in eccesso accomodativo e di convergenza, senza però alterare il comfort visivo dei soggetti. Potrebbe pertanto essere utile la prescrizione di potere positivo per vicino nei soggetti miopi e vision training per miopi e ipermetropi, in parallelo a corrette

abitudini di visione.

Sebbene il campione analizzato non sia stato molto numeroso, è stato possibile trarre delle conclusioni rilevanti riguardo la visione binoculare dei partecipanti, prendendo in considerazione le variazioni a carico della loro visione indotte da refrazioni elevate e dall'utilizzo di LaC morbide.

Lo studio potrebbe fungere da presupposto per un'analisi più approfondita, con un migliore controllo delle variabili, basandosi su un campione di sperimentazione randomizzato e maggiormente eterogeneo per età e sesso.

È auspicabile una continua crescita della ricerca sulla corretta gestione del comfort visivo e un costante aggiornamento in tale ambito, al fine di aumentare i successi applicativi e la percentuale di soggetti con una performance confortevole e soddisfacente, in linea con le proprie richieste di visione.

BIBLIOGRAFIA

1. Wikipedia, definizione di “comfort”;
2. C. Sheard; *Zones of ocular comfort*; American Journal Optometry & Physiological Optics; 1930;
3. V. Rohr, J. S. Wolffsohn, L. N. Davies, A. Cerviño, *Effects of contact lens surface properties on comfort, tear stability and ocular physiology*, Contact Lens and Anterior Eye 41, 2018, pp.117-121;
4. Gheller P., *Dispense di contattologia 2*, a.a. 2017-2018;
5. S. Basuthkar, S. Rao, T. L. Simpson, *Influence of Vision on Ocular Comfort Ratings*, *Optometry and Vision Science*, vol. 93, n. 8, pp. 793-800
6. C. W. McMonnies, *How contact lens comfort may be influenced by psychiatric and psychological conditions and mechanisms*, *Clinical and Experimental optometry*, review, vol. 97, pp. 308-310, 2014;
7. Guest editorial, *Contact Lens Comfort*, *Optometry and Vision Science*, Vol. 93, 2016;
8. F. Vargellini, *La Visione Binoculare*, Istituto Zaccagnini, 2014;
9. Rossetti A., Gheller P., *Manuale di optometria e contattologia*, II ed. Zanichelli Editore, Bologna, 2003;
10. Villani S. *La visione binoculare singola e la fusione*, s.l.: Rivista di contattologia e optometria dell'Accademia Italiana Optometristi Contattologi, 2013;

11. M. Bucci, *Oftalmologia*, SEU Editore Società Editrice Universo, 1993;
12. E. Motolese, L. Ferri, *Appunti di fisiopatologia oculare: il riflesso accomodazione-miosi-convergenza*, 2002;
13. H. Kolb, *How the retina works*, American Scientist, Vol. 91, 2003;
14. D. Ortolan, *Dispense di ottica visuale e ottica oftalmica*;
15. Morgan et al., *International contact lens prescribing*, CL Spectrum, 2007;
16. D. K. Martin, *Water transport in dehydrating hydrogel contact lenses: implications for corneal desiccation*. J Biomed Mater Res.1995;
17. L. Jones, N. A. Brennan, J. Gonzàles-Méijome, J. Lally, C. Maldonado-Codina, T. A. Schmidt, L. Subbaraman, J. Young, J. J. Nichols and the members of the TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort, *The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: Report of the Contact Lens Materials, Design, and Care Subcommittee*, Investigative Ophthalmology and Vision Science, 2013;
18. *Applicazione di lenti a contatto morbide*, Vision Care Istitute;
19. Formenti M.; *Dispense corso Tecniche avanzate per l'optometria e la contattologia*; Università degli Studi di Padova, a. a. 2017-2018;
20. J. González-Cavada, O. Corral, A. Niño, M. A. Estrella, J. A. Fuentes, D. Madrid-Costa, *Base Curve Influence on the Fitting and Comfort of the Senofilcon A Contact Lens*, J Optom, 2012;
21. W. Douthwaite, *Contact Lens Optics & Lens Design*, 3rd edition, 2005;

22. L. Jones, *Coping with Contact Lens Discomfort, Lens material and solution choices are part of the equation, but there is more to be considered. Here's how TFOS DEWS II can help*, Review of Cornea and Contact Lenses, 2018;
23. J. J. Nichols, M. D. P. Willcox, A. J. Bron, C. Belmonte, J. B. Ciolino, J. P. Craig, M. Dogru, G. N. Foulks, L. Jones, J. D. Nelson, K. K. Nichols, C. Purslow, D. A. Schaumberg, F. Stapleton, D. A. Sullivan, and the members of the TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort, *The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: Executive Summary*, Investigative Ophthalmology and Vision Science, 2013;
24. Ocular Surface Centre Berlin (OSCB), *Contact Lens Discomfort*;
25. K. Dumbleton, B. Caffrey, M. Dogru, S. Hickson-Curran, J. Kern, T. Kojima, P. B. Morgan, C. Purslow, D. M. Robertson, J. D. Nelson, *The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: report of the subcommittee on epidemiology*, Investigative Ophthalmology and Vision Science, 2013;
26. F. Alipour, S. Khareshi, M. Soleimanzadeh, S. Heidarzadeh, S. Heydarzadeh, *Contact Lens-related Complications: A Review*, Journal of Ophthalmic and Vision Research, 2017;
27. *Care of the Contact Lens Patient*, American Optometric Association, 2006;
28. F. Vargellini, *La correzione oftalmica delle ametropie*, Istituto Zaccagnini, 2014;
29. M. Storani de Almeida, L. A. Carvalho, *Different Schematic Eyes and their Accuracy to the in vivo Eye: A Quantitative Comparison Study*, Brazilian Journal of Physics, vol. 37, 2007;
30. A. J. Phillips, L. Speedwell, *Contact Lenses*, 2007;
31. P. Facchin in collaborazione con SOPTI, *Lente a contatto vs Correzione oftalmica: implicazioni refrattive, accomodative e binoculari*, Platform optic, 2015;
32. E.S. Bennet, V.A. Henry, *Clinical manual of contact lens*, 2009;

33. A. G. Bennet, *Optics of Contact Lenses*, Association of dispensing Opticians;
34. T. Grosvenor, *Primary Care Optometry*, 2007;
35. *Care of the Patient with Accommodative and Vergence Dysfunction*, American Optometric Association, 2011;
36. E. Ong, K. J. Ciuffreda, *Accommodation, nearwork and myopia*, Optometric Extension Program;
37. M. Rosenfield, B. Gilmartin, *Myopia & nearwork*;
38. M. H. Birnbaum, *Optometric Management of Nearpoint Vision Disorders*;
39. E. Caccioppoli, L. Caccioppoli, A. Morigi, M. Osti, *Stress e Visione*, Accademia Europea di Sports Vision;
40. M. Mattioni, M. Miron, P. Mizzone, *Visione e postura Utilità della prevenzione in età scolare*, 2004;
41. M. J. Steinbach, *Muscles as Sense Organs*, Arch Ophthalmol, 1986;
42. M. H. Birnbaum, *Nearpoint visual stress: clinical implications*, Journal of the American Optometric Association;
43. M. Scheiman, B. Wick, *Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*, Second edition, 2002;
44. M. Formenti, *Vision Training*, a.a. 2008-2009;
45. L. S. Gray, *The prescribing of prisms in clinical practice*, Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2008;

46. M. Formenti, *Analisi visiva con il metodo grafico*;
47. M. Formenti, *L'esame visivo optometrico*, a.a. 2017-2018;
48. D. M. Levine, T. C. Krehbiel, M. L. Berenson, *Statistica*, Seconda edizione, 2009;

APPENDICE A

1. Questionario d'indagine consegnato ai soggetti prima dell'analisi visiva oggettiva.



QUESTIONARIO OPTOMETRICO PRELIMINARE

Soggetto n° _____

Data _____

Nome	
Cognome	
Età	
Sesso	
Occupazione	
Ultimo controllo oftalmologico/optometrico	
Rx attualmente in uso	OD _____ OS _____



QUESTIONARIO OPTOMETRICO SULLA VALUTAZIONE DEL COMFORT VISIVO

Compili il questionario spuntando la risposta che più rappresenta la sua condizione, scegliendo su una scala, dove ad A corrisponde “Mai” e a D “Sempre”.

1. Vede annebbiato da lontano o da vicino?	A	B	C	D
2. Soffre di mal di testa?	A	B	C	D
3. Le capita di vedere doppio?	A	B	C	D
4. Le capita di avere bruciore agli occhi e/o lacrimazione?	A	B	C	D
5. Si avvicina al piano di lavoro durante attività da vicino?	A	B	C	D
6. Ha difficoltà a mantenere l'attenzione durante la lettura?	A	B	C	D
7. Lamenta astenopia (stordimenti, mal di testa, nausea, capogiri) dopo un'attività da vicino?	A	B	C	D
8. Le capita di perdere l'attenzione durante un lavoro prolungato da vicino?	A	B	C	D
9. Durante un impegno prolungato, ha la sensazione di sforzare gli occhi/ pesantezza?	A	B	C	D

10. La luce del sole le provoca fastidio/ sensazione di abbagliamento?	A	B	C	D
11. Vede peggio a fine giornata?	A	B	C	D

In una scala da 1 (pessimo) a 10 (ottimo), come valuterebbe la sua performance/comfort visivo? _____

2. Schede di raccolta dati.



VALUTAZIONE PRATICA

Soggetto n° _____

Data _____

D.I. _____

Dominanza oculare OD OS

RX IN USO		Sfero	Cilindro	Asse
Lontano	OD			
	OS			

TEST		NORME
Retinoscopia a distanza	OD OS	
Retinoscopia NOTT	OD OS	
ESAME DA LONTANO		
AV monoculare	OD ___/10 OS ___/10	
AV binoculare	___/10	
Foria orizzontale a distanza		
Vergenza positiva (ann/rott/recup)		
Vergenza negativa (rott/recup)		

ESAME DA VICINO		
AV monoculare	OD ___/10 OS ___/10	
AV binoculare	___/10	
Distanza di lettura	_____ cm	
Distanza di Harmon	_____ cm	
PPA(ann/recup)	_____	
PPC (rott/recup)	_____	
Foria orizzontale		AC/A gradiente _____
Foria +1.00D		
Vergenza positiva (ann/rott/recup)		
Vergenza negativa (rott/recup)		
ARP		
ARN		
Ampiezza Accomodativa (1/PPA)		
Flipper ±2.00	OD _____c/m OS _____c/m OU _____c/m	
Flipper 8BI/12BE	_____c/m	

APPENDICE B

Risultati attesi di riferimento nei test binoculari e sull'accomodazione.
(M. Scheiman e B. Wick, 2002).

AA2009/2010 -Università di Padova

A. Rossetti (trascrizione dr. Mirko Chinellato)

Test	Risultati attesi	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 ±5
Ampiezza accomodativa - Push-up/ pull-away - Lenti negative allo sfuocamento	18- 1/3 · età 2D < push-up/ pull away	±2D

Facilità accomodativa monoculare	[flipper $\pm 2D$, pm=cicli per minuto]	
1) Bambini		
- sei anni	5,5 cpm	$\pm 2,5$
- sette anni	6,5 cpm	$\pm 2,0$
- da 8 a 12 anni	7,0 cpm	$\pm 2,5$
2) Adulti		
- da 13 a 30 anni	11,0 cpm	$\pm 5,0$
- da 30 a 40 anni	(non quantificato)	
Facilità accomodativa binoculare	[flipper $\pm 2D$, pm=cicli per minuto]	
1) Bambini		
- sei anni	3.0 cpm	$\pm 2,5$
- sette anni	3.5 cpm	$\pm 2,5$
- da 8 a 12 anni	5.0 cpm	$\pm 2,5$
2) Adulti	10 cpm	± 5
MEM [~Schiasc. Dinamica Nott]	+0.50	± 0.25
Accomodazione relativa Negativa ARN	+2.00D	± 0.50
Accomodazione relativa Positiva ARP	-2.37D	± 1.00