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

IMPORTANZA DELL’ESATTA ESECUZIONE E MONTAGGIO DELLA CORREZIONE OTTICA AI FINI DELLA VISIONE; CRITICITÀ,CONSEGUENZE E SPERIMENTAZIONE

Relatori:
Prof. Paolo Carelli

Candidato:
Federica Reich
Matricola M44000373

A.A. 2015/2016

Introduzione……..4

CAPITOLO I: I DIOTTRI,LE LENTI E ABERRAZIONI

•1. I Diottri……...5
• 1.2 Caratteristiche ottiche della lente……..…...…7

• 1.2.1 L' indice di rifrazione…….….7
• 1.2.2 Il coefficiente di dispersione……...7
• 1.2.3 I coefficienti di trasmissione,assorbimento e riflessione……8
• 1.3 La Geometria della lente……...8

• 1.3.1 Le lenti sferiche……8
• 1.3.2 Le lenti asferiche……..9
• 1.3.3 Le lenti astigmatiche……..……10
• 1.4 Le aberrazioni……..…11

• 1.4.1 Aberrazione sferica…….…11
• 1.4.2 Aberrazione Astigmatismo da fasci obliqui……12
• 1.4.3 Coma……...12
• 1.4.4 Distorsione……..13
• 1.4.5 Curvatura di campo……13
• 1.4.6 Aberrazione cromatica ……...14

CAPITOLO II: LA VISIONE BINOCULARE E LE SUE ANOMALIE

• 2. La visione binoculare……..15
• 2.1 Forie……..15
• 2.2 Tropie……16
• 2.3 Dominanza oculare…….……..16

CAPITOLO III:RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELL'OCCHIO

•3. Occhio schematico e assi…….…17
• 3.1 Asse ottico……...17
• 3.2 Asse visivo……...17
• 3.3 Asse pupillare……..…18
• 3.4 Asse di fissazione……..…18

CAPITOLO IV: PARAMETRI DA RILEVARE PER IL CENTRAGGIO DELLE LENTI

• 4. Centraggio……19
• 4.1 Misurazione distanza interpupillare……..…19
• 4.2 Misurazione distanza assi visivi…….....19
• 4.3 Misurazione altezza base…….20
• 4.4 Angolo pantoscopico……...…20
• 4.5 Avvolgimento…….....21
• 4.6 Software per la rivelazione dei parametri per il centraggio……..…..21

CAPITOLO V: EFFETTI DOVUTI A DECENTRAMENTO E POSIZIONE

• 5. Effetto prismatico…….…..22
• 5.1 Decentramento orizzontale……...……23
• 5.2 Decentramento verticale……...23
• 5.3 Posizione anomale del capo……..23
• 5.4 Funzione visiva……...…..23
• 5.5 Effetti generati da una lente e adattamento……....…...24

CAPITOLO VI:FASI DI REALIZZAZIONE E MONTAGGIO DELL'OCCHIALE

• 6. Centraggio al frontifocometro…...…….....26
• 6.1 Realizzazione della dima……....26
• 6.2 La molatura……....…….26
• 6.3 Inserimento e controllo del montaggio……...……26

CAPITOLO VII: LA TEORIA DELL'ERRORE, CONSEGUENZE SULLA CORREZIONE FINALE E TOLLERANZE

• 7. Errore…….27
• 7.1 Legge di Weber……...…....27
• 7.2 Errore refrattivo…….....…..27
• 7.2 Errore strumentale……...…….....……..…28
• 7.4 Tolleranze……...…….28

CAPITOLO VIII: DECENTRAMENTO COMPENSATIVO E CENTRAGGIO IN CASI SPECIALI

• 8. Decentramento compensativo…….29
• 8.1 Centraggio in soggetti con asimetrie facciali, orbitarie e monocoli……...……..29
• 8.2 Anisometropia e Aniseconia……...……..29

CAPITOLO IX: SPERIMENTAZIONE

• 9. Introduzione della sperimentazione…….….31
• 9.1 Strumentazione……...……...31
• 9.2 Rilevazione decentramento e misura distanza assi visivi……...……....31
• 9.3 Misurazione e analisi con correzione abituale…….....…….33
• 9.4 Correzione del decentramento e analisi visiva…….....…….35
• 9.5 Complicanze della nuova correzione……..……...36
• 9.6 Conclusioni……..……..36
Indice delle figure…….……37
Bibliografia……39

INTRODUZIONE

In questo elaborato sarà analizzato un aspetto molto importante della correzione ottica, il centraggio.
Questo parametro risulta essere di fondamentale importanza poiché va ad influire su numerosi aspetti che possono portare a una situazione di discomfort finale del portatore.
Per poter capire le complicanze e gli effetti generati da un decentramento è innanzitutto necessario conoscere i vari tipi di lenti, il loro funzionamento e le loro aberrazioni.
Si parlerà poi dell'importanza della visione binoculare e le sue anomalie generate da un errore di centraggio.
Si passerà poi a descrivere i parametri necessari per avere un corretto centraggio e le varie tecniche con cui tali misure possono essere effettuate.
Saranno trattati numerosi effetti dovuti al decentramento e come ovviare a questi attraverso le fasi di lavorazione e montaggio della correzione ottica.
Analizzando la teoria di Weber, si parlerà anche dell'effetto che un errore nel centraggio ha sul tipo di correzione e le tolleranze ammesse.
Si accennerà inoltre anche a come il decentramento in alcuni casi può avere una funzione compensativa.
Infine attraverso un lavoro di sperimentazione sarà messo in evidenza come il decentramento della correzione ottica influenzi la visione e la stabilità della visione binoculare e come poter migliorare la prestazione visiva attraverso un corretto centraggio della correzione in uso di ogni esaminato.

1. DIOTTRO

Un diottro è un sistema ottico formato da due mezzi omogenei , trasparenti, isotropi e con uno specifico indice di rifrazione. “Un diottro è detto sferico quando la superficie di separazione tra i due mezzi è una sfera.”[1]
Un diottro sferico presenta:
• un centro di curvatura .Un punto sull’asse ottico che ha la seguente proprietà :qualsiasi raggio passante per esso non subisce alcuna deviazione .
• un fuoco oggetto . Un punto sull’asse ottico a cui corrisponde un immagine all’infinito. Il fuoco oggetto può essere
-reale se è dato dall’intersezione dei raggi incidenti
-virtuale se è dato dall’intersezione dei prolungamenti dei raggi incidenti.
• un fuoco immagine . Un punto sull’asse ottico a cui corrisponde un oggetto posto all’infinito. Anche tale fuoco può essere :
-reale se l’intersezione è dovuto a raggi rifratti .
- virtuale quando l’intersezione è data dai prolungamenti dei raggi rifratti.

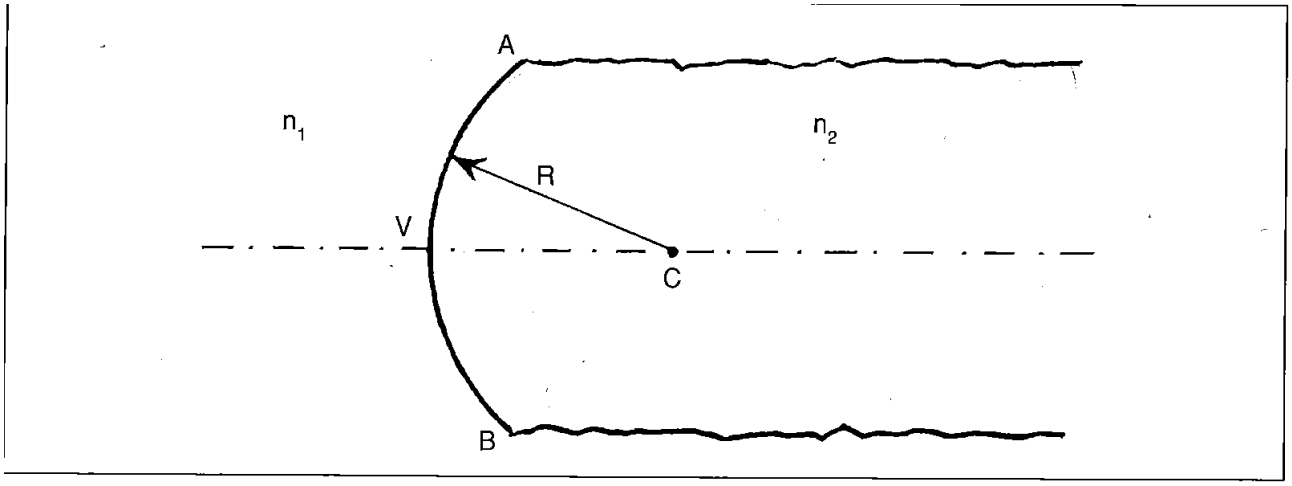


Figura 1

1 RIF 3

A seconda della curvatura del diottro sferico possiamo distinguere il seguente sistema in:
• DIOTTRO CONVESSO, quando il centro di curvatura si trova nello spazio a indice di rifrazione maggiore e il raggio di curvatura R>0. Tale diottro è detto anche POSITIVO.
• DIOTTRO CONCAVO, quando il centro di curvatura si trova nello spazio con indice di rifrazione minore e il raggio di curvatura R<0. Tale diottro è detto NEGATIVO.

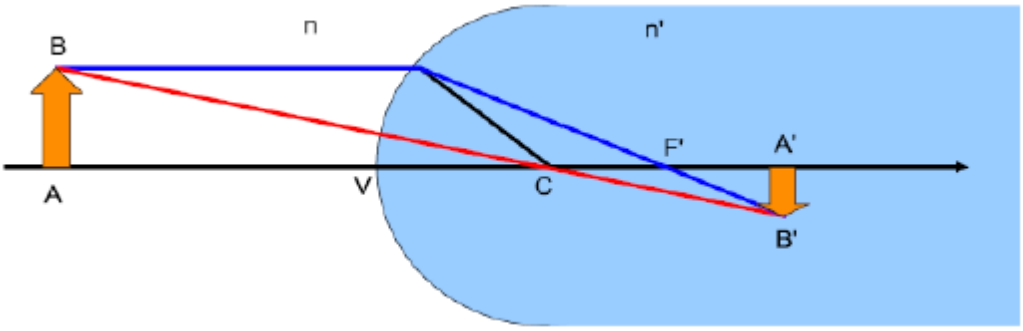


Figura 2:immagine diottro convesso

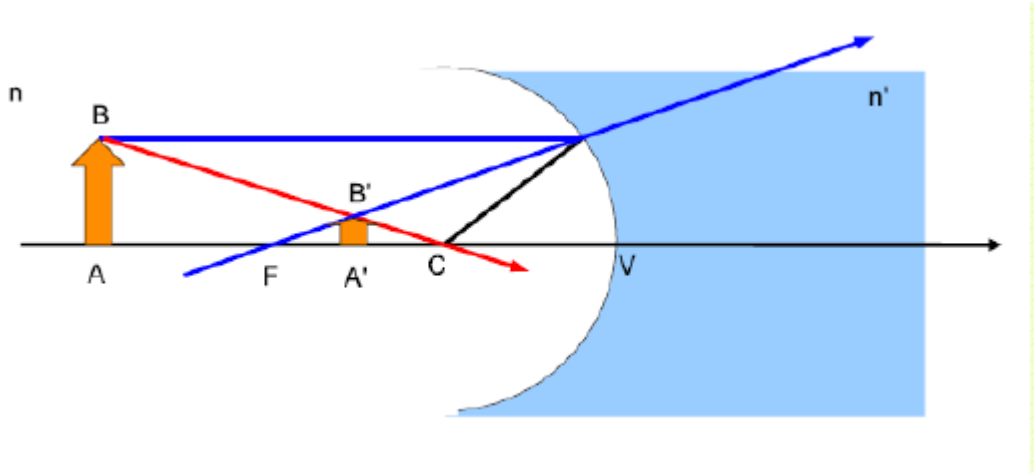


Figura 3:immagine diottro concavo

Dato l'indice di rifrazione n' del diottro e il suo raggio di curvatura è possibile calcolare il potere del diottro attraverso la seguente formula:

$$P = \frac{n'-n}{R}$$

Se conosciamo la distanza oggetto-vertice (p) e la distanza immagine-vertice (q) è possibile legare queste due quantità al potere del sistema ottico nel seguente modo:

$$\frac{n}{p} + \frac{n'}{q} = P$$

1.2 CARATTERISTICHE OTTICHE DELLA LENTE.

Una lente è una successione di due diottri con la funzione di poter cambiare la vergenza dei raggi luminosi che l'attraversano.
Una lente viene detta oftalmica quando viene usata in campo ottico - optometrico per :la compensazione di ametropie, per proteggere gli occhi da irraggiamento solare o quando viene usata per andare ad ovviare a qualsiasi problema visivo di una persona. Le lenti oftalmiche sono realizzate in materiale trasparente organico o in vetro minerale e come ogni sistema ottico presentano "caratteristiche ottiche fondamentali per la valutazione dei materiali oftalmici"[2].
Esse sono:
- l'indice di rifrazione
- il coefficiente di dispersione o numero di ABBE
- i coefficienti di trasmissione, assorbimento e riflessione del mezzo

1.2.1 L'INDICE DI RIFRAZIONE

E' una caratteristica fisica del mezzo, il cui valore è dato dal rapporto tra la velocità di propagazione della luce nel vuoto (c) e la velocità di propagazione della luce in un mezzo (v)

$n = \frac{c}{v}$

L'indice di rifrazione di una lente oftalmica può andare da 1,5 a 1,9

1.2.2 IL COEFFICIENTE DI DISPERSIONE

L'indice di rifrazione non deve essere pensato come un valore assoluto fisso. In realtà esso varia al variare della lunghezza d'onda della radiazione luminosa infatti esso può essere espresso come $n = n(\lambda)$. Tale dipendenza genere il fenomeno di dispersione, fenomeno per il quale "un raggio di luce policromatica che attraversa un mezzo trasparente viene disperso nei suoi raggi componenti(ad ognuno dei quali è associato una lunghezza d'onda e quindi un colore)"[3]. Il coefficiente di dispersione, detto anche numero di Abbe, da una misura di quella che è la capacità del materiale di disperdere la luce e il suo valore è

$Vd = \frac{nd-1}{nf-ne}$

Dove:

- nd è l'indice di rifrazione di una lunghezza d'onda di 589 nm (giallo)

- nf è l'indice di rifrazione di una lunghezza d'onda di 486 nm (blu del cadmio)

- nc è l'indice di rifrazione di una lunghezza d'onda di 656 nm (rosso del cadmio)

---

[2] RIF 1

[3] RIF1

1.2.3 I COEFFICIENTI DI TRASMISSIONE, ASSORBIMENTO,RIFLESSIONE E DIFFUSIONE

Quando la luce va ad incidere su una lente una parte di essa viene riflessa sulla superficie, una parte viene trasmessa, una parte viene diffusa dalla collisione che la radiazione luminosa ha con le particelle di materiale e infine la restante parte viene assorbita durante il suo percorso. Per ciascuno di questi processi è possibile andare a determinare la quantità di luce assorbita, riflessa, diffusa e trasmessa in maniera tale da poter andare poi a scegliere la lente più adatta ai nostri scopi.

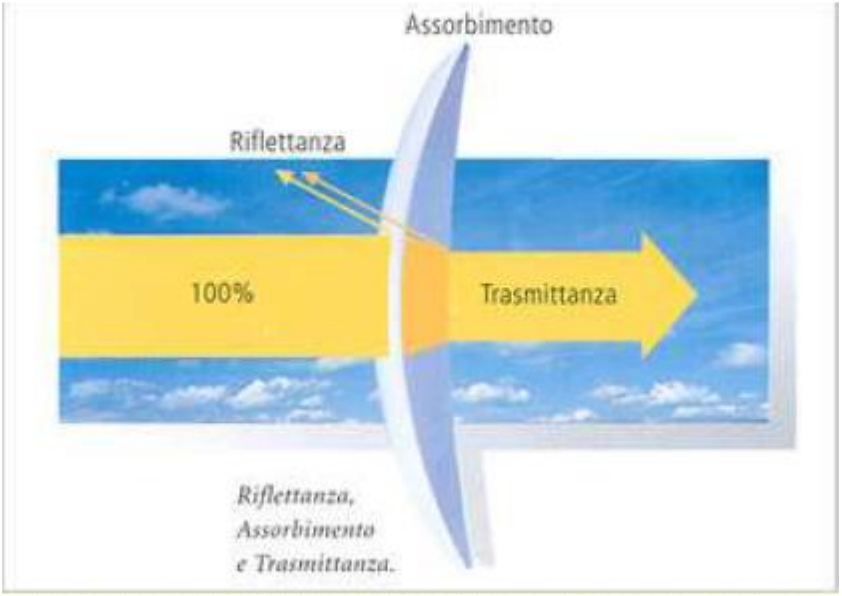


Figura 4

1.3 GEOMETRIA DELLA LENTE

A seconda della geometria è possibile suddividere le lenti in:
- sferiche
- asferiche
- astigmatiche

1.3.1 LENTI SFERICHE

Sono lenti capaci di focalizzare la radiazione in un unico punto dell'asse ottico. Le curvature di queste lenti possono essere entrambe sferiche o una sferica e l'altra piana. I centri delle due calotte sono attraversati dall'asse di simmetria della lente detto asse ottico. Vengono utilizzate per andare a compensare le ametropie sferiche e possono essere divise in:
- lenti positive, che a loro volta si dividono in: biconvessa, piano-convessa, menisco convergente
- lenti negative ,che a loro volta si dividono in: biconcava, piano-concava, menisco divergente

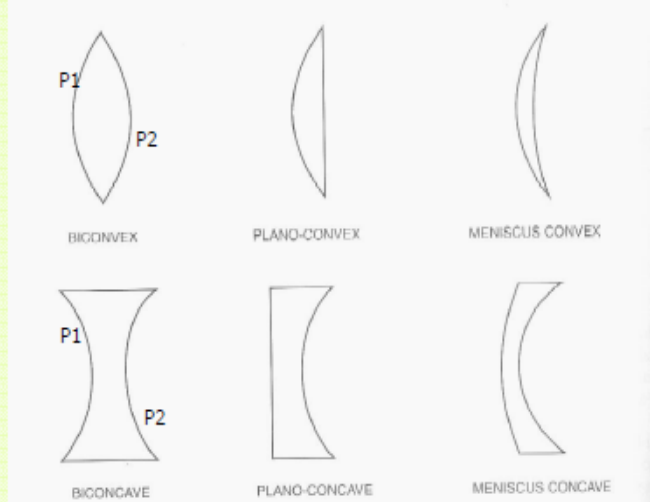


Figura 5 : tipologie lenti sferiche

1.3.2 LENTI AFERICHE

“ Si dice asferica una superficie generata dalla rotazione di sezioni coniche intorno al proprio asse”[4].Le lenti asferiche presentano infatti un raggio di curvatura che si appiattisce nella zona periferica.
La misura di quanto una lente asferica differisce da una lente sferica è data dall’eccentricità.
L’eccentricità di una lente può essere:
- e = 0 si ha un cerchio
- e = 1 si ha una parabola
- e > 1 si ha un iperbole
- e < 1 si ha un ellisse

Attraverso queste lenti è possibile ridurre aberrazioni presenti nelle lenti sferiche di cui parleremo successivamente.

[4]RIF 2

1.3.3 LENTI ASTIGMATICHE

Sono dette astigmatiche quella categoria di lenti che da un punto oggetto non generano un punto immagine come avviene in qualsiasi sistema stigmatico, ma bensì due focaline ortogonali tra loro separate da un intervallo detto Intervallo di Sturm. Queste lenti vengono usate per correggere anomalie refrattive come l'astigmatismo. Sono realizzate da superfici in cui, almeno una, è di tipo cilindrica o torica.
Le lenti cilindriche hanno una curvatura variabile: "essa è massima in corrispondenza della sezione trasversale del cilindro, mentre in corrispondenza della sezione longitudinale la curvatura è assente, nella sezione intermedia fra queste due varia in modo progressivo"[5]. Data questa differenza di curvatura è possibile individuare in questa lente due assi. L'asse ottico che è quell'asse in cui la curvatura è assente, per cui i raggi che passano attraverso questo meridiano lasciano invariata la loro vergenza. L'asse del potere invece è quell'asse ortogonale all'asse ottico. La radiazione luminosa che attraversa questo meridiano subisce la massima vergenza.

Il potere della deviazione subita dai raggi quando attraversano un meridiano ad un angolo α rispetto all'asse ottico è il seguente:

$$P = P \cdot \sin^2(\alpha)$$

Le lenti cilindriche possono essere classificate in base alla geometria in: piano cilindriche, bicilindriche, sferocilindriche, piano-toriche, sfero-toriche o bitoriche.

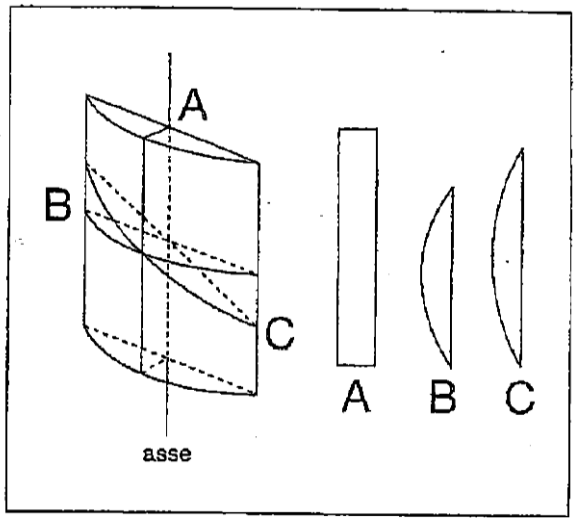


Figura 6

[5] RIF 4

1.4 ABBERRAZIONI

In un sistema ottico ideale da un punto oggetto si dovrebbe formare un punto immagine, ma tutto ciò nella realtà non accade mai poiché un sistema ottico presenta numerosi difetti ottici dovuti a irregolarità del materiale oppure a quelle che sono le aberrazioni. Un sistema ottico è aberrato quando l'immagine che viene a crearsi risulta essere differente rispetto all'oggetto preso in esame. Esse sono dovute: a difetti delle caratteristiche ottiche o dipendono dalla geometria della lente.
Possiamo classificare le aberrazioni in:
- geometriche o monocromatiche: sono dovute alla geometria del sistema ottico o si possono osservare anche nel caso in cui la radiazione indicente sia monocromatica.
- cromatiche: sono dovute al fenomeno di dispersione che si viene a generare quando su un sistema ottico va ad incidere radiazione policromatica.

Possiamo ulteriormente classificare le aberrazioni in:
- assiali: quando l'oggetto si trova posizionato sull'asse ottico
- extrassiali: quando l'oggetto si trova posizionato fuori l'asse ottico.

Le principali aberrazioni di un sistema ottico sono:
- aberrazione sferica
- astigmatismo da fasci obliqui
- coma
- distorsione
- curvatura di campo
- aberrazione cromatica

1.4.1 ABERRAZIONE SFERICA

E' un aberrazione geometrica di natura assiale. Si verifica aberrazione sferica quando i raggi luminosi, provenienti da un oggetto posto sull'asse ottico, vanno ad incidere in parte nella zona centrale della lente (zona parassiale) e in parte sulla parte periferica della lente. Poiché la parte periferica della lente presenta potere maggiore rispetto alla zona parassiale, abbiamo punti di focalizzazione differenti. La distanza tra i punti di focalizzazione viene chiamata Caustica.
Si parla inoltre di aberrazione sferica positiva quando si ha la focalizzazione prima dei raggi provenienti dalla parte periferica della lente e successivamente dei raggi della zona parassiale. Si ha invece aberrazione sferica negativa quando avviene il contrario.

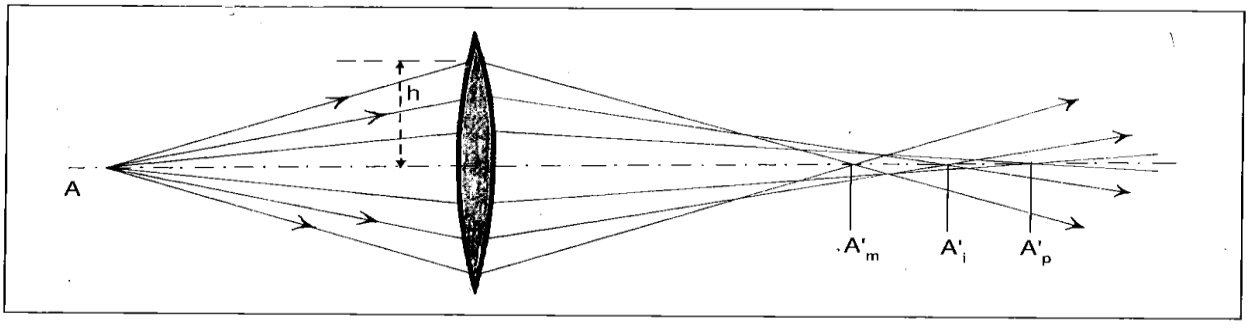


Figura 7

1.4.2 ASTIGMATISMO DA FASCI OBLIQUI

E' un aberrazione extrassiale che si verifica quando un fascio di raggi luminosi arriva sulla lente con una direzione obliqua rispetto all'asse ottico. In questa particolare situazione la radiazione non emergerà più in un punto ma si genereranno due linee focali perpendicolari tra loro separate da uno spazio denominato Intervallo di Sturm. La lente quindi si comporta come una sfero-cilindrica .

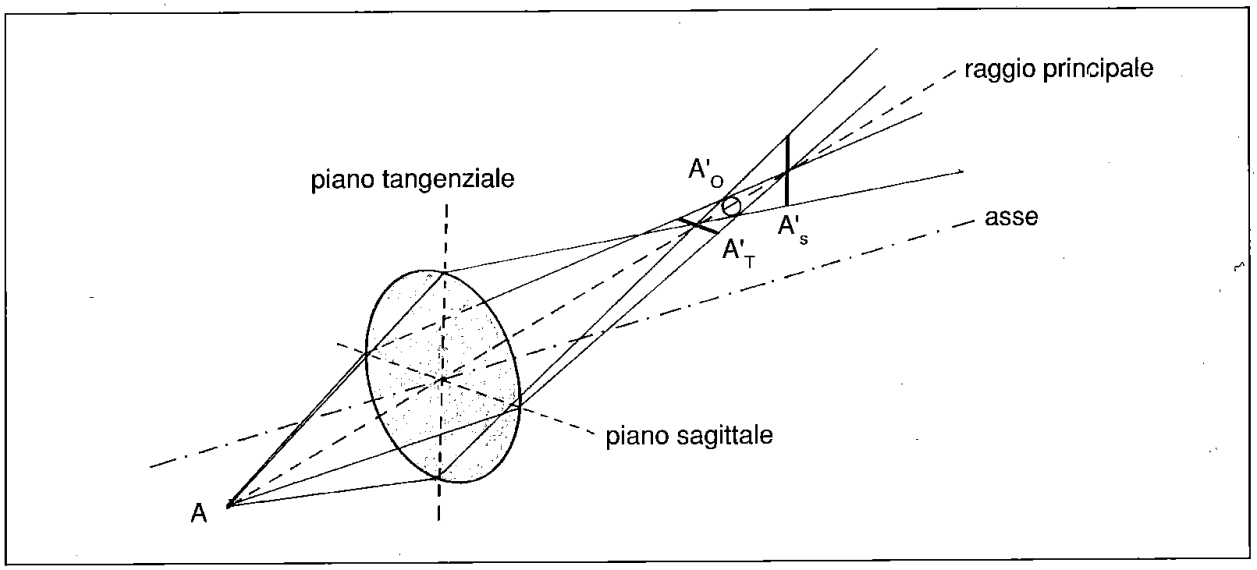


Figura 8

1.4.3 COMA

Anche questa è un aberrazione extrassiale e si verifica quando un oggetto si trova fuori l'asse ottico. L'immagine finale prodotta sarà data dalla combinazione di due aberrazioni: sferica e astigmatismo da fasci obliqui. Il risultato finale sarà dunque un immagine che avrà la forma di una cometa da cui la stessa aberrazione trae il nome.

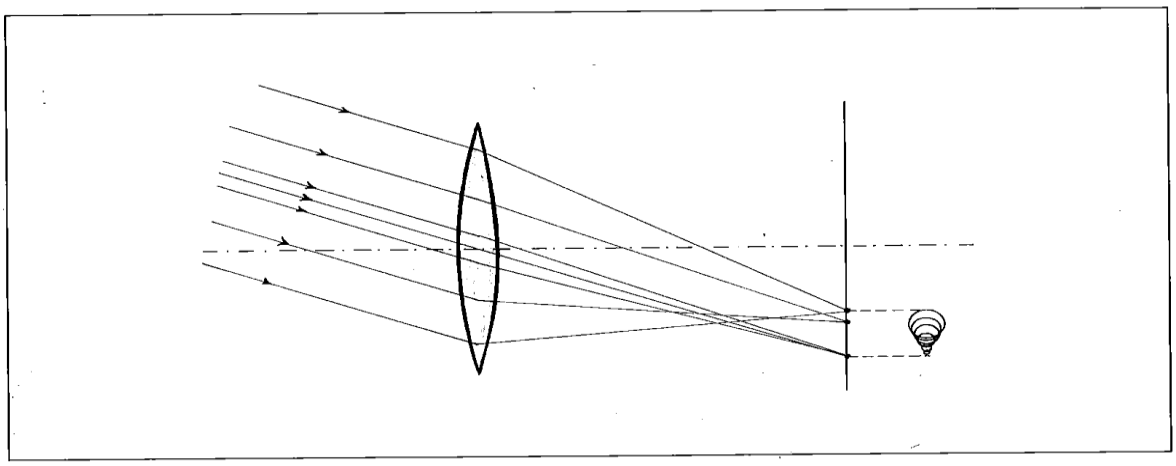


Figura 9

1.4.3 DISTORSIONE

E' un aberrazione che si manifesta quando si ha un oggetto non puntiforme. Infatti accade che l'oggetto visto dalla parte periferica della lente subisce un ingrandimento diverso rispetto alla parte dell'oggetto visto dalla zona parassiale della lente. L'ingrandimento subito dall'immagine varia a seconda se abbiamo una lente positiva o negativa.
L'immagine finale sarà ingrandita nella parte periferica se vista attraverso una lente sferica positiva, per cui essa assume la tipica immagine di un barilotto.
L'immagine finale sarà rimpiccolita nella parte periferica quando attraversa una lente sferica negativa e l'immagine assume la tipica forma detta a "cuscino".

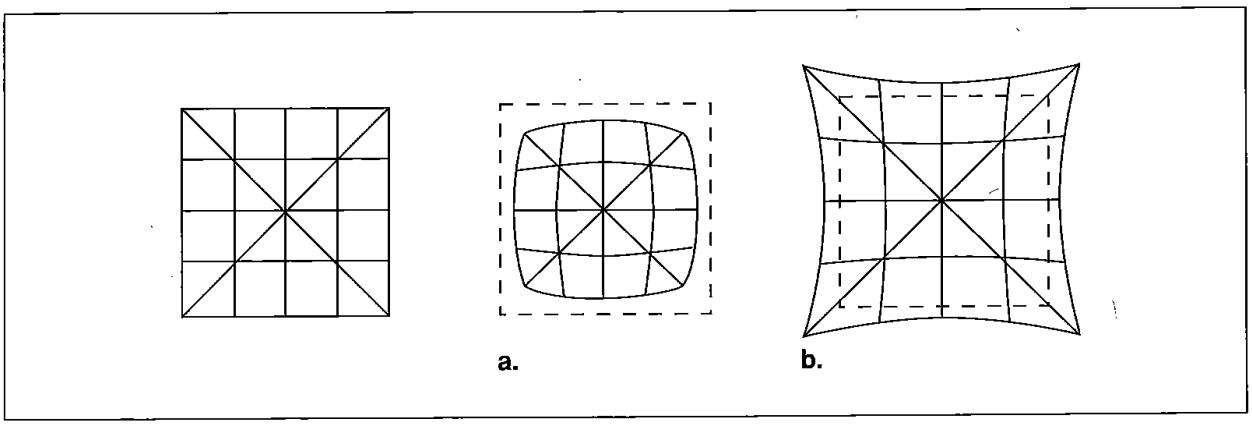


Figura 10

1.4.4 CURVATURA DI CAMPO

Quando l'immagine di una superficie piana di un oggetto perpendicolare all'asse ottico risulta perpendicolare ad esso solo nella zona parassiale mentre nella zona periferica assume una forma curva, denominata curvatura di Petzval, si parla di curvatura di campo.

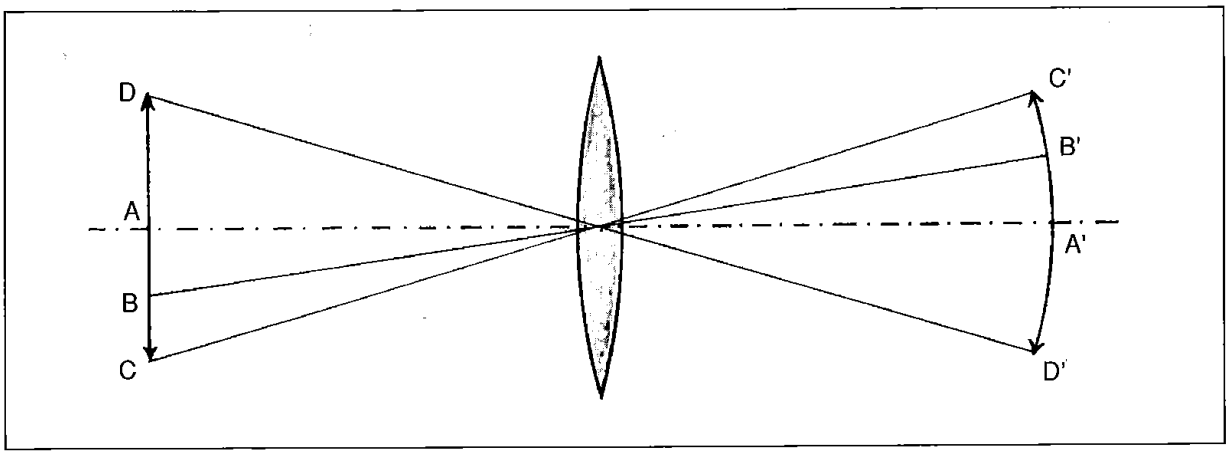


Figura 11

1.4.5 ABERRAZIONE CROMATICA

Come già detto in precedenza l'indice di rifrazione non ha valore assoluto ma bensì dipende dalla lunghezza d'onda dei raggi luminosi che attraversano il sistema ottico. Per cui i raggi subiscono una diversa deviazione e focalizzano in punti differenti .In particolare i raggi con lunghezza d'onda corta(blu - violetto) subiscono una deviazione maggiore rispetto ai raggi con lunghezza d'onda maggiore (rosso), quindi il fuoco della radiazione blu è più vicino al sistema ottico rispetto al fuoco della radiazione rossa.

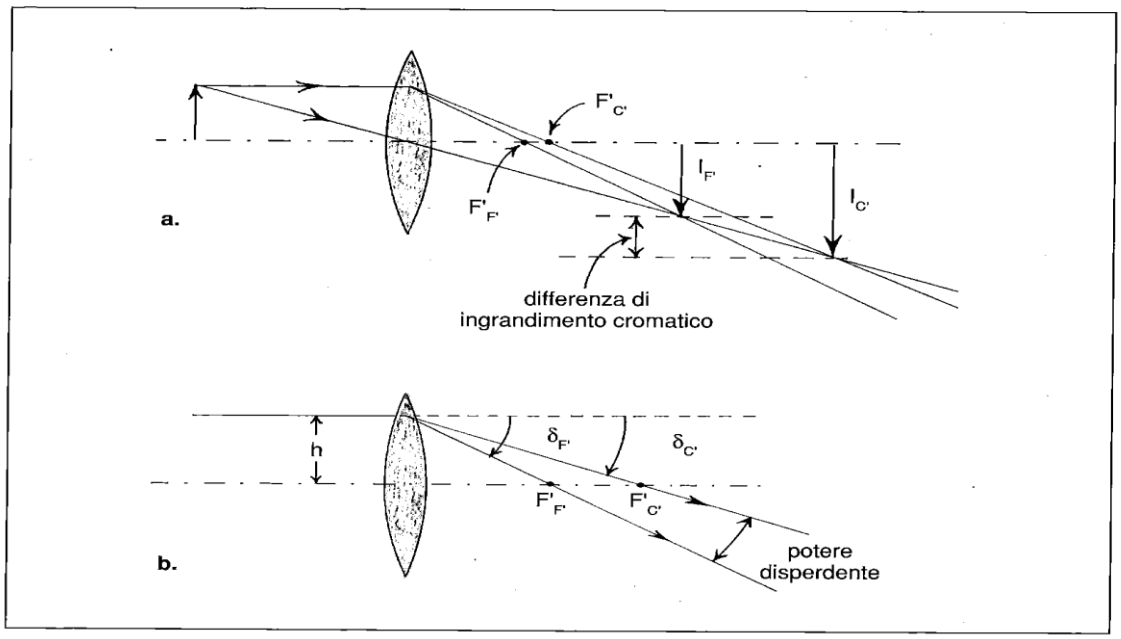


Figura 12

CAPITOLO II: LA VISIONE BINOCULARE E LE SUE ANOMALIE

2. LA VISIONE BINOCULARE

Non bisogna dimenticare che esiste un sistema visivo molto complesso chiamato occhio, al quale deve essere accoppiato l'occhiale, per cui è necessario studiarne quelle che sono le sue caratteristiche, non tanto fisiologiche, ma mettere in evidenza come esse entrano in gioco nel meccanismo visivo.
L'occhio è un trasduttore capace di convertire un onda luminosa in percezione visiva. Per percezione si intende quel processo attraverso il quale "l'informazione acquisita dai recettori sensoriali viene trasformata in esperienza di suoni, oggetti, movimenti."[6].
Numerosi sono i fattori che influenzano la percezione finale dell'immagine, ma uno dei principali è la collaborazione e sinergia che si deve istaurare tra i due occhi.
Viene detta visone binoculare l'insieme di meccanismi atti a fondere in una singola percezione le informazioni provenienti dai due occhi.
Questo meccanismo viene messo in atto quando l'immagine in ogni singolo occhio, cade in particolari punti della retina chiamati punti retinici corrispondenti. I punti retinici corrispondenti hanno appunto "corrispondenti" nell'altro occhio; quando l'immagine cade su questi punti il sistema visivo percepisce le immagini dei due occhi in un unico stimolo. Affinché si abbia una visione binoculare ottimale è necessario avere:
- percezione simultanea: capacità di percepire simultaneamente le informazioni provenienti dai due occhi
- fusione: capacità di unire le due immagini provenienti dai due occhi
- stereopsi: capacità di percepire la tridimensionalità dell'immagine considerata

Per avere visone binoculare è necessario che l'immagine sia portata sulla fovea in qualsiasi posizione di sguardo. Tutto questo è reso possibile grazie al sistema motorio, "ossia quella parte del sistema visivo composto dalla muscolatura oculare estrinseca e dall'insieme di strutture nervose centrali e periferiche da cui riceve gli impulsi"[7].
Questa è una condizione necessaria ma non sufficiente a garantire le binocularità; infatti è necessario che le immagini che cadono su questi punti abbiano la stessa grandezza, luminosità e nitidezza. Solo in questo modo è possibile ottenere una perfetta fusione delle immagini retiniche.

2.1 FORIE

Quando però il sistema motorio presenta uno squilibrio le immagini dei due occhi non cadono più su punti retinici corrispondenti e dunque per evitare diplopia viene messo in atto il meccanismo di fusione motoria. La fusione motoria si basa su movimenti di vergenza atti a garantire la condizione di percezione simultanea. Tale meccanismo è valido solo in condizione di binocularità, quando infatti viene a mancare vengono messe in evidenza le forie.

---

[6] RIF 3
[7] RIF 4

Le forie vengono classificate in:
- forie orizzontali
- forie verticali

Le forie orizzontali si dividono in :
- esoforia
- exoforia

Le forie verticali si dividono a loro volta in :
- iperforia sinistra
- iperforia destra

Un centraggio errato dell'occhiale porta alla comparsa di forie che può portare affaticamento nel soggetto per la sua compensazione.

2.2 TROPIE

Quando però lo squilibrio motorio è molto consistente il meccanismo fusionale non è in grado di compensare tale deficit per cui si vengono a manifestare le tropie.
Le tropie, dette anche strabismo manifesto, sono caratterizzata dalla seguente proprietà: gli assi visivi non si incontrano nel punto di fissazione e per questo la persona non avrà mai fissazione bifoveale.

2.3 DOMINANZA OCULARE

La dominanza oculare è un meccanismo attraverso il quale, uno dei due occhi è favorito nell'invio di impulsi a livello della corteccia visiva. L'occhio che presenta questo tipo di priorità viene detto occhio dominante o direttore.
Esistono diversi tipi di dominanza. Le tre principali sono:
- DOMINANZA MOTORIA: l'occhio che presenta la principale attività motoria.
- DOMINANZA SPAZIALE: l'occhio più incline alla suspenopsia.
- DOMINANZA VISIVA: l'occhio con la miglior acuità visiva.

La dominanza gioca un ruolo molto importante durante il centraggio dell'occhiale, infatti proprio perché c'è un occhio che rispetto all'altro è favorito nell'invio di impulsi nervosi, un decentramento, con conseguente effetto prismatico, risulta maggiormente essere rilevato dall'occhio dominante rispetto al contro laterale. Per cui è necessario prestare, in generale, attenzione al centraggio ma in misura maggiore per l'occhio dominante.
Il corretto centraggio delle lenti in funzione dell'occhio dominante gioca un ruolo essenziale per i soggetti in cui è presente anisometropia, infatti si va a dare maggior attenzione all'occhio dominante eventualmente penalizzando il contro laterale.

CAPITOLO III: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELL'OCCHIO

3. OCCHIO SCHEMATICO E ASSI .

Per studiare in maniera schematizzata la struttura oculare è possibile utilizzare degli assi immaginari di riferimento, che servono sia dal punto di vista teorico che pratico per l'assetto dell'occhiale.

3.1 ASSE OTTICO

È un asse immaginario passante per il centro di curvatura di tutti i diottri che compongono l'occhio.

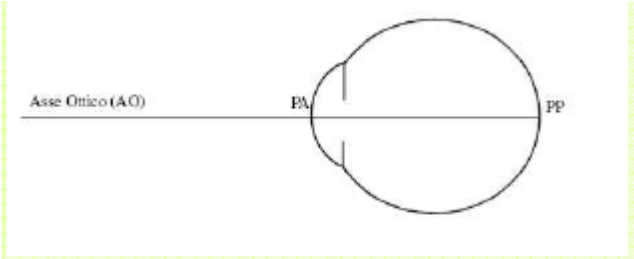


Figura 13

3.2 ASSE VISIVO

" Viene definito come quella linea immaginaria che va dalla fovea all'oggetto fissato passando per il punto nodale"[8] . È uno degli assi più importante poiché cade sulla fovea.

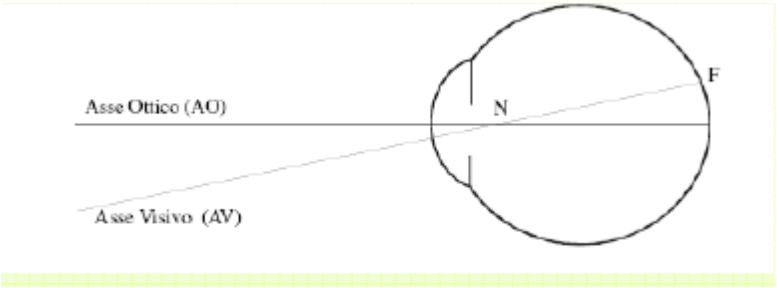


Figura 14

[8] RIF 3

3.3 ASSE PUPILLARE

È quell'asse che passa per il centro della pupilla. Tale asse si incontra nel punto nodale con l'asse visivo pur presentando una diversa inclinazione.

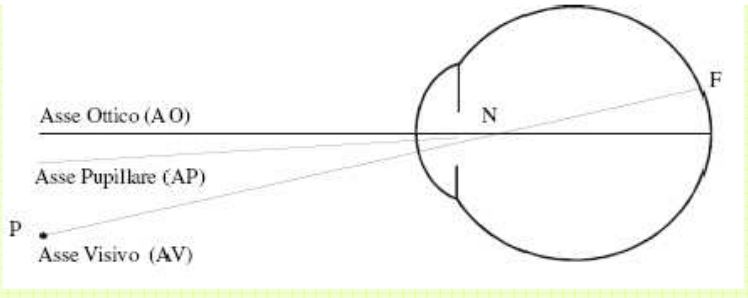


Figura 15

3.4 ASSE DI FISSAZIONE

"È la linea immaginaria che passa per il centro di rotazione dell'occhio"[9].

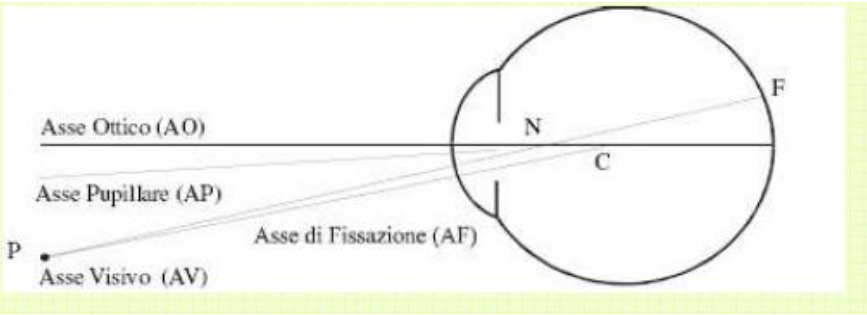


Figura 16

[9]RIF 1

CAPITOLO IV: PARAMETRI DA RILEVARE PER IL CENTRAGGIO DELL'OCCHIALE

4. CENTRAGGIO

Attraverso il centraggio si va ad accoppiare una lente correttiva con la struttura oculare. Per centrare un occhiale in maniera ottimale è necessario far coincidere i centri ottici delle lenti con la distanza tra gli assi visivi dell'occhio. Bisogna inoltre conoscere la distanza interpupillare cioè la distanza che intercorre tra i due assi pupillari; anche se per garantire un corretto centraggio e sufficiente conoscere la distanza assi visivi. Poiché tra i due parametri esiste un angolo di ampiezza variabile, detto angolo K, è necessario effettuare la misura con due tecniche differenti.

4.1 MISURAZIONE DISTANZA INTERPUPILLARE

Viene posta la persona in esame di fronte all'esaminatore, alla stessa altezza, ad una distanza di 40 cm. L'esaminatore chiude un occhio e chiede alla persona di osservare il suo occhio aperto con entrambi gli occhi. Si prende un righello millimetrato e si colloca lo zero al centro della pupilla dell'occhio destro della persona, misurando la distanza che intercorre tra la pupilla dell'occhio destro e la pupilla dell'occhio sinistro. Attraverso tale metodo è possibile avere la misura della distanza interpupillare. Poiché risulta difficile l'identificazione della pupilla, spesso per la misura della distanza interpupillare si tiene conto dell'iride visibile, effettuando la misura tra la parte dell'iride tempiale di un occhio e la parte dell'iride nasale dell'altro occhio.

4.2 MISURAZIONE DISTANZA ASSI VISUALI.

La misurazione di questa distanza viene effettuata attraverso uno strumento capace di analizzare contemporaneamente le immagini riflesse di una mira luminosa, posta internamente allo strumento. Congiungendo al riflesso corneale una linea verticale mobile è possibile effettuare la misurazione della distanza assi visivi in maniera monoculare. Un altro modo per rivelare la distanza assi visuali è attraverso l' utilizzo di una mira luminosa. Viene fatta osservare al paziente una mira luminosa tenuta in mano dall'esaminatore, il quale dovrebbe anteporla prima davanti al suo occhio sinistro e poi sull'occhio destro, in modo tale da non creare abbagliamento. Per tale ragione la mira luminosa viene posta sotto oppure lateralmente all'occhio dell'esaminatore. Attraverso la mira si va a vedere il riflesso pupillare e si va ad effettuare la misura. In caso di asimmetrie facciali e strabismo è necessario rilevare la distanza asse visuale monoculare effettuando la misura sempre con il millimetro partendo dal riflesso sino al centro nasale. Questa procedura diventa necessaria, in questi soggetti, per garantire loro la massima acuità visiva possibile.

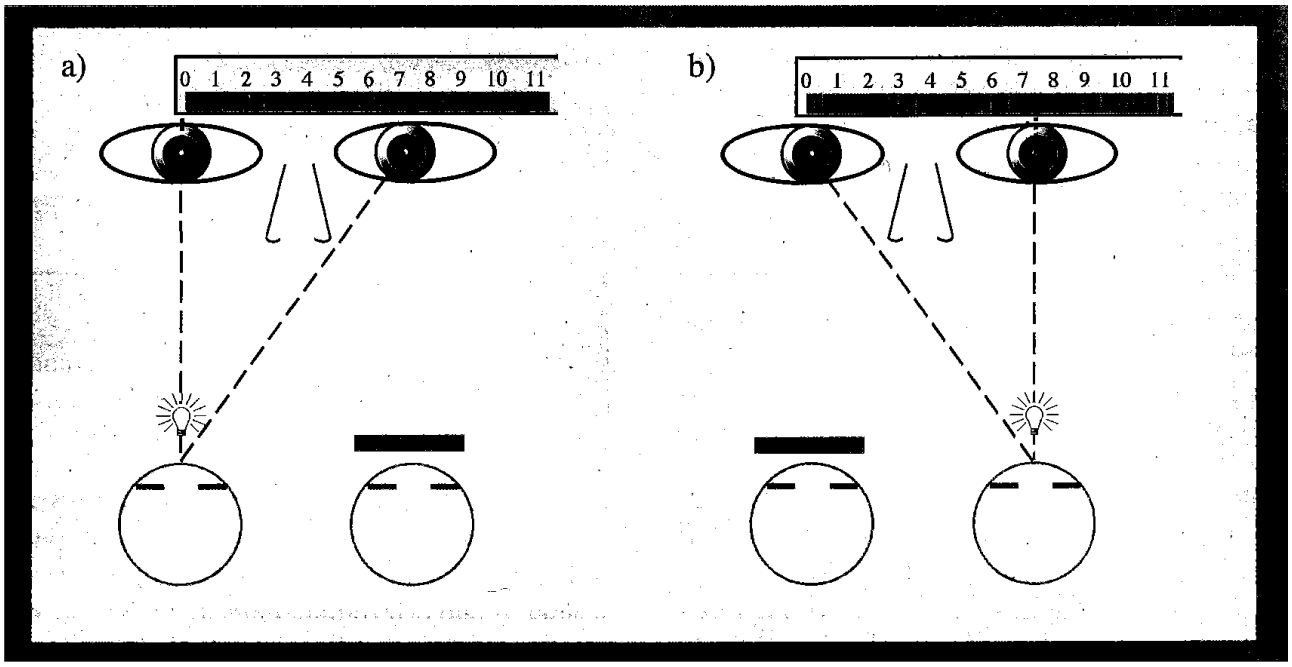


Figura 17

4.3 MISURAZIONE ALTEZZA BASE

Per altezza base s'intende la distanza verticale che intercorre tra la parte bassa della lente e la pupilla. Questo tipo di misura è molto importante da rispettare per garantire comfort e massima prestazione della lente.

4.4 ANGOLO PANTOSCOPICO

È quell'angolo che si forma tra il piano frontale e la linea verticale della montatura. L' angolo di inclinazione che si forma ha lo scopo di compensare la staticità della lente, inoltre tale inclinazione crea uno spostamento dell'asse ottici; per cui è necessario effettuare un abbassamento dei centri ottici per evitare che lo spostamento di questi ultimi vada a compromettere la visione.
Lo spostamento da effettuare è il seguente:

$DO = s \cdot \tan \theta$

Dove s è la distanza che intercorre tra il centro di rotazione dell'occhio e il pano dell'occhiale .
Se utilizziamo l'occhiale per lontano l'inclinazione dell'occhiale è legato al posizionamento dei centri ottici della lente rispetto al centro dell'anello della montatura. Se il centro ottico è spostato verso l'alto rispetto al centro dell'anello allora sarà necessario inclinare il frontale verso l'interno e tale inclinazione viene definita inclinazione pantoscopica. Se invece il centro ottico della lente è spostato verso il basso rispetto all'anello allora sarà necessario inclinare il frontale verso l'esterno e tale inclinazione viene detta retroscopica.
Questa inclinazione risulta essere di fondamentale importanza poiché a causa dell'obliquità della radiazione incidente rispetto all'asse ottico della lente si viene a generare un valore cilindrico il cui potere risulta essere :

$P = P \cdot \tan^2(\alpha)$

E anche un potere sferico di entità uguale a:

$P' = P \cdot (1+\frac{\sin^2\alpha}{2n})$

Dove n è l'indice di rifrazione della lente.

4.5 AVVOLGIMENTO

Indica la curvatura del frontale della montatura realizzata per mantenere il più possibile le lenti in posizione di equidistanza per tutte le posizioni di visione sul piano orizzontale. Le montature da vista più comuni, hanno un avvolgimento di circa 5°.
L'angolo di avvolgimento ha lo scopo di far passare l'asse ottico in direzione nasale rispetto al centro di rotazione oculare. Questo tipo di angolo crea un incremento delle aberrazioni extrassiali. Se la distanza tra gli assi visuali risulta essere maggiore dello scartamento allora è necessario effettuare una curvatura al frontale verso l'interno. Al contrario, se risulta essere minore bisogna effettuare una curvatura del frontale verso l'esterno.

4.6 SOFTWARE PER LA RILEVAZIONE DEI PARAMETRI PER IL CENTRAGGIO

Con la moderna tecnologia la misurazione della distanza interpupillare, della distanza assi visivi e l'altezza base risulta facile e veloce da determinare. Esistono infatti numerosi software e programmi che permettono di avere un altissima precisione nella misura. Occorre infatti ricordare che nella centratura occorre una precisione al millimetro che con tali tecnologie viene rispettata.
Questi software comprendono una telecamera per l'acquisizione dell'immagine da collegare ad un Pc o ai moderni Tablet. Una volta acquisita l'immagine è possibile in maniera automatica conoscere parametri precisi per quel tipo di montatura e il tipo di lente scelta in modo tale da facilitare ampliamente anche la lavorazione della lente.

CAPITOLO V: EFFETTI DOVUTI A DECENTRAMENTO

.

5. EFFETTO PRISMATICO

Quando il centro della lente non va a coincidere con la distanza tra gli assi visivi allora si viene a creare un prisma il cui potere viene calcolato dalla regola di Prentice:

$$\Delta = h \cdot P$$

Dove h è il decentramento espresso in centimetri e P è il potere della lente.
Il decentramento varia a seconda se viene generato su una lente positiva o negativa. Per una lente positiva si ha che:

- se viene decentrata verso l'alto si crea un prisma base alta
- se viene decentrata verso il basso si crea un prisma base bassa
- se viene decentrata temporalmente si crea un prisma base temporale
- se viene decentrata nasalmente si crea un prisma base nasale

Per una lente negativa accade il contrario:

- se viene decentrata verso l'alto si crea un prisma base bassa
- se viene decentrata verso il basso si crea un prisma base alta
- se viene decentrata nasalmente si crea un prisma base temporale
- se viene decentrata temporalmente si crea un prima base nasale

Questo tipo di effetto prismatico viene chiamato Effetto Prismatico Nominale; esso rappresenta la deviazione subita da un raggio quando passa attraverso la lente decentrata.
La deviazione a carico dell'occhio, quando anteponiamo davanti un prisma, viene definito Effetto Prismatico Effettivo e il suo valore è il seguente:

$$\Delta e = \frac{\Delta n}{1+(s/\,d)}$$

Dove d è la distanza di osservazione detta anche distanza di lavoro.
Per la visione da lontano le deviazioni generate dal prisma coincidono infatti si ha che: $\Delta n = \Delta e$
Per la visione da vicino invece le due deviazioni sono diverse e si ha che: $\Delta e < \Delta n$
L'effetto prismatico generato dalla lente comporta una modificazione della posizione che l'occhio deve assumere per fissare l'oggetto considerato. Se infatti anteponiamo al soggetto una lente positiva decentrata, la persona per fissare l'oggetto dovrà compiere una rotazione più ampia. Al contrario per una lente negativa la rotazione che l'occhio deve effettuare è minore.
Questi movimenti sollecitano dei movimenti disgiunti di convergenza o divergenza, la cui entità può essere tale da superare le riserve fusionali disponibili e dunque si generano delle forie la cui

gravità varia a seconda se si crea un effetto prismatico generato da un decentramento orizzontale o verticale.

5.1 DECENTRAMENTO ORIZZONTALE

Il calcolo del decentramento orizzontale deve essere effettuato conoscendo la distanza interpupillare (DI) e lo scartamento (dCM)
Il decentramento orizzontale (Dec or) infatti risulta essere uguale a:

$$\text{Dec or} = \frac{DI - dCM}{2}$$

Poiché le riserve fusionali, atte a compensare il decentramento orizzontale, sono ampie e difficilmente s' incorre in disturbi astenopici generati da affaticamento delle riserve orizzontali.

5.2 DECENTRAMENTO VERTICALE

Quando i centri ottici delle due lenti non si trovano alla stessa altezza rispetto agli occhi allora si genera un effetto prismatico verticale. Il superamento di questa diplopia, generata dall'effetto prismatico, risulta difficile da compiere poiché le riserve fusionali verticali sono poco ampie. Infatti è possibile compensare solo effetti prismatici di 2-3Δ, per cui deve essere esercitata una grande attenzione per il centraggio verticale in modo da non far incorrere il portatore in disturbi astenopici generati da un eccessivo utilizzo delle riserve verticali.

5.3 POSIZIONI ANOMALE DEL CAPO (PAC)

In persone che presentano lenti decentrate è possibile osservare delle posizioni anomale del capo. Questo perché quando la lente è decentrata crea un effetto prismatico che altera la normale corrispondenza retinica, per cui la persona tende ad assumere una posizione tale da compensare il deficit generato dalla lente per ristabilire la fissazione foveale. Tali posizioni vengono assunte in maniera spontanea sia in posizione eretta che in posizione seduta.
Inoltre è necessario fare particolare attenzione a soggetti con asimmetrie orbitarie verticali poiché molto spesso si tende a centrare l'occhiale alla stessa altezza nei due occhi ma in determinate circostanze è necessario rispettare l'asimmetria di centraggio per evitare effetti prismatici.

5.4 FUNZIONE VISIVA

Per funzione visiva s'intende l'insieme di strutture sensoriali, motorie e cognitive che formano il sistema cervello-occhio. Attraverso questa funzione è possibile identificare uno stimolo visivo.
La funzione visiva comprende:
- l'acutezza visiva
- campo visivo
- sensibilità al contrasto

- riconoscimento dei colori
- senso di rilievo
- stereopsi
- resistenza all'abbagliamento
- capacità di adattamento
- percezione del movimento

L'insieme di queste funzioni permettono di ottenere una qualità visiva che non si limita solo all'acutezza visiva; infatti tutti questi parametri risultano essere essenziali e non bisogna trascurarli quando si va ad applicare una correzione ottica al soggetto.

5.5 EFFETTI GENERATI DA UNA LENTE E ADATTAMENTO

Una qualsiasi lente oftalmica comporta, se posta davanti alla persona, delle variazioni quali:
- compensazione ametropia
- azione sull'accomodazione
- differente percezione delle distanze e profondità
- deformazione spazio-tempo
- interferenze motorie, posturali, vestibolari e sistema vago
- aberrazione cromatica
- astigmatismo da fasci obliqui
- distorsione
- diffrazione
- diffusione
- interferenza
- aberrazione sferica
- coma
- effetto silo-soli
- assorbimento di alcune lunghezze d'onda
- ingrandimento
- effetto prismatico
- sensibilità al contrasto
- figura-sfondo
- luminosità

Questi effetti cambiano la percezione che la persona ha di se stessa ma non solo, attraverso l'utilizzo della correzione oftalmica la realtà della persona cambia. Accade che quando l'immagine retinica si discosta dall'oggetto reale viene ad essere attivato il fenomeno di costanza in grado di rettificare la differenza e ridare all'oggetto osservato la giusta grandezza, forma, posizione e infine significato. Attraverso altre modalità sensoriali si va a correggere l'immagine retinica errata.
Per cui è necessario non trascurare questa condizione quando andiamo a effettuare una variazione eccessiva della correzione o quando andiamo per la prima volta a dare una correzione alla persona.

È necessario che la persona si adatti a questa nuova realtà poiché un improvviso e drastico sconvolgimento di quella che è la realtà visiva provocherebbe solo un discomfort visivo e disturbi astenopici che non andrebbero a giovare sulla condizione fisico-visiva della persona.

CAPITOLO VI: REALIZZAZIONE E MONTAGGIO DELL'OCCHIALE.

6. CENTRAGGIO AL FONTIFOCOMETRO

Il primo passo nella realizzazione dell'occhiale è quello di centrare la lente al frontifocometro. Dopo quest'operazione con appositi marcatori si va a marcare il centro ottico della lente e lo si fa coincidere con la distanza assi visivi del soggetto.

6.1 REALIZZAZIONE DELLA DIMA E TRACCIATORE

Successivamente si passa alla rifinitura della dima. La dima è la forma del cerchio della montatura, che serve per avere un abbozzo della lente da realizzare affinché essa rientri nella montatura. Con le nuove tecnologie la forma del cerchio della montatura viene fatta attraverso un tracciatore; quest'ultimo attraverso una mina passante all'interno dell'anello della montatura segue il bordo della montatura all'interno del canalino e copia l'informazione che serve per realizzare la lente.

6.2 LA MOLATURA

Attraverso la molatura si va a lavorare la lente, esportando la parte che eccede dalla forma dell'occhiale.
La molatura può avvenire in maniera manuale o automatizzata. Oggi grazie all'aiuto di valide mole la lavorazione avviene in maniera automatizzata.

6.3 INSERIMENTO E CONTROLLO DEL MONTAGGIO

Una volta terminata la molatura si va ad inserire la lente all'interno della montatura per verificare se il montaggio è avvenuto in maniera giusta. Si effettua prima una registrazione sul piano poi si adatta l'occhiale al soggetto
Durante la verifica sul piano bisogna valutare che le lenti non siano a contatto con le parti della montatura e che le aste si muovano maniera regolare. Inoltre bisogna verificare l'angolo pantoscopico e quello di avvolgimento. Infine è necessario adattare l'occhiale al viso della persona. L'occhiale sarà dritto quando l'asse passante per i due assi visivi sia parallelo a quello passante per i due centri ottici, in sostanza gli anelli del frontale non devono essere uno più alto e l'altro più basso.

CAPITOLO VII: LA TEORIA DELL'ERRORE, CONSEGUENZE SULLA CORREZIONE FINALE E TOLLERANZE

7. ERRORE

Anche in campo optometrico gli errori che possono andare a compromettere la correzione finale sono molteplici. Esistono infatti diversi tipi di errori:
-errori di misura: quantità di misura non vera che si va ad addizionare alla componente reale della misura

- errore accidentale: dovuti all'effetto del caso ed essi non possono essere cancellati

- errori sistematici: dovuti a strumenti o a metodi di misura errati

Gli errori più comuni sono quelli di misura che possono andare a influire nella correzione finale in maniera più o meno consistente a seconda del caso in esame.

7.1 LEGGE DI WEBER

Attraverso questa legge si va a descrivere la relazione che c'è tra uno stimolo fisico e la percezione umana sull'intensità di tale stimolo. Si ha infatti che:

$$k = \frac{\Delta I}{I}$$

Dove:
ΔI è il minimo elemento discriminabile
I è l' intensità di riferimento
k costanze specifica per modalità

7.2 ERRORE REFRATTIVO

L' errore refrattivo è un errore dovuto appunto a un errata misurazione da parte dell'operatore. Questo tipo di errore può avere un peso più o meno consistente a seconda del caso in esame. Prendendo spunto dalla teoria di Weber è possibile dunque affermare che un errore sarà maggiormente percepito su un ametropia bassa rispetto a un alta ametropia.
Al contrario riprendendo la legge di Prentice un errore, dovuto al centraggio, di una lente di alto potere provoca un effetto prismatico maggiore rispetto ad una lente di basso potere.
Il sommarsi di errori provoca una situazione di disagio nel portatore di lenti per cui è necessario ridurre al minino tali errori per permettere una condizione di confort alla persona

7.3 ERRORE STRUMENTALE

Con i moderni macchinari questi tipi di errori con il passare degli anni si stanno riducendo poiché si cerca di realizzare attrezzature sempre più all'avanguardia in grado di dare precisioni altissime del lavoro finale.
Ma bisogna ricordare che tali strumenti essendo pur sempre macchine devono essere supervisionate dall'occhio umano.
Infatti spesso accade che ci sia un errore strumentale dovuto ad un errata taratura dello strumento.
Per cercare di eliminare tali danni bisogna sempre controllare il prodotto finale realizzato dalla macchina per verificarne l'esatta realizzazione.

7.4 TOLLERANZE

Un errore dovuto a decentramento può presentare un margine di tolleranza. Essa varia al variare del potere della lente:
• fino a ± 1.25 D si ha una tolleranza orizzontale di 2mm e una tolleranza verticale di 1mm
• tra ±1.25 e ±2.50 si ha una tolleranza orizzontale di 1mm e una tolleranza verticale di 0,5mm
• oltre ±2.50 si ha una tolleranza orizzontale di 0,5mm e una tolleranza verticale di 0,5mm

CAPITOLO VIII: DECENTRAMENTO CORRETTIVO E CENTRAGGIO IN CASI SPECIALI

8. DECENTRAMENTO CORRETTIVO

L'effetto prismatico generata da una lente decentrata può essere utile per compensare riflessi fusionali o in casi di insufficienza di convergenza.
Questo tipo di decentramento viene soprattutto utilizzato nei casi in cui la persona svolge per molte ore un lavoro da vicino che gli porti un eccessivo utilizzo della convergenza. Per evitare tale affaticamento si effettua un decentramento in maniera tale da alleviare il peso che l'azione di convergenza svolge.

8.1 CENTRAGGIO IN SOGGETTI CON ASIMMETRIE FACCIALI ,ORBITARIE E MONOCOLI.

I soggetti con asimmetrie facciali sono difficili da trattare non solo per quanto riguarda il centraggio ma anche per la montature da usare.
Si prediligono montature con una certa stabilità e centraggi che siano in grado di garantire al portatore il massimo confort con il miglior visus.
Persone con asimmetrie orbitarie devono avere una centratura che rispetti la differenza di altezza dei due occhi anche per non incorrere in PAC.
Per soggetti che presentano maculopatie, tumori, glaucomi o altri traumi che hanno portato ad una restrizione del campo visivo ,il centraggio anche in questo caso gioca un ruolo fondamentale.
Quando tale trauma colpisce un occhio rendendo la persona monocola, è necessario che quest'ultima abbia un campo visivo quanto più ampio possibile per cui non disporrà il capo in maniera usuale ma sarà portato ad orientare il suo sguardo verso l'occhio sano, per cui in questi casi un decentramento correttivo sarà utile a favorire una miglior prestazione visiva.

8.2 ANISOMETROPIA E ANISECONIA

Per anisometropia s'intende una differenza dello stato refrattivo dei due occhi il cui valore è uguale a 1.50- 2 D.
In caso di anisometropia è necessario che i due occhi vengano compensati con una diversa refrazione; ciò porta problemi quando entra in gioco l'accomodazione, poiché essendo tale meccanismo sinergico nei due occhi l'immagine sarà vista sfocata, dato che sarebbero necessari valori di accomodazione differente per la messa a fuoco di un immagine da vicino per i due occhi.
Gli altri effetti generati dall'anisometropia sono :l'anisoforia ottica e l'aniseconia.
Per anisoforia ottica s'intende una differenza di effetto prismatico a cui vanno incontro i due occhi quando guardano attraverso la parte periferica della lente. Riprendendo la regola di Prentice si nota l'enorme differenza di effetto prismatico; il sistema visivo sul piano orizzontale è in grado di compensare tali effetti, mentre sul piano verticale ciò non è possibile a causa delle limitate riserve

fusionali. Per non incorrere in disturbi astenopici si effettua un decentramento della lente verso il basso in maniera tale da ridurre l'effetto prismatico verticale. Inoltre per garantire ancora di più una corretta compensazione, viene istruito il portatore a limitare le rotazioni oculari compensandole con opportuni movimenti del capo. Un'altra soluzione è quella di utilizzare montature piccole e ridurre l'angolo pantoscopico.
In questo modo riducendo l'angolo pantoscopico si abbassa il centro ottico riducendo l'effetto prismatico a cui i due occhi vanno incontro.
Inoltre in caso di anisometropia si vengono a creare due immagini di forma e grandezza differente poiché le lenti utilizzate hanno un valore diottrico molto differente tra loro. Ciò comporta l'insorgenza dell'aniseconia.
Per aniseconia s'intende la differenza di forma e di grandezza che si viene a creare tra le due immagini a livello retinico.
La compensazione di tale condizione può avvenire attraverso lenti aniseconiche che modificano le dimensioni delle immagini retiniche.
In caso di anisometropia elevata in cui la differenza tra le due lenti supera le 3 diottrie, si riduce il visus dell'occhio con maggior ametropia sottocorregendolo.

CAPITOLO IX: SPERIMENTAZIONE

9. INTRODUZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE

Nella mia attività di sperimentazione è stato effettuato uno studio su un campione di persone di età compresa tra:
- 20 e 27 anni

Di sesso:
- maschile 7
- femminile 8

Tra queste persone:
- 11 con ametropia miopica
- 4 con ametropia ipermetropica

In tali soggetti è stato rilevato un decentramento orizzontale che va da:
- 2 a 5 mm

E un decentramento verticale la sui entità è la seguente:
- da1 a 3 mm

Attraverso questo studio è stato evidenziato come un decentramento della propria correzione in uso influenzi l'acuità visiva e la visione binoculare con la conseguente insorgenza di forie.

9.1 STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata per rivelare tale decentramento e per la successiva analisi visiva è la seguente:

- Frontifocometro elettronico
- Righello millimetrato
- Autorefrattometro
- Ottotipo decimale di tipo LCD posto alla distanza di 5 metri dall'esaminato
- Forottero
- Occhiale di prova (oculus)
- Cassetta con lenti di prova

9.2 RILEVAZIONE DECENTRAMENTO E MISURA DISTANZA ASSI VISIVI

Attraverso l'ausilio di un frontifocometro di tipo elettronico è stato rilevato il centro ottico di ogni lente della correzione di ciascun esaminato marcando la lente. In seguito è stata misurata la distanza tra i due centri ottici attraverso un righello millimetrato.
Successivamente per poter misurare la distanza assi visivi di tutti gli esaminati è stato utilizzato un autorefrattometro.

I dati rilevati sono i seguenti:

DISTANZA FRA I CENTRI OTTICI DELLA CORREZIONE IN USO	ALTEZZA CENTRI OTTICI CORREZIONE IN USO	DISTANZA ASSI VISUALI	DECENTRAMENTO ORIZZONTALE	DECENTRAMENTO VERTICALE	AMETROPIA E POTERE DELLA CORREZIONE IN USO OCCHIO DESTRO	AMETROPIA E POTERE DELLA CORREZIONE IN USO OCCHIO SINISTRO
1. 62 mm	20mm	60mm	2mm	0 mm	Miopia Sf -5.25	Miopia Sf -5
2. 62 mm	20mm	58mm	4mm	1mm	Miopia Sf -5.50	Miopia Sf -5.50
3. 59 mm	18mm	56mm	3mm	0 mm	Miopia Sf -1.25	Miopia Sf -1.75
4. 64 mm	21mm	62mm	2mm	3mm	Ipermetropia Sf +1.50	Ipermetropia Sf +1.25
5. 63 mm	20mm	60mm	3mm	2mm	Miopia Sf -0.75	Miopia Sf -0.50
6. 63 mm	20mm	58mm	5mm	0mm	Miopia Sf -1.25	Miopia Sf -1.25
7. 61 mm	21mm	63mm	2mm	2mm	Ipermetropia Sf +1.50	Ipermetropia Sf +1.75
8. 65 mm	19mm	60mm	5mm	1mm	Miopia Sf -2	Miopia Sf -1.75
9. 63 mm	18mm	60mm	3mm	1mm	Miopia Sf -3.25	Miopia Sf -3.75
10. 59 mm	20mm	57mm	2mm	0mm	Ipermetropia Sf+0.50	Ipermetropia Sf +0.75
11. 61 mm	20mm	58mm	3mm	0mm	Miopia Sf -1.50	Miopia Sf -1.25
12. 64 mm	21mm	61mm	3mm	1mm	Miopia Sf -2.75	Miopia Sf -3
13. 58 mm	18mm	56mm	2mm	1mm	Ipermetropia Sf +0.75	Ipermetropia Sf +0.75
14. 67 mm	22mm	63mm	4mm	0mm	Miopia Sf -3	Miopia Sf -3.25
15. 61 mm	20mm	58mm	3mm	0mm	Miopia Sf -1.75	Miopia Sf -1.50

9.3 MISURAZIONE E ANALISI CON CORREZIONE IN USO

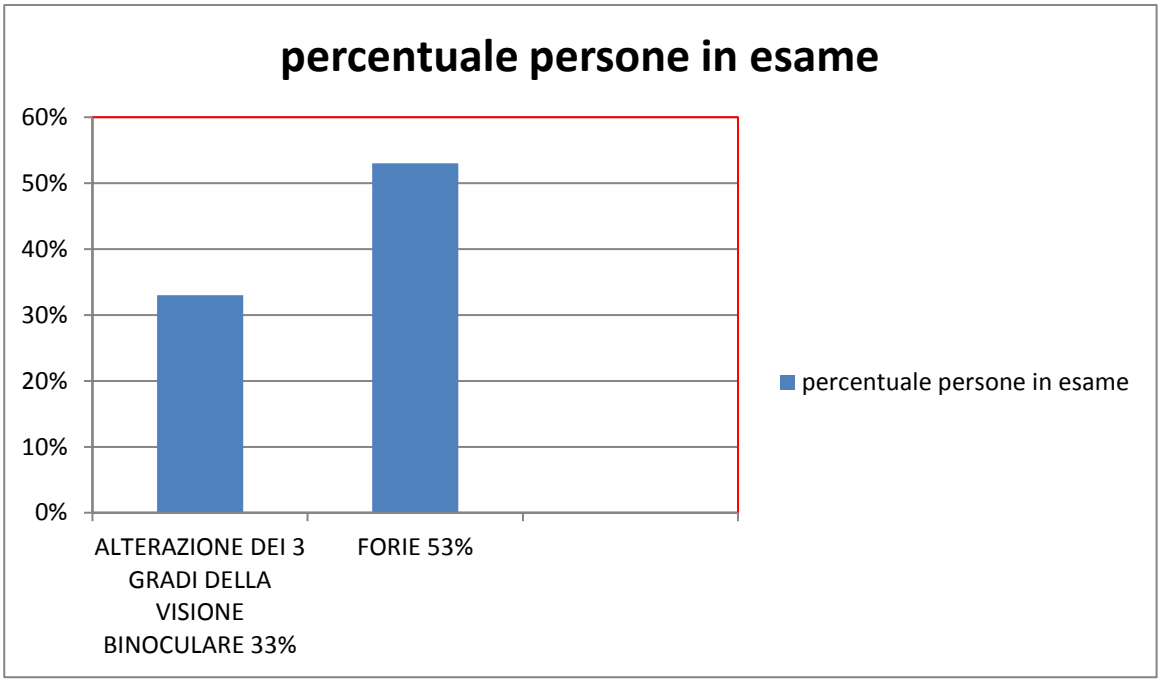
La seconda fase del lavoro effettuato è stata la misura dell'acuità visiva di ciascun esaminato con la correzione in uso. Tale misura è stata svolta ponendo ogni soggetto davanti a un ottotipo di tipo LCD alla distanza di 5 metri; utilizzando gli anelli di Landot è stata valutata l'acuità visiva misurandola in decimi.
L'ambiente dove è stato effettuato l'esame era mediamente illuminato e tale illuminazione è stata eguale e costante per tutti i casi valutati.
I dati rilevati sono riportati qui di seguito:

ENTITA'AMETROPIA OCCHIO DESTRO	ENTITA'AMETROPIA OCCHIO SINISTRO	ACUITA' VISIVA OCCHIO DESTRO	ACUITA' VISIVA OCCHIO SINISTRO	ACUITA' VISIVA BINOCULARE
1. Miopia sf-5.25	Sf -5	9/10	9/10	10/10
2. Miopia sf -5.50	Sf -5,50	8/10	8/10	9/10
3. Miopia sf-1.25	Sf -1.75	9/10	10/10	10/10
4. Ipermetropia sf +1.50	Sf+1.25	10/10	9/10	10/10
5. Miopia sf-0.75	Sf-0.50	8/10	7/10	9/10
6. Miopia sf-1.25	Sf-1.25	8/10	7/10	9/10
7. Ipermetropia sf+1.50	Sf +1.75	9/10	9/10	9/10
8. Miopia sf -2.00	Sf-1.75	7/10	7/10	8/10
9. Miopia sf -3.25	Sf -3.75	9/10	9/10	10/10
10. Ipermetropia sf +0.50	Sf +0.75	10/10	10/10	10/10
11. Miopia sf -1.50	Sf-1.25	9/10	10/10	10/10
12. Miopia sf -2.75	Sf-3	10/10	10/10	12/10
13. Ipermetropia sf +0.75	Sf +0.75	10/10	9/10	10/10
14. Miopia sf -3	Sf-3.25	9/10	8/10	9/10
15. Miopia sf – 1.75	Sf-1.50	10/10	9/10	10/10

In seguito sono stati effettuati test di binocularità e forie.
I test di binocularità sono stati effettuati ponendo ciascun esaminato al forottero alla distanza di 5 metri da un ottotipo LCD. E' stato fatto osservare un pallino bianco su sfondo nero per il primo e secondo grado di binocularità, mentre per la valutazione del terzo grado della visione binoculare è stata utilizzata un immagine polarizzata a cui sono associati filtri polarizzati.
Per la valutazione del 1º grado di binocularità è stato posto un prisma di 3 Δ davanti a ciascun occhio. Il soggetto presentava il 1 º della visione binoculare se l'immagine del pallino appariva doppia.

Per il 2º grado di binocularità è stato posto davanti all'occhio destro un filtro rosso. Il 2 º grado della visione binoculare era presente quando il soggetto vedva il pallino di colore rosato, colore che nasceva dalla fusione tra i due occhi.
Per il 3º grado di binocularità sono stati posti su entrambi gli occhi filtri polarizzati; successivamente è stato fatto osservare agli esaminati un immagine polarizzata in modo da apprezzare la capacità stereoscopica di ciascun soggetto e anche la tridimensionalità dell'immagine osservata.
La valutazione delle forie è stata effettuata attraverso l'utilizzo di filtri colorati verde e rosso, utilizzando il test di Shober.

Dall'analisi eseguita risultano i seguenti dati:



Il 33% del campione di persone in esame presentavano alterazioni dei tre gradi della visione binoculare; in particolare è stata rilevata rivalità retinica e maggior azione dell'occhio dominante nell'analisi del 2 ºdella visione binoculare. I soggetti con rivalità retinica non sono in grado di percepire il pallino di un colore misto generato dai due colori delle lenti ma percepiscono una luce di colore alternato come se l'immagine provenisse in maniera alternata prima da un occhio e poi dall'altro.
La percentuale di persone in cui non vi è la condizione di ortoforia è il 53% ; inoltre sono state rilevante exoforie la cui entità è di 1-2 Δ.

9.4 CORREZIONE DEL DECENTRAMENTO E ANALISI VISIVA

Rivelata la corretta distanza assi visuali, sono state poste le persone in esame al forottero con l'esatto posizionamento dei centri ottici. Seguendo la sequenza precedentemente indicata, è stata effettuata la misura dell'acuità visiva. In tutti i soggetti in esame è stato rilevato un miglioramento dell'acuità visiva rispetto alla correzione col precedente centraggio; non solo è stata riscontrata anche una maggior nitidezza dell'immagine osservata.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

ENTITA'AMETROPIA OCCHIO DESTRO	ENTITA'AMETROPIA OCCHIO SINISTRO	ACUITA' VISIVA OCCHIO DESTRO	ACUITA' VISIVA OCCHIO SINISTRA	ACUITA'VISIVA BINOCULARE
1. Miopia sf-5.25	Sf -5	10/10	10/10	12/10
2. Miopia sf -5.50	Sf -5,50	8/10	8/10	10/10
3. Miopia sf-1.25	Sf -1.75	10/10	10/10	12/10
4. Ipermetropia sf +1.50	Sf+1.25	10/10	12/10	12/10
5. Miopia sf-0.75	Sf-0.50	9/10	10/10	10/10
6. Miopia sf-1.25	Sf-1.25	10/10	9/10	10/10
7. Ipermetropia sf+1.50	Sf +1.75	10/10	10/10	12/12
8. Miopia sf -2.00	Sf-1.75	9/10	9/10	12/10
9. Miopia sf -3.25	Sf -3.75	10/10	10/10	12/10
10. Ipermetropia sf +0.50	Sf +0.75	12/10	12/10	12/10
11. Miopia sf -1.50	Sf-1.25	10/10	10/10	12/10
12. Miopia sf -2.75	Sf-3	12/10	12/10	12/10
13. Ipermetropia sf +0.75	Sf +0.75	12/10	10/10	12/10
14. Miopia sf -3	Sf-3.25	10/10	10/10	10/10
15. Miopia sf – 1.75	Sf-1.50	12/10	12/10	10/10

Effettuati gli stessi test di binocularità e forie fatti precedentemente è stato rilevato che la percentuale di persone che presentavano prima un exoforia si è ridotta al 26% rispetto al valore precedente.
Terminato l'esame al forottero ogni persona è stata invitata ad indossare l'occhiale di prova con la correzione del decentramento per un tempo di 10 minuti.

9.5 COMPLICANZE DELLA NUOVA CORREZIONE

Tutte le persone sono riuscite a portare la correzione ottica con il nuovo centraggio senza problemi tranne una.
Quest'ultima infatti lamentava una visione poco stabile dopo qualche minuto.
Questi fastidi svanivano quando ritornava al vecchio centraggio.
Per ovviare al suo problema è stato ridotto di solo 2mm il suo decentramento iniziale di 5mm .
A questo punto, la persona con la nuova modifica fatta ha apprezzato un miglioramento della suo disturbo precedente .
In questi casi un drastico cambiamento rispetto alla condizione di centraggio precedente causa problemi di adattamento che possono essere superati solo riducendo nel tempo il decentramento.

9.6 CONCLUSIONI

Attraverso l'attività di sperimentazione fatta ho riscontrato che in tutti i casi esaminati, la distanza assi visivi non coincide con la distanza tra i centri ottici delle lenti.
Dai casi presi in esame si può evidenziare che, in alcuni soggetti, la distanza tra centri ottici delle lenti va a coincidere con la distanza interpuppillare; mentre in altri casi non c'era nemmeno una corrispondenza tra le due distanze.
I risultati ottenuti confermano dunque la necessità di posizionare i centri ottici in base alla distanza assi visuali e non in base alla distanza interpupillare.
Tutto ciò, infatti, provoca rilevabili e quantificabili problemi per la compensazione dell'ametropia dei soggetti esaminati.
Pertanto un corretto centraggio dell'occhiale può migliorare in maniera consistente la prestazione visiva e giovare anche nella stabilità della visione binoculare.
È fondamentale quindi che venga posta la massima attenzione agli aspetti tecnici relativi all'assemblaggio dell'occhiale; infatti quando uno di questi aspetti viene trascurato si ha una correzione errata che provoca discomfort e può alterare le abilità visive.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L.Buratto,S.Abati,G.Montani,-Fabiano,1993 pag. 95 fig. 5.1

Figura 2 “ DISPENSE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FEDERICO SECONDO ”, P. Carelli

Figura 3 “DISPENSE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FEDERICO SECONDO”, P. Carelli

Figura 4 “DISPENSE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FEDERICO SECONDO”, P. Carelli

Figura 5 “VIZI DI RIFRAZIONE”, G. Paliaga, M. Medica, IV edizione,2008 pag 7 fig. 1.9

Figura 6 “VIZI DI RIFRAZIONE”, G. Paliaga, M. Medica, IV edizione,2008 pag 13 fig. 1.15

Figura 7 1 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 104 fig. 5.9

Figura 8 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati,G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 107 fig. 5.13

Figura 9 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 109 fig. 5.16

Figura 10 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 111 fig. 5.18

Figura 11 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 111 fig. 5.19

Figura 12 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 113 fig. 5.22

Figura 13 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 554 fig. 5.3.1

Figura 14 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani,-Fabiano,1993 pag. 554 fig. 5.3.2

Figura 15 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 555 fig. 5.3.3

Figura 16 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 555 fig. 5.3.4
Figura 17 “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA”, C. Lovisolo, L. Buratto, S. Abati, G. Montani, -Fabiano, 1993 pag. 558 fig. 5.3.7

BIBLIOGRAFIA E SITI

1- “LENTI E OCCHIALI”, UN MANUALE DI OTTICA OFTALMICA,A.Rossetti-Medical books,2003

2 - “OCCHIALI IN OTTICA OFTALMICA” ”,C.Lovisolo,L.Buratto,S.Abati,G.Montani,-Fabiano,1993

3-““DISPENSE PAOLO CARELLI”,P.Carelli

4- “VIZI DI RIFRAZIONE” ”,G.Paliaga,M.Medica, IV edizione,2008

5-“MANUALE DI OPTOMETRIA E CONTATTOLOGIA”,A.Rossetti, P.Gheller-Zannichelli, II edizione,2003

6-“L’ESAME VISIVO EFFICACE”,L.Giannelli,M.Giannelli,G.Moro –Medical books,2012

7- “ESPERIMENTI DI FISICA OTTICA:L’OTTICA”,L.Merola-Liguori,2004

8-“OTTICA VISUALE”. Zeri, A. Rossetti, A. Fossetti, A. Calossi,2012,Società Editrice Universo

9-“OPTOMETRIA A-Z DIZIONARIO DI SCIENZE, TECNICA E CLINICA DELLA VISIONE”,L.Lupelli,2014 , Medical Books

10-“L’OTTICA PER L’OPTOMETRIA”,S.Cappa,ESU,Milano,1985

11-https://www.reviewofoptometry.com/

12-http://www.francescofanottoli.com/centratura-delle-lenti-in-soggetti-posizione-anomala-capo/

13-“AMBLIPIA” –G. Paliaga, Minerva Medica, Torino,1991

14-“ LE ABERRAZIONI OTTICHE” R. Carnevali ,Fabiano, 2014

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare in primis tutti coloro che durante il mio percorso universitario sono stati importanti per la mia formazione e hanno saputo trasmettere la loro passione in noi studenti. Vorrei ringraziare dunque tutti i professori del corso di laurea in Ottica e Optometria che hanno dato la possibilità a noi studenti di credere in questa nuova facoltà e di poterne fare parte.
In particolare vorrei ringraziare il professore Paolo Carelli, relatore di questa tesi, il quale ha saputo guidarmi in maniera esemplare durante tutto il percorso svolto trasmettendomi l'enorme amore per il suo lavoro durante tutto il percorso di studi.
In seguito vorrei ringraziare coloro che mi sono stati vicini durante il percorso universitario che si è appena concluso, condividendo con me le gioie e dolori: un grazie va alla mia famiglia, che a loro modo mi hanno sempre sostenuto. Al mio fidanzato Angelo , senza il quale forse oggi non sarei qui poiché ha creduto in me sempre.
A Monica , Roberto e Tiziana che mi hanno sempre incoraggiata ad andare avanti senza mai mollare.
Un ringraziamento va anche alle amiche che con me hanno condiviso giorno per giorno questo percorso: ringrazio dunque Monica ed Eligia che hanno saputo sempre strapparmi un sorriso anche nei momenti difficili ed infine Paola con la quale ho condiviso la gioia e le ansie degli esami dandoci forza a vicenda.
Vorrei infine ringraziare e dedicare questa tesi a mia zia Rosaria per ringraziarla dell'enorme sostegno dato non solo in questo percorso ma in tutto la vita .