Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"

Laurea triennale in Ottica e Optometria

Presbiopia: fattori che influenzano l'insorgenza

Relatori:
Prof. Michele Gagliardi

Candidato:
Alessandra Guerriero
Matricola M44000531

A.A. 2019/2020

INDICE.....1

Ringraziamenti.....3

Introduzione.....4

CAPITOLO 1: IL PROCESSO ACCOMODATIVO.....5

1.1 Definizione.....5
1.2 Strutture coinvolte.....5
1.3 Componenti dell'accomodazione.....6
1.4 La triade prossimale.....8
1.5 La percezione binoculare.....9
1.6 Accomodazione e ametropia.....11

CAPITOLO 2: LA VALUTAZIONE OPTOMETRICA.....12

2.1 Anamnesi.....12
2.2 Esame delle funzioni visive.....13
2.2.1 Acuità spaziale.....13
2.2.2 Sensibilità al contrasto.....14
2.2.3 Percezione cromatica.....15
2.2.4 Campo visivo.....15
2.3 Refrazione oggettiva.....16
2.3.1 Schiascopia statica.....17
2.3.2 Schiascopia dinamica.....18
2.4 Refrazione soggettiva.....19
2.4.1 Accomodazione 19
2.4.2 Refrazione soggettiva prossimale.....21
2.4.3 Bilanciamento.....22
2.5 Binocularità.....23
2.5.1 Stereopsi, percezione simultanea e fusione.....23
2.5.2 Eteroforie.....23

CAPITOLO 3: IL SOGGETTO PRESBITE.....24

3.1 Definizione.....24
3.2 Teorie sulla presbiopia.....26
3.3 Insorgenza.....27
3.3.1 Prolungata attività prossimale.....28
3.3.2 Il fattore geografico.....28
3.3.3 Il fattore nutrizionale e di salute.....32
3.3.4 Il fattore di genere.....33

CAPITOLO 4: LA CORREZIONE OFTALMICA.....34

4.1 Lenti bifocali.....34
4.2 Lenti trifocali.....36
4.3 Lenti progressive.....36
4.4 Posizionamento lenti e centraggio.....38

Conclusioni.....39

Bibliografia e sitografia.....40

Ringraziamenti

In questo momento storico così complesso, un traguardo così importante non può che apparirmi come un piccolo spiraglio di luce. I miei primi ringraziamenti sono indirizzati al professor *Michele Gagliardi*, docente attento che mi ha seguita e supportata nella stesura dell'elaborato, nonostante le notevoli difficoltà dovute all'emergenza sanitaria. Un altro ringraziamento è per i docenti che ho incontrato nel mio percorso universitario, i quali hanno contribuito alla mia crescita culturale e personale. Un forte ringraziamento va a coloro che mi hanno resa la giovane donna che sono oggi: i miei genitori, *Antonietta* e *Giuseppe*, e le mie sorelle, *Antonella e Rita*. I primi, col duro lavoro e tanti sacrifici hanno permesso, alle mie sorelle prima e a me, poi, di intraprendere e portare a termine il percorso di studi, dispensando consigli e affetto. Genitori dolci e sempre presenti, mi hanno dato la possibilità di gettare le basi per la mia carriera. Accanto ai miei genitori ci sono le mie sorelle, *Antonella e Rita*, loro non possono mancare. Spesso amiche e talvolta mamme, mi sono state sempre accanto; a loro devo il mio più sincero grazie. Senza il loro supporto, non sarei arrivata fin qui. Del mio percorso universitario, ricorderò sempre amorevolmente le mie compagne "d'avventura": *Giovanna, Federica, Carmela, Angelina e Archetta*. Anche se ricordo con un pizzico di malinconia gli infiniti giorni trascorsi insieme all'Università, mi rincuora il fatto che la nostra amicizia esiste al di là del percorso scolastico. Un ringraziamento va anche a colui che non fa più parte della mia vita: anche se le nostre strade si sono divise, non dimenticherò mai che devo a te parte dei miei piccoli successi.

Introduzione

La presbiopia è un fenomeno naturale che sopraggiunge con l'avanzare dell'età a prescindere dall'ametropia: nel mondo si contano 1,9 miliardi di presbiti e solo in Europa 209 milioni di presbiti. Numerosi sono gli studi effettuati per comprendere meglio questo fenomeno che da sempre influenza la società. È chiaro che un Paese avanzato dal punto di vista tecnologico ha delle esigenze diverse rispetto ad un Paese in via di sviluppo sia per quanto riguarda l'igiene che l'alimentazione, ma al di là di questo la letteratura oftalmologica ci suggerisce che, a livello mondiale, vi sono due fattori che guidano l'insorgenza della presbiopia: il fattore geografico e di genere. Lo scopo del presente lavoro di tesi è quindi quello di analizzare questi fattori in quanto giocano un ruolo importante nell'insorgenza della presbiopia. L'insorgenza prescinde dalla latitudine e dall'etnia, nonché dalle abitudini alimentari. È un fenomeno legato a fattori fisiologici che interessano la perdita di elasticità delle fibre del cristallino, del tono dei muscoli ciliari e non ultima l'ipotesi che il cristallino cresca a dismisura e che quindi si trovi in uno spazio ridotto per esercitare la sua funzione accomodativa. A tali presupposti si affianca l'uso smodato di dispositivi tecnologici che, se da un lato facilitano molte mansioni, dall'altro sottopongono ad un notevole stress la vista. Questo va ad incidere non solo sull'attività accomodativa ma su tutta la triade accomodativa e quindi coinvolge anche la convergenza e la funzione dei diaframma irideo. Per tali motivi, la presbiopia, dal punto di vista funzionale, può essere incentivata nella sua insorgenza o presentare sintomi più evidenti anche in età, fino a qualche decennio fa, impensabili.

CAPITOLO 1: IL PROCESSO ACCOMODATIVO

1.1 DEFINIZIONE

L'attività dell'accomodazione permette all'occhio di creare sul piano retinico immagini a fuoco di oggetti posti a varie distanze[1], la variazione di potere è dovuta alla capacità del cristallino di variare la sua curvatura grazie alla sua elasticità. Più strettamente l'accomodazione indica un aumento di potere del sistema ottico oculare.[2]

1.2 STRUTTURE COINVOLTE

Le strutture coinvolte nel processo accomodativo sono il cristallino, il corpo ciliare e le fibre della zonula di Zinn. In questo contesto, secondo Von Helmotz (1855), il potere diottrico degli altri mezzi oculari è considerato costante[4] in quanto è il cristallino a giocare un ruolo fondamentale nel processo accomodativo.

Dal punto di vista della struttura il cristallino è costituito da una capsula esterna, una massa interna e un nucleo. Il cristallino è mantenuto nella sua sede naturale da un apparato di contenzione, detto zonula di Zinn, costituito da sottili tendini di tessuto connettivo (fibre zonulari), che lo ancorano al corpo ciliare.[5] Più precisamente queste fibre connettono l'equatore del cristallino al corpo ciliare e sono fondamentali quindi per l'accomdazione.[1] Il cristallino ed il corpo ciliare separano l'occhio in due parti: in avanti, si affacciano nella camera anteriore in cui è presente l'umor acqueo (fig. 1.2.1) e, posteriormente limitano la camera vitrea contenente una sostanza gelatinosa (umor vitreo) che contribuisce a mantenere la struttura sferica del bulbo oculare. Il cristallino non è provvisto né di nervi, né di vasi sanguigni o linfatici. La presenza di queste strutture ostruirebbe, infatti, il passaggio della luce. Essendo avascolare, la struttura trae i nutrienti di cui necessita dall'umor acqueo.[5]

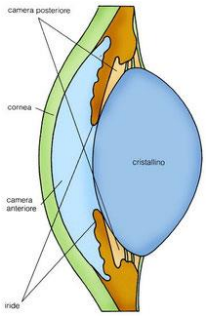

Figura 1.2.1

Esso è considerato la lente dell'occhio. Dal punto di vista ottico il cristallino è una lente biconvessa con diametro di 10 mm e uno spessore assiale di circa 4 mm. Il suo indice di rifrazione risulta essere 1,38 a livello della corteccia e 1,42 a livello del nucleo inoltre è stato visto che la trasparenza e l'indice di rifrazione derivano da un impacchettamento stretto delle sue proteine.[6] Per quanto riguarda il corpo ciliare, esso è una struttura circolare che aderisce alla sclera e dall'esterno possiamo localizzarlo

sotto il limbus.[1] Possiamo distinguere una porzione uveale, che comprende il muscolo ciliare e parti della coroide e una porzione epiteliale che comprende i processi ciliari. Il muscolo ciliare è un muscolo liscio che consiste in un insieme di fibre orientate (fibre longitudinali, radiali e circolari) ed è in grado di contrarsi sotto l'azione del sistema parasimpatico; sarebbe invece a carico del sistema nervoso simpatico il suo rilassamento.[1] I processi ciliari invece sono costituiti da una parte piana (che si congiunge con la retina formando un margine dentato) e una parte che va a formare una sorta di corona. Durante l'accomodazione, il corpo ciliare si sposta verso la parte anteriore e centrale dell'occhio, diminuendo il proprio diametro, grazie alla contrazione del muscolo ciliare in esso contenuto. In questo modo si riduce la tensione applicata alle fibre della zonula di Zinn e la capsula del cristallino, per sua natura elastica, cambia curvatura.[1] (Figura 1.2.2)

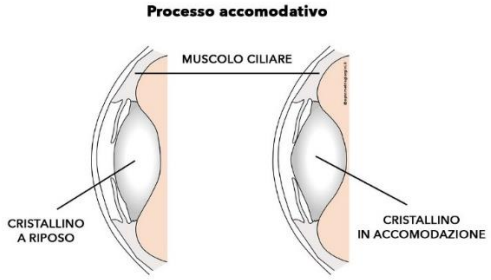

Figura 1.2.2

Nel processo di disaccomodazione, quando la contrazione del corpo ciliare cessa, aumenta la tensione applicata sulla zonula: ciò si oppone all'elasticità della capsula e causa una riduzione della curvatura del cristallino.

1.3 COMPONENTI DELL'ACCOMODAZIONE

Tradizionalmente l'accomodazione è suddivisa in componenti: [1 2 3]

1.3.1 Riflessa: in risposta involontaria ad uno stimolo ottico, durante un'osservazione che presenti particolari che necessitano focalizzazione o per mantenere la focalizzazione. Questo sfuocamento sollecita una innervazione accomodativa destinata a modificare il potere del cristallino in modo tale da provocare una ottimizzazione della messa a fuoco e a consentire così una visione distinta.

1.3.2 Prossimale o psichica: indotta dalla conoscenza di osservare a breve distanza. La percezione della vicinanza apparente di un oggetto può scatenare un'accomodazione nonostante l'immagine non sia sfuocata né sia stata messa in gioco la convergenza. In assenza di altri stimoli può dare l'8% della risposta accomodativa.

1.3.3 Accomodazione di convergenza: indotta dalla relazione di innervazione con la binocularità in quanto la convergenza o la divergenza di per sé sono in grado di mettere in gioco l'accomodazione. Il legame tra accomodazione e convergenza è

espresso dal rapporto AC/A. Il suo valore esprime la quantità di convergenza accomodativa indotta dall'accomodazione o più precisamente dallo stimolo accomodativo. Esso si divide in due forme: AC/A gradiente e AC/A calcolato. Il gradiente valuta la sola influenza della vergenza ottica, essendo il test eseguito mantenendo la distanza di osservazione fissa. Diversamente, il rapporto AC/A calcolato è ottenuto variando la distanza di osservazione e confrontando i due dati di foria, pertanto esso è dovuto sia dalla convergenza accomodativa sia dalla componente psichica. Un rapporto AC/A anomalo induce problemi nelle vergenze; per difficoltà ridotte si può ridurre la convergenza accomodativa con lenti positive ed esercitare la dissociazione tra accomodazione e vergenze. Mediamente per ogni diottria di accomodazione (o disaccomodazione), vi sono quattro diottrie prismatiche di convergenza (o divergenza). Nel rapporto CA/C si valuta come la convergenza causa accomodazione. In questo caso si fa variare la convergenza con i prismi mentre si misura come varia l'accomodazione.

1.3.4 Tonica: in assenza di stimoli si considera "base" per le componenti elencate. Quando gli stimoli visivi che controllano l'accomodazione riflessa sono assenti (come al buio o in presenza di un campo uniformemente illuminato e privo di elementi strutturati) o hanno valori subliminali, il muscolo ciliare si trova in uno stato di contrazione che conferisce al cristallino un valore diottrico superiore di 1-1,5 diottrie a quello che esso ha in condizioni di massima accomodazione negativa fisiologicamente ottenibile realizzando così una condizione di miopizzazione.

1.3.5 Volontaria: esercitata deliberatamente anche attraverso il pensiero di uno stimolo prossimale.

In condizioni di visione normale la risposta accomodativa finale è costituita dalla somma delle modificazioni accomodative sollecitate contemporaneamente da stimoli accomodativi coerenti. L'accomodazione infatti può risultare inadeguata nel caso di stimoli incoerenti per esempio quando la distanza percepita dall'oggetto osservato non corrisponde all'errore di messa a fuoco.[3]

Normalmente l'accomodazione effettiva non corrisponde esattamente alla richiesta accomodativa necessaria per quella distanza. È possibile osservare come il valore dell'ampiezza accomodativa teorica sia maggiore rispetto a quello effettivamente misurato. Si ha infatti che nel soggetto normale la risposta accomodativa non corrisponde esattamente allo stimolo ma la visione è nitida perché il piccolo errore di focalizzazione è ovviato dalla profondità di fuoco (E) che ogni occhio presenta.[1] Utilizzando l'equazione di Campbell, l'accomodazione effettiva sarà:

$$A.E. = \frac{1}{d} - E$$

A breve distanza la risposta accomodativa è in difetto rispetto a quella calcolata (lag accomodativo); per stimoli a grande distanza è in eccesso (lead accomodativo).

Secondo Sheard e Morgan l'accomodazione, rispetto al piano di osservazione, differisce di 0,50/0,75 diottrie. Una compensazione con lenti di valore inferiore al lag o al lead non varia la focalizzazione mentre lenti con valori superiori inducono una risposta accomodativa che tende a ristabilire il lag o il lead.[2]

1.4 LA TRIADE PROSSIMALE

Accomodazione e convergenza, insieme alla miosi, costituiscono la triade prossimale. Ogni componente è associata all'altra ma può variare anche in maniera indipendente.[1] Quando l'oggetto di interesse è vicino, infatti, si manifesta la miosi pupillare ovvero il restringimento del foro dell'iride sotto l'azione del muscolo sfintere pupillare. Questo muscolo è costituito da fibre poste circolarmente e l'innervazione è di tipo parasimpatico, mentre, ad opera del muscolo dilatatore (le cui fibre sono disposte in maniera radiale e l'innervazione è di tipo simpatico), avviene il processo della midriasi. Dal punto di vista ottico l'iride ha la funzione di diaframma e quindi controlla l'illuminamento retinico in quanto, in condizioni di elevata luminosità, la miosi garantisce un aumento della profondità di campo e diminuisce le aberrazioni del sistema ottico oculare. Come la convergenza, anche la miosi è dovuta allo sforzo innervativo quindi avviene a prescindere dall'accomodazione esercitata.[1]

Per parlare di convergenza bisogna conoscere la struttura e le funzioni dell'apparato muscolare estrinseco e anche dell'apparato di sostegno, i quali consentono all'occhio di ruotare, in diverse posizioni, intorno ad un punto ovvero il *centroide di rotazione*, posto sull'asse ottico e dietro l'apice corneale. I muscoli estrinseci sono muscoli striati e comprendono quattro muscoli retti (superiore, inferiore, laterale e mediale) e due muscoli obliqui (superiore e inferiore), a seconda di come sono posizionati sull'occhio e si originano dall'anello tendineo di Zinn, che si trova all'apice della cavità orbitaria (figura 1.4). La posizione definita *primaria* è quella in cui gli occhi presentano gli assi visuali paralleli e in posizione centrale, quella *secondaria* consiste nei movimenti orizzontali e verticali mentre la *terziaria* consiste in movimenti combinati sia orizzontali che verticali. I movimenti che coinvolgono un solo occhio sono detti *duzioni* e comprendono l'adduzione (l'occhio si orienta verso la linea mediana del corpo), l'elevazione quando l'occhio va verso l'alto, l'abbassamento o depressione quando l'occhio va verso il basso; poi vi sono l'incicloduzione e l'excicloduzione, che consistono nella rotazione sull'asse antero-posteriore rispettivamente verso l'interno e verso l'esterno. I movimenti che coinvolgono entrambi gli occhi sono detti *versioni* e, con questo termine, ci riferiamo a movimenti coiungati o paralleli e gli occhi ruotano verso lo stesso lato. Essi comprendono la destroversione e la sinistroversione, rispettivamente la rotazione verso destra e verso sinistra, sursumversione e subversione ovvero la rotazione verso l'alto e verso il basso. Si parla di *vergenze* quando gli occhi si muovono in modo disgiunto, ovvero facendo variare il comune piano di fissazione e vengono indotti dalle differenze tra le percezioni dei due occhi. Tra queste vi sono la convergenza (gli occhi si avvicinano

alla linea mediana del corpo) e la divergenza (si allontanano dalla linea mediana), la supervergenza destra (l'occhio destro si trova verso l'alto rispetto al sinistro) e la subvergenza destra (l'occhio destro si trova in basso rispetto al sinistro), l'inciclovergenza e l'exciclovergenza quando la rotazione avviene intorno all'asse antero-posteriore e, rispettivamente, verso il naso o verso le tempie.

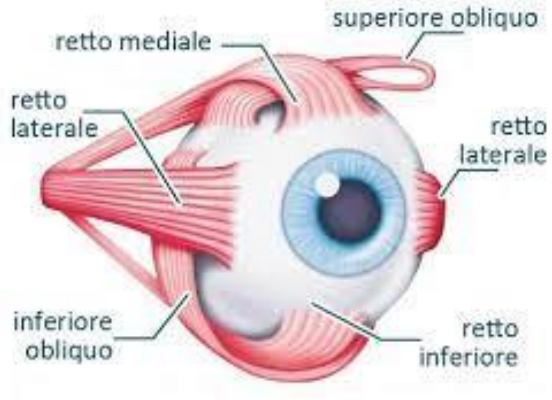

Figura 1.4

La convergenza è un movimento fondamentale per l'osservazione di oggetti a breve distanza mentre la divergenza si pensa sia un fenomeno passivo, ovvero dato dall'assenza di convergenza. Anche la convergenza si considera dovuta a tre componenti: una psichica, una fisiologica e una accomodativa. Le prime due sono stabili, quindi possiamo affermare che in gran parte la convergenza è dovuta allo sforzo accomodativo. Ciò significa che non è dovuta all'accomodazione manifestata, bensì all'attività innervativa, ed è per questo motivo che si ha anche nei soggetti presbiti i quali hanno un'ampiezza accomodativa ridotta. È stata definita la quantità di convergenza necessaria affinché gli assi visivi convergano su un solo punto ad una distanza data come "angolo metrico"; il suo valore è infatti dato dal reciproco della distanza di fissazione in metri. La convergenza si ha sotto l'azione dei muscoli retti interni i quali, come i superiori e inferiori, sono innervati dal nervo oculomotore. [1]

1.5 LA PERCEZIONE BINOCULARE[1]

Oltre all'azione dei muscoli, per far sì che si abbia la percezione binoculare, c'è bisogno che il sistema visivo abbia tre capacità: la percezione simultanea e sovrapposizione, la fusione motoria e sensoriale, la stereopsi e la percezione della profondità. La percezione simultanea si ha quando il sistema visivo del soggetto riesce a recepire le informazioni visive provenienti dai due occhi ovvero il soggetto è in grado di vedere doppio. Nel caso in cui queste due informazioni visive coinvolgono aree retiniche corrispondenti, si parla di sovrapposizione e di binocularità. La percezione risultante sarà dovuta in gran parte alla percezione dell'occhio dominante. La dominanza è possibile differenziarla in: dominanza

spaziale, riferita all'occhio dominante nelle attività visive monoculari in condizioni binoculari; dominanza sensoriale riferita all'occhio con migliore acuità visiva e la dominanza motoria, riferita all'occhio preferito nell'attività motoria come nel caso della fissazione, dell'accomodazione e che ha migliore focalizzazione rispetto all'altro. Dopo la sovrapposizione vi è la fusione, che possiamo distinguere in fusione motoria (l'apparato muscolare si aziona al fine di far cadere su aree corrispondenti le due informazioni visive) e sensoriale (capacità psichica del sistema visivo di ottenere una singola informazione visiva dalle due ricevute). La fusione di aree del campo visivo può essere anche parziale, ciò significa che, per esempio, può non esserci la fusione periferica; in questo caso il soggetto può avere difficoltà nella localizzazione degli oggetti e a muoversi nello spazio. L'ultimo grado della visione binoculare è la stereopsi, che consiste nella capacità percettiva di sfruttare le disparità tra le informazioni visive dei due occhi per rilevare la profondità e la localizzazione spaziale degli oggetti (Wheatstone, 1938). La valutazione della sola stereopsi ci permette già di determinare se vi sono squilibri della visione binoculare. Tra questi ci sono la disparità di fissazione che si manifesta quando uno dei due occhi non è diretto esattamente verso l'oggetto di interesse. Fino ad un certo punto (definito dall'area di Panum), è considerata fisiologica e quindi compensata altrimenti si manifesta la diplopia. Oltre alla disparità di fissazione vi sono le eteroforie (figura) per cui il manifestarsi si verifica solo quando viene interrotta la fusione e quindi in condizioni binoculari sono compensate dalla fusione motoria e per questo motivo il soggetto ha una visione binoculare "normale". Questo tipo di deviazioni sono a carico di entrambi gli occhi o sono considerate a carico dell'occhio non dominante; le eteroforie posso essere di varia natura, per esempio di natura refrattiva (l'ametropia presente e l'attività accomodativa), di natura innervativa (deficit della percezione visiva, dell'innervazione motoria e della relazione accomodazione/convergenza) e di natura anatomica (relativi alla muscolatura e alla struttura ossea della cavità orbitaria). Le eteroforie orizzontali sono comuni e possibili cause di disturbo, mentre le eteroforie verticali paiono non essere legate all'accomodazione e, a differenza delle prime, anche se di piccola entità possono essere fortemente disturbanti. Altre deviazioni sono invece le eterotropie, in questo caso la fusione motoria non è in grado di compensare e quindi vi è un occhio appare deviato mentre l'altro è diretto verso l'oggetto. Le eteroforie si classificano, a seconda della causa, come concomitanti con causa sensoriale, concomitanti con causa motoria oppure di natura congenita. Vi sono quelle definite incomitanti e dovute ad affezioni del sistema nervoso o dell'apparato muscolare. La compensazione è possibile nel momento in cui il sistema visivo è in grado di spostare la fissazione (facendo rimanere allineati i due occhi) senza variare l'accomodazione; in questo caso si manifesta instabilità della fusione e facilità nell'interromperla. Un altro tipo di strategia che può adottare il sistema visivo è modificare la propria binocularità; ciò significa che si hanno anomalie sensoriali quali la soppressione, la sospensione e la corrispondenza retinica anomala. Nel caso della soppressione il sistema visivo, per evitare la diplopia, elimina una delle due afferenze

oculari; probabilmente ciò avviene o a livello delle cellule gangliari o a livello corticale. Nel caso invece della sospensione l'afferenza oculare proveniente da un occhio è momentaneamente sospesa, mentre nel caso della corrispondenza retinica anomala vi è un adattamento a livello psichico per il quale la fovea dell'occhio viene soppressa e viene scelta una nuova fovea per creare comunque una corrispondenza retinica. La compensazione oftalmica è in grado di andare a migliorare o peggiorare l'equilibrio binoculare del soggetto, sia per quanto riguarda il visus che per quanto riguarda il comfort visivo quindi è necessario un controllo prima e dopo la correzione.

1.6 ACCOMODAZIONE E AMETROPIA

Le anomalie accomodative vanno ad influenzare fortemente la binocularità quindi bisogna conoscerle e conoscere in che modo sono legate all'ametropia.[1] Quando l'accomodazione è al valore minimo, si valuta l'ametropia presente.[2] Per valutare l'ametropia ci si avvale di tecniche come lo sfuocamento, che consente di far "rilassare" l'accomodazione. Infatti, uno sfuocamento non adeguato (e ciò si ha soprattutto in soggetti giovani), può far scambiare un soggetto emmetrope per miope. Ciò può avvenire anche nei casi in cui c'è un ipertono accomodativo (pseudomiopia). Una prolungata attività da vicino può portare ad uno spasmo del muscolo ciliare: il soggetto ha difficoltà nella visione prossimale e vi sono notevoli differenze tra l'esame refrattivo oggettivo e soggettivo. In questi casi si cerca di aumentare la flessibilità accomodativa. Vi è anche la miopia notturna, che si manifesta appunto in condizioni di bassa luminosità e che si ritiene sia dovuta all'assenza di un punto su cui fissare l'accomodazione. [1] Alla miopia è spesso associata l'exoforia da vicino in quanto l'accomodazione quindi la convergenza sono minori del normale. Ipemetropie lievi e medio-lievi (anche fino a 2-3 diottrie) sono compensate dall'accomodazione (ipermetropia latente) nei giovani.[8] Questa compensazione però dipende dall'età del soggetto, dall'entità del difetto refrattivo e dalla sua accomodazione quindi, a seconda del soggetto, possiamo avere situazioni differenti. Quando l'accomodazione non riesce a compensare il difetto refrattivo si ha una riduzione dell'acuità visiva.[8] Un soggetto ipermetrope non corretto compie uno sforzo accomodativo continuo per mettere a fuoco gli oggetti all'infinito, mentre a distanza finita lo sforzo accomodativo risulta essere maggiore di quello del soggetto emmetrope nelle stesse condizioni.[3] Così facendo il muscolo ciliare è sottoposto a sforzo continuo e si ha una quantità di accomodazione che è sempre esercitata e non può essere rilasciata. Si manifesta, quindi, un affaticamento accomodativo con astenopia, arrossamento e lacrimazione.[1] Nel caso dell'ipermetrope c'è una condizione di esoforia da lontano e da vicino. Gli astigmatici riferiscono disturbi derivanti dal continuo cambio di messa a fuoco (accomodazione), nel tentativo di ottenere un'immagine nitida[9], spesso infatti questi soggetti lamentano astenopia.

In caso di anisometropia maggiore di 3,50 diottrie la richiesta accomodativa non è data dall'inverso della distanza ma dalla formula

$$Sforzo\ accomodativo = \frac{1 - dP}{1 + dP}$$

Dove d è la distanza apice corneale-lente e P è il potere della lente. [3]

Quindi correggendo l'anisometropia, l'accomodazione dovrebbe essere di diversa entità tra i due occhi ma ciò non è possibile in quanto essa è un meccanismo sinergico, infatti avremo che il sistema visivo sceglierà di "seguire" un occhio piuttosto che un altro.

Altra anomalia dell'accomodazione è l'insufficienza accomodativa, che consiste nella riduzione dell'ampiezza accomodativa non proporzionale ai valori medi in funzione dell'età. Si ha in giovani adulti e ambliopi e si manifesta, oltre che con l'astenopia, con difficoltà nella visione prossimale, miosi pupillare, eccesso di convergenza (a causa dell'eccessivo sforzo accomodativo) e quindi bassa riserva fusionale negativa e un valore del lag accomodativo maggiore del normale. L'inerzia accomodativa consiste nella difficoltà di messa a fuoco passando dalla visione prossimale a quella a distanza; è possibile verificarla con l'uso del flipper accomodativi, che evidenzieranno un rallentamento sia per le lenti positive che per le lenti negative. Questa si manifesta soprattutto nei soggetti giovani che svolgono una prolungata attività prossimale.[1] Un'altra anomalia è la paralisi dell'accomodazione, che è associata alla paralisi del terzo nervo cranico, intossicazione o infiammazione del muscolo ciliare, glaucoma e traumi. In questi casi si sfrutta una correzione prossimale temporanea, per risolvere il problema gradualmente (generalmente in sei mesi).[1]

CAPITOLO 2: VALUTAZIONE OPTOMETRICA

2.1 ANAMNESI

Per anamnesi si intende l'identificazione del problema del soggetto e della sua storia personale.[1] Questo passo, per la valutazione optometrica, è fondamentale in quanto consente di gettare le basi per una buona (eventuale) correzione. Come primo passo si ricerca il motivo principale per cui il soggetto effettua un esame visivo; successivamente si chiedono quali sono le abitudini visive del soggetto, come per esempio che tipo di lavoro svolge, se pratica sport o lettura, lo stato di salute generale e l'assunzione di farmaci. Ciò è fondamentale per valutare le richieste visive. Si effettua anche un'anamnesi familiare, in riferimento alle condizioni dei familiari più prossimi; alcune problematiche hanno, infatti, una componente ereditaria, come miopie, astigmatismi elevati e anomalie della percezione cromatica.[1] Questi dati, forniti dal soggetto, sono definiti *sintomi;* se i sintomi si presentano nell'arco di mesi senza variazioni improvvise, probabilmente si tratta di anomalie refrattive, mentre, se vi è un'insorgenza nell'arco di pochi giorni, probabilmente vi sono delle patologie per cui le anomalie refrattive sono una conseguenza.[1] Un esempio di sintomo è l'annebbiamento che si manifesta con visione confusa a diverse distanze ed è

solitamente dovuto ad opacizzazione dei mezzi; vi è poi lo sfuocamento che varia con la distanza e spesso è correlato ad anomalie di natura refrattiva.[1] In generale il sintomo più comune è l'astenopia visiva, correlata a numerose problematiche.

2.2 ESAME DELLE FUNZIONI VISIVE

Vedere bene significa essere in grado di distinguere i colori, percepire nitidamente gli oggetti circostanti (anche nel caso di basso contrasto o quando questi sono in movimento) e sfruttare al meglio la visione binoculare.[1]

2.2.1 Acuità spaziale

È definita come la capacità di riconoscere stimoli di determinate dimensioni[3] ma, più precisamente, è la capacità di distinguere una figura che sottende (tra un elemento e l'altro) un primo d'arco e a questo si attribuisce il valore di 10/10. Si tratta di stimoli che non variano nel tempo ma la cui luminanza varia nello spazio (strisce, punti, ecc).[1] La mira è un qualsiasi oggetto utilizzato per eseguire un test, in questo caso una lettera o un simbolo; generalmente è nera su sfondo bianco (contrasto negativo) e si può trovare o su un ottotipo retroilluminato (quest'ultimo poco usato a causa dell'abbagliamento) o su un proiettore. Il proiettore è notevolmente più comodo quando si usa il forottero, in quanto, a causa delle ridotte dimensioni delle lenti, l'ottotipo necessita di un posizionamento preciso perchè il campo visivo del soggetto risulta essere ridotto. Con il proiettore, invece, ciò non accade e inoltre, quest'ultimo, consente di eseguire test in cui è necessaria la polarizzazione. A seconda della mira usata, possiamo distinguere quattro tipi di acuità spaziale: *minimo percettibile* o *rilevabile*, per cui si usa una linea o un singolo punto con contrasto positivo o negativo e si verifica la presenza; *l'acuità morfoscopica* utilizza più mire e lo scopo è riconoscere una di queste tra le altre. Vi è *l'acuità di risoluzione* per cui si deve indentificare una discontinuità della figura presentata e infine c'è *l'acuità di allineamento* ovvero si verifica il minimo spostamento che il soggetto percepisce tra due figure allineate.[1] Nella pratica clinica è consigliabile come misura dell'acuità visiva il valore corrispondente alla prima riga per cui il soggetto dà due risposte sbagliate su 5-7 presentazioni.[3] L'illuminazione da utilizzare è moderata o media: nel primo caso si verifica la midriasi e quindi un calo della qualità ottica, mentre nel secondo caso si ha miosi e quindi riduzione delle aberrazioni ed è la condizione più vicina alla visione abituale.[1] L'esame dell'acuità visiva viene effettuato prima a distanza e poi in condizioni di visione prossimale; l'esame di acuità a distanza viene effettuato, secondo le norme internazionali ISO, ad una distanza minima di 4 metri usando la mira di Landolt secondo la progressione LogMAR (figura 2.2.1).

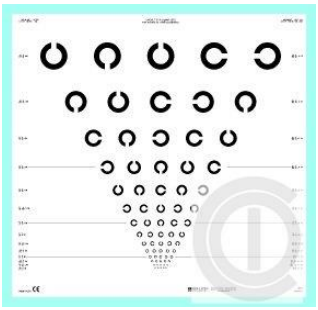

Figura 2.2.1

L’esame di acuità visiva prossimale viene effettuato nei soggetti in età prepresbiopica o presbiti quando l’anamnesi evidenzia difficoltà nella visione prossimale. In questo caso si utilizza la distanza che il soggetto adotta abitualmente per la visione prossimale oppure si sceglie come distanza di riferimento 40 centimetri. Il valore della distanza utilizzata va sempre annotato. Se il soggetto porta già la correzione, l’acuità deve essere misurata con questa. Si deve stare attenti al corretto posizionamento degli occhiali per evitare la visione periferica, zona in cui il potere effettivo varia e ad eventuali movimenti del capo del soggetto. L’acuità è misurata prima in monoculare e poi in binoculare e in quest’ultimo caso è di solito superiore; l’obiettivo è far raggiungere al soggetto la massima acuità possibile.[1]

2.2.2 Sensibilità al contrasto

Il sistema visivo è in grado di distinguere le forme nello spazio per contrasto, ovvero per differenza di luminanza. Quando lo sfondo sui cui è posto un oggetto ha luminanza maggiore dell’oggetto stesso, il contrasto si definisce negativo; viceversa avremo un contrasto positivo. Un altro tipo di contrasto è quello cromatico che si ha quando due oggetti differiscono cromaticamente.[1] I test per quantificare la sensibilità al contrasto consistono in un sistema ad assi cartesiani per cui sull’asse verticale c’è la sensibilità (contrasto che si riduce) e su quello orizzontale c’è la frequenza spaziale, che aumenta di valore procedendo verso destra. I test possono essere distinti in tre grandi famiglie a seconda del contrasto della mira e della frequenza spaziale della stessa: a contrasto fisso e frequenza spaziale variabile, a contrasto variabile e frequenza spaziale fissa oppure a contrasto e frequenza spaziale variabili. Il test più diffuso è il test di Pelli-Robson (contrasto variabile e frequenza spaziale fissa) che consiste nell’utilizzo di una tavola con mire alfabetiche fisse di bassa frequenza spaziale raggruppate di tre in tre (figura 2.2.2). Il contrasto, dal basso verso l’alto, varia da un valore di 0,91 ad un valore di 0,005 (molto tenue) e risulta facilmente misurabile, inoltre è caratterizzato da una elevata ripetibilità.[1]

Figura 2.2.2

2.2.3 Percezione cromatica

In condizioni fotopiche, un soggetto normale è in grado di percepire radiazioni elettromagnetiche la cui lunghezza d'onda dai 380 ai 760 nanometri; il picco della sensibilità si ha a 555 nanometri ma, nell'esame visivo, si valuta la capacità del soggetto di distinguere gli stimoli cromatici. Normalmente la variazione di lunghezza d'onda percepibile si attesta intorno a 2,5 nanometri. Ciò avviene grazie alla presenza di tre pigmenti contenuti nei coni, particolari recettori che si trovano sulla retina e sensibili alla luce; ognuno dei quali ha un sensibilità specifica per le lunghezze d'onda brevi, medie e lunghe. Le alterazioni della percezione cromatica possono avere natura ereditaria oppure insorgere a causa di patologie generali o oculari, traumi, a causa di farmaci o sostanze tossiche; queste alterazioni si manifestano anche a causa dell'invecchiamento ovvero ingiallimento dei mezzi oculari (Swanson and Cohen, 2003) e variazioni della sensibilità retinica (Nathan, 2002). Si distinguono principalmente le discromatopsie (vi è percezione cromatica alterata) e acromatopsie (assenza di percezione cromatica). L'esame per verificare la percezione cromatica ha come scopo quello di rilevare lo stimolo privo di colore che il soggetto con percezione cromatica alterata o assente percepisce come grigio. I soggetti che vengono sottoposti a test della percezione cromatica sono i bambini in età prescolare o soggetti al primo esame visivo, soggetti che presentano una bassa acuità visiva per cui non si conosce la causa e i soggetti che nell'anamnesi hanno evidenziato difficoltà nella discriminazione dei colori. Il test più utilizzato e anche quello più efficace è quello di Ishihara, che sfrutta 38 tavole i cui circoli colorati formano numeri e percorsi per cui si verifica la difficoltà di discriminazione spettrale (figura 2.2.3).[1]

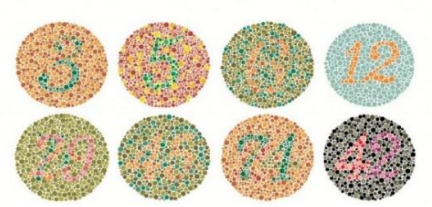

Figura 2.2.3

2.2.4 Campo visivo

Il campo visivo oculare teorico si estende per un totale di 208° mentre in pratica questo valore è leggermente variabile a seconda della struttura del cranio e della pupilla.[1] I campi visivi di entrambi gli occhi si sovrappongono formando una porzione centrale binoculare e due falci temporali esclusivamente monoculari (figura 2.2.4). Il campo visivo normale presenta uno scotoma fisiologico chiamato *macchia cieca* dato dalla proiezione della papilla ottica nel campo visivo. L'esame del campo visivo ha come obiettivo quello di evidenziare perdita di percezione all'interno del campo (scotoma) o della sua periferia (restringimento del campo visivo).[1] Il restringimento delle parti periferiche dei campi visivi si manifesta con la difficoltà nel vedere gli oggetti posti lateralmente oppure in basso. Il restringimento del campo visivo può essere conseguente a lesioni che si verificano in un punto qualsiasi delle vie visive. Le cause principali comprendono glaucoma, retinite pigmentosa, distacco della retina e degenerazione maculare legata all'età. La perdita della visione periferica può derivare anche da lesioni neurologiche successive a ictus, aneurisma, tumore, trauma o in caso di miopia elevata e disturbi tossico-metabolici.[5] I test sono effettuati in monoculare in quanto in condizioni di visione binoculare il campo visivo di un occhio compensa eventuali scotomi dell'altro. Due test molto semplici ma che evidenziano eventuali anomalie sono la perimetria per confronto e il metodo strumentale. Nella prima l'esaminatore si siede davanti al soggetto ad una distanza di 50 centimetri; al soggetto viene occluso un occhio e viene invitato a fissare con l'altro l'occhio dell'esaminatore e l'esaminatore chiude il proprio occhio non osservato. Quest'ultimo pone una mira a metà tra se stesso e il soggetto e la muove partendo dalla periferia. Questo test evidenzia solo i restringimenti perimetrici e non anomalie a livello centrale. Il metodo strumentale prevede che il soggetto fissi una mira che si muove dal centro verso la periferia (da una parte cieca verso una parte vedente del campo) in modo da poter individuare la papilla e le sue dimensioni. Successivamente la mira viene mossa in verticale, orizzontale e obliquamente, soffermandosi su ogni piccola perdita di percezione e definendone le dimensioni. In questo test l'anomalia è localizzata in una zona diametralmente opposta alla localizzazione dello scotoma.[1]

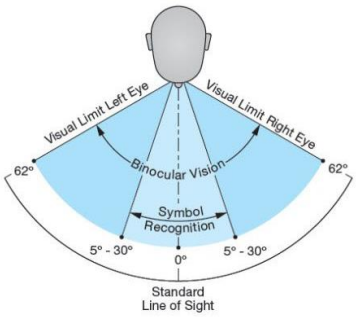

Figura 2.2.4

2.3 REFRAZIONE OGGETTIVA

L’esame refrattivo oggettivo consente di effettuare una valutazione quantitativa dell’ametropia del soggetto e in parte qualitativa per quanto riguarda la trasparenza dei mezzi oculari.[1] Esso non richiede la partecipazione diretta del soggetto quindi si basa sulla sola abilità dell’esaminatore e non fornisce la correzione finale, in quanto deve essere associato ad un esame refrattivo soggettivo. Tra gli strumenti di interesse vi sono: l’autorefrattometro, lo schiascopio e il cheratometro. Mentre il cheratometro è uno strumento utilizzato principalmente in contattologia (in quanto va a quantificare la curvatura corneale della porzione centrale), la schiascopia è stata una tecnica molto usata in passato ma oggi in gran parte sostituita dall’uso dell’autorefrattometro in quanto questo strumento automatico consente di fare un veloce esame oggettivo. Nonostante oggi sia preciso, la schiascopia resta una tecnica di notevole interesse e preferibile per i soggetti anziani (per la riduzione della trasparenza dei mezzi ottici), per i soggetti impossibilitati a spostarsi dal domicilio e soggetti non collaboranti.

2.3.1 Schiascopia statica

Nella schiascopia si usa uno strumento costituito da una lente condensatrice, una sorgente luminosa e uno specchio. Lo specchio utilizzato può essere piano, concavo, o convesso[1]; questo significa che gli schiascopi possono emettere luce con tutte le vergenze, dipende da quale vogliamo usare (basta abbassare o alzare la ghiera della fonte luminosa). Lo specchio utilizzato è di solito quello piano, in modo tale che l’immagine sia priva di vergenza perché collimata[1], quindi nel soggetto emmetrope l’immagine sarà a fuoco mentre se il soggetto non è emmetrope risulterà fuori fuoco. L’immagine proiettata nell’occhio del soggetto può essere a striscia o a spot, a seconda della sorgente luminosa. La luce ambientale è bassa così la pupilla sarà in midriasi e quindi sarà più semplice eseguire il test. Nel caso della schiascopia statica l’esaminatore osserva il riflesso retinico attraverso lo strumento ponendosi ad una distanza, a seconda della comodità, pari a 50, 67 o 80 centimetri e alla stessa altezza dell’occhio del soggetto. Al fine di permettere al soggetto di osservare a distanza ed evitare l’intervento dell’accomodazione, l’esaminatore si pone con una leggera angolazione laterale rispetto ad esso. A causa del fatto che il soggetto osserva a distanza mentre lo strumento è posto a distanza finita, vi è una differenza di vergenza ottica per cui è necessario anteporre, sull’occhialino di prova che indossa il soggetto, una lente positiva “compensatrice” rispettivamente di 2, 1,50 o 1,15 diottrie a seconda della distanza a cui si trova lo strumento. Per ricavare il valore dell’ametropia, pertanto, si deve sottrarre il potere della lente compensatrice alle lenti eventualmente anteposte (quantificazione del valore sferico). L’esaminatore osserva il movimento del riflesso retinico. Se questo è discorde, significa che le radiazioni emergenti convergono prima dello specchio e il punto remoto dell’occhio si trova ad una distanza minore rispetto a quella di lavoro e quindi il soggetto presenterà una miopia maggiore dell’inverso della distanza di lavoro (1/d). Se il movimento è concorde, il fascio può o convergere dietro lo specchio (occhio con miopia minore di 1/d), andare all’infinito (occhio emmetrope) o uscire divergente (occhio ipermetrope). Se non vi

è nessun movimento (*punto neutro*) l'occhio è emmetrope.[3] Nel caso di un soggetto astigmatico si devono neutralizzare i due meridiani ricavando una correzione bicilindrica, considerando che la direzione del movimento definisce il meridiano esaminato, mentre la posizione della fessura definisce l'asse. Usando i regoli, le lenti usate sono sferiche anche in presenza di astigmatismo, neutralizzando un meridiano alla volta, mentre si possono usare le lenti cilindriche per ottenere il punto neutro su entrambi i meridiani.[1]

2.3.2 Schiascopia dinamica

La schiascopia dinamica differisce da quella statica in quanto prevede che l'accomodazione sia attiva e che vengano osservati i due occhi contemporaneamente. È così possibile misurare il valore dell'ampiezza accomodativa e la flessibilità accomodativa (avvalendosi di un flipper) in tutti i soggetti ma, principalmente, è utilizzata per ambliopi, presbiti e in generale per la correzione da vicino. Si può evidenziare, inoltre, un eccesso o una insufficienza accomodativa (eventualmente anche specifica per una deviazione), differente rendimento accomodativo tra i due occhi e anisometropia.[3] Il soggetto fissa lo strumento sul quale è posto un cartoncino forato con lettere o figure. Se il soggetto è emmetrope o comunque porta la correzione per lontano, si evidenzia una figura concorde a causa del lag accomodativo. Aggiungendo la correzione positiva si raggiunge il *neutro inferiore* e, continuando con la correzione positiva, *il neutro superiore*. In questo caso non si utilizza una lente compensatrice in quanto il punto di fissazione e la posizione dello strumento corrispondono.[1]Vi sono tuttavia svariate tecniche, alcune prevedono che si mantenga la distanza di lettura e inserendo lenti affinché si neutralizzi il movimento mentre altre prevedono che sia lo strumento stesso a essere spostato per ottenere la neutralizzazione.[3] Una tecnica conosciuta è la Book-retinoscopy che si basa sull'osservazione del riflesso retinico: il colore va dal rosso cupo (ridotta accomodazione) a bianco (assenza di lag accomodativo o sovraccomodazione).[1] A causa del lag accomodativo, il movimento osservato dovrebbe essere concorde e il colore giallo-arancio e compensato con una lente positiva del valore corrispondente al lag accomodativo (il colore aumenta di brillanza fino a diventare rosa argentato); il soggetto, in questo caso, avrà bisogno di un'addizione per vicino.[3] La M.E.M.-retinoscopy è l'unica tecnica che viene effettuata monocularmente e in condizioni fotopiche; le lenti vengono anteposte rapidamente e, dopo l'osservazione del riflesso retinico, rapidamente rimosse per non influenzare l'accomodazione. Anche in questo caso, il movimento rilevato inizialmente dovrebbe essere concorde e compensato da una lente positiva di 0,50-0,75 ma se il soggetto necessita di una maggiore correzione positiva, si può ipotizzare una ipermetropia, un deficit accomodativo o uno squilibrio accomodazione/convergenza. Quest'ultima condizione è evidenziata anche nel caso in cui il punto di neutralizzazione sia negativo; in tal caso, però, ci si potrebbe trovare di fronte ad una miopia o ad uno spasmo accomodativo.[3]

2.4 REFRAZIONE SOGGETTIVA

Lo scopo dell'esame refrattivo soggettivo è quello di verificare la correzione stabilita oggettivamente oppure definire totalmente la correzione; la compensazione sferica viene effettuata seguendo la regola di Donders, ovvero dando la lente negativa di minor potere ma che dia la massima acuità visiva al soggetto miope e la lente positiva di maggior potere al soggetto ipermetrope. Prima di verificare l'acuità visiva, soprattutto nei soggetti giovani, si effettua uno sfuocamento con una lente positiva per far arrivare l'acuità visiva a 2-3/10 e, successivamente, diminuendo la potenza facendo leggere al soggetto l'ottotipo.[3] In questo modo l'accomodazione si riduce e viene fuori, se presente, l'ipermetropia. Successivamente si usa un test per rifinire la sfera, come per esempio il test bicromatico (figura 2.4). Questo test sfrutta l'aberrazione cromatica dell'occhio (le radiazioni con lunghezza d'onda più corta vanno a fuoco prima di quelle con lunghezza d'onda maggiore) e consiste in un ottotipo con una parte verde e una rossa. Se l'acuità visiva rilevata è maggiore per lo sfondo verde, bisogna aumentare il potere positivo o diminuire il potere negativo; se invece c'è migliore visione per le mire sul rosso bisogna aumentare il potere negativo o diminuire il positivo. L'obiettivo è di raggiungere l'uguaglianza.

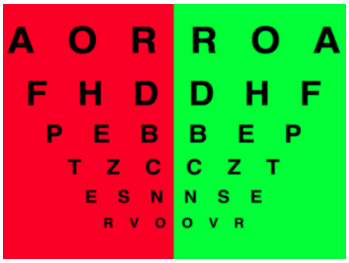

Figura 2.4

Nel caso della compensazione astigmatica si può procedere con il cilindro crociato di Jackson, ovvero una lente costituita da una lenti cilindriche, una positiva e una negativa e poste l'una ortogonalmente all'altra di potere 0,25 diottrie. Si procede prima con la ricerca dell'asse e poi con la ricerca del potere, facendo valutare al soggetto con quale lente vede meglio.

2.4.1 Accomodazione

Il valore teorico dell'ampiezza accomodativa ovvero la richiesta accomodativa per una data distanza è rappresentata dall'inverso della distanza stessa. Essa corrisponde alla distanza tra il punto prossimo (PP) e il punto remoto (PR). Il punto prossimo è il punto più vicino all'occhio visto nitidamente dal soggetto con l'accomodazione al massimo valore e varia a seconda dell'ametropia e dell'età, mentre il punto remoto (PR) è il punto più lontano che il soggetto può vedere nitidamente con l'accomodazione al minimo valore. Si considerino i dati di Duane (1905) dell'ampiezza accomodativa in relazione all'età ottenuti soggettivamente che includono la profondità di campo. Essi sono stati rivisti da Hofstetter secondo una

regressione lineare (1947) e permettono di stimare l'accomodazione in base all'età espressa in anni:

$$Accomodazione\ massima = 25 - 0{,}4\ x\ età$$

$$Accomodazione\ media = 18{,}5 - 0{,}3\ x\ età$$

$$Accomodazione\ minima = 15{,}5 - 0{,}25\ x\ età$$

Il valore effettivo dell'ampiezza accomodativa viene misurato monocularmente nei soggetti giovani e nei presbiti dopo la correzione dell'ametropia, in quanto il legame accomodazione/convergenza influirebbe sull'esame e non si potrebbero evidenziare le anisoaccomodazioni.[3] Una tecnica molto utilizzata è il push-up (Donders), che consiste nel far osservare al soggetto una mira di dimensioni vicine alla sua massima acuità (un ottotipo per vicino posizionato a 50 centimetri) e mano a mano avvicinandola verso l'occhio del soggetto.[3] Il valore dell'ampiezza accomodativa si ottiene calcolando l'inverso della distanza (in metri) alla quale il soggetto percepisce lo sfuocamento. Un'altra tecnica soggettiva è il metodo Scheiner, simile al push-up, ma in questo caso viene posizionato un disco opaco con due fori stenopeici a breve distanza (inferiore al diametro pupillare) e invitato il soggetto ad osservare una mira (solitamente una linea nera in un campo neutro).[1] Avvicinando la mira, questa appare doppia in corrispondenza del punto prossimo. Infine c'è il metodo con lenti negative, che consiste nell'anteporre, appunto, lenti negative di 0,25 diottrie fin quando il soggetto non percepisce lo sfuocamento della mira. La mira da utilizzare è l'ottotipo per vicino e il soggetto inizialmente deve leggere i caratteri un paio di decimi inferiori alla sua massima acuità visiva; se il soggetto vede nitidamente, la sua ampiezza accomodativa è data dalla somma del potere delle lenti e l'inverso della distanza a cui è posta la mira.[1] Molto importante è valutare la flessibilità accomodativa ossia la capacità del sistema visivo di variare rapidamente l'accomodazione al variare della posizione dello stimolo. Questa viene valutata avvalendosi di un flipper con una coppia di lenti positive (che inducono disaccomodazione) e una coppia di lenti negative (che inducono accomodazione) dal valore di 1,50-2,00 diottrie e di una mira posta a 40 centimetri. Si devono compiere 9 cicli in un minuto in monoculare o 12 in binoculare[1] dove un ciclo corrisponde alla visione con lente positiva e poi negativa. È possibile andare a misurare la quantità di accomodazione che può essere esercitata mantenendo la convergenza stabile; si stanno misurando le *accomodazioni relative*.[1] Il test viene effettuato in binoculare ponendo una mira a 40 centimetri di dimensioni al limite dell'acuità. Successivamente si aggiungono lenti (positive per l'ARN e negative per l'ARP) con step di 0.25 diottrie alla volta fino a quando il soggetto avverte uno sfuocamento. La differenza tra la lente di partenza e quella che dà lo sfuocamento rappresenta l'accomodazione relativa.[1] Questo esame viene effettuato utilizzando il forottero e permette di affinare l'addizione per vicino ottenuta teoricamente.

2.4.2 Refrazione soggettiva prossimale

In caso di presbiopia o anomalie del rapporto accomodazione-convergenza, è necessaria una correzione prossimale. La lente che compensa la presbiopia è generalmente una lente sferica positiva chiamata *Addizione* che viene aggiunta alla correzione per l'ametropia.[1] Il soggetto deve già avere la correzione per lontano giusta e bilanciata e poi si va a calcolare l'ampiezza accomodativa con le formule e le tecniche prima descritte. Per far sì che il soggetto abbia una visione prossimale nitida e confortevole, egli non dovrà sfruttare tutta l'ampiezza accomodativa a sua disposizione ma solo una parte; secondo Lawrence (1920) e Maxwell (1937) la riserva "rimanente" deve essere pari a metà dell'ampiezza accomodativa totale, mentre secondo Sheard (1918) e Giles (1965) deve essere pari ad un terzo del totale. L'addizione può essere determinata in base alla migliore acuità visiva soggettiva: si chiede al soggetto di posizionare l'ottotipo per vicino alla distanza che preferisce per l'attività prossimale e si inseriscono lenti positive con step di 0,25 su entrambi gli occhi fino a quando il soggetto riesce a percepire i caratteri più piccoli. Successivamente si continua con l'aggiunta di lenti positive, fino a quando il soggetto non ha visione nitida e confortevole; quello sarà il valore della lente compensatrice. Una variante di questa tecnica consiste nell'inserire il valore teorico ricavato in base all'età e successivamente aumentarlo o diminuirlo.[3] Un altro metodo è quello con i cilindri crociati (usato anche per rifinire l'addizione trovata con altre tecniche); questo consiste nel posizionare un reticolo a croce (figura 2.4.2) alla distanza di lavoro prossimale utilizzata e dopo si inserisce una coppia di cilindri crociati di ± 0,50 diottrie con asse del cilindro negativo a 90°. Questa coppia di cilindri induce un astigmatismo di tipo misto e secondo regola.[1] Se il soggetto vede meglio le linee orizzontali, significa che si deve aumentare la correzione positiva o diminuire quella negativa, mentre se risultano più nitide le verticali, bisogna diminuire la correzione positiva o aumentare la correzione negativa. L'illuminazione deve essere ridotta in quanto, se così non fosse, si indurrebbe una miosi e quindi un aumento della profondità di fuoco; così sarebbe più difficoltoso per il soggetto percepire la differenza di nitidezza. Lo scopo è quello di ottenere una visione confusa in tutte le direzioni proposte ma se ciò non si riesce ad ottenere, è preferibile lasciare la migliore visione per quelle orizzontali.

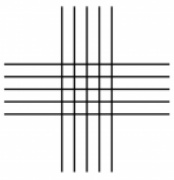

Figura 2.4.2

Per trovare l'addizione, può essere sfruttato anche il metodo bicromatico visto in precedenza ma in questo caso usiamo il test bicromatico per vicino. Il principio da

seguire è lo stesso: il soggetto presbite sottocorretto o non corretto vedrà meglio nel verde, altrimenti vedrà meglio nel rosso. In questo caso non si arriva all'uguaglianza in quanto, in tal caso, l'addizione risulterebbe eccessiva e quindi si lascia la preferenza per il verde. È possibile andare a controllare l'addizione verificando l'intervallo di visione nitida. Il soggetto osserva i caratteri dell'ottotipo corrispondenti ad un valore di acuità visiva di 2/20 inferiore al valore massimo raggiunto e avvicina l'ottotipo fin quando i caratteri risultano nitidi e leggibili. In seguito il soggetto allontana l'ottotipo verificando la stessa cosa; questo test mostra l'intervallo in cui funzionerà l'occhiale.[3] L'ultimo metodo di interesse è il metodo basato sull'accomodazione relativa: il soggetto osserva le lettere più piccole che riesce a leggere sull'ottotipo per vicino e deve mantenere le lettere singole e nitide mentre l'esaminatore varia lo stimolo accomodativo con lenti positive e negative con step di 0,25. Il soggetto deve riferire quando si verifica un annebbiamento sostenuto delle lettere e poi è invitato a leggere le lettere di ampiezza 1-2/10 inferiore alla sua acuità visiva per lontano; se le vede sfuocate, si introduce un'addizione sufficiente a rendere la visione nitida e si procede con la misura di ARP e ARN.[3]

2.4.3 Bilanciamento

I test di bilanciamento sono test bioculari o binoculari che hanno l'obiettivo di confrontare la percezione dei due occhi e, variando la correzione, di eguagliarle. Se ciò non è possibile, si lascia la migliore visione all'occhio dominante.[1] Una differenza tra i due occhi influenza l'acuità, la sensibilità al contrasto e in generale la binocularità. Nel caso del bilanciamento bioculare gli occhi partecipano entrambi ma sono dissociati, ovvero hanno localizzazioni spaziali diverse mentre nel secondo caso la visione non è dissociata. Per il primo si possono usare gli ottotipi polarizzati in direzione ortogonale tra loro e le mire presentate sono due file di lettere di acuità 5-8/10, che il soggetto deve guardare indossando un occhiale polarizzato. Il soggetto vedrà con un occhio una fila di lettere e con l'altro, l'altra fila. Dopo questa dissociazione, si addiziona, ad entrambi gli occhi, una lente di +0,50 diottrie alla sferocilindrica trovata durante la refrazione monoculare e si chiede al soggetto quale fila di lettere vede meglio. Si peggiora la visione con lenti positive fino a raggiungere l'uguaglianza e poi si tolgono le lenti di +0,50 messe inizialmente.[3] Il bilanciamento binoculare si può effettuare con il metodo vettografico, facendo indossare al soggetto i filtri polarizzati. Si effettua la stessa procedura per il bilanciamento bioculare e si aggiunge una lente di +0,50 alla correzione trovata; si chiede al soggetto di osservare le lettere poste lateralmente al setto separatore, individuando quelle che appaiono più nitide. Si va poi a peggiorare la visione nell'occhio che vede meglio per ottenere uguale nitidezza e infine si tolgono le lenti usate per miopizzare: quella sarà la correzione finale.

2.5 BINOCULARITA’

Per valutare lo stato della visione binoculare, si procede inizialmente nella verifica della stereopsi, e se questa non è presente, si verifica la fusione e la percezione simultanea.

2.5.1 Stereopsi, fusione e percezione simultanea

I test per la stereopsi possono essere effettuati sia per la visione prossimale che per quella a distanza e mettono in evidenza le disfunzioni visive binoculari in quanto tutti i fattori ottico, neurale e motorio devono funzionare bene per far sì che sia normale (Simons e Reinecke, 1974). Una stereopsi ridotta può evidenziare un’acuità visiva ridotta (differente tra i due occhi) e una deviazione o disparità di fissazione.[1] Un test molto adoperato è il test di Schober che viene effettuato con la sola luce del proiettore di ottotipi al buio e richiede l’utilizzo di occhiali anaglifici o polarizzati (a seconda del test) e ottotipi polarizzati. Il soggetto osserva una croce rossa al centro di due cerchi concentrici verdi; davanti all’occhio destro c’è il filtro rosso mentre davanti al sinistro c’è il filtro verde. L’occhio destro vede la croce e il sinistro i cerchi. Se la croce o i cerchi si spostano sul piano orizzontale, possiamo associare all’occhio in questione una esodeviazione o una exodeviazione; se lo spostamento è sul piano verticale, si può evidenziare una ipodeviazione destra o sinistra. Si possono però avere una deviazione con componente sia orizzontale che verticale. Per la verifica della fusione si può usare il test del filtro rosso, in cui viene anteposto ad un occhio un filtro rosso mentre l’altro occhio resta scoperto; il soggetto è invitato ad osservare una mira bianca luminosa. Se la mira appare rosata, la fusione è presente; se appare bianca, vuol dire che la visione è monoculare e la fusione assente. Se appare biancastra o rossastra vuol dire che è presente una buona rivalità retinica.[1]La percezione simultanea può essere verificata con il test della diplopia, sfruttando un prisma di 6 diottrie prismatiche base alta (posto davanti all’occhio dominante) e una coppia di mire poste verticalmente. A seconda di dove appaiono posizionate, possiamo evidenziare la presenza della percezione simultanea, di una visione alternante o monoculare.

2.5.2 Eteroforie

Per mettere in evidenza le eteroforie, bisogna interrompere la fusione sensoriale al fine di ottenere visione dissociata. Questa può essere ottenuta fornendo immagini differenti ai due occhi, come con il test di Schober visto prima, escludendo un occhio dalla visione (con un occlusore) o con la dissociazione tramite prismi.[3] Per quest’ultima si usa la carta di Sheard verticale e si inserisce un prisma di 6 diottrie base alta su un occhio, al fine di interrompere la fusione e quindi evidenziando le forie orizzontali. Viceversa, si inserisce un prisma di 10 diottrie base nasale per evidenziare le forie verticali con la carta di Sheard orizzontale. Queste tecniche sono soggettive, mentre una tecnica oggettiva è il Cover/Uncover test, con cui si invita il

soggetto a fissare una mira posta all'infinito o prossimale. Si occlude poi uno dei occhi, così si ottiene visione dissociata e l'occhio occluso assume la posizione di foria; successivamente si scopre l'occhio occluso, potendo così osservare il movimento di recupero che compie. Una variante di questa tecnica è il Cover test alternato: l'occlusore viene passato velocemente da un occhio all'altro mentre si osserva il movimento di recupero.[3] La compensazione viene effettuata anteponendo dei prismi davanti ad uno dei due occhi per spostare l'immagine della direzione voluta.

CAPITOLO 3: IL SOGGETTO PRESBITE

3.1 DEFINIZIONE

La presbiopia è il difetto visivo che consiste nella riduzione dell'ampiezza accomodativa con l'avanzare dell'età. Questo processo inizia durante l'adolescenza e continua fino ai sessant'anni, dopodiché il piccolo valore accomodativo che si riscontra è dovuto in gran parte alla profondità di fuoco.[3] È un fenomeno del tutto fisiologico, per questo motivo non è propriamente esatto parlare di ametropia. Clinicamente è definito presbite un soggetto che presenta un'ampiezza accomodativa inferiore alle 4 diottrie. La scelta di questo valore si basa sul fatto che normalmente le attività "da vicino" sono svolte ad una distanza media di 40 centimetri, per la quale c'è bisogno di una accomodazione pari all'inverso di questa distanza in metri ovvero 2,50 diottrie. Per una visione confortevole, il soggetto dovrà utilizzare al massimo i 2/3 del suo potere accomodativo totale.[3] Con queste considerazioni, il potere accomodativo totale del soggetto deve essere di almeno 3,50 diottrie. Ciò vuol dire che il soggetto non avvertirà problemi visivi fin quando la sua ampiezza accomodativa non scenderà al di sotto delle 4 diottrie. Le persone che diventano presbiti possono lamentare mal di testa e affaticamento degli occhi e allontanare progressivamente gli oggetti per poter avere una visione nitida. La lunghezza delle braccia limita questo meccanismo compensativo, ma, sebbene gli oggetti possano essere messi a fuoco, potrebbero diventare troppo piccoli per essere identificati.[6]

La presbiopia è definita "incipiente" nella fase che precede la necessità di correzione[1], fase in cui il soggetto inizia ad avere la necessità di allontanare il piano di lavoro; "manifesta" quando il soggetto necessita di una correzione da vicino in quanto la sua ampiezza accomodativa non è sufficiente. Infine si definisce "assoluta" quando l'accomodazione è al suo valore minimo o è del tutto assente.[1] Vi sono però altre forme di presbiopia di diversa natura, ovvero si parla di *presbiopia prematura* quando questa insorge notevolmente prima dei 45 anni; *presbiopia notturna* in condizioni di ridotta illuminazione e *presbiopia secondaria* quella causata da affezioni.[1] La presbiopia è anche considerata come una prima fase della cataratta nucleare senile (McGinty e Truscott, 2006).

In generale si può stimare che prima dei 50 anni l'ampiezza accomodativa si riduce progressivamente di un valore di 0,25-0,30 diottrie all'anno; dopo il suo valore è minimo e vicino allo zero (figura 3.1.1). Se si prende come riferimento l'ampiezza accomodativa ai 54-55 anni, sia oggettivamente e soggettivamente dovremmo trovare un valore nullo ma in realtà non è così.

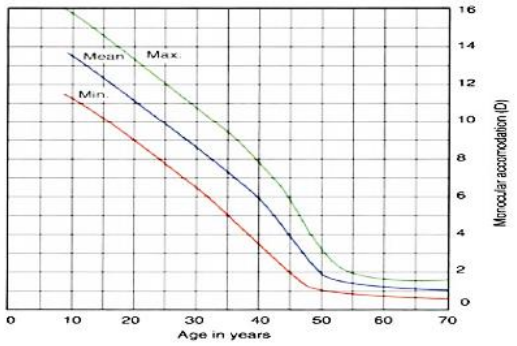

Figura 3.1.1

I dati forniti da Hamasaki et al. (1956) (figura 3.1.2) ci permettono di confrontare i valori dell'ampiezza accomodativa ottenuti soggettivamente con il push-up e oggettivamente con la stigmatoscopia (una variante della retinoscopia). Come è possibile vedere, questi dati indicano un'ampiezza accomodativa maggiore dello zero. Intorno ai 54-55 anni l'ampiezza accomodativa arriva a zero oggettivamente mentre soggettivamente le variazioni accomodative sono trascurabili e attribuibili alla profondità di campo. [2]

Age	Number of Subjects	Push-up	stigmatoscopy		
			right	left	mean
42	6	4.26	1.20	1.32	1.26
43	5	2.95	1.14	1.15	1.14
44	5	2.61	0.66	0.86	0.76
45	5	2.35	0.74	0.60	0.67
46	6	2.70	0.77	0.92	0.85
47	6	2.71	0.57	0.51	0.54
48	6	2.15	0.43	0.33	0.38
49	7	2.06	0.34	0.31	0.32
50	5	2.13	0.28	0.24	0.26
51	5	1.37	0.38	0.44	0.41
52	7	1.89	0.32	0.35	0.34
53	6	1.45	0.16	0.18	0.17
54	6	1.48	0.11	0.11	0.11
55	6	1.93	0.10	0.12	0.11
56	5	1.96	0.10	0.11	0.10
57	5	1.91	0.09	0.03	0.06
58	5	1.43	0.07	0.06	0.06
59	5	1.73	0.07	0.08	0.08
60	5	1.51	0.09	0.06	0.07

Figura 3.1.2

La correzione necessaria, dopo questa età, può aumentare proprio a causa della riduzione della profondità di campo o anche a causa di altri fattori come per esempio l'aumento delle aberrazioni. In un soggetto giovane, infatti, è stato visto che la superficie anteriore della cornea e il cristallino compensano in gran parte le aberrazioni del sistema ottico oculare (principalmente aberrazione sferica e coma) (Artal & Tabernero, 2008).

3.2 TEORIE SULLA PRESBIOPIA

Vi sono numerose teorie che spiegano l'insorgenza della presbiopia. La maggior parte di queste sono dette *cristalliniche* o *lenticolari* e accreditano, come causa principale della presbiopia, l'aumento della rigidità del cristallino:

3.2.1 La teoria più conosciuta che spiega l'insorgenza della presbiopia è quella promossa da Helmotz nel 1866 e successivamente confermata da diversi autori come per esempio Fisher (1971) e Davson (1990). Questa è chiamata "sclerosi del cristallino" e attribuisce l'insorgenza della presbiopia a due principali fattori quali la riduzione del modulo di elasticità della capsula e della sostanza interna (Fisher) e il volume della lente oculare che aumenta progressivamente durante la vita dell'uomo (Scammon e Hesdoffer). Sostanzialmente questa teoria sostiene che il cristallino diventa più duro e meno deformabile all'aumentare dell'età e che quindi, dopo i 50 anni, è impossibile deformarlo mediante stiramento meccanico.[4] Questo perché il cristallino non può espellere le proprie cellule morte, per cui le comprime verso il proprio nucleo.[1] Dal punto di vista ottico questo significa che assume una forma fissa corrispondente a uno stato non accomodato con un fuoco fisso per lontano (nell'occhio presbite emmetrope).[4]

3.2.2 Secondo la teoria Duane-Ficham, il muscolo ciliare deve aumentare la sua contrazione nel corso della vita a causa della progressiva riduzione della deformabilità del cristallino. A sostegno di questa teoria c'è l'aumento del rapporto AC/A di risposta.[2] Ciò non significa però che il muscolo ciliare perde la sua capacità di contrazione.

3.2.3 C'è la teoria geometrica, secondo cui l'accorciamento della zonula relativo alla contrazione del muscolo ciliare non è più sufficiente a far rilasciare la capsula in modo che plasmi il cristallino nella forma accomodata[4] (Koretz et al., 1989; Farnsworth e Shyneb, 1979). La carenza di accomodazione provocherebbe la presbiopia indipendentemente da alterazioni strutturali del cristallino, della zonula o del muscolo ciliare. Appare evidente che secondo questa teoria il cristallino del presbite si trova in uno stato non accomodato.[4]

3.2.4 La teoria di Shachar (1992,1999) si oppone alla teoria di Helmotz, infatti egli sostiene che durante il processo accomodativo le fibre zonulari siano tese e che quindi vi sia un avvicinamento della porzione equatoriale del cristallino alla sclera, inoltre parla una progressiva crescita del cristallino nel corso della vita. Ammettendo ciò, si avrebbe un progressivo affollamento della camera posteriore che ridurrebbe la possibilità di tensione delle fibre zonulari equatoriali durante la contrazione del muscolo ciliare, da cui l'incapacità progressiva con l'età ad accomodare.[4] In realtà non è stato dimostrato alcun allungamento del diametro equatoriale con l'età, piuttosto una crescita solo lungo l'asse antero-posteriore e un aumento dello spessore del cristallino (Glasser e Kaufman, 1999; Mathews, 1999).

Le teorie che invece che sostengono che la causa essenziale della presbiopia sia a carico di fattori *extralenticolari* sono:

3.2.5 La teoria di Donders (1864), Duane (1925) e Fincham (1937) secondo cui la capacità del muscolo ciliare di contrarsi si riduce con l'età. Questa teoria è sostenuta anche da Miege (1989) tuttavia non vi sono conferme sperimentali anzi vi sono risultati che sminuiscono questa teoria, come quelli ottenuti da Abramson et al., (1973).

3.2.6 Secondo Bito e Miranda (1985-1995) vi è invece un deterioramento delle componenti elastiche quali coroide e corpo ciliare per cui viene meno la possibilità di rilassare l'accomodazione. Tale condizione, però, è coerente con un aumento di potere e non con una sua diminuzione.

Al di là di queste teorie, vi sono variazioni fisiologiche evidenti che sembrano essere legate all'insorgenza della presbiopia. Nei grafici sottostanti (figura 3.2) (da Ciuffreda, 2006, con modif.) è possibile vedere l'andamento di queste variazioni in funzione dell'età:

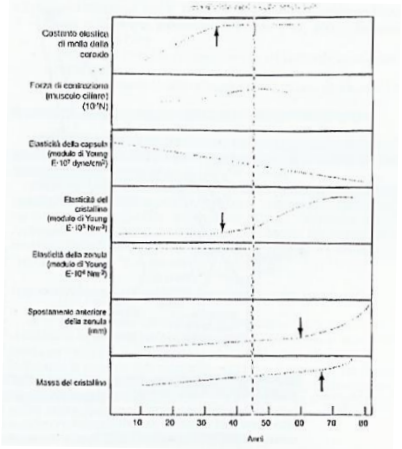

Figura 3.2

Le frecce indicano approssimativamente l'inizio della variazione mentre le unità evidenziano l'ordine di grandezza. È chiaro che il nucleo e la capsula del cristallino perdono elasticità e conseguentemente c'è bisogno di maggiore energia per deformarli. Il cristallino aumenta il suo diametro e spessore mentre la sua forma (e quindi potenza) varia poco nell'osservazione a breve distanza. Per quanto riguarda le fibre della zonula, queste si connettono più verso la superficie e meno verso l'equatore del cristallino e, rispetto alla superficie, sono più inclinate. Il muscolo ciliare invece non perde in maniera rilevante la sua capacità di contrarsi.[2]

3.3 INSORGENZA

Dalla bibliografia è possibile constatare come siano stati effettuati numerosi studi per capire quali siano i fattori scatenanti nell'insorgenza della presbiopia. I primi

studi sono stati effettuati nel primo dopoguerra (Ishihara 1919) ma solo nel secondo dopoguerra sono stati effettivamente approfonditi. L'obiettivo era quello di scoprire le caratteristiche del processo di invecchiamento umano attraverso una ricerca combinata di scienziati, medici, biologi e altri specialisti. Secondo l'Organizzazione mondiale della sanità, la popolazione mondiale invecchia sempre più rapidamente ma in maniera diversa. L'aspettativa di vita è aumentata ma vi sono differenze tra i paesi ad alto reddito e quelli a medio-basso reddito (nei primi è maggiore) (figura 3.3), ma varia tra maschi e femmine, come si vedrà in seguito. Questo significa che il numero di presbiti aumenterà. Di interesse sono però gli effetti che l'invecchiamento ha, nel caso specifico, sulle strutture oculari e in modo particolare sul cristallino. L'invecchiamento può portare, in una prima fase, la presbiopia stessa, ed in seguito culminare con la cataratta. I risultati di questi studi suggeriscono che, a questo fenomeno, contribuiscono anche altri fattori quali il fattore geografico-ambientale, il fattore nutrizionale/salute e fattore di genere.[3]

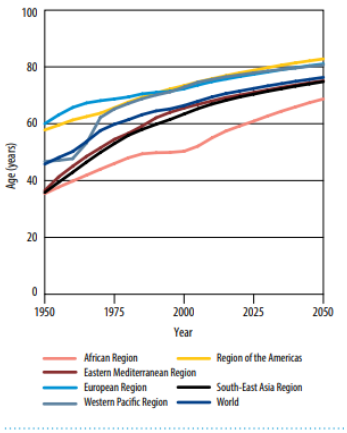

Figura 3.3

3.3.1 La prolungata attività prossimale e la variazione continua di focalizzazione (soprattutto con l'utilizzo combinato di dispositivi elettronici) porta ad un affaticamento visivo. L'efficienza dell'apparato accomodativo, dopo anni di applicazione costante e sottoposizione a stress accomodativo, viene a mancare. Recenti studi dimostrano come vi è maggiore prevalenza di problematiche della visione prossimale nei soggetti che vivono in città rispetto ai soggetti che vivono in ambienti rurali, questo perché la lettura e la scrittura sono le principali attività visive.

3.3.2 Per quanto riguarda l'influenza del fattore geografico-ambientale, la letteratura oftalmologica mondiale suggerisce che vi è un'insorgenza precoce della presbiopia nei soggetti appartenenti alle popolazioni che abitano i paesi in prossimità dell'equatore. Un dato interessante è quello presentato dal dottor M. Miranda (1977), medico a Porto Rico, effettuando studi su un campione di 1000

soggetti portoricani di età compresa tra i 30 e i 65 anni. Egli ha confrontato i risultati dei propri studi con quelli di precedenti studi condotti su campioni di soggetti di altri paesi e inviato gli stessi ad altri esperti al fine di avere un confronto. Nello studio i casi in cui i soggetti non raggiungevano i 20/20, o avevano patologie quali strabismi, anisometropi maggiori di una diottria, sono stati esclusi. La mira usata era un ottotipo con lettere nere su fondo bianco di circa mezzo millimetro. Nei soggetti emmetropi l'ottotipo era posto a 33,3 cm dalla cornea e quindi la richiesta accomodativa era di 3 diottrie. Nei soggetti miopi l'ottotipo era stato posto un centimetro più vicino, invece nel caso degli ipermetropi era posto un centimetro più lontano; nei soggetti astigmatici l'ottotipo è stato posto basandosi sui calcoli dell'equivalente sferico. Inoltre anche la correzione oftalmica dei soggetti era stata portata alla stessa distanza apice corneale-lente (14 millimetri) in modo tale da avere le stesse condizioni di partenza. Ai soggetti è stato poi somministrato un ciclopegico ed è stata misurata l'acuità visiva monoculare. I dati raccolti ci dicono che l'ampiezza accomodativa si riduce al progredire dell'età e ciò è confermato anche da altri studi effettuati da altri esperti in altri paesi, nonostante l'impiego di metodologie differenti. Questi dati, però, suggeriscono anche che al diminuire della latitudine e quindi in prossimità dell'equatore vi è una insorgenza precoce della presbiopia (figura 3.4):

METHOD USED FOR THE QUESTIONNAIRE

Conscious of the analytical limitations of data obtained through the use of

TABLE II:

Age	Place	Latitude	Author	Year Published
47	England	51-54	Ayrshire	1964
43	England	51-54	Turner	1958
45	New York	41-45	Duane	1912
50	Cleveland	38-42	Allen	1961
45	Japan	36-44	Kajiura	1965
43	Japan	36-44	Fukuda	1965
42	Japan	36-44	Ishihara	1919
43	California	32-42	Hamasaki	1956
45	Texas	26-36	Fitch	1971
40	South Africa	26-29	Coates	1955
41	Israel	32	Raphael	1961
37	India	10-30	Rambo	1960
39	Puerto Rico	18-18.5	Miranda	1977*

*Done in 1977 as part of the thesis, but not published.

Figura 3.3.2.1

Altri dati evidenziano un range di insorgenza uniforme collocato tra i 42 e i 44 anni di età per la popolazione statunitense, mentre per le popolazioni del Sud America l'insorgenza è precoce. L'aggiunta di lenti positive diviene necessaria all'età di 42-43 anni in Italia[1] ma a 40 in Grecia e a 48 in Svezia (Rambo e Seigal, 1960). Hofstetter (1968) fornisce inoltre i dati raccolti da due optometristi, uno del Ghana (Latitudine 5°) e uno delle Figi (Latitudine -18°): questi mostrano che i valori dell'addizione di due gruppi etnici residenti in ciascuna di queste aree differiscono di circa una mezza diottria durante il periodo di transizione alla presbiopia.

Stato o area geografica	Temperatura annuale media (°F)	Età media dell'insorgenza della presbiopia
Norvegia	42	46,1
Finlandia	42	44,5
Alaska	42	44,1
Canada	42	44,7
Svezia	43	43,8
Danimarca	46	42,5
Nord USA	46	44
Germania	48	43,5
Irlanda	48	46,5
Olanda	49	45,3
Belgio	49	44,8
Austria	49	44,5
Inghilterra	51	45,3
Francia	51	45,5
Centro USA	51	43,3
Ungheria	52	43,5
Bolivia (Montagne)	52	44,5
Perù (Montagne)	55	44,5
Ecuador (Montagne)	55	42,5
Spagna	56	44,5
Turchia	58	44,5
Colombia (Montagne)	58	42,5
Cile	59	44,8
Italia	60	44,5
Iran	61	43,5

Figura 3.3.2.2a

Nelle tabelle di cui a lato (Figura 3.3.2.2a e 3.3.2.2b) ci sono i dati raccolti da Miranda che mettono in relazione la temperatura media di uno Stato o un'area geografica con l'età media di insorgenza della presbiopia. Si possono distinguere due componenti di questo fattore: la radiazione solare (in particolare il contenuto di infrarossi e ultravioletti) e temperature ambientali medie elevate. È infatti vero che, per quanto riguarda la radiazione solare, a una certa soglia, l'ultravioletto e l'infrarosso possono provocare danni alla pelle, al sistema immunitario e alle strutture oculari. Lo studio di Miranda ha però riscontrato che è la temperatura ad avere un ruolo predominante nell'insorgenza della presbiopia, (tesi confermata anche da altri studiosi) ma più precisamente che sia il calore risultante dall'assorbimento della radiazione ultravioletta che può danneggiare il cristallino, e quindi favorire lo sviluppo della presbiopia.[7]È più lecito, infatti, parlare di temperatura anziché di latitudine in quanto i paesi vicino all'equatore hanno temperature ambientali medie più elevate rispetto ai Paesi più lontani dallo stesso.

Le strutture oculari maggiormente colpite sono la cornea e il cristallino, infatti queste radiazioni possono causare cataratta (le radiazioni UV sono considerate una concausa nella genesi dei processi ossidativi che portano all'aumento delle proteine insolubili nel cristallino e quindi alla comparsa dell'opacità) o comunque distruzione dei tessuti e l'effetto si verifica anche a basse ma continue esposizioni.[11]

Stato o area geografica	Temperatura annuale media (°F)	Età media dell'insorgenza della presbiopia
Argentina	61	43,6
Uruguay	61	45,5
Sud Africa	63	41,5
Australia	63	44,8
Grecia	64	42,9
Sud USA	65	42,9
Perù (Costa)	68	42,4
Guatemala	69	39,6
Costa Rica	69	40,8
Brasile	69	42,3
Bolivia (Tropici)	73	40,5
Egitto	73	39,5
El Salvador	75	40,5
Hawaii	75	42,4
Venezuela	76	39,8
Ecuador (Costa)	78	39,7
India	79	40
Colombia (Costa)	79	39,8
Repubblica Dominicana	79	39,5
Haiti	79	38,5
Porto Rico	79	39,8
Filippine	79	37,8
Indonesia	80	38,5
Panama	80	40,8
Malesia	81	38,9
Nicaragua	83	39,8
Thaliandia	83	40,5

Figura 3.3.2.2b

Tra le radiazioni visibili quelle violetto-blu sono dannose per la retina, mentre gli UV sono tutti pericolosi per il nostro organismo e quindi anche per l'occhio, in particolare per la cornea, per il cristallino e per la retina. La temperatura ambientale non è, però, l'unica da considerare in quanto la temperatura della parte interna dell'occhio è influenzata contemporaneamente dalla temperatura esterna attraverso la cornea e dalla temperatura corporea trasmessa all'occhio dal sangue. Mentre la temperatura corporea è pressoché costante, la temperatura di ogni singola struttura corporea è soggetta a variazioni, anche ridotte, a causa dei cambiamenti ambientali, dei comportamenti e del metabolismo.[10] Un altro studio di notevole interesse è quello di Linea Kessel, Leif Johnson, Henrik Arvidsson e Michael Larsen (2010), eseguito allo scopo di mettere in relazione la temperatura dell'ambiente, la temperatura corporea e quella corneale ed evidenziare come il fattore temperatura sia un vero e proprio fattore di rischio per problemi oculari quali presbiopia e cataratta.

I test eseguiti sugli umani evidenziano un aumento lineare della temperatura corneale con l'aumentare della temperatura corporea fino a 36,5-37,0° Celsius. Dopo questo limite, la temperatura corneale non aumenta di pari passo con quella corporea, a differenza di ciò che accade tra temperatura ambiente e corneale (si assume che la temperatura corneale "limite" sia vicina a quella del

cristallino). Raggiunta una certa soglia, la temperatura porta alla denaturazione delle proteine e alla loro aggregazione; ciò si traduce in un aumento della rigidità del cristallino ovvero insorge la presbiopia. Questo si ha, quindi, in seguito all'aumento di temperatura corporea causato dall'aumento della temperatura ambientale. In riferimento a quest'ultima possiamo facilmente comprendere come il riscaldamento globale e l'assottigliamento dello strato di Ozono abbiano un effetto importante, non solo per la presbiopia ma sulla prevalenza dei problemi oculari in genere. Osservando da vicino la pelle di una persona che si espone frequentemente al sole senza protezione, possiamo renderci conto dell'effetto dannoso dei raggi ultravioletti, i quali favoriscono la formazione dei radicali liberi, di cui si discuterà a breve.

3.3.3 Il fattore nutrizionale, unito a condizioni di salute precarie, accelera la perdita di funzionalità del sistema accomodativo.[3] Ciò spiega la maggiore incidenza di presbiopia prematura nei paesi sottosviluppati, per esempio uno studio condotto nella Tanzania rurale suggerisce un alto tasso di presbiopia nella popolazione adulta.[6] È possibile notare, infatti, dai dati raccolti da M. Miranda, che gli Stati per cui si ha una insorgenza precoce, sono anche quelli per cui l'indice globale della fame è più alto (Guatemala, India, Haiti, Filippine, Indonesia), ovvero si ha una condizione di denutrizione estremamente allarmante o grave. Le conseguenze di ciò sono importanti: si ha arresto di crescita, deperimento e mortalità infantile. In questi paesi anche le condizioni igienico-sanitarie sono pessime e quindi le patologie non vengono curate. In generale le patologie hanno un certo impatto sull'insorgenza della presbiopia, come per esempio il diabete mellito, sclerosi multipla (innervazione compromessa), miastenia grave, anemia, influenza e morbillo. Nel caso del diabete, un piccolo aumento di glucosio nell'umore acqueo causa un aumento dell'indice di rifrazione (un aumento di 0,01 può portare ad un errore miopico di 0,50 diottrie). Il cristallino, può essere influenzato dallo squilibrio osmotico e variare il proprio contenuto idrico; è inoltre frequente una riduzione dell'ampiezza accomodativa.[1] La miastenia grave deriva dal malfunzionamento del sistema immunitario per cui la comunicazione fra le cellule nervose e il muscolo viene interrotta e ciò provoca un indebolimento muscolare eccessivo dopo un'attività, palpebre cadenti e visione doppia.[13] Molti alimenti, come frutta e verdura, contengono sostanze chimiche con una forte azione antiossidante, quindi limitano la formazione di radicali liberi, come per esempio le vitamine A-C-E, zinco e selenio. La vitamina A (il cui precursore è il betacarotene) è essenziale per le cellule epiteliali, aumenta la resistenza alle infezioni supportando il sistema immunitario, assicura un buon funzionamento della vista e permette la visione crepuscolare, protegge la pelle dai danni causati dall'esposizione al sole, contrasta gli effetti dannosi provocati dall'inquinamento e dal fumo. La vitamina C ha anch'essa una funzione antiossidante e

immunitaria, ma è fondamentale anche per la riparazione dei tessuti corporei. La vitamina E ha funzione di protezione per le membrane cellulari. Lo Zinco e il Selenio hanno azione antiossidante, il primo è essenziale anche per i muscoli, il secondo anche per la protezione da malattie cardiovascolari.[5] La formazione di questi radicali si ha quando l'ossigeno, che è fondamentale per la sopravvivenza delle cellule, in particolari circostanze, diventa nocivo. Poiché il cristallino è costituito principalmente da acqua e proteine (nello specifico dalla facoglobulina), nel momento in cui si ha un fenomeno ossidativo, questo altera la struttura delle proteine. L'azione negativa dei radicali liberi, però, si ripercuote sulla salute dell'intero organismo, accelerando i processi di invecchiamento, deprimendo il sistema immunitario e favorendo l'insorgenza di numerose malattie e forme tumorali.[5] Le regioni del mondo più colpite dalla denutrizione sono l'Asia meridionale e l'Africa, in particolare a Sud del Sahara. Il paese in cui la denutrizione costituisce una grave emergenza di sanità pubblica (superiore a quello delle altre regioni del mondo) è l'Asia meridionale. Di questa area geografica va ricordata l'India, lo stato con la più alta percentuale di deperimento infantile (21%)[12] e con un'insorgenza della presbiopia stimata tra i 30 e i 39 anni.[6] Gli studi fino ad oggi sulla presbiopia nei paesi a basso e medio reddito suggeriscono che più della metà degli adulti di età superiore ai 30 anni ha presbiopia, le donne hanno sia una prevalenza maggiore, sia una più grave presbiopia; inoltre la maggior parte dei presbiti non ha occhiali correttivi.[6]La presbiopia, infatti, influisce sulla qualità della vita anche in questi paesi dove le attività di scrittura e lettura sono limitate a pochi individui, in quanto una buona visione da vicino è fondamentale anche per le attività contadine come la vagliatura del grano, la selezione del riso, ma anche il cucito, la cottura dei cibi e la regolazione delle lampade.[6] Ciò significa che la compensazione della presbiopia (e dei difetti refrattivi in generale) influisce sullo sviluppo economico. [6]

3.3.4 Le donne rappresentano circa 64% del totale numero di non vedenti globalmente (un valore riassuntivo) sia dal punto di vista patologico che dal punto di vista optometrico: rispetto agli uomini, è stata riscontrata una piccola ma sostanziale differenza.[14] Per il nostro caso specifico, numerosi studi dimostrano, infatti, che la presbiopia colpisce le donne prima degli uomini, secondo dati di uno studio effettuato in Tanzania[6]. Questa differenza sembra avere basi biologiche, riguardanti l'assetto ormonale. Alcuni ormoni hanno azione diretta sulle strutture oculari, come la quantità e qualità della secrezione lacrimale, la pressione endo-oculare e il rischio di cataratta. L'Organizzazione mondiale della Sanità riferisce che, mediamente, le donne hanno un'aspettativa di vita maggiore rispetto agli uomini (figura 3.3.4.1) ma vanno incontro all'invecchiamento prima (ma non si conoscono le cause). Nelle tabelle

sottostanti (figura 3.3.4.2) si evidenzia l'aspettativa di vita di un sessantenne, a seconda del genere e del paese che abita.

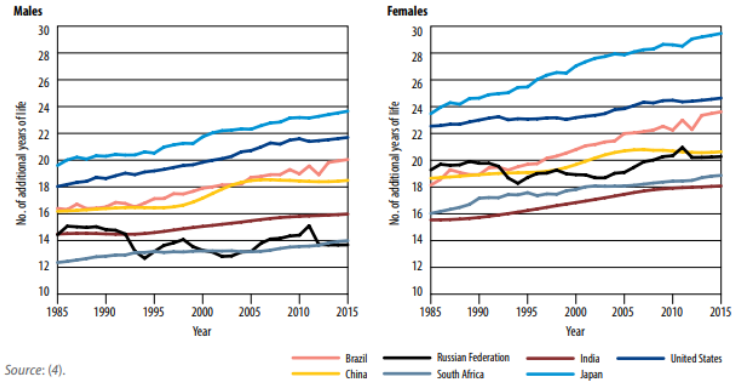

Figura 3.3.4.2

CAPITOLO 4: LA CORREZIONE OFTALMICA

Per i soggetti presbiti anni addietro venivano prescritte lenti monofocali oppure i mezzocchiali. Le lenti monofocali risultavano e risultano le meno pratiche a causa del continuo "mettere e togliere" quando si vogliono osservare oggetti a diverse distanze, ciò porta il soggetto a utilizzarle anche quando non dovrebbe. In questo modo si creano squilibri accomodativi che possono peggiorare la condizione refrattiva del soggetto. I mezzocchiali sono un tentativo di risolvere il problema precedente, realizzando una lente per cui l'addizione si trova nella metà inferiore mentre quella superiore è priva di potere. Anche questa soluzione risulta essere problematica, in primo luogo perché non vengono compensate le ametropie "da lontano" e in secondo luogo perché, se indossati da un soggetto presbite consolidato, questo avrà visione sfuocata per distanze appena maggiori di quella per cui si è data l'addizione.[15] Per questi motivi si è proseguito nella ricerca di una lente che potesse dare un ottimo rendimento non per il soggetto esclusivamente presbite ma anche per i presbiti con ametropie.

4.1 LENTI BIFOCALI

Gli occhiali bifocali sono stati realizzati per la prima volta da Benjamin Franklin nel '700 e utilizzano lenti bifocali, ossia con due zone di differente potere per il lontano (generalmente la zona più ampia) e per il vicino.[1] Si possono distinguere le lenti bifocali a variazione di indice e a variazione di curvatura. Le prime sono anche dette "a disco fuso" in quanto vengono realizzate a partire dalla lente monofocale per lontano sulla cui superficie anteriore viene realizzata una piccola cavità.[15] In questa cavità viene inserito del materiale con un indice di rifrazione maggiore rispetto alla zona da lontano e poi si procede nuovamente a riscaldare la lente in modo tale da ottenere un unico blocco.[1]Le forme adottate per la porzione

da vicino sono a *circoletto, disco ¾, pantoscopica* e a *margine diritto* (figura 4.1.1).

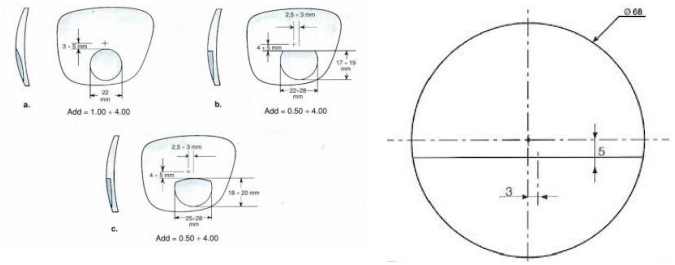

Figura 4.1.1

Nel caso della correzione astigmatica, la superficie cilindrica è realizzata sulla superficie opposta rispetto a quella dov'è presente la zona da vicino in quanto la correzione astigmatica deve essere sempre mantenuta. Nel caso di lenti fotocromatiche, poiché con la normale lavorazione si avrebbe la zona da vicino colorata più intensamente, si procede con altre tecniche.[15] Le lenti bifocali a variazione di curvatura sono lenti uniche per cui la zona per vicino è realizzata variando la curvatura e, per le lenti in plastica, è l'unico modo per ottenre una lente bifocale.[1] Oltre alle forme viste in precedenza (realizzate, in questo caso, mediante un accorciamento del raggio), esse sono disponibili come lenti ad *unghia visibile, invisibile* ed *executive* (realizzate con un allungamento del raggio a livello della superficie interna della lente) (figura 4.1.2). Un problema che si riscontra con queste lenti è il salto di immagine, che si verifica quando si ha il passaggio dalla zona per lontano a quella per vicino. In modo particolare in prossimità della zona di separazione, si ha un doppio effetto prismatico dovuto alla distanza dalla linea di separazione dei centri ottici delle due zone.[15]

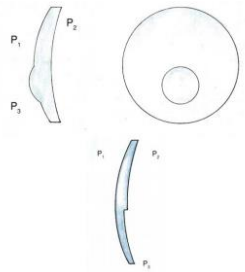

Figura 4.1.2

Nel caso delle lenti ad unghia visibile, si possono modificare i centri ottici per far sì che un prisma annulli l'altro, ma solo per questo tipo di lenti. L'effetto prismatico può essere calcolato con la formula:

$$\Delta = d\ x\ \varphi$$

Dove *d* è la distanza tra i due centri ottici e φ è il potere dell'addizione.[1]Il salto di immagine va a modificare la localizzazione degli oggetti nel campo visivo, generando una zona cieca.[15] In caso di anisometropia, si può verificare affaticamento visivo o diplopia, per questo motivo si può optare per l'inserimento di un prima base verticale nella sola zona per vicino.[1]Normalmente il sistema visivo riesce a compensare in gran parte il salto di immagine attraverso movimenti saccadici.

4.2 LENTI TRIFOCALI

Alla lente bifocale è aggiunta una ulteriore zona per la visione a distanza intermedia il cui potere è pari alla metà dell'addizione. Questa zona viene aggiunta quando l'addizione eccede le 2 diottrie, in quanto in questo caso la visione a determinate distanze non è possibile né con la zona da lontano, né con la zona da vicino. Si ha, inoltre, che per addizioni inferiori l'accomodazione e la profondità di campo permettono una buona visione anche con lenti bifocali.[1]

4.3 LENTI PROGRESSIVE

La lente progressiva è una lente che, sfruttando le diverse posizioni assunte dagli assi visivi, nel passaggio dalla visione per lontano a quella per vicino, permette una percezione distinta degli oggetti posti in varie zone dello spazio.[15] Per far sì che ciò avvenga, c'è una variazione di curvatura graduale nella zona intermedia (*canale di progressione*) mentre nella zona superiore (da lontano) e inferiore (da vicino) queste lenti presentano un potere costante. La variazione di curvatura si ha sulla superficie anteriore della lente. Il motivo della scelta di una lente progressiva risiede principalmente nella praticità di un ametrope presbite nell'avere in un'unica lente una correzione completa e una visione nitida a distanze intermedie.[1] Da un punto di vista costruttivo le lenti progressive sono affette da importanti aberrazioni periferiche ed è difficoltoso realizzare un ampio canale di progressione. Due problemi che riscontra il soggetto che passa all'occhiale progressivo sono la standardizzazione della postura e l'astigmatismo di superficie. La prima perché il soggetto dovrà modificare in parte le sue abitudini per ridurre le anomalie visive indotte dalle superfici progressive, la seconda perché ad ogni variazione di curvatura (necessaria per ottenere la compensazione da vicino) si crea un cilindro il cui potere aumenta dal centro della lente verso la periferia. Questo astigmatismo è tollerato se non va oltre le 0,50 diottrie e per questo valore è possibile definire delle aree *funzionali*, mentre se è al di sopra, queste aree si defininiscono *laterali* (figura 4.3).[15] Questo perché, se il soggetto guarda attraverso queste aree, ha una visione distorta.

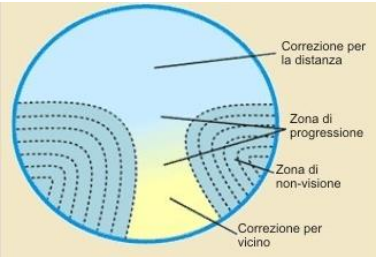

Figura 4.3

Le lenti progressive, da quando sono state realizzate, hanno subito un'evoluzione; questo perché si cerca di ridurre al minimo le problematiche precedentemente descritte. Si possono distinguere tre generazioni di lenti progressive che si sono susseguite. Le lenti di prima generazione sono realizzate mettendo insieme superfici di curvatura diversa (che aumenta dall'alto verso il basso). Si può andare a definire l'*evoluta* della lente, ovvero la linea che passa per tutti i centri di curvatura. Questo tipo di lente presenta ampie zone non funzionali a causa del rapidissimo incremento degli astigmatismi di superficie dal centro verso la periferia, quindi frequentemente il soggetto avrà visione alterata. Le lenti di seconda generazione seguono lo stesso principio delle lenti di prima generazione, ma sono realizzate con superfici asferiche e non sferiche; questo consente di ottenere ampie zone a basso valore di astigmatismo di superficie. Un'altra caratteristica è che nella sezione orizzontale, al di sopra del punto di centraggio da lontano, il potere aumenta verso la periferia, mentre al di sotto procedendo verso i bordi della lente, il potere diminuisce.[15] Al di là di queste novità, la pù grande innovazione risiede nel fatto che viene introdotta la differenziazione tra lente destra e lente sinistra: si realizzò il decentramento della zona da vicino rispetto a quella del lontano (*inset*). Il valore dell'inset oscilla tra i 2 e i 2,5 millimetri ed è calcolato misurando la differenza tra la distanza interpupillare da lontano e quella da vicino. Abbiamo detto che la progressione è realizzata sulla superficie esterna ma il potere da lontano, sia sferico che cilindrico, è a carico della superficie interna. Esternamente, l'aumento della curvatura produce una riduzione dello spessore al bordo nella zona bassa della lente, in evidente contrasto con la parte superiore, decisamente più spessa. Per risolvere questo problema, la superficie interna viene decentrata rispetto a quella esterna, eliminando così una porzione di lente corrispondente ad un prisma a base alta; si ottiene una lente a spessori ridotti e omogenei.[15] In queste lenti però non c'è un centro ottico nella zona da vicino ma c'è un prisma orizzontale a base esterna nelle lenti positive e base interna in quelle negative. La presenza del prisma costringe il portatore a variare la propria convergenza; per risolvere questo problema le aziende hanno introdotto un inset variabile (da 2 a 5 millimetri), aumentandolo nelle lenti positive e diminuendolo in quella negative. Un'altra notività, introdotta recentemente, è realizzare la progressione sulla superficie interna della lente, associandola alla correzione per

lontano. Così facendo si ha un maggiore comfort dovuto al fatto che, agendo su una curva di tipo negativo, si dovrà produrre un allungamento, e non un accorciamento, dei raggi di curvatura, quindi la variazione risulta essere meno brusca. Inoltre si ha un lieve incremento del campo visivo e la riduzione delle variazioni di ingrandimento.[15] Altre novità introdotte sono la variazione del canale di progressione e la progressione a campo corto, quest'ultima indirizzata ai giovani presbiti che lavorano in ufficio.

4.4 POSIZIONAMENTO LENTI E CENTRAGGIO

Oltre ad avvicinare i centri di curvatura per la visione prossimale, questi devono essere anche abbassati di circa 8 millimetri rispetto alla centratura in distanza. Se il potere delle lenti è diverso, si può manifestare una deviazione verticale diversa a seconda se si osserva verso l'alto o verso il basso. Con lenti positive, il prisma indotto è base alta, con lenti negative base bassa.[1] Nel caso di lenti trifocali o multifocali è importante posizionare la zona per la visione prossimale in quanto questa non deve interferire con il campo visivo da lontano e trovarsi in una posizione naturale per il soggetto. Nelle lenti trifocali la zona di visione intermedia è posta 2 millimetri più in alto rispetto a quella di visione prossimale; nelle lenti progressive, è anche più difficoltoso perché la zona di passaggio è ridotta.[1] Questo aspetto è da considerare anche quando si effettua la molatura, in quanto questo processo potrebbe rimuovere la zona destinata alla visione prossimale.

Conclusioni

La presbiopia è un fenomeno del tutto fisiologico e legato all'invecchiamento. Nei paesi industrializzati il numero di presbiti aumenterà sempre di più a causa dello sviluppo tecnologico ed economico ma anche a causa dell'allungamento dell'aspettativa di vita in suddetti paesi. Nei paesi sottosviluppati e in via di sviluppo il problema della presbiopia è un serio problema, in quanto impedisce a questi popoli, già in difficoltà, di progredire sotto l'aspetto economico, sociale, culturale e sanitario. I soggetti spesso non sanno che gli occhiali possono migliorare la visione, alcuni non sanno dove recarsi per acquistarli e molti sono impossibilitati ad acquistarli per la scarsa accessibilità e costi aggiuntivi, come i trasporti. C'è da dire che ci sono anche problematiche socio-culturali; basta pensare al fatto che in molti settori, gli uomini hanno il doppio delle possibilità di accedere alle cure oculistiche e alla compensazione oftalmica[14] rispetto alle donne. Spesso si pone l'attenzione sull'alfabetizzazione di queste popolazioni, tuttavia il punto da cui partire per raggiungere questo obiettivo è garantire una buona visione da vicino; questo permette, anche alle persone più avanti con l'età, di continuare a lavorare nel proprio settore. É fondamentale però aiutare questi Paesi anche da un punto di vista igienico-sanitario e di approvvigionamenti e nel contempo effettuare ulteriori ricerche per comprendere al meglio il legame tra l'insorgenza precoce della presbiopia e i fattori ampiamente discussi.

Bibliografia e sitografia

1. Rossetti A., Gheller P., “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione, 2003, Zanichelli

2. Zeri F., Fossetti A., Rossetti., Calossi A., “Ottica visuale”

3. Carelli P., “Dispense Paolo Carelli”

4. Mele L., Pescosolido N., “Report 2018: Presbiopia e correzione Ottica”, Centro Studi Salmoiraghi e Vigano

5. https://www.my-personaltrainer.it/

6. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5656279/#R24

7. Manuel N. Miranda, “The geographic factor in the onset of presbyopia” Trans Am Ophthalmol Soc., 1979

8. http://www.oculistanet.it/ottica-fisiop/ottica-fisiop-11.htm

9. https://blog.ciaroni.it/

10. Joseph M. Dixon, Lisa Blackwood “Thermal variations of the human eye”

11. https://www.crvisione.it/wordpress/effetti-dannosi-dei-raggi-ultravioletti-sullocchio/

12. Luisiana Gaita, “La mappa della fame del mondo”, 2018

13. http://www.msdmanuals.com/

14. Paul Courtright, Susan Lewallen, “Gender and eye health”, Community Eye Health Journal, 2009

15. F. Vargellini, “La compensazione oftalmica della presbiopia”, 2015