

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei"

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

**TESI DI LAUREA**

L'ampiezza accomodativa e le nuove esigenze  
accomodative della vita moderna.

Relatore: Prof. Facchin Paolo

Laureanda: Saugo Lucia  
Matricola: 1170680

Anno Accademico 2019/2020



## **INDICE**

ABSTRACT.....	1
INTRODUZIONE.....	2
CAPITOLO I .....	3
1.1 Cristallino e accomodazione .....	3
1.2 Anomalie dell'accomodazione.....	6
1.3 Punto remoto e punto prossimo di accomodazione.....	8
1.4 Flessibilità accomodativa .....	9
1.5 Ampiezza accomodativa e metodi di misurazione.....	10
1.6 Fonti di errore nella misurazione dell'ampiezza accomodativa.....	13
1.7 Confronto tra Push-up e Pull-away .....	14
CAPITOLO II .....	17
2.1 L'affaticamento prossimale.....	17
2.2 L'ambiente di lavoro e la postura .....	21
2.3 Metodi di determinazione dell'addizione .....	23
2.4 Lenti a supporto accomodativo .....	26
CAPITOLO III.....	30
3.1 La progressione miopica e l'effetto del positivo da vicino .....	30
3.2 Il trattamento della CVS .....	33
CONCLUSIONI .....	38
BIBLIOGRAFIA .....	39



## **ABSTRACT**

L'ampio uso che viene fatto dei dispositivi digitali sta cambiando le abitudini visive delle persone; questo porta a uno stimolo continuo di accomodazione e convergenza che conduce a sintomi astenopici. Questi sintomi portano allo sviluppo della Computer Vision Syndrome (CVS). L'incidenza di CVS nelle fasce d'età  $30,8 \pm 8,1$  anni e  $54,0 \pm 4,8$  anni è pari rispettivamente a: 67,4% e 74,3% con una maggior incidenza nelle donne. La sintomatologia viene riscontrata anche in fasce d'età media di 20 anni dove il 68% presenta cefalea (su un campione di 334 studenti). La postura sembra essere un fattore fondamentale per attenuare i sintomi da CVS, risulta quindi importante organizzare la propria postazione di lavoro secondo le norme previste.

Per minimizzare i sintomi da CVS sono state analizzate diverse soluzioni oftalmiche. Le lenti a supporto accomodativo si sono rivelate utili nei soggetti giovani e pre-presbiteri. Di questi ultimi 23 soggetti su 49 hanno dichiarato un miglioramento dei sintomi con queste lenti. Anche le lenti occupazionali e progressive tradizionali si sono rivelate efficaci, entrambe sono considerate migliori delle lenti a visione singola per vicino, ma le occupazionali danno una postura più naturale rispetto alle progressive tradizionali.

Infine, è stata analizzata la possibilità di insorgenza/progressione della miopia su soggetti giovani che utilizzano molto la tecnologia. Statisticamente i soggetti miopi frequentanti la scuola primaria trascorrono più tempo al giorno sui dispositivi rispetto ai non miopi. Tra i trattamenti oftalmici per il rallentamento miopico analizzati, la sottocorrezione attraverso lenti a visione singola (SVL) e la piena correzione attraverso SVL non si sono rivelate efficaci. Le lenti bifocali executive si sono dimostrate efficaci con una progressione miopica media di  $-0,81$  D ( $p\text{-value} < 0,001$ ) minore rispetto alle SVL sui 135 bambini testati. Gli studi analizzati sembrano dare credito anche alle lenti progressive (PAL) nel rallentare la miopia, presumibilmente quindi anche alle lenti a supporto accomodativo e occupazionali, essendo tipi di progressive.

## **INTRODUZIONE**

La presente tesi si propone di analizzare i cambiamenti nell'ampiezza accomodativa e nella visione dovuti alle esigenze della vita moderna. Sempre di più si utilizzano dispositivi digitali a tutte le età, sia per svago che per scopi lavorativi; quindi mi sono chiesta che effetti potessero avere queste abitudini, ormai radicate, nel sistema visivo. La Computer Vision Syndrome (CVS) si manifesta su tanti tipi di persone, dai lavoratori agli studenti e con diversi sintomi più o meno comuni. Ho ritenuto importante indagare il ruolo della postura nell'alleviare o risolvere i sintomi dovuti agli schermi digitali. Per minimizzare il discomfort dato dalla CVS ho indagato le soluzioni oftalmiche possibili, dalle più moderne alle più tradizionali.

Mi sono ulteriormente chiesta che relazione ci fosse tra l'uso di dispositivi e l'insorgenza/progressione della miopia negli utilizzatori più giovani, che fanno già un ampio uso della tecnologia fin da piccoli. Ho quindi esaminato le principali soluzioni oftalmiche utili nel rallentare la miopia.

Le informazioni contenute nella tesi derivano da ricerche condotte su Pubmed usando diverse parole chiave utilizzate nel corso della trattazione quali: “digital asthenopia”, “computer vision syndrome”, “ergonomics practice”, “treatment of myopia”, “progressive addition lenses”, “low power convex lenses”.

# CAPITOLO I

## 1.1 Cristallino e accomodazione

Il cristallino è la lente intraoculare trasparente, avascolare e biconvessa, posta tra iride e corpo vitreo; è tenuto sospeso nel bulbo dal legamento sospenditore. Il cristallino ha un potere di 20 D che diminuisce dal centro alla periferia, ha un diametro di 1 cm, uno spessore variabile tra 3,5 e 5,0 mm e un indice di rifrazione medio di 1,3599 [Bucci 1993][Rossetti 2003]. Il cristallino è costituito da strati concentrici e si suddivide dall'esterno verso l'interno in:

- Capsula: elastica grazie alle fibrille.
- Epitelio germinativo: costituito da cellule cuboidi.
- Nucleo: dove le cellule si moltiplicano, perdono il nucleo, si allungano e poi migrano verso l'esterno a formare le varie stratificazioni.

Le fibre lenticolari di cui sono composti i suoi strati sono parallele e regolari per dare la trasparenza caratteristica, esse formano delle "linee di sutura" date dall'incontro tra le fibre nelle due facce opposte visibili con un esame in lampada a fessura. Sono presenti a livello delle cellule germinative anche delle pompe ioniche che operano un trasporto attivo del potassio ( $K^+$ ), ione più presente rispetto al sodio ( $Na^+$ ).

Biochimicamente il cristallino è costituito dal 58% di acqua e dal 36% da proteine [Rossetti 2003], è avascolare e perciò il suo nutrimento deriva dall'umor acqueo, ma è metabolicamente attivo infatti sintetizza acidi nucleici e proteine.

Dal momento che la lente è biconvessa, essa è caratterizzata da due facce con raggi di curvatura differenti dai quali dipende il potere diottrico totale. La faccia anteriore del cristallino è quella che riesce a variare di più la sua curvatura nel processo fisiologico che viene chiamato accomodazione.

Corpo ciliare e cristallino sono i due principali protagonisti del processo accomodativo. Il corpo ciliare ha forma triangolare con base alla radice iridea e sperone sclerale e apice all'ora serrata. Il primo terzo anteriore del corpo

ciliare viene chiamato “pars plicata” e comprende i processi ciliari e muscolo ciliare che è in connessione con: il cristallino (tramite la zonula di Zinn) e con lo sperone sclerale. I due terzi posteriori del corpo ciliare vengono denominati “pars plana” che corrisponde a un’area di transizione verso la retina. Il muscolo ciliare è un muscolo liscio, innervato dall’oculomotore, le cui fibre si dividono in: longitudinali e radiali che originano allo sperone sclerale, e infine dalle circolari.

L’accomodazione viene messa in atto nel momento in cui si ha la necessità di mettere a fuoco un oggetto, situato vicino all’osservatore, sul piano retinico mediante la capacità del cristallino di variare la sua curvatura. Questo meccanismo avviene grazie ad una contrazione riflessa e involontaria del muscolo ciliare. L’accomodazione si origina grazie alla contrazione delle fibre ciliari radiali del muscolo ciliare le quali provocano uno spostamento in avanti della regione ciliare, causando un rilasciamento della zonula di Zinn. Il cristallino tende così ad assumere una forma più sferica o accomodata. Questa forma tondeggiate assunta dal cristallino è responsabile del cambio di curvatura delle due facce, e quindi dell’aumento di potere che permetterà la focalizzazione sulla retina. L’accomodazione è una risposta riflessa e in quanto tale insorge in tre casi [Rossetti 2003]:

- Sfuocamento dell’immagine retinica centrale: ovvero dove sono situati i coni, è lo stimolo più importante dei tre.
- Aberrazione cromatica oculare: la psiche se ne serve per decidere in che direzione attuare l’accomodazione.
- Coscienza della prossimità dell’oggetto di fissazione.

Inoltre, le vie nervose che garantiscono l’attuazione dell’accomodazione sono due:

- Afferente (sensitiva): l’informazione si origina dalla retina, prosegue attraverso il nervo ottico arrivando al chiasma da cui si prosegue con i due tratti ottici fino all’arrivo dell’informazione alla corteccia visiva

occipitale dove viene elaborata.

- Efferente (motoria): dalla corteccia lo stimolo arriva nel nucleo di Edinger-Westphal per afferire poi nell'oculomotore raggiungendo il ganglio ciliare. Da qui i nervi ciliari brevi portano al muscolo ciliare determinandone la contrazione.

Dopo che si è presentato lo stimolo accomodativo, l'accomodazione attuata dal sistema in realtà è minore di quella che teoricamente sarebbe necessaria che è: Richiesta accomodativa =  $\frac{1}{\text{distanza stimolo [m]}}$ . Questa differenza teoria-realtà viene chiamata "lag accomodativo" che è considerato fisiologico se il suo valore è di 0,50 D; si parla invece di "lead" se non è presente lag o nel caso in cui si accomodi più del necessario.

L'accomodazione si può classificare in [Maffioletti 2004]:

- Tonica (AT): anche detta "dark focus" è presente in assenza di stimoli in un ambiente visivamente omogeneo; in questo caso l'accomodazione è stimolata per 1,00-1,50 D. Questo tipo di accomodazione ha un'entità maggiore negli ipermetropi (AT = 1,40 D) mentre è minore in emmetropi e miopi [Rossetti 2003].
- Riflessa: corrisponde alla variazione di potere del cristallino in risposta alla visione di un'immagine non a fuoco.
- Legata alla convergenza: in quanto l'accomodazione induce convergenza e viceversa. Questo legame è definito dal rapporto CA/C [Rossetti 2003].
- Prossimale: causata dalla vicinanza di un oggetto entro i 3 metri dal soggetto.

È importante sottolineare come sì l'accomodazione permetta la messa a fuoco, ma questo non è sufficiente; infatti anche la convergenza, il cui legame è sopracitato, è fondamentale perché produce una corrispondenza retinica bifoveale, necessaria per la visione binoculare. Per completare la triade accomodativa la miosi svolge l'importante funzione di ridurre le aberrazioni

sferiche tramite la riduzione di diametro pupillare.

## **1.2 Anomalie dell'accomodazione**

Una non adeguata capacità accomodativa può indurre diverse anomalie accomodative che si possono suddividere in due gruppi:

- Anomalie per eccesso: eccesso accomodativo e spasmo accomodativo.
- Anomalie per difetto: insufficienza accomodativa, inerzia accomodativa, fatica accomodativa, paralisi accomodativa.

Eccesso accomodativo: è causato da una iperaccomodazione quindi una eccessiva stimolazione del muscolo ciliare. È un'anomalia che dà diversi sintomi quali: affaticamento visivo da vicino associato ad astenopia, distanza di lavoro ridotta, ma soprattutto annebbiamento nel passaggio visivo lontano-vicino e viceversa. Si può riscontrare l'anomalia attraverso la schiascopia dinamica, l'accomodazione relativa negativa e attraverso i flipper accomodativi, dove si evidenzia una difficoltà con lenti positive sia al flipper monoculare che binoculare.

Spasmo accomodativo: il muscolo ciliare in questo caso riceve uno stimolo costante anche quando il soggetto non compie un impegno visivo ravvicinato. Questo può generare una "pseudomiopia" che non è reale. È molto presente nei giovani con impegno da vicino molto persistente che non sono corretti per la loro ametropia. Si può sospettare questa anomalia se si nota una differenza notevole tra i risultati oggettivi e soggettivi [Maffioletti 2004].

Insufficienza accomodativa: se in forma lieve è da considerarsi più un'astenopia accomodativa [Bucci 1993], se in forma grave è un'anomalia associata a una riduzione di ampiezza accomodativa in un soggetto non presbite. È causata da una ipoaccomodazione; i sintomi riferiti sono: fatica e annebbiamento occasionale nelle attività prossimali e astenopia. I segni

correlati possono essere: ipermetropia latente o non corretta, si nota l'ipoaccomodazione alla retinoscopia dinamica registrando un lag maggiore del normale. Sono bassi tutti i test che stimolano l'accomodazione come ampiezza accomodativa e ARP; anche i flipper accomodativi sono significativi infatti il negativo è lento sia monocularmente che binocularmente.

Inerzia accomodativa: si può descrivere bene come una mancanza di flessibilità del sistema accomodativo infatti, il soggetto ha difficoltà sia nel stimolarlo che nel rilasciarlo. I sintomi sono analoghi alle altre anomalie accomodative come: affaticamento visivo, bruciore, lacrimazione e astenopia. I segni si possono rilevare con le ARP e ARN ambedue basse e infine al flipper accomodativo monolare e binolare c'è difficoltà sia con lenti positive che negative.

Fatica accomodativa: si manifesta con una caratteristica sindrome astenopica associata a bruciore e dolenza palpebrale. Essa può essere causata da un porto di correzione oftalmica errata o di uno stress psicofisico. È opportuno in questo caso indagare al meglio le funzioni visive [Maffioletti 2004].

Paralisi accomodativa: è un'anomalia che comporta la mancanza totale o quasi dell'accomodazione. Non si verifica frequentemente dal momento che si origina da un'inflammatione del muscolo ciliare o ad una paralisi del III nervo cranico. Si può verificare in seguito a traumi o patologie come glaucoma e diabete. Fino alla risoluzione della paralisi, la difficoltà visiva viene eliminata con correzione prossimale positiva [Bucci 1993][Rossetti 2003].

	Retinoscopia dinamica	ARP	ARN	Flipper accomodativo
Insufficienza accomodativa	Lag alto	Basso	Alto	Negativo lento
Inerzia accomodativa	Lag nella norma	Basso	Basso	Positivo e negativo lenti
Eccesso accomodativo	Lag basso	Alto	Basso	Positivo lento

**Tab.I** – Riassunto dei segni delle anomalie precedentemente descritte.

### 1.3 Punto remoto e punto prossimo di accomodazione

Il punto remoto (PR) e il punto prossimo (PP) di accomodazione sono gli estremi di un intervallo all'interno del quale la visione è nitida e oltre i quali sfuoca. Il punto remoto si definisce come il punto più distante sull'asse visivo dove un oggetto può essere visto nitido con lo sforzo accomodativo nullo. La

formula per calcolarlo è:  $PR = \frac{1}{\text{ametropia [D]}}$ .

Idealmente in un occhio emmetrope il PR è posto all'infinito, per il miope è a una distanza finita davanti all'occhio che assume segno negativo e infine per l'ipermetrope è un punto virtuale che assume segno positivo. Dalla formula si evince che il punto remoto dipende solo dall'ametropia quindi, a patto che questa rimanga invariata nel tempo, non diminuisce con l'età che invece fa diminuire l'ampiezza accomodativa.

Il punto prossimo di accomodazione si definisce come il punto più vicino posto sull'asse visivo dove un oggetto può essere visto nitido con il maggior sforzo accomodativo. In questo caso il PP ha una relazione con l'età; nel soggetto emmetrope il punto prossimo corrisponde con l'ampiezza accomodativa e questo tenderà ad allontanarsi verso l'infinito con il passare del tempo [Rossetti 2003]. Nel caso del soggetto miope al diminuire dell'ampiezza accomodativa il PP tende sempre di più al PR fino a raggiungerlo e in questo caso sono entrambi due punti reali davanti al

soggetto. Infine, per l'ipermetrope se l'ampiezza accomodativa è maggiore dell'ametropia il PP si sposta verso l'infinito contrariamente, se l'ampiezza accomodativa è minore dell'ametropia il PP diventa virtuale impedendo la visione nitida a qualsiasi distanza [Maffioletti 2004].

Il PP è da valutare binocularmente per coinvolgere accomodazione e convergenza; si attua facendo guardare al soggetto una mira accomodativa, ad esempio la massima acuità visiva prossimale, indossando la correzione da lontano, o con addizione nel caso sia necessario. Si avvicina la mira fino a che il soggetto non riferisce una prima sfuocatura, successivamente si allontana la mira fino al ritorno della visione nitida e singola; si prende nota dei due valori la cui norma è  $5,0/10,0 \pm 2,5$  cm [Scheiman 2002].

#### **1.4 Flessibilità accomodativa**

La flessibilità accomodativa è la capacità di variare la messa a fuoco da lontano a vicino e viceversa, in un sistema giovane questo avviene in circa 0,5 secondi [Maffioletti 2004]. Un sistema normale dovrebbe svolgere questa attività in modo veloce e senza sforzo, ma spesso non è così.

La quantificazione della flessibilità accomodativa si attua con un flipper sferico con lenti  $\pm 2,00$  D. Se si vuole testare solo la capacità accomodativa il test va condotto monocularmente per eliminare qualsiasi influenza di disfunzioni binoculari, ma anche una valutazione binoculare può essere utile per evidenziare disfunzioni di convergenza. Il test viene condotto in 60 secondi, il soggetto deve indossare la correzione individuata per lontano guardando il test per vicino a 40 cm. Il professionista maneggia il flipper e partendo dalla lente positiva la cambia ogni volta che il soggetto riferisce una visione nitida con la lente anteposta al suo occhiale. Un ciclo corrisponde al passaggio che si fa tra la lente positiva, negativa e nuovamente positiva. Al termine del tempo i cicli compiuti dovrebbero essere 10-12 c/m per il test monolare e 8 c/m per quello binolare [Maffioletti 2004]. Se condotto monocularmente il risultato tra i due occhi dovrebbe essere simile, altrimenti significa che c'è una diversa capacità accomodativa. Questa procedura valuta

la capacità del soggetto di compensare dei rapidi cambiamenti accomodativi indotti dalle lenti del flipper.

La facilità accomodativa binoculare permette di rilevare un'anomalia binoculare o un'anomalia accomodativa, mentre con la facilità accomodativa monoculare si evidenziano sono anomalie accomodative. Riscontrare una difficoltà nel corso del test condotto monocularmente con le lenti positive indica che il soggetto fatica nel rilasciare l'accomodazione. Questa condizione evidenzia un eccesso accomodativo o spasmo accomodativo inducendo così una miopia secondaria. Se la difficoltà è con lenti negative allora la difficoltà è nel stimolare l'accomodazione da cui ne deriva un'insufficienza accomodativa. L'ultimo caso prevede una difficoltà con entrambi i tipi di lenti evidenziando così un'inerzia accomodativa.

### **1.5 Ampiezza accomodativa e metodi di misurazione**

L'ampiezza accomodativa si può quantificare calcolando la differenza, in diottrie, che c'è tra punto remoto e punto prossimo. L'ampiezza è considerata di uguale entità nei due occhi; il 94% dei rimanenti casi presenta una differenza di 0,25 D [Rossetti 2003]; è buona pratica segnare sempre l'occhio testato. L'ampiezza aumenta se il soggetto guarda verso il basso e analogamente diminuisce se si guarda verso l'alto [Maffioletti 2004]. L'ampiezza è un dato su cui l'età influisce infatti, la riduce gradatamente e quando questa va sotto la soglia delle 4,00 D il soggetto viene definito presbite [Rossetti 2003]. La norma secondo Hofstetter dell'ampiezza accomodativa media monoculare è descritta dalla formula (deviazione standard di  $\pm 2,00$  D):

$$AA[D] = 18 - \frac{1}{3} \text{età[anni]}$$

Diverse sono le modalità per misurare l'ampiezza accomodativa:

- Metodo Push-up (Donders): viene attuato nello spazio libero senza uso di forottero, è il più veloce, ma anche il più impreciso. Ne risulta un solo valore e viene eseguito monocularmente. Viene fatta indossare

la correzione per la distanza al soggetto, la mira utilizzata sono lettere ad acuità visiva massima. Con illuminazione normale si parte con il target a 40 cm per poi avvicinarlo progressivamente al soggetto fino al momento in cui la mira è vista sfuocata, si misura la distanza in centimetri tra mira e ponte nasale. È da misurare per entrambi gli occhi aspettandosi valori simili. L'ampiezza accomodativa risulterà:

$$AA = \frac{100}{\text{distanza [cm]}}$$

In questo test la profondità di fuoco ha un ruolo fondamentale perché gli errori connessi ad essa sono difficili da stimare e spesso sono anche molto rilevanti. Idealmente perfetto per la pratica clinica sarebbe un test che non sia influenzato dalla profondità di fuoco [Burns 2018]. Per far fronte alla problematica della distanza eccessivamente corta che il test adotta, Duane e Turner suggeriscono di anteporre delle lenti  $-3,00 / -4,00$  D considerandole poi nel calcolo finale dell'ampiezza [Rossetti 2003]. Questo test può essere svolto anche binocularmente, ma in questo caso si misura l'ampiezza accomodativa binoculare, ovvero la capacità di esercitare insieme accomodazione e convergenza [Maffioletti, 2007].

- Lenti negative allo sfuocamento: questo metodo ideato da Sheard è eseguito al forottero alla distanza di 40 cm e mira di acuità visiva massima. Il soggetto deve essere emmetropizzato e il test va condotto monocularmente, si aumenta il negativo a step di 0,25 D e si termina con la lente che genera una costante e prolungata percezione di sfocatura.

Utilizzando il metodo OEP ci sono delle lievi differenze; la distanza di somministrazione del test è di 33 cm indossando la correzione soggettiva individuata precedentemente. La mira utilizzata è di dimensioni 0,62 M. La prima parte della procedura consiste in una parte monoculare, per la precisione bioculare perché si opera una dissociazione, poi necessariamente binoculare. Si procede riducendo il positivo fino all'annebbiamento totale e si torna indietro di 0,25 D.

In entrambi i metodi per trovare il valore finale di AA addizionale, al valore assoluto di negativo aggiunto, 2,50 D necessarie per la focalizzazione a 40 cm.

- **Optometro di Badal:** il soggetto osserva la mira attraverso una lente positiva con il fuoco posteriore in corrispondenza al fuoco anteriore dell'occhio. Questo fa sì che la grandezza retinica dell'immagine non cambi al variare della posizione dell'oggetto osservato minimizzando l'influenza indotta dall'ingrandirsi dell'immagine retinica con l'avvicinamento. Viene quindi fatta osservare la mira e chiesto di renderla nitida; la variazione tra la posizione più vicina e lontana viste sfuocate è l'ampiezza cercata [Rossetti 2003].
- **Metodo Push-down:** il target accomodativo, costituito da parole alla massima acuità visiva viene avvicinato al soggetto fino alla comparsa di uno sfuocamento significativo. Successivamente il target viene allontanato (Push-away) fino al momento in cui il soggetto riesce a leggere la riga precedentemente individuata della massima acuità visiva; solo ora si misura la distanza target-piano visivo e si converte in diottrie [Momeni-Moghaddam 2014].
- **Metodo Push-up modificato:** è la stessa procedura del Push-up, il dettaglio differente è di anteporre al soggetto una sfera - 4,00 D alla sua emmetropizzazione per distanza [Momeni-Moghaddam 2014].
- **Retinoscopia dinamica modificata:** in quanto esame oggettivo non è richiesta la collaborazione del soggetto, esso deve solo guardare le mire alfabetiche 6,7/10 (20/30) precedentemente disposte sul retinoscopio. Si procede monocularmente alla distanza di 40 cm chiedendo di leggere le lettere e mantenerle nitide. Il professionista inizialmente vede il riflesso brillante trovando il lag accomodativo, ma successivamente muovendosi verso l'esaminato per trovare l'ampiezza accomodativa nota un cambiamento del riflesso, esso si restringe e diventa più scuro. La procedura si ripete tre volte e la distanza media viene convertita in diottrie; si ripete per il

controlaterale [Rutstein 1993]. Questa tecnica, nonostante richieda abilità nell'uso del retinoscopio, fornisce una veritiera stima dell'ampiezza accomodativa perché evita la sopravvalutazione derivante dalla profondità di campo [Burns 2019][Leon 2012].

## **1.6 Fonti di errore nella misurazione dell'ampiezza accomodativa**

Le fonti errore sono molteplici e riducono l'affidabilità della misurazione dell'ampiezza accomodativa [Burns 2019]:

- **Profondità di messa a fuoco:** è definito come l'intervallo di vergenza di un oggetto senza che visivamente venga rilevata una sfuocatura. È il risultato dell'interazione di molti fattori come la diffrazione, che non può essere eliminata, e anche della variazione del diametro pupillare. Non è possibile stimare questa fonte di errore in maniera precisa, ma si pensa che sia la fonte di errore più consistente. La dimensione dell'immagine retinica cambia continuamente perché è inversamente proporzionale alla distanza a cui si trova l'oggetto osservato, è proprio questa continua variazione che influisce sull'accuratezza della misura. La profondità di fuoco oltre che fonte di errore però è anche una componente favorevole per l'accomodazione che ha il principale scopo non di ottimizzare la posizione del fuoco sulla retina, ma di proiettare un'immagine retinica sufficientemente "buona" per codificarla.
- **Tempi di reazione:** sono fonte di errore in tutti quei test dove c'è una variazione di vergenza intesa come movimento oculare dovuto al test in avvicinamento. La variazione di vergenza si può ridurre diminuendo l'intervallo di spazio in cui viene mosso il test rendendo però il punto da trovare più difficoltoso. Il tempo di reazione è dato dalla somma di diversi sottotempi che avvengono in questa successione: tempo che il soggetto impiega per decidere se l'oggetto che vede è nitido o meno, il tempo di verbalizzare il pensiero, il tempo che impiega l'operatore per comprendere il messaggio e infine di

bloccare il movimento di avanzamento. Per diminuire questo tipo di errore posso anteporre delle lenti negative durante la misurazione anche se questo può influenzare a sua volta la misura per errori di rifrazione. Inoltre, sarebbe preferibile muovere il target sempre alla stessa velocità consigliata di 1,00 D/sec.

La misura è affetta da moltissimi altri errori come le condizioni in cui si misura, anche psicologiche della persona. L'emmetropizzazione prima della misurazione è fondamentale perché la misurazione è riferita proprio alla correzione iniziale. La stessa luminanza del target influenza la misura in quanto influisce sulla profondità di fuoco che modifica la misura; non sono esclusi gli errori strumentali e neppure l'esaminatore stesso. Tutte queste fonti di errore possono essere limitate ed alcune anche eliminate grazie ad una particolare attenzione dell'esaminatore rendendo però la pratica più lunga e complessa.

### **1.7 Confronto tra Push-up e Pull-away**

Diversi studi hanno provato a confrontare i due test ottenendo, in alcuni casi, risultati discordanti. Ne sono riportati tre.

Uno studio ha confrontato i due metodi con una procedura staircase che consiste nell'avvicinare il target (Push-up) fino a sfuocatura e poi allontanarlo (Pull-away) fino a visione nitida; è lo sperimentatore che inverte la direzione quando il soggetto riferisce la risposta desiderata. La problematica collegata a questa specifica procedura è che il soggetto ha visto chiaramente il target nella procedura Push-up e di conseguenza nel Pull-away ci potrebbe essere un risultato poco accurato [Rouse 1990].

Un altro studio li ha confrontati trovando differenze insignificanti tra i due, l'esaminatore non chiedeva di identificare il target, ma solo di riferire se questo fosse nitido o sfuocato. Proprio il metodo di indagine e le poche persone esaminate, ovvero una decina, potrebbero aver influenzato la

rilevanza dei risultati [Pollock 1989].

Il terzo studio [Koslowe 2014] è stato condotto su un più significativo numero di persone e su un range di età vasto, 7-35 anni. I soggetti sono stati divisi in tre gruppi per età: bambini, adolescenti e adulti. È stato utilizzato il metodo dei limiti nella procedura del test; questo metodo psicofisico prevede una serie ascendente (Pull-away) dove il target viene allontanato fino alla discriminazione della mira e una serie discendente (Push-up) che prevede un avvicinamento fino alla non discriminazione. La soglia, ovvero i due valori cercati, è il valore transitorio tra la discriminazione e la non discriminazione; uno svantaggio di questo metodo è che può indurre il soggetto a errori di anticipazione. Dai risultati dello studio si è notata una significativa differenza tra i due test per gli ultimi due gruppi di soggetti, complice il fatto di aver utilizzato una diversa metodologia rispetto agli altri studi precedentemente descritti. La metodologia differisce in diversi aspetti, infatti in alcuni studi precedenti il target è un numero randomizzato che cambia per ogni persona e in alcuni soggetti il Push-up viene eseguito prima del Pull-away; per altri viceversa. In questo studio sono state utilizzate come mire solo due numeri e tutti i soggetti hanno affrontato prima lo stesso test. Il Pull-away sembra dare dei risultati più bassi di ampiezza accomodativa, questo risultato può derivare da una serie di fattori:

- il soggetto tende a mantenere la stessa risposta data precedentemente anche se non necessariamente vera e questo fa migliorare la performance nel Push-up e tende a peggiorarla nel Pull-away come dimostrato dai dati.
- Si può solo presupporre che per il soggetto le istruzioni del Pull-away siano più facili da comprendere, anche se non è dimostrato.
- Si può solo presumere che sia più facile riconoscere il punto in cui il numero da sfuocato torna nitido che viceversa, anche se non dimostrato.

Alla luce dei risultati di questo studio non si può stabilire con certezza se un metodo sia migliore dell'altro, resta il fatto che il Push-up è il metodo, tra i due, più studiato e utilizzato.

## CAPITOLO II

### 2.1 L'affaticamento prossimale

Solo dopo aver analizzato il funzionamento dell'accomodazione ed esposto il concetto di ampiezza accomodativa e come poterla misurare, è possibile procedere nel chiarire quali possano essere i cambiamenti visivi causati dalla tecnologia. Al giorno d'oggi sempre di più l'utilizzo di dispositivi digitali, smartphone e tablet sta modificando le attività quotidiane e il sistema visivo che non è nato per svolgere un'attività prossimale per tempi così prolungati. Molte persone passano ore davanti al computer per lavoro e durante questa condizione aumenta l'accomodazione e la convergenza, il livello di attenzione viene mantenuto sempre alto e questo causa una minore frequenza di ammiccamento che porta ad una secchezza oculare causa di discomfort. Il discomfort può essere associato ad aspetti legati alla visione, ma anche alla condizione della superficie oculare causando diversi sintomi per entrambi. L'astenopia è collegata alla visione e si manifesta con: visione annebbiata, difficoltà di messa a fuoco nel passaggio visivo lontano-vicino e viceversa, cefalea, a tratti diplopia e affaticamento oculare. Invece, collegati alla superficie oculare: occhi doloranti, che pungono o bruciano, secchezza e irritazione [Jaiswal 2019]. Tutti questi segni e sintomi sono riconducibili alla CVS – Computer Vision Syndrome, ovvero la condizione causata dall'uso eccessivo di dispositivi digitali. La comparsa di questi sintomi è largamente dipendente da quanto si richiede al sistema visivo e per quanto tempo questo viene messo sotto stress dal dispositivo.

Uno studio ha preso come campione 2210 videoterminalisti di età media  $30,8 \pm 8,1$  anni, di cui il 50,8% maschi. Tutti i soggetti selezionati utilizzano il computer più di 2 ore al giorno e svolgono lo stesso lavoro da più di un anno. La prevalenza risultante di CVS ad un anno dall'inizio dello studio risulta essere del 67,4% con una maggior incidenza nelle donne (69,5%) rispetto agli uomini (65,4%). Nel campione di soggetti solo il 29,9% conosce il significato di "ergonomia" e applica le misure consigliate nella sua

postazione di lavoro. I fattori associati ad una condizione di CVS più grave sono: durata dell'impegno al videoterminale, una pre-esistenza di malattie oculari e la non osservanza delle regole ergonomiche [Ranasinghe 2016].

Sono stati studiati 409 studenti appartenenti alla facoltà di medicina, essi fanno un uso settimanale di computer da almeno 3 mesi. L'età media è di  $21,6 \pm 2,5$ . Il 40,3% degli studenti utilizza il computer più di 6 ore al giorno, il 33,3% dalle 4-6 ore ogni giorno. Solo il 20,5% ogni 20 minuti di PC guarda a distanza per 20 secondi infatti, il 48,2% degli studenti non ha mai sentito parlare di CVS. I sintomi riportati da questo gruppo di studenti sono in ordine di frequenza: dolore al collo nel 75,1% dei casi, dolore alle spalle 65,5%, secchezza oculare, visione annebbiata o doppia [Mowatt 2017].

Uno studio su 109 lavoratori di età media  $54,0 \pm 4,8$  anni ha mostrato come, con una media di ore al videoterminale pari a  $6,5 \pm 1,3$  al giorno, i soggetti presentino per il 73,4% prurito agli occhi, difficoltà di focalizzazione da vicino per il 72,5%. Il 69,7% percepisce un peggioramento della visione e a seguire: visione offuscata, secchezza e rossore oculare, leggera fotofobia. La prevalenza calcolata di CVS è del 74,3% e in accordo con lo studio precedente è maggiore nelle donne (85,1%) che negli uomini (66,1%) [Sánchez-Brau 2020].

Un ultimo studio condotto su 334 studenti di età media di 20 anni (range interquartile = 2), di cui il 55% maschi, riguarda l'uso prolungato del loro smartphone. Dai risultati ottenuti i soggetti hanno manifestato: 68% cefalea, 62% sensazione di bruciore, 52% visione non nitida, 48% secchezza e il 47% fotofobia come sintomi prevalenti, ma anche il 31% di difficoltà nel focalizzare un oggetto vicino e il 21% diplopia. Interessanti sono da analizzare anche le azioni svolte dagli stessi studenti per migliorare la loro ergonomia, anch'essa fondamentale nelle attività prolungate prossimali. Le pratiche più utilizzate sono: l'82% modifica la luminosità dello schermo, il 66% fa una pausa per interrompere l'uso del dispositivo, il 59% si siede

mettendo lo schermo allo stesso livello del viso e infine il 32% allontana il dispositivo a più di 50 cm [Altalhi 2020].

La sintomatologia derivante da questa sindrome si può dividere in tre ambiti [Gowrisankaran 2015]:

- Oculare: discomfort, senso di secchezza o di corpo estraneo.
- Visiva: visione offuscata nel prossimale che può dipendere da una anomalia del soggetto stesso in ambito accomodativo (sfuocamento intermittente) o binoculare (convergenza). Il livello di abilità visive conta molto infatti se è basso questo può determinare l'insorgenza di sintomi visivi, risolvibili con un allenamento delle abilità esistenti. Sintomi visivi possono essere dovuti anche ad una non adeguata correzione dell'errore refrattivo, specialmente se si tratta di ipermetropia e astigmatismo che possono portare a un peggioramento della produttività dell'operatore.
- Muscolo-scheletrica: dolore a collo, schiena, spalle, polso e dita. Questi dolori sono dovuti alla postura che viene richiesta nel momento in cui si lavora al computer, essa rimane invariata e i muscoli restano in tensione. Uno studio dimostra come il dolore a collo e spalle aumenti durante il lavoro nel prossimale che richieda una partecipazione visiva [Lodin 2012]. La stessa locazione del computer nel piano di lavoro influisce infatti, per una corretta postura ci sono delle precise regole da rispettare per non causare questo tipo di sintomatologia.

È da tenere in considerazione che le richieste visive dell'operatore che lavora al computer, come può essere un uso prolungato di tablet, determinano una stimolazione del campo visivo centrale e una conseguente inibizione della periferia rendendo l'ambiente di lavoro bidimensionale. Questa condizione crea una riduzione di acuità visiva alla fine del periodo di lavoro con apparizione di sintomi miopici. Nell'analisi visiva dei precoci segni di questa

sindrome possono essere: una riduzione di ARP e ARN, un calo delle riserve fusionali e infine una riduzione dell'ampiezza accomodativa. Le soluzioni optometriche che si possono proporre al soggetto intenzionato a migliorare la sua condizione al videoterminale sono: una correzione adeguata dell'ametropia qualora questo non sia ancora stato eseguito al meglio, addizione da vicino, vision training se il soggetto è disposto, oppure soluzioni ergonomiche [Golebiowski 2019].

L'uso di dispositivi digitali può portare ad alterazioni del normale ammiccamento di ogni soggetto, andando quindi ad intaccare l'omeostasi della superficie oculare e la funzione delle lacrime. Questi cambiamenti contribuiscono a tutti i sintomi di disagio oculare sopracitati. L'ammiccamento è fondamentale e in condizioni normali si svolge questa funzione dalle 17-20 volte al minuto; numero che diminuisce drasticamente a circa 7 ammiccamenti al minuto nel momento in cui l'attenzione è catturata da un computer [Jaiswal 2019]. L'ammiccamento distribuisce sulla superficie oculare la lacrima tenendo umidificata la superficie oculare proteggendola dagli agenti esterni. Inoltre, tiene pulita la superficie oculare e rimuove lipidi e mucine deteriorate. Spesso nell'utilizzo di un dispositivo digitale gli ammiccamenti incompleti aumentano di numero rispetto a quelli completi e non sono sufficienti a riumidificare la superficie oculare [Gowrisankaran 2015]. Si genera quindi una iperevaporazione che dà l'instabilità lacrimale sotto forma di rottura del film dando i sintomi di discomfort e danneggiando l'epitelio.

È rilevante notare come questi problemi derivanti da uso di dispositivi non riguardi solamente gli impiegati che lavorano ore al computer, ma sempre di più anche i soggetti giovani. Questa nuova generazione già dai 9 anni si avvicina ai dispositivi per utilizzi scolastici, di gioco, per guardare film e leggere eBook provocando la sintomatologia descritta [Ichhpujani 2019]. Il tempo di utilizzo dei dispositivi da parte dei giovani è direttamente proporzionale al crescere dell'età. Un utilizzo consigliato sarebbe non più di due ore al giorno per gli adolescenti, ma uno studio su 576 adolescenti dai

11-17 anni ha rilevato che il 46,6% dei soggetti tra 13-16 anni utilizza dispositivi per 840-1680 minuti a settimana; quindi un range di 2-4 ore al giorno [Ichhpujani 2019]. Questo abuso di utilizzo potrebbe quindi portare ad un rischio più elevato di miopia come di altri problemi legati alla salute. In questo studio è stata analizzata anche la distanza di lavoro solitamente utilizzata dai soggetti perché questa incide sull'intensità dei sintomi eventualmente correlati. Il 56% ha mantenuto una adeguata distanza di lavoro che è in caso di lettura 40 cm e per i monitor dei computer 50-70 cm [Ichhpujani 2019]. La postura assume un impatto fondamentale nei giovani in relazione all'affaticamento prossimale perché se scorretta porta a sintomi muscolo-scheletrici [Mylona 2020]. Nello studio considerato il 77% dei soggetti preferisce essere seduto su una sedia per l'utilizzo di dispositivi; è una percentuale molto elevata, ci si può aspettare che non sia rappresentativa di tutta la popolazione in quanto ricavata da soli studenti di una data scuola privata [Ichhpujani 2019].

## **2.2 L'ambiente di lavoro e la postura**

Un aspetto che ho ritenuto importante approfondire è l'organizzazione dell'ambiente di lavoro e della postura, anche nell'uso di smartphone, perché risultano fondamentali per risentire il meno possibile dell'affaticamento prossimale. Alcune persone arrivano a inclinare la testa fino a 60° rispetto all'asse corporeo per guardare il display del telefono; questo conduce a inarcare la schiena in modo scorretto e anomalo. Le diverse inclinazioni in avanti che la testa può assumere creano una forza che può arrivare a scaricare fino a 27 chili sulla colonna vertebrale; basti pensare che inclinare la testa di 45° porta un peso di 22 chili aggiuntivi al rachide [Kenneth].

Per quanto riguarda le postazioni di lavoro con videoterminali esistono diverse regole che devono essere rispettate [Inail 2013]; altre sono dettate dal D.Lgs 626/94. La postura deve poter essere mantenuta dritta e sorretta da appoggio lombare, la sedia deve avere una rotazione libera e lo schienale deve essere

regolabile in altezza e inclinazione; si consiglia un angolo di 90°-100°. La sedia deve avere 5 appoggi e essere dotata di rotazione libera per facilitare gli spostamenti senza movimento della colonna vertebrale, deve infine essere facile da spostare e in materiale traspirante.

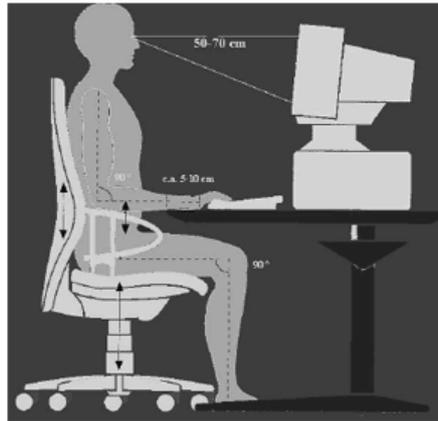
Gli avambracci devono essere paralleli al piano di lavoro e appoggiati sui braccioli della sedia, anche le mani devono essere parallele alla tastiera che deve avere un buon contrasto e definizione dei tasti. Le ginocchia devono essere piegate di 90°-100° per una postura più naturale; ci deve essere spazio per distenderle e per muovere le caviglie, eventualmente si può mettere un poggiatesta.

Il piano di lavoro deve essere poco riflettente, di ampiezza tale da poter disporre tutti gli strumenti per il lavoro consentendo all'operatore una libertà di movimento, senza che la testa o gli occhi compiano movimenti fastidiosi. Deve avere un'altezza tale da poter appoggiare gli avambracci parallelamente sul piano di lavoro.

Lo schermo deve essere orientabile nello spazio e inclinato, quindi posto in uno spazio adeguato. Deve presentare i caratteri con una buona definizione, con brillantezza e contrasto adattabili.

Per quanto riguarda l'illuminazione è buona norma schermare tutte le sorgenti naturali con tende e disporre le postazioni di lavoro in modo che le finestre siano parallele alla direzione di sguardo dell'operatore. Le illuminazioni artificiali devono essere disposte parallelamente allo sguardo dei lavoratori, ma non sopra le loro teste. Per evitare la creazione di riflessi si installano lamelle anti-abbagliamento e le pareti devono essere prive di superfici riflettenti.

È consigliato rispettare, oltre alle misure sopra riportate, una distanza dal monitor dai 50-100 cm e da - 15° a - 30° di inclinazione di sguardo [König 2015].



**Figura.1** – Posizione di riferimento [Inail 2013].

Tutti i comportamenti sopracitati sono da applicarsi nei luoghi di lavoro, ma visto il largo impiego di dispositivi anche nella vita quotidiana è importante adottare delle accortezze. Mantenere sempre una distanza adeguata, ovvero 40 cm dal dispositivo, non utilizzarlo per lunghi periodi ininterrottamente, ma fare delle pause. Distogliere l'attenzione per una decina di minuti rilassando l'accomodazione distendendo lo sguardo. Mantenere una postura adeguata senza inclinare troppo il capo verso il basso a causa del peso eccessivo che si andrebbe a scaricare sulla colonna. Per i più piccoli e gli studenti è consigliato studiare su un piano inclinato che solleva il libro dal tavolo di 15°-20°; questo migliora decisamente la postura prevenendo molte disfunzioni visive.

### **2.3 Metodi di determinazione dell'addizione**

L'obiettivo di ridurre l'affaticamento visivo può essere in parte risolto migliorando l'ergonomia oppure tramite compensazione ottica per mezzo di un'addizione. La buona riuscita di un occhiale per il lavoro prossimale sta anche nella flessibilità del sistema visivo del soggetto; gli optometristi lo valutano sempre come "statico" perché lo analizzano in un particolare momento, ma che in realtà è dinamico. Si può minimizzare il rischio che la prescrizione non vada bene puntando sulla precisione dei metodi optometrici da utilizzare. Sono diversi i metodi che si possono adottare per prescrivere un'addizione, di seguito alcuni [Maffioletti 2004].

Può essere calcolata in relazione all'età; si parte dai 40-44 anni assegnando 0,75 D-1,00 D salendo gradualmente fino ad oltre i 60 anni con 2,25 D-2,50 D. Questo si applica ai presbiteri se si seguono queste fasce di età, ma visto che sempre più persone giovani la richiedono questo metodo non è da preferire. Si consiglia anche nel caso del soggetto presbitero di non dare per certi questi dati, ma di raffinare il valore soggettivamente.

Attraverso la schiascopia dinamica si può trovare un'ipotesi di addizione. Il soggetto guarda binocularmente una mira accomodativa posta a 40 cm con le lenti risultate dalla retinoscopia da lontano. Il professionista si sposta verso il soggetto o in direzione opposta per trovare il punto neutro con lo schiascopio. Si calcola il lag in base alla distanza a cui si è dal soggetto secondo la formula:  $lag = \frac{1}{0,40} - \frac{1}{\text{distanza trovata}}$ . Se il lag è molto maggiore della norma di 0,50 si può fare un'ipotesi di addizione data dalla differenza tra la norma e il lag calcolato.

Tramite la valutazione dell'ampiezza accomodativa è possibile stimare una possibile addizione. L'addizione dovrebbe essere tale da far esercitare al soggetto soltanto una parte della sua accomodazione in modo da lasciarne di riserva; gli approcci adottabili sono due. Il primo più "sostenibile" ideato da Hofstetter che prevede un utilizzo di accomodazione fino alla metà dell'ampiezza:  $Add = \frac{1}{\text{distanza di lavoro}} - \frac{AA}{2}$ . Il secondo, ideato da Giles prevede:  $Add = \frac{1}{\text{distanza di lavoro}} - \frac{2AA}{3}$ . Risulta chiaro che per poter applicare queste formule è necessario aver calcolato l'ampiezza accomodativa e aver indagato la distanza di lavoro che il soggetto intende adottare. Il valore trovato va quindi sommato alla correzione per lontano del soggetto precedentemente indagata.

Il metodo bicromatico per vicino è lo stesso adottato per il bicromatico da lontano. Il metodo può essere monocolare, bioculare o binoculare, ma sempre eseguito in ridotte condizioni d'illuminazione. Si pone il bicromatico alla distanza di lavoro del soggetto che lo osserva con la sua correzione da

lontano, si aggiunge un eccessivo positivo in modo da far riscontrare una netta preferenza sul rosso. Facendo osservare le lettere alla massima acuità visiva si diminuisce il positivo portando all'equalizzazione. Per mantenere un lag fisiologico è preferibile prescrivere la prima lente che dà una preferenza sul verde. Questo test può anche essere utilizzato come metodo di verifica di risultati ottenuti con altri metodi.

Il test dei cilindri crociati binoculari è molto efficace anche per soggetti giovani. Si svolge al forottero alla distanza di 40 cm binocularmente con le lenti del soggetto; si inserisce il cilindro crociato  $\pm 0,50$  D a  $90^\circ$  che induce un astigmatismo misto secondo regola. È consigliabile svolgere il test con un'illuminazione ridotta; in quanto la miosi che si genera in condizioni di luce potrebbe compensare lo sfuocamento del JCC, impedendo la discriminazione di differenze di nitidezza [Maffioletti 2004]. La mira adottata è la carta di Jacques. Si inserisce una quantità di positivo tale che la mira sia vista con le linee verticali più nere, ciò sta a significare che il piano di focalizzazione è posto anteriormente alla retina [Rossetti 2003]. Il positivo aggiunto può anche arrivare alle + 3,00 D in caso di soggetti anziani. Si riduce binocularmente il positivo chiedendo ad ogni cambiamento quali linee risultino più nere, più nitide e più marcate. Il test si conclude quando il soggetto riferisce l'uguaglianza delle righe verticali e orizzontali. La lente che dà l'equalizzazione dovrebbe essere quella più adatta per l'addizione.

Il bilanciamento tra ARP e ARN può essere un altro metodo di determinazione dell'addizione. Entrambi i test si svolgono a 40 cm con la lente controllo data dal soggetto e come mira una carta ridotta di Snellen. L'ARP consiste nel ridurre il positivo fino ad annebbiamento totale e si registra il dato di positivo tolto, mentre l'ARN consiste nel ridurre il negativo fino ad annebbiamento totale e prolungato registrando come dato il totale di negativo tolto con segno positivo. L'ipotesi di addizione risulta dalla differenza in valore assoluto tra le due accomodazioni relative il tutto diviso due.

La verifica dell'addizione trovata può essere fatta nello spazio libero mediante l'intervallo di visione nitida (IVN). Il test consiste nel fare osservare al soggetto che indossa l'addizione trovata, un ottotipo con valore di acuità visiva circa 2/10 inferiori rispetto al massimo raggiungibile. Gli si chiede di avvicinare l'ottotipo fino a sfuocamento, ripetendo la procedura con l'allontanamento. I due valori trovati rappresentano lo spazio nel quale il soggetto riesce a utilizzare la sua correzione. In relazione al lavoro che deve svolgere si può verificare se la correzione può andare bene oppure è da rivedere [Maffioletti 2004].

Se il soggetto è molto giovane e lamenta astenopia nel prossimale un secondo metodo di verifica può essere verificare la foria alla distanza di lavoro a cui il soggetto intenderà lavorare con l'addizione trovata. Se la foria si avvicina maggiormente ai valori di norma la sua condizione di astenopia migliorerà. Ulteriormente, si può verificare la validità dell'addizione ripetendo il test del flipper accomodativo binoculare. Se la difficoltà di esecuzione è minore rispetto alla condizione senza addizione la correzione migliorerà lo stato visivo del soggetto.

Solo una volta determinata l'addizione, passaggio ordinario, ma comunque fondamentale, si può procedere alla creazione dell'ausilio visivo che va scelto in base alle esigenze del soggetto. Ci sono diverse soluzioni adottabili come l'occhiale multifocale, monofocale o lenti a contatto.

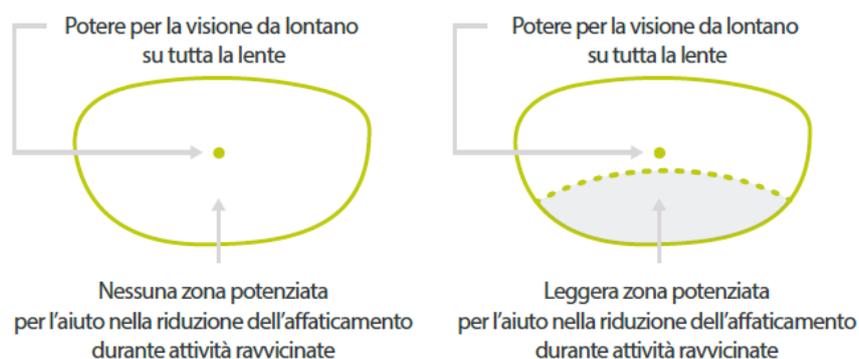
## **2.4 Lenti a supporto accomodativo**

Dal momento che questa tesi intende analizzare le esigenze visive della vita moderna ho voluto presentare un'alternativa oftalmica, moderna, per minimizzare i sintomi da CVS. Esistono diverse soluzioni adottabili: la più semplice è la lente monofocale con la sola correzione per vicino che permette al soggetto una visione più confortevole per la distanza desiderata. Prima del passaggio alle lenti progressive c'è uno stadio intermedio dato dalle lenti a supporto accomodativo. Questo tipo di lente è perfetta per tutte quelle

persone, in particolare giovani, che usano per molte ore i dispositivi digitali come analizzato in precedenza. Il beneficio che danno è di “aiutare” il sistema visivo facendolo affaticare di meno proprio grazie all’addizione integrata nella lente.

Per indagare al meglio questo tipo di lente sono state contattate due aziende leader del settore, le quali hanno fornito del materiale tecnico riguardante la loro tipologia di lente a supporto accomodativo.

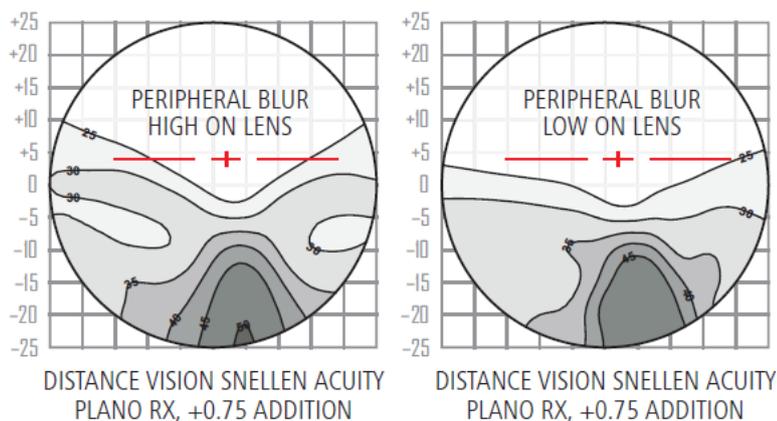
La prima azienda produttrice ha condotto degli studi per verificare i benefici delle proprie lenti. La parte inferiore della lente permette ai muscoli intrinseci oculari di essere più rilassati aiutando la visione; essa potrà quindi essere esercitata per maggior tempo, senza dare i precedenti sintomi di affaticamento nel lavoro prossimale. Questo tipo di lente è consigliata a tutti coloro che fanno ampio uso di dispositivi digitali quindi, non solo a chi è già portatore di occhiali [Dobisch 2018]. Di fatto il supporto accomodativo è una lente progressiva caratterizzata da una bassa addizione. Sono lenti composte da una zona potenziata nella parte bassa della lente anche se la maggior parte della superficie è dedicata alla zona per lontano.



**Figura. 2** – Descrizione di una lente a supporto accomodativo.

L’azienda propone questa lente con tre addizioni crescenti in base alla frequenza dei sintomi e all’età del soggetto; per età 13-25 anni è consigliata l’addizione minore (+ 0,57 D), da 25-35 anni quella intermedia (+ 0,95 D) e infine, fino ai 45 anni la maggiore (+ 1,32 D). Questi dati devono essere per il professionista solo indicativi infatti, non precludono un esame optometrico completo per i soggetti interessati a questo tipo di lenti [Dobisch 2018].

La seconda azienda propone questo tipo di lente sotto diverso nome e con piccole diversità. È una lente progressiva a bassa addizione con l'obiettivo di mantenere la visione più naturale possibile. L'inizio della progressione di potere è stato abbassato rispetto alla zona per visione da lontano; questo per garantire una esperienza visiva migliore, per la visione a distanza, che simuli quella della monofocale. Inoltre, la fine del potere progressivo è stata sollevata rispetto alla zona per il vicino per poter accedere più facilmente all'addizione. Il design di questa lente è stato raggiunto comprimendo la lunghezza della zona intermedia per valorizzare la zona utilizzata per vicino. La zona intermedia in questa lente non è strettamente necessaria perché la bassa addizione permette la focalizzazione fino ad un raggio di 80 cm. Il range di addizioni con cui queste lenti vengono costruite è da + 0,50 D a + 1,25 D. In Figura.3 viene mostrata la differenza di geometria tra la lente appena descritta (a destra) e una di comparazione (a sinistra).



**Figura.3** – Descrizione lente a supporto accomodativo.

La lente descritta è stata anche testata dall'azienda su 49 soggetti pre-presbinti, 41 dei quali avevano già sperimentato affaticamento visivo. Dopo due settimane con le lenti, il 46% dei soggetti afferma di non aver mai sperimentato affaticamento visivo e la facilità accomodativa è notevolmente migliorata, in particolare raddoppiata, rispetto a quando indossavano la loro correzione abituale. Con questo tipo di lente e un'esatta prescrizione le aberrazioni ottiche, che riducono la qualità dell'immagine, sono praticamente eliminate rispetto ad una progressiva tradizionale [Meister 2013].

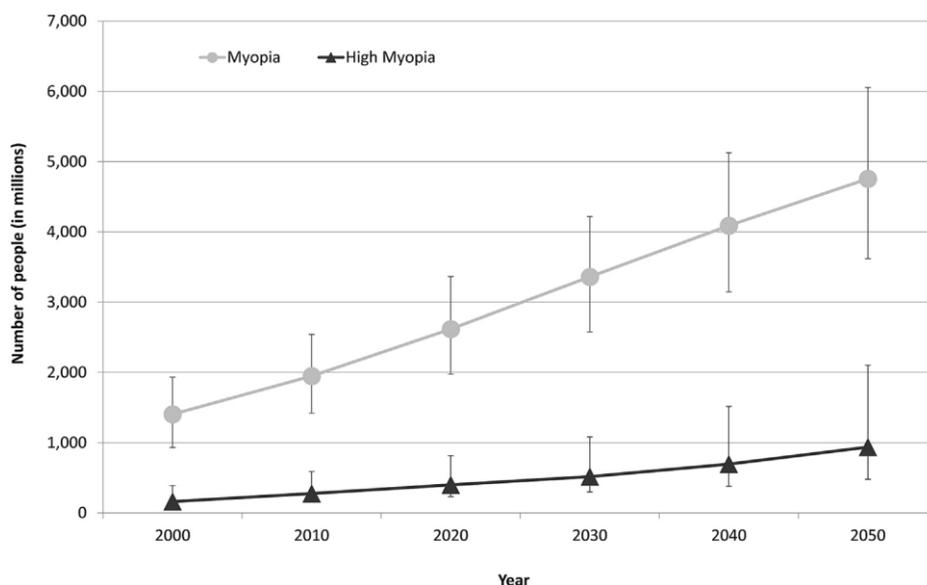
Il centraggio della lente è affidato all'ottico che assembla la lente alla montatura, anch'esso parte fondamentale della riuscita dell'occhiale. Infatti, se tutto è fatto correttamente il soggetto sarà soddisfatto del suo occhiale e del beneficio che ne ricava; altrimenti a causa di effetti prismatici dovuti a un decentramento, oppure ad una sbagliata scelta dell'addizione, l'occhiale non sarà tollerato.

Uno studio ha indagato l'efficacia delle lenti a supporto accomodativo [Yammouni 2020]. Il campione è composto da 107 partecipanti, il 36% maschi, l'età media è di  $31 \pm 5$  (range selezionato 20-40 anni). Si è indagato se una bassa addizione potesse velocizzare la lettura e si è registrato che il 19% legge più velocemente con + 0,50 D, il 51% con + 0,75 D e il 18% con + 1,25 D. L'addizione di + 0,75 D sembra essere la più performante in particolare nella fascia di età 26-30 anni questo perché probabilmente dà un maggior ingrandimento e chiarezza rispetto all'addizione subito inferiore. La distanza di lavoro a cui sono state testate le lenti variava da 40-110 cm, quindi prendendo una distanza media di 80 cm un'addizione di + 1,25 D sarebbe potuta risultare troppo elevata per il gruppo di soggetti in questione.

## CAPITOLO III

### 3.1 La progressione miopica e l'effetto del positivo da vicino

Uno studio presentato nel capitolo precedente presentava una possibile correlazione tra insorgenza/progressione della miopia e l'uso di dispositivi digitali da parte dei più giovani; è quindi lecito chiedersi che rapporto può esistere tra i due fattori. L'eziologia della miopia è multifattoriale, il che comprende fattori genetici, etnici, ambientali e comportamentali. Il continuo uso che viene fatto di smartphone e schermi digitali può essere un rischio per l'insorgenza della miopia o per la sua progressione; specialmente nella nuova generazione. Si stima che la prevalenza di miopia e di elevata miopia crescerà molto nel tempo fino ad arrivare rispettivamente a 5 ed a 1 miliardi di persone nel 2050 come illustrato in Figura.4.

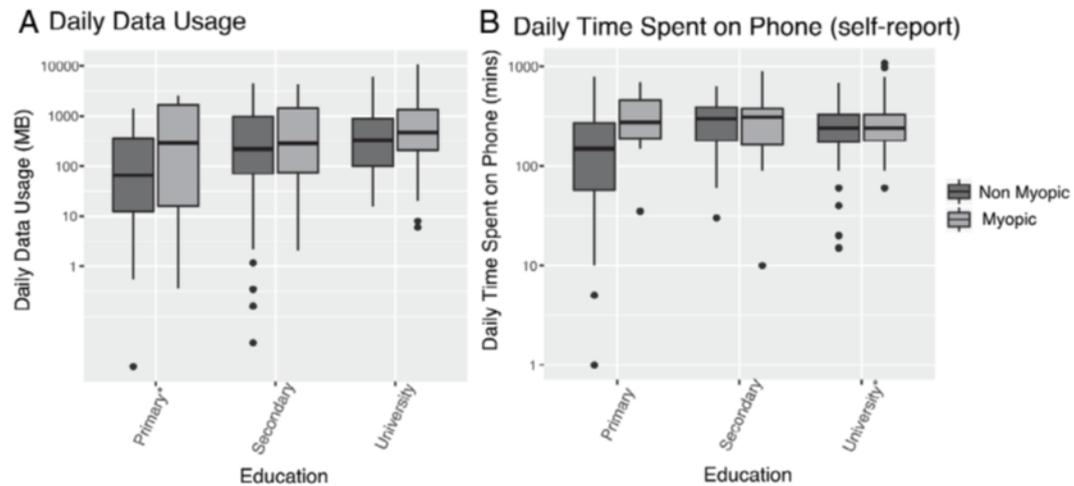


**Figura.4** – Holden *et al.* Global Myopia Trends 2000 e 2050 [Holden 2016].

Uno dei fattori che portano all'aumento della prevalenza sembrerebbe essere lo stile di vita infatti, una diminuzione del tempo passato all'aperto con alta illuminazione e l'aumento delle attività prossimali sembrerebbero essere fattori determinanti [Holden 2016].

Uno studio ha indagato su diverse classi della scuola primaria ( $n = 87$ ), secondaria ( $n = 130$ ) e dell'università ( $n = 201$ ) per un totale di 418 soggetti di età media  $16,8 \pm 4,4$ . Il 34% è portatore di occhiali per miopia, di cui la

maggior parte ha cominciato a portarli verso l'undicesimo anno di età. Lo studio si è basato sui dati refrattivi di ogni persona e su un questionario di autovalutazione sull'uso del proprio telefono. La Figura.5 evidenzia come ci sia una differenza significativa nel tempo passato al telefono tra miopi e non.



**Figura.5** – Riguardante il tempo passato allo smartphone [McCrann 2020].

Quindi, sembra essere emersa un'associazione tra l'aumento di utilizzo degli smartphone e la miopia [McCrann 2020].

L'emmetropizzazione è il processo che porta alla riduzione dell'ipermetropia con l'età, a 6 anni avere un'ipermetropia minore di + 1,25 D può portare a sviluppare miopia. La comparsa della miopia spesso si ha dai 6-8 anni di età. Essa cresce di circa 0,50 D/anno fino ai 16 anni di età per gli Occidentali, di 1,00 D/anno per gli Asiatici. Questa differenza è dovuta alla diversa educazione presente nelle diverse aree geografiche infatti, gli Asiatici incoraggiano i figli nello studio e quindi nel lavoro prossimale, mentre gli Occidentali danno importanza anche alle attività all'aperto. Infine, lo studio associa il lavoro prossimale alla miopia in quanto ne può aumentare la prevalenza [Huang 2015].

Gli esami significativi che evidenziano il profilo del miope sono [Mutti 2017]:

- AC/A elevato;
- Lag accomodatvo elevato;
- Flessibilità accomodativa ridotta.

Ritengo l'approccio oftalmico alla progressione miopica un punto critico per evitare ulteriori danni alle nuove generazioni; esso può comportare diversi trattamenti. Le lenti a visione singola sembrano essere state dimostrate non efficienti perché la miopia aumenta ugualmente di 0,50 D per gli Occidentali e di 1,00 D per gli Asiatici [Donovan 2012].

La sottocorrezione è stata testata da uno studio su 48 bambini miopi dai 6 ai 15 anni, 23 dei quali corretti pienamente per la loro miopia, i restanti 25 sottocorretti di + 0,50 D. Sono stati programmati 3 follow-up ai 6 mesi, 12 mesi e 18 mesi dall'inizio dello studio; nei bambini sottocorretti si è registrato un incremento significativo ( $p\text{-value} > 0,05$ ) di progressione della miopia di 0,17 D, rispetto alla popolazione non sottocorretta. Questa leggera tendenza alla progressione miopica è stata osservata anche nei bambini con esoforia da vicino. Di fatto una sottocorrezione di miopia per la distanza equivale ad avere un potere positivo per la visione prossimale. Questo trattamento sembrerebbe essersi dimostrato inefficace [Alder 2006].

Non ci sono quindi evidenze scientifiche che suggeriscano un controllo della progressione miopica da parte della sottocorrezione attraverso la lente a visione singola. Restano più utili nel rallentare la progressione miopica: lenti bifocali executive, lenti progressive a canale corto, ortocheratologia o un trattamento farmacologico con atropina [Vagge 2018][Tay 2017].

È stato condotto uno studio su 135 bambini (73 femmine e 62 maschi) con età 8-13 anni (età media  $10,29 \pm 0,15$  anni) e una progressione miopica di almeno 0,50 D nel precedente anno. Hanno utilizzato come gruppo controllo 41 soggetti portatori di lenti a visione singola, confrontandoli con 48 soggetti portatori di bifocali executive con addizione + 1,50 D, analizzandone così l'efficacia nel corso di tre anni. L'incremento di miopia nei tre anni analizzati dallo studio è stato in totale di  $- 2,06 \pm 0,13$  D e  $- 1,25 \pm 0,10$  D rispettivamente con lenti a visione singola e bifocali executive. Con lenti bifocali si ha una progressione media di  $- 0,81$  D ( $p\text{-value} < 0,001$ ) minore rispetto alle lenti a visione singola. Inoltre, il tipo di lente sembra avere

un'influenza positiva (p-value = 0,002) anche sulla lunghezza assiale infatti, l'allungamento medio del bulbo nei tre anni risulta essere  $0,82 \pm 0,05$  mm per le lenti a visione singola e di  $0,57 \pm 0,07$  mm per i bifocali executive. Questo studio sembra aver dimostrato l'efficacia delle lenti bifocali per il trattamento della progressione miopica in bambini Candadesi e Asiatici [Cheng 2014].

Per quanto riguarda l'efficacia delle lenti progressive, questa è stata testata in un altro studio. È stato preso un campione di 92 bambini Giapponesi dai 6-12 anni con un errore refrattivo da  $-1,25$  D a  $-6,00$  D e astigmatismo minore di  $1,50$  D. Il campione è stato diviso in due parti uguali: il primo gruppo per i primi 18 mesi ha indossato lenti progressive (con addizione di  $+1,50$  D) seguiti da altri 18 mesi di lenti a visione singola. Il secondo gruppo ha portato per tempi uguali prima le lenti a visione singola e poi le progressive; entrambi i gruppi sono stati seguiti per 3 anni. Il valore medio di progressione miopica nel primo periodo è stato di  $0,89 \pm 0,06$  D e  $1,20 \pm 0,08$  D rispettivamente nel gruppo 1 e 2; nel secondo periodo la differenza è insignificante (rispettivamente  $0,94 \pm 0,07$  D e  $0,92 \pm 0,07$  D). L'effetto del trattamento con lenti progressive è clinicamente basso, ma comunque efficace. Questo evidenzia come il porto di lenti progressive sia migliore delle lenti a visione singola nel prevenire la progressione miopica [Hasebe 2008]. Anche le lenti occupazionali sono di fatto delle progressive, quindi sarebbe interessante e molto utile produrre ricerca per indagare se questo tipo di lente potrebbe avere un ruolo nel rallentamento della progressione miopica.

### **3.2 Il trattamento della CVS**

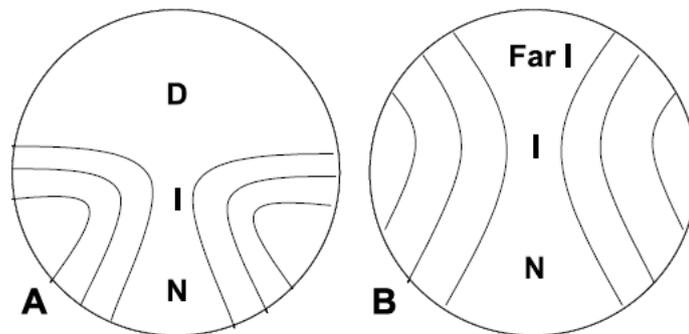
Per concludere il resoconto riguardante la CVS rimangono da affrontare tutti i possibili trattamenti oftalmici volti a minimizzarne il discomfort. Un potenziale trattamento della Computer Vision Syndrome può essere suddiviso in tre principali aree di azione [Rosenfield 2011]:

- Anomalie refrattive e accomodative: un'ametropia non corretta può portare a sintomi astenopici più intensi. Si presume inoltre, che la domanda accomodativa al videoterminale sia superiore ad una normale attività "su carta". È importante quindi indagare l'acuità visiva con la correzione migliore, l'errore refrattivo, il lag accomodativo, l'ampiezza accomodativa, la facilità accomodativa e ARP/ARN. Questi test svolti al meglio e considerate le esigenze del soggetto, permettono di individuare la miglior soluzione ottica.
- Anomalie di vergenza: anche questo tipo di anomalie può determinare una difficoltà nel mantenere una visione nitida e singola sullo schermo digitale. È necessario indagare le facilità di vergenza e le riserve del soggetto al fine di migliorare la sua condizione.
- Occhio secco: per alleviare i sintomi si predispone un'educazione per il paziente, ma anche il miglioramento delle condizioni ambientali come il controllo dell'aria condizionata. Si può agire con delle gocce, raccomandando di idratarsi più spesso, istruendolo ad ammiccamenti completi e più frequenti.

Per ciò che riguarda le soluzioni ottiche la più semplice è la lente monofocale, particolarmente adatta ai giovani, ma anche ai presbiteri. Questi ultimi però, non devono avere necessità visive per più di una distanza in quanto il potere di questa lente è il medesimo in tutta la superficie. Solitamente, i lavoratori presbiteri la scartano se il loro lavoro che svolgono è un minimo dinamico per la scomodità di dover continuamente togliere e mettere l'occhiale. Il vantaggio della monofocalità è la visione nitida, per una certa distanza, in ogni punto della lente; questo non porta il soggetto a cambiare la sua postura durante l'uso di questa lente. Sembra essere una soluzione valida in grado di ridurre la sintomatologia da CVS [Horgen 2004].

Proprio per i soggetti presbiteri le lenti occupazionali possono essere uno dei validi ausili adottabili. Sono lenti progressive costruite per soddisfare le

esigenze delle attività da svolgersi in ambienti chiusi, soprattutto di lavoro. Hanno il vantaggio rispetto alle monofocali di rendere la visione nitida alle distanze solitamente più utilizzate negli uffici e a computer, ovvero le distanze brevi e intermedie. Le zone aberrate che si vengono a creare con qualsiasi lente progressiva sono disposte più in alto rispetto ad una progressiva tradizionale dal momento che la zona della lente più utilizzata nel lavoro d'ufficio è quella inferiore inoltre, sono anche di magnitudo minore. Il canale di progressione di una lente occupazionale (A) è più largo di una lente progressiva (B) perché non permette la visione a distanza (Figura.6).



**Figura.6** – Differenza tra lente occupazionale e progressiva.

In questo tipo di lenti si ha quindi una degressione di potere. Tra i vari designs esistenti va scelto quello che più si adatta alle esigenze del soggetto [Sheedy 2005]. Uno studio ha indagato su un campione di 23 soggetti presbiti, di età media  $55 \pm 4$ , l'efficacia di lenti occupazionali e progressive tradizionali in un normale contesto lavorativo. Il carico di peso sul collo si è dimostrato essere maggiore con le progressive tradizionali, causando sintomi muscoloscheletrici infatti, l'inclinazione della testa con lenti occupazionali è risultata essere più bassa di  $2,3^\circ$ , quindi più naturale, rispetto alle progressive. In generale la visione al monitor è considerata migliore con le lenti occupazionali [Jaschinski 2015].

È stato condotto uno studio comparando l'efficacia di lenti a visione singola, progressive per le distanze brevi e intermedie e infine progressive tradizionali. Lo studio si è servito di 40 soggetti per ogni tipologia di lente, è stato somministrato un questionario durante lo studio, ma sono anche stati

condotti esami optometrici. La progressiva per brevi e intermedie distanze si è rivelata essere migliore, nel ridurre la sintomatologia di CVS, rispetto alla progressiva tradizionale anche se tutti i soggetti testati hanno avuto in ogni caso una riduzione dei sintomi [Horgen 2004].

Anche la progressiva tradizionale (che copre tutte le distanze) può essere presa in considerazione. Se il lavoro al computer occupa molte ore della giornata, può essere utile prendere in considerazione soluzioni migliori di lenti che abbiano una zona dedicata alla visione da vicino più ampia, per avere un maggior campo visivo disponibile. Uno studio ha indagato i diversi effetti causati delle diverse tipologie di lenti nella CVS. È stato sottoposto un questionario a fine giornata lavorativa a 175 partecipanti portatori di occhiali. L'età media è di  $52,0 \pm 6,7$  anni e sono state analizzate le loro postazioni di lavoro e l'ergonomia (Figura.7).

	1	2	3	4	5
	General purpose PALs	Computer vision PALs	Computer vision bifocal	Single far-vision lenses	Single near-vision lenses
Number of participants	85	13	2	41	34
Age (years)	$54.0 \pm 4.5$	$56.4 \pm 3.4$	$50.4 \pm 0.7$	$44.2 \pm 4.3$	$52.5 \pm 6.8$
Head inclination (deg)	$17.4 \pm 9.2$ (n = 39)	$12.6 \pm 4.0$ (n = 5)	18.1 n = 1	$10.3 \pm 6.1$ (n = 14)	$10.6 \pm 9.4$ (n = 10)
Gaze inclination (deg)	$-22.3 \pm 15.7$ (n = 39)	$-15.3 \pm 0.9$ (n = 5)	-24.9 n = 1	$-19.0 \pm 7.1$ (n = 14)	$-20.4 \pm 4.3$ (n = 10)

**Figura.7** – Postura durante il lavoro analizzata nei diversi gruppi.

L'inclinazione della testa è data dall'angolo identificato dalla linea orecchio-occhio rispetto ad una linea orizzontale; tanto positivo è il valore dell'angolo più eretta sarà l'inclinazione della testa. Non possono essere presi in considerazione i gruppi 2 e 3 per il basso numero di soggetti. L'inclinazione della testa dei portatori di lenti progressive (gruppo 1) è più elevata rispetto alle lenti a visione singola, la postura quindi risulta più corretta nel gruppo 1 [Jaschinski 2015(1)].

Infine, un'ulteriore possibilità già affrontata sono le lenti a supporto accomodativo che sempre di più incuriosiscono i soggetti più giovani e li

aiutano nella riduzione dei sintomi da affaticamento visivo come già dimostrato precedentemente.

## CONCLUSIONI

Per concludere, i sintomi da Computer Vision Syndrome (CVS) hanno sicuramente una ripercussione sulla produttività delle persone e provocano disagio. È importante non sottovalutare i sintomi e rivolgersi ad un professionista nel caso in cui questi si dovessero manifestare in maniera importante. Sarà compito dell'optometrista svolgere un adeguato esame optometrico dello stato refrattivo, della funzione accomodativa e delle vergenze; se necessario richiederà un parere medico. La tesi ha evidenziato come una particolare attenzione alle regole ergonomiche può essa stessa migliorare la condizione di discomfort da CVS. È importante mantenere un'adeguata distanza dai dispositivi, rilassare l'accomodazione periodicamente durante l'attività prossimale e apportare degli accorgimenti alla postazione di lavoro. Nel caso in cui si decida anche una soluzione ottica questa deve essere scelta tenendo conto delle esigenze del soggetto. Le opportunità di scelta sono molteplici: per i giovani può essere efficace l'occhiale monofocale o, se si desidera un solo occhiale multifunzionale, le lenti a supporto accomodativo sono la scelta migliore che si è dimostrata molto valida a seguito dei diversi studi presentati. Per i presbiteri sono da considerare le lenti occupazionali o progressive; per i giovani presbiteri anche le lenti a supporto accomodativo. Qualunque sia la scelta è importante che risponda il più possibile alle esigenze del soggetto, il compito del professionista è anche quello di guidare il soggetto nella scelta.

Per ciò che riguarda la correlazione tra miopia e l'uso di dispositivi; i diversi studi citati presentano una probabile relazione causale. In questo ambito si sono rivelate efficaci soluzioni oftalmiche come le lenti bifocali executive e le progressive; vengono invece sconsigliate per il rallentamento della progressione miopica le lenti a visione singola e la sottocorrezione.

La presente tesi ha quindi affrontato tutti gli aspetti che mi ero prefissata di approfondire e indagare; ottenendo risposte che possono essere utili nel trattamento di soggetti con sintomi di CVS.

## **BIBLIOGRAFIA**

[Alder 2006] Daniel Alder, Michel Millodot; The possible effect of undercorrection on myopic progression in children; Clinical and Experimental Optometry; 2006.

[Altalhi 2020] Altalhi A., Khayyat W., Khojah O.; Computer Vision Syndrome Among Health Sciences Students in Saudi Arabia: Prevalence and Risk Factors; 2020.

[Bucci 1993] Massimo G. Bucci; Oftalmologia; Società Editrice Universo; 1993; pp. 225-230, 593-595.

[Burns 2018] David H. Burns, Peter M. Allen, David F. Edgdar, Bruce J. W. Evans; A Review of Depth of Focus in Measurement of the Amplitude of Accommodation; 2018.

[Burns 2019] David H. Burns, Peter M. Allen, David F. Edgdar, Bruce J. W. Evans; Sources of error in clinical measurement of the amplitude of accommodation; Journal of Optometry (2019).

[Cheng 2014] Desmond Cheng, George C.Woo, Bjorn Drobe, Katrina L. Schmid; Effect of Bifocal and Prismatic Bifocal Spectacles on Myopia Progression in Children Three-Year Results of a Randomized Clinical Trial; JAMA Ophthalmol; 2014.

[Dobisch 2018] Elke Dobisch, Dott.ssa Natalia Vlasak; Affaticamento visivo causato dai dispositivi digitali. La soluzione che incuriosisce i clienti; Hoya; 2018.

[Donovan 2012] Leslie Donovan, Padmaja Sankaridurg, Arthur Ho, Thomas Naduvilath, Earl L. Smith and Brien A. Holden; Myopia Progression Rates

in Urban Children Wearing Single-Vision Spectacles; *Optometry and Vision Science*; 2012.

[Golebiowski 2019] Blanka Golebiowski, Jennifer Long, Kirsten Harrison, Abigail Lee, Ngozi ChidiEgboka & Lisa Asper; Smartphone use and effects on tear film, blinking and binocular vision; *Current Eye Research*; 2019.

[Gowrisankaran 2015] Sowjanya Gowrisankaran, James E. Sheedy; Computer vision syndrome: A review; 2015.

[Hasebe 2008] Satoshi Hasebe, Hiroshi Ohtsuki, Takafumi Nonaka, Chiaki Nakatsuka, Manabu Miyata, Ichiro Hamasaki, and Shuhei Kimura: Effect of Progressive Addition Lenses on Myopia Progression in Japanese Children: A Prospective, Randomized, Double-Masked, Crossover Trial; *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; Vol. 49, No. 7; 2008.

[Holden 2016] Brien A. Holden, Timothy R. Fricke, David A. Wilson, Monica Jong; Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050; *American Academy of Ophthalmology*; 2016.

[Horgen 2004] Gunnar Horgen, Arne Aarås And Magne Thoresen; Will Visual Discomfort among Visual Display Unit (VDU) Users Change in Development When Moving from Single Vision Lenses to Specially Designed VDU Progressive Lenses?; *Optometry And Vision Science*; 2004.

[Huang 2015] Hsiu-Mei Huang, Dolly Shuo-Teh Chang, Pei-Chang Wu; The Association between Near Work Activities and Myopia in Children—A Systematic Review and Meta-Analysis; 2015.

[Ichhpujani 2019] Parul Ichhpujani, Rohan Bir Singh, William Foulsham, Sahil Thakur, Amtoj Singh Lamba; Visual implications of digital device usage in school Children: a cross-sectional study; BMC Ophthalmology; 2019.

[Inail 2013] Nicoletta Todaro; La postazione al videoterminale; Inail, Sicurezza sul lavoro; 2013.

[Jaiswal 2019] Jaiswal, Asper, Long et al.; Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know; Clinical and Experimental Optometry; 2019.

[Jaschinski 2015(1)] Wolfgang Jaschinski, Mirjam König, Tiofil M. Mekontso, Arne Ohlendorf, Monique Welscher; Computer vision syndrome in presbyopia and beginning presbyopia: effects of spectacle lens type; Clinical and Experimental Optometry; 2015.

[Jaschinski 2015] Wolfgang Jaschinski, Mirjam König, Tiofil M Mekontso, Arne Ohlendorf, Monique Welscher; Comparison of progressive addition lenses for general purpose and for computer vision: an office field study; Clin Exp Optom; 2015.

[Kenneth] Kenneth K. Hansraj, Md; Assessment of Stresses in the Cervical Spine Caused by Posture and Position of the Head; New York Spine Surgery & Rehabilitation medicine; Surgical Technology International xxv.

[König 2015] Mirjam König Dipl-Ing, Claudia Haensel, Wolfgang Jaschinski; How to place the computer monitor: measurements of vertical zones of clear vision with presbyopic corrections; Clinical and Experimental Optometry; 98: 244–253; 2015.

[Koslowe 2014] Koslowe K, Glassman T, Tzanani-Levi C, Shneur E.; Accommodative Amplitude Determination: Pull-away versus Push-up Method; Optometry & Vision Development; 2014.

[Leon 2012] Leon A, Medrano S, Rosenfield M. A comparison of the reliability of dynamic retinoscopy and subjective measurements of the amplitude of accommodation. Ophthalmic Physiol Opt.2012;133-141.

[Lodin 2012] Camilla Lodin, Mikael Forsman, Hans Richter; Eye- and neck/shoulder-discomfort during visually demanding experimental near work; 2012.

[Maffioletti 2004] Silvio Maffioletti, La verifica e la valutazione optometrica dell'attività visiva prossimale; Riv It Optom; 2004; vol 27; n.1.

[Maffioletti, 2007] Silvio Maffioletti, Ivan Piacentini; Le abilità accomodative nell'analisi visiva integrata; Tecnologia; Il Mondo dell'Ottica; n°31/2007.

[McCrann 2020] Saoirse McCrann, James Loughman, John S Butler, Nabin Paudel, Daniel Ian Flitcroft; Smartphone use as a possible risk factor for myopia; Clinical and Experimental Optometry; 2020.

[Meister 2013] Darryl Meister; A New Pre-progressive Lens Designed for Digital Eye Strain; Zeiss; 2013.

[Momeni-Moghaddam 2014] Momeni-Moghaddam; Comparing measurement techniques of accommodative amplitudes; 2014.

[Mowatt 2017] Lizette Mowatt, Carron Gordon, Arvind Babu Rajendra Santosh, Thaon Jones; Computer vision syndrome and ergonomic practices

among undergraduate university students; *Int J Clin Pract.*; John Wiley & Sons; 2017.

[Mutti 2017] Donald O. Mutti, G. Lynn Mitchell, Lisa A. Jones-Jordan; The Response AC/A Ratio Before and After the Onset of Myopia; *Invest Ophthalmol Vis Sci*; vol.58 n°3; 2017.

[Mylona 2020] Ioanna Mylona, Emmanouil S. Deres, Georgianna-Despoina S. Dere, Ioannis Tsinopoulos, Mikes Glynatsis; The Impact of Internet and Videogaming Addiction on Adolescent Vision: A Review of the Literature; 2020.

[Pollock 1989] Pollock J. Accommodation measurement-clear or blurred? ;1989.

[Ranasinghe 2016] P. Ranasinghe, W. S. Wathurapatha, Y. S. Perera, D. A. Lamabadusuriya, S. Kulatunga, N. Jayawardana and P. Katulanda; Computer vision syndrome among computer office workers in a developing country: an evaluation of prevalence and risk factors; *BMC Res Notes* (2016) 9:150.

[Rosenfield 2011] Mark Rosenfield; Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments; *Ophthalmic & Physiological Optics*; 2011.

[Rossetti 2003] Anto Rossetti, Pietro Gheller; *Manuale di Optometria e Contattologia*; Zanichelli; 2003; pp. 70-71, 83-89, 172-173, 288-290.

[Rossetti 2008] Anto Rossetti, Renato Battistin, Sergio Cappa et al.; *Lenti&Occhiali Un manuale di ottica oftalmica*; Medical Books; 385-389; 2008.

[Rouse 1990] Rouse MW, Ryan JM.; The optometric examination and management of children; 1990.

[Rutstein 1993] Robert P. Rutstein, Patti D. Fuhr, Janet Swiatocha; Comparing the amplitude of accommodation determined objectively and subjectively; Optometry and Vision Science; Vol.70, N.6, pp. 496-500; 1993.

[Sánchez-Brau 2020] Mar Sánchez-Brau, Begoña Domenech-Amigot, Francisco Brocal-Fernández, Jose Antonio Quesada-Rico and Mar Seguí-Crespo; Prevalence of Computer Vision Syndrome and Its Relationship with Ergonomic and Individual Factors in Presbyopic VDT Workers Using Progressive Addition Lenses; Int. J. Environ. Res. Public Health 2020.

[Scheiman 2002] Mitchell Scheiman, Bruce Wick; Clinical Management of Binocular Vision; Wolters Kluwer; 2002.

[Sheedy 2005] James E. Sheedy and Raymond F. Hardy; The optics of occupational progressive lenses; Issue Highlight; 2005.

[Tay 2017] Ann Tay, Sonal Farzavandi & Donald Tan; Interventions to Reduce Myopia Progression in Children; Strabismus; 2017.

[Vagge 2018] Aldo Vagge, Lorenzo Ferro Desideri, Paolo Nucci, Massimiliano Serafino, Giuseppe Giannaccare and Carlo E. Traverso; Prevention of Progression in Myopia: A Systematic Review; Diseases; 2018.

[Yammouni 2020] Robert Yammouni, Bruce JW Evans; An investigation of low power convex lenses (adds) for eyestrain in the digital age (CLEDA); Journal of Optometry; 2020.