

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA**

**“G. GALILEI”**

**CORSO DI LAUREA IN OTTICA E OPTOMETRIA**

**TESI DI LAUREA**

**“ANALISI DELLE DIFFERENZE NELLE PERFORMANCE  
VISIVE NEI PORTATORI DI LENTI A CONTATTO  
MULTIFOCALI MIOPI E IPERMETROPI”**

*Relatore:* Prof. Renzo Colombo

*Laureanda:* Elena Peruzzo

*Correlatore:* Prof. Luca Stanco

*Matricola:* 1104442

Anno Accademico

2017/2018



## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	pag. 1
<b>CAPITOLO 1: DIFFERENZE TRA MIOPIA E IPERMETROPIA</b>	pag. 3
1.1 LA MIOPIA	pag. 3
1.2 L'IPERMETROPIA	pag.3
<b>CAPITOLO 2: LA PRESBIOPIA</b>	pag. 5
2.1 LA PRESBIOPIA	pag. 5
2.2 L'OCCHIO PRESBITE	pag. 5
2.3 INSORGENZA E CLASSIFICAZIONE	pag. 6
<b>CAPITOLO 3: METODI DI CORREZIONE</b>	pag. 7
3.1 CORREZIONE DELLA PRESBIOPIA	pag. 7
3.2 I MIOPI E GLI IPERMETROPI PRESBITI	pag. 7
3.3 GLI OCCHIALI	pag. 8
3.4 LE LENTI A CONTATTO	pag. 8
La monovisione	pag. 8
Lenti a contatto bifocali a visione alternata	pag. 9
Lenti a contatto bifocali a visione simultanea	pag. 10
Lenti a contatto diffrattive	pag. 11
Lenti a zone concentriche	pag. 12
Lenti asferiche	pag. 12
Le lenti centro-lontano	pag. 12
Le lenti a centro-vicino	pag. 13
Monovisione modificata	pag. 14
<b>CAPITOLO 4: IN LETTERATURA</b>	pag. 15
<b>CAPITOLO 5: LO STUDIO</b>	pag. 19
5.1 LA SCELTA DEI SOGGETTI	pag. 19
5.2 LE LENTI UTILIZZATE	pag. 19
5.3 PROTOCOLLO APPLICATIVO	pag. 20

Selezione della lente ottimale	pag. 21
La scelta del tipo di lente	pag. 21
<b>5.4 I TEST ESEGUITI</b>	pag. 22
Acuità visiva	pag. 22
Sensibilità al contrasto	pag. 23
Punto prossimo di accomodazione	pag. 24
Stereopsi	pag. 25
Diametro pupillare	pag. 25
<b>CAPITOLO 6: ANALISI STATISTICA</b>	pag. 27
<b>6.1 I RISULTATI</b>	pag. 28
Acuità visiva da lontano	pag. 28
Acuità visiva da vicino	pag. 30
Sensibilità al contrasto da lontano	pag. 32
Sensibilità al contrasto da vicino	pag. 33
Punto prossimo di accomodazione	pag. 35
Stereopsi	pag. 37
Diametro pupillare	pag. 38
<b>6.2 DIPENDENZA LEGATA AL DIAMETRO PUPILLARE E ALL'ETÀ</b>	pag. 40
Diametro pupillare	pag. 40
Età	pag. 43
<b>6.3 QUESTIONARIO DI GRADIMENTO DELLA VISIONE</b>	pag. 45
<b>CAPITOLO 7: DISCUSSIONE E CONCLUSIONE</b>	pag. 47
<b>APPENDICE A: QUESTIONARIO DI GRADIMENTO DELLA VISIONE</b>	pag. 49
<b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b>	pag. 51
<b>ICONOGRAFIA</b>	pag. 53

## **INTRODUZIONE**

In Italia il numero di presbiteri è di circa 28 milioni (negli Stati Uniti superano i 100 milioni e arrivano a 2 miliardi in tutto il mondo). [1] Questi dati, con l'innalzamento dell'età media, sono destinati a crescere esponenzialmente anno dopo anno.

Anche il numero di portatori di lenti a contatto sta aumentando progressivamente. Di conseguenza, molti di quelli che da giovani hanno utilizzato le lenti a contatto monofocali, per correggere per esempio la miopia o l'ipermetropia, e ne hanno apprezzato i benefici, ora che sono diventati presbiteri non vogliono rinunciarvi.

I presbiteri di oggi non sono gli stessi di qualche anno fa: sono più attivi socialmente e fisicamente, attenti alla salute, esperti di tecnologia e interessati a mantenere un aspetto giovanile. Per molte persone infatti la presbiopia è uno dei primi segni che non si può evitare l'invecchiamento. I presbiteri vogliono evitare lo stigma legato agli occhiali e a come questi siano associati all'età di una persona.

Durante il mio tirocinio avevo notato che c'erano differenze nella visione tra i miopi e gli ipermetropi quando venivano loro applicate delle lenti a contatto multifocali: infatti sembrava che i miopi riuscissero ad ottenere una visione migliore rispetto agli ipermetropi.

In questa tesi, quindi, sono stati analizzati alcuni studi presenti in letteratura sul rapporto tra lenti a contatto multifocali e ametropie e poi sono state studiate le performance visive di un piccolo gruppo di persone presbiteri, miopi o ipermetropi, a cui sono state applicate delle lenti a contatto multifocali, ed è stato verificato se effettivamente esistono delle differenze e se esse siano dovute al caso o no.



## **CAPITOLO 1: DIFFERENZE TRA MIOPIA E IPERMETROPIA**

### **1.1 LA MIOPIA**

La miopia è un difetto visivo a causa del quale si vede sfocato da lontano. Nel linguaggio medico è considerata un “vizio di rifrazione” (o “rifrazione”). Il termine “miopia” deriva dal termine greco “*myo*”, che significa “chiudere”, per indicare l’abitudine tipica dei miopi di strizzare gli occhi per vedere meglio da lontano.

Nell’occhio normale (emmetrope) i raggi luminosi che provengono dagli oggetti distanti vengono messi a fuoco esattamente sulla retina. Nell’occhio miope, invece, questi stessi raggi cadono davanti alla retina e poi divergono: sulla superficie retinica si forma quindi un’immagine sfocata. [2]

L’occhio miope solitamente presenta una lunghezza assiale più grande, una pupilla più ampia, una cornea più curva del normale.

La miopia può essere corretta con: occhiali con lenti divergenti (concave), lenti a contatto, lenti a contatto per ortocheratologia o con un intervento chirurgico.

### **1.2 L’IPERMETROPIA**

Il termine ipermetropia deriva dal greco “*hypérmētopos*” che è tradotto in “eccede la misura, che passa oltre la misura”; ciò sta ad indicare il punto di focalizzazione delle immagini che si formano in posizione virtuale, al di là della retina. Infatti i raggi luminosi provenienti dall’infinito vengono focalizzati oltre la retina. Questo è dovuto principalmente alla presenza di un bulbo oculare “corto” (ipermetropia assiale), anche se altre particolari condizioni possono esserne causa.

L’occhio ipermetrope può correggere naturalmente, entro certi limiti, il difetto tramite la capacità di messa a fuoco (accomodazione), riportando l’immagine sulla regione centrale della retina. Questa compensazione è limitata e può

avvenire solo per ipermetropie medio-basse e dipende dal grado di accomodazione disponibile: è massimo in giovane età e diminuisce con gli anni.

Questo spiega perché un certo grado di ipermetropia da giovani viene compensato tranquillamente, ma con l'avanzare dell'età necessita di correzione con lenti sempre più forti, fino alla compensazione totale del difetto. Molti soggetti apparentemente privi di difetti visivi (emmetropi) sono, in realtà, ipermetropi lievi.

L'occhio ipermetrope solitamente presenta una lunghezza assiale più corta, una pupilla più piccola, una cornea più piatta del normale.

L'ipermetropia può essere corretta con: occhiali con lenti convesse, lenti a contatto, con un intervento chirurgico o, per poteri relativamente bassi, con lenti a contatto per ortokeratologia.

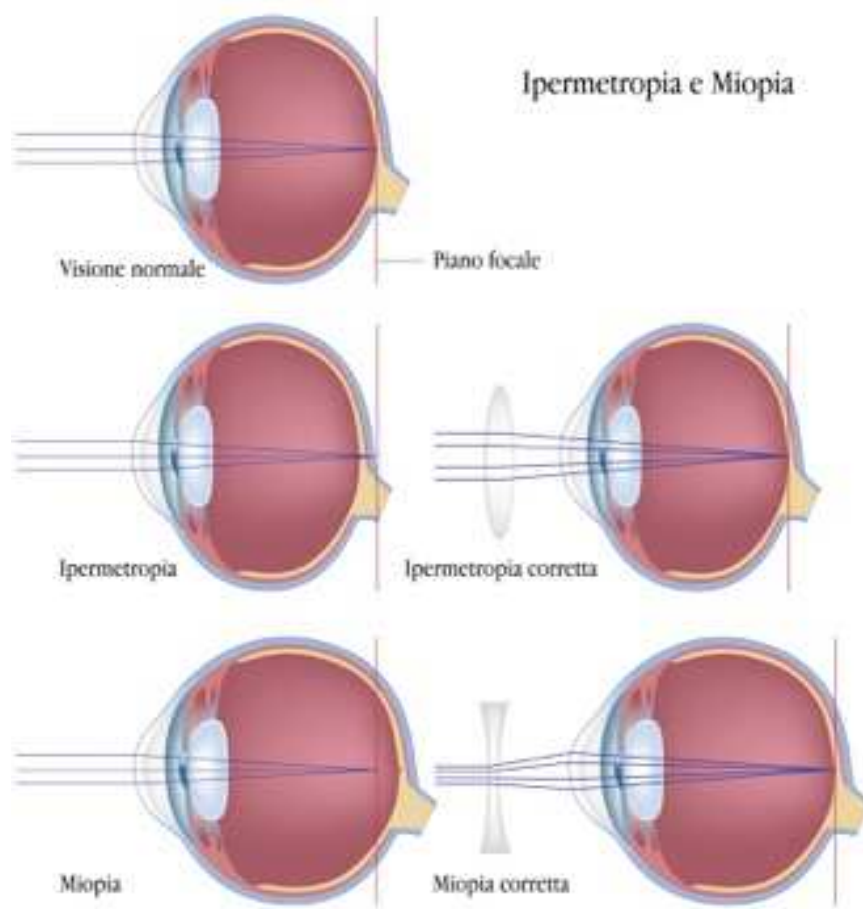


Figura 1: rappresentazione dell'occhio emmetrope, ipermetrope e miope.



## **CAPITOLO 2: LA PRESBIOPIA**

### **2.1 LA PRESBIOPIA**

Il nome presbiopia deriva dal greco “*presbys*” (vecchio) e “*opia*” (occhio) ed è tradotto con l’espressione “vista da anziano”.

La presbiopia è una naturale conseguenza dell’invecchiamento: risulta come l’inabilità di mettere a fuoco oggetti posti a distanza ravvicinata. Ciò è dovuto alla riduzione fisiologica dell’ampiezza accomodativa: l’occhio presbite, quindi, non è più in grado di focalizzare la luce direttamente nella retina a causa dell’irrigidimento progressivo del cristallino.

### **2.2 L’OCCHIO PRESBITE**

Il cristallino è la lente naturale del nostro occhio posizionato immediatamente dietro la pupilla; è ancorato, tramite le fibre zonulari, al corpo ciliare. La tensione generata sulle fibre zonulari dal muscolo ciliare induce un incremento di curvatura delle superfici del cristallino consentendo la messa a fuoco degli oggetti. Questa capacità si definisce accomodazione.

Negli individui giovani il cristallino è elastico e cambia facilmente forma secondo la distanza messa a fuoco, con l’avanzare dell’età si assiste a un graduale indurimento e a una perdita dell’elasticità della struttura.

Tuttora sono due le teorie secondo le quali la progressiva perdita di accomodazione sia dovuta a una inadeguata contrazione dei muscoli ciliari con l’età o ad un aumento della rigidità dell’intero cristallino con la vecchiaia.

Altri cambiamenti che avvengono nell’occhio presbite possono essere: una pupilla più piccola, un invecchiamento delle ghiandole di Meibomio, un menisco lacrimale inferiore/marginale inadeguato, una perdita dell’elasticità palpebrale e della trasparenza corneale, e la ghiandola lacrimale diventa meno produttiva. [3] Necessita inoltre di più ossigeno per mantenere un corretto metabolismo e può presentare un aumento nelle aberrazioni sferiche positive e nella dispersione di

luce (bagliori) dovuti alla presenza di opacità intraoculari, in particolare con l'esordio della cataratta.

Si assiste anche a una riduzione dell'acuità visiva e della sensibilità al contrasto.

Alcuni di questi cambiamenti potrebbero rendere difficile l'applicazione di lenti a contatto (come per esempio la scarsa lacrimazione).

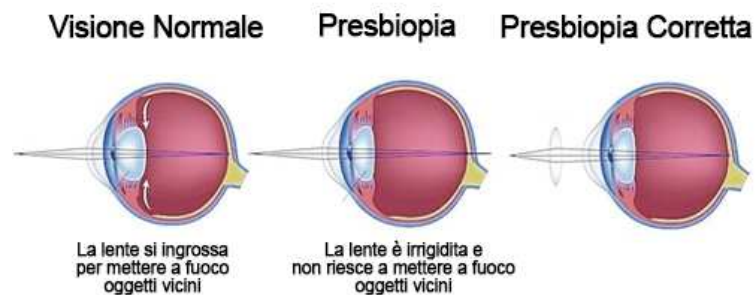


Figura 2: rappresentazione dell'occhio presbite.

### 2.3 INSORGENZA E CLASSIFICAZIONE

La presbiopia si manifesta verso i 45 anni, più precocemente nell'ipermetrope e più tardi nel miope.

Verso circa i 65 anni l'occhio perde completamente l'elasticità necessaria per focalizzare gli oggetti posti a distanza ravvicinata.

È definita incipiente nella fase che precede la necessità di correzione, assoluta quando l'accomodazione è minima o assente, prematura quando insorge notevolmente prima dei 45 anni.

La riduzione dell'attività accomodativa in condizioni di ridotta illuminazione è normale ed è definita presbiopia notturna.

La presbiopia secondaria è causata da affezioni, ad esempio, responsabili della paralisi dell'accomodazione oppure da intossicazione, ecc. [4]

## **CAPITOLO 3: METODI DI CORREZIONE**

### **3.1 CORREZIONE DELLA PRESBIOPIA**

La lente compensatrice per la presbiopia è detta addizione ed è quella lente (positiva) da aggiungere alla compensazione dell'ametropia, se presente, che ristabilisce la differenza fra l'ampiezza accomodativa del paziente e l'accomodazione usata per il lavoro che deve svolgere.

Nella prescrizione di una lente da presbite bisogna essere abbastanza elastici, cioè arrivare a un compromesso prescrivendo una lente che consenta un'ampiezza di messa a fuoco abbastanza ampia. È meglio quindi evitare correzioni troppo forti, anche se matematicamente esatte.

In genere attorno ai 45 anni, a seconda dello stato refrattivo e delle necessità lavorative, si deve prescrivere una lente positiva di 1 diottria, a volte di 1,50, aumentando di mezza diottria ogni cinque anni circa sino a 60 anni quando l'accomodazione residua dell'individuo è ridotta ad una diottria, per cui sarà sufficiente una lente +2,50, massimo +3, per vedere bene da vicino. [5]

### **3.2 I MIOPI E GLI IPERMETROPI PRESBITI**

La presbiopia si manifesta più precocemente negli ipermetropi e più tardi nei miopi.

Quando un miope diventa presbite, l'ametropia miopica può compensare (in parte o in eccesso) la presbiopia e quindi può vedere nitidamente a breve distanza senza l'uso della correzione (se l'ametropia e la presbiopia hanno entità simili).

I pazienti miopi richiedono un maggiore sforzo accomodativo quando usano le lenti a contatto mentre gli ipermetropi lo richiedono con gli occhiali. Così, i miopi prima dei 40 possono essere perfettamente felici con la performance visiva quando usano gli occhiali, ma possono anche avere difficoltà a fare lavori da vicino con le lenti a contatto che correggono a pieno la loro visione a distanza [6].

### **3.3 GLI OCCHIALI**

Gli occhiali sono la correzione per presbiopia più semplice e comune usata. Possono essere semplicemente degli occhiali da lettura (solo per la visione da vicino) oppure con una correzione multifocale, dipende dalle necessità del soggetto.

Oggi, la tipologia di lenti bifocali o progressive, sono le più frequenti.

Le lenti bifocali presentano due zone di differente potere o focale: la zona più ampia della lente è utilizzata per la visione da lontano e quella minore (detta lunetta o unghia, posta verso il basso nasalmente) è utilizzata per la visione da vicino. Permettono la correzione dell'ametropia e della presbiopia o comunque una correzione differenziata tra lontano e vicino.

Le lenti progressive presentano un potere che varia continuamente dalla porzione centrale verso quella inferiore, senza nessuna linea visibile nel mezzo e senza perdere la visione intermedia. [7]

### **3.4 LE LENTI A CONTATTO**

Persone già abituate da giovani all'uso di lenti a contatto monofocali, possono essere felici con una piena correzione per il lontano con le lenti a contatto e un paio di occhiali da lettura per il lavoro prossimale (le cui lenti avranno un potere equivalente all'addizione per il vicino). Questa soluzione funziona sempre, ma altri soggetti potrebbero opporsi all'uso degli occhiali combinati con le lenti a contatto. Per queste persone si può pensare ad approcci diversi.

#### **LA MONOVISIONE**

La monovisione è un metodo di correzione della presbiopia dove un occhio è usato per la visione a distanza e l'altro per quella prossimale. Di solito l'occhio dominante è corretto per la visione da lontano, mentre il non-dominante per la visione da vicino aggiungendo il positivo necessario. Quando il soggetto osserva

oggetti lontani, il cervello dovrà sopprimere la sfocatura causata dall'occhio corretto per la visione prossimale. Il contrario accadrà quando bisognerà guardare oggetti a distanza ravvicinata. [8]

I vantaggi della monovisione sono i seguenti: è una procedura applicativa semplice (simile a quella per la visione singola); sostituzione del potere di una sola lente nei portatori abituali di lenti a contatto; spesa limitata per l'utilizzatore; assenza di manifestazioni tipiche delle lenti a contatto bifocali, come immagini fantasma e fluttuazioni visive secondarie alle variazioni delle dimensioni pupillari.

Gli svantaggi, invece, sono: diminuzione della stereopsi (molti studi hanno dimostrato una significativa variazione di stereocuità, in modo inversamente proporzionale all'addizione monoculare necessaria, cioè aumentando l'addizione monoculare diminuisce la stereopsi); diminuzione della sensibilità al contrasto; incrementi di anisometropia (28% circa 0.50D).

Nella presbiopia iniziale ci sono pochi problemi nell'adattamento dal momento che l'addizione è bassa. Ci possono essere difficoltà significative nel tentare la soluzione della monovisione per la prima volta quando l'addizione richiesta supera le 2 diottrie.

Se né gli occhiali associati alle lenti a contatto, né la monovisione sono accettabili per il paziente allora si potranno considerare le lenti a contatto bifocali. [9]

## LENTI A CONTATTO BIFOCALI A VISIONE ALTERNATA

Le lenti a contatto a visione alternata (o a traslazione) sono dotate di due zone ottiche davanti all'apertura palpebrale e sfruttano il movimento oculare nella lettura associato al vincolo palpebrale. Sono per lo più rigide, anche se esistono delle produzioni di lenti a traslazione morbide. Le applicazioni di quest'ultime sono state spesso, però, un insuccesso perché la traslazione è solitamente insufficiente per passare da una porzione ottica della lente all'altra. Inoltre, a causa del contenuto d'acqua delle lenti morbide, la qualità della visione risulta compromessa rispetto alle rigide.

Queste lenti sono dotate di un sistema di stabilizzazione tramite prism ballast o troncatura.

Il soggetto potrà godere di un'alta qualità visiva da lontano e da vicino, fintanto che la pupilla, in posizione di sguardo primario e nell'attività prossimale, viene correttamente coperta dalla zona appropriata della lente.

Ma, a causa di una continua interazione palpebra-lente, il comfort potrebbe non essere sempre alto e il funzionamento di questo metodo di correzione resta legato alla morfologia oculare. [10].

#### LENTI A CONTATTO BIFOCALI A VISIONE SIMULTANEA

Con l'utilizzo di queste lenti, la zona per lontano e quella per il vicino si trovano contemporaneamente davanti alla pupilla, in tutte le direzioni di sguardo.

Il loro funzionamento dipende generalmente dal posizionamento delle lenti e dal diametro pupillare.

Quando viene fissato un oggetto posto a distanza remota, si genera sulla retina un'immagine a fuoco determinata dal fronte d'onda incidente che attraversa la zona ottica della lente deputata a fornire il contributo diottrico per lontano. Contemporaneamente, è presente sulla retina l'immagine sfuocata degli oggetti posti a distanza ravvicinata. L'esatto contrario accadrà quando verrà fissato un oggetto posto a distanza ravvicinata. [11]

Un criterio selettivo, che il nostro sistema visivo attua nelle più alte vie del suo percorso, permette di scartare parzialmente la componente fuori fuoco, attenuando così la confusione ad essa secondaria.

Come già detto in precedenza, nell'occhio presbite, il cristallino ha perso la sua capacità di mettere a fuoco oggetti posti a distanze diverse. Quindi, gli oggetti saranno precisamente a fuoco sulla retina solo ad una certa singola distanza coniugata. Comunque, l'immagine retinica, leggermente sfuocata di un oggetto posto entro un certo range di distanze da questa posizione, anche in assenza di accomodazione, sarà sufficientemente nitida per gli scopi più pratici.

Così l'occhio presbite ha una profondità di fuoco finita. Nella visione simultanea, il design della lente aumenta la profondità di fuoco del sistema occhio-lente.

Una lente a contatto multifocale può essere considerata una lente dov'è indotta un'aberrazione ottica.

Inoltre, il potere della lente può aumentare o diminuire dal centro (zona ottica) verso la periferia. Queste progressioni dei poteri diottrici si ottengono utilizzando superfici ad asfericità continua.

Lo scopo di questa procedura, usata per correggere la presbiopia, è di aumentare la profondità di fuoco, l'intervallo di distanza oltre il quale le misurazioni visive della prestazione superano una determinata soglia.

Questo tipo di applicazione, generalmente, provoca un abbassamento della qualità visiva dell'immagine retinica, se comparata a quella di una lente monofocale. Tuttavia, entro certi limiti, si può affermare che questa lieve riduzione qualitativa dell'immagine retinica può essere accettata.

Le lenti a visione simultanea possono essere: diffrattive; a zone concentriche; asferiche o una combinazione tra asferiche e concentriche. [12]

## LENTI A CONTATTO DIFFRATTIVE

Nelle lenti a design diffrattivo, la luce che entra nell'occhio viene diffratta per produrre l'immagine che riceve la retina. Le lenti diffrattive hanno il centro per la visione a distanza e una combinazione di rifrazione e diffrazione per la visione da vicino. Queste lenti non vengono più commercializzate in quanto le immagini (vicino e lontano) si sovrapponevano e la loro intensità risultava significativamente ridotta dalla zona diffrattiva. Inoltre, la qualità della visione dipendeva molto dal centraggio della lente.

## LENTI A ZONE CONCENTRICHE

Nelle lenti a design concentrico, la zona centrale con il potere per la visione a distanza o vicino, è circondata da uno più anelli concentrici del segno opposto. Alcune alternano anche la correzione per lontano e vicino in uno schema ripetitivo che aiuta a perfezionare la copertura della pupilla e lo stimolo visivo con variazioni di illuminazione e della dimensione della pupilla.

## LENTI ASFERICHE

Il design asferico usa una superficie anteriore o posteriore asferica per creare l'effetto multifocale [13].

I poteri nelle lenti asferiche sono disposti in modo concentrico intorno al centro della lente e sempre con una progressione del potere diottrico dal centro della lente alla periferia.

Il più delle volte, le lenti con la superficie anteriore asferica sono centro-vicino, mentre quelle con la superficie posteriore asferica sono centro-lontano. Tutti e due i tipi di lenti hanno i propri vantaggi. Quale delle due tipologie scegliere dipenderà dai bisogni del singolo individuo e dalle caratteristiche oculari.

## LE LENTI CENTRO-LONTANO

Questo design si basa su una superficie posteriore asferica, con la parte centrale della zona ottica con la correzione per il lontano (potere massimo negativo o minimo positivo) e la periferia per il vicino. La curva asferica induce un'aberrazione sferica positiva che risulta nei raggi di luce da un oggetto lontano che passano attraverso la lente e vengono focalizzati nella retina, che competono con quelli non a fuoco che provengono dalla periferia della lente. Al contrario, quando si fissa un oggetto vicino, saranno i raggi provenienti dalla periferia ad essere focalizzati nella retina, con una sovrapposizione di quelli non a fuoco dal centro della lente. Il sistema visivo ha il compito di selezionare l'immagine più nitida.



Gli alti valori di eccentricità della superficie asferica determinano un aumento del valore dell'addizione. Tuttavia, addizioni maggiori aumentano anche la probabilità di influenze negative sulla visione a distanza, soprattutto in condizioni di basso contrasto o bassa luminosità. Per questo motivo questo design è raccomandato per la presbiopia incipiente (addizione fino a +1.25 D).

Anche i soggetti con pupille larghe potranno avere una visione da vicino migliore in quanto aumentano i raggi che entrano nella pupilla provenienti dalla periferia con il potere massimo positivo.

#### LE LENTI A CENTRO-VICINO

Il principio ottico è lo stesso di quello delle lenti a centro-lontano, sebbene le aree della lente, e di conseguenza la traiettoria dei raggi, siano invertite. Quindi il potere massimo positivo è al centro. Il cambiamento graduale della curva posteriore, risulta in un progressivo aumento del negativo o diminuzione del positivo verso la periferia.

La geometria di questo tipo di lente, con la superficie asferica anteriore, favorisce l'aberrazione sferica negativa e la curva asferica può essere calcolata in modo da limitare le aberrazioni sferiche dell'occhio e della lente.

Il miglioramento della qualità dell'immagine retinica e l'aumento della profondità di fuoco possono essere efficaci nella correzione della presbiopia iniziale (fino a +1.50 D).

Con il peggioramento della presbiopia, non basterà più la sola correzione dell'aberrazione sferica e quindi bisognerà aumentare l'asfericità della curva frontale, consentendo così un maggiore potere refrattivo positivo all'interno del sistema ottico.

Questo design è stato introdotto per risolvere il problema del restringimento pupillare che avviene nei lavori a distanza prossimale. Tuttavia, quando la pupilla si restringe, la visione da lontano risulta offuscata, provocando talvolta disagi anche in condizioni di alta luminosità.

Queste lenti possono essere applicate con una riduzione del potere di addizione in uno dei due occhi, indirizzandosi verso la tecnica definita monovisione modificata.

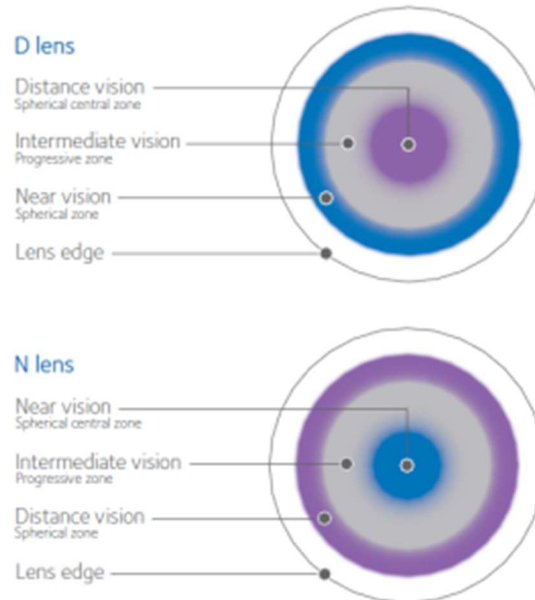


Figura 3: differenze tra lenti a centro-lontano e centro-vicino

## MONOVISIONE MODIFICATA

La monovisione modificata è una variazione del metodo di correzione per la presbiopia che abbiamo già discusso in precedenza: la monovisione.

In questa variante, l'occhio dominante generalmente è corretto con una lente centro-lontano, mentre il non-dominante con una lente centro-vicino.

La monovisione modificata offre i vantaggi della monovisione offrendo anche alcuni vantaggi delle lenti multifocali. Inoltre, alcuni design di lenti offrono una zona di traslazione asferica tra le zone per il vicino e per il lontano che dovrebbe permettere alcuni gradi di visione intermedia. [14]

## CAPITOLO 4: IN LETTERATURA

In letteratura sono stati trovati alcuni studi in cui si mettevano a confronto dei portatori di lenti a contatto multifocali miopi e ipermetropi, analizzando soprattutto il rapporto con il diametro pupillare.

Il diametro pupillare è un fattore importante per le lenti a contatto multifocali in quanto, affinché queste lenti siano applicate con successo, dev'essere raggiunta una performance visiva ottimale per tutte le distanze visive e in diverse condizioni luminose (la luce infatti è il principale fattore che influenza il diametro della pupilla).

Hirisch e Weymouth hanno condotto il primo studio che analizzava la relazione tra le ametropie e il diametro della pupilla nel 1949, riportando pupille più piccole negli ipermetropi rispetto ai miopi in una popolazione di 266 studenti maschi universitari. [19] Nel 1990 è stato condotto un altro studio per investigare il ruolo dello stato refrattivo nelle dimensioni della pupilla, ma questo studio non ha evidenziato differenze tra i miopi lievi e gli emmetropi; tuttavia questo studio includeva solo 48 soggetti con un'età compresa tra i 18 e i 26 anni. [20]

Winn e al, in uno studio sul diametro pupillare del 1994, hanno valutato il ruolo dello stato refrattivo, non trovando però una relazione tra ametropie e dimensioni pupillari nella loro popolazione di miopi, emmetropi e ipermetropi; tuttavia il gruppo non era ben assortito per età, con gli ipermetropi in media più vecchi di 10 anni rispetto ai miopi e agli ipermetropi, e la differenza d'età perciò può essere stato un fattore di confusione. [21]

Nel 2015, invece, M. Guillon, K. Dumbleton, P. Theodoratos, M. Gobbe, C. B. Wooley e K. Moody hanno condotto uno studio su 340 soggetti portatori di lenti a contatto multifocali analizzando i diversi diametri pupillari in relazione anche alle ametropie. [15]

L'obiettivo di questo studio era di determinare l'influenza dello stato refrattivo e dell'età in tre diversi livelli di luminosità (alta:  $250 \text{ cd/m}^2$ ; media:  $50 \text{ cd/m}^2$  e bassa:  $2,5 \text{ cd/m}^2$ ).

Le pupille sono state misurate con una macro videocamera a infrarossi in congiunzione con un oculometro montato sulla testa dei soggetti. In seguito il diametro orizzontale della pupilla è stato misurato usando il software Sigma Scan.

È risultato che i miopi e i giovani presbiteri presentavano un diametro pupillare maggiore rispetto agli ipermetropi e ai presbiteri consolidati. Dal momento che il diametro pupillare gioca un ruolo importante nella performance visiva, i risultati di questo studio sostengono la necessità di una variazione nel design delle lenti a contatto multifocali in base all'età e allo stato refrattivo. Di conseguenza gli ipermetropi e i presbiteri avanzati necessitano una progressione più veloce dalla correzione per lontano a quella del vicino attraverso la zona ottica, rispetto a quella richiesta per i giovani presbiteri, i miopi e gli emmetropi.

Nel 2013 invece, S. Plainis, G. Ntzilepis, DA Atchison, WN Charman hanno pubblicato uno studio in cui, dopo aver valutato 12 portatori di lenti a contatto, affermano che le performance visive con lenti asferiche multifocali con design centro-vicino siano migliori per i soggetti con pupille di ridotte dimensioni.[16] Quindi, dal momento che, come abbiamo detto precedentemente, gli ipermetropi tendono ad avere un diametro pupillare più piccolo rispetto ai miopi, questo studio sembra privilegiare le performance visive degli ipermetropi.

In uno studio di Koch e al, sono stati presentati dati relativi alla dimensione della pupilla corrispondenti a diversi compiti visivi e livelli di illuminazione per diverse fasce d'età. Questi dati mostrano una dipendenza tra questi valori e anche una variazione del diametro pupillare tra gli individui. [17] I risultati di questo studio e di uno precedente di Montés-Micó e al [18] mostrano che il potere refrattivo fornito da una lente a contatto multifocale non solo varia con il diametro della pupilla, ma anche tra individui. Questa osservazione è cruciale perché significa che soggetti con le stesse richieste visive possono avere performance visive diverse quando vengono loro applicate le stesse lenti a contatto multifocali come conseguenza della variazione del diametro pupillare. Tenendo conto di quest'ultimo fatto, scegliere tra un design centro-lontano e un centro-vicino può essere difficile se non ci sono sufficienti informazioni sulle dinamiche pupillari. Per esempio, se il diametro si riduce con un livello di luminosità alto, la quantità

di luce che entra attraverso la periferia della lente diminuirà; quindi anche il contributo del potere refrattivo corrispondente alla periferia della lente diminuirà.

Tutti questi studi sottolineano una dipendenza tra le performance visive e i diametri pupillari.

Di conseguenza anche lo stato refrattivo sembra avere una certa rilevanza in quanto il diametro pupillare varia a seconda delle ametropie.



## **CAPITOLO 5: LO STUDIO**

### **5.1 LA SCELTA DEI SOGGETTI**

Lo studio è stato condotto su 20 soggetti (11 ipermetropi e 9 miopi) di età compresa tra i 45 e i 63 anni. Essi dovevano avere particolari prerequisiti che sono:

- Essere o miopi o ipermetropi;
- Essere presbiti (quindi avere un'età maggiore o uguale a 40 anni);
- Non avere patologie diagnosticate o in corso;
- Avere un cilindro refrattivo inferiore a 1.00 D

### **5.2 LE LENTI UTILIZZATE**

Per questo studio sono stati usati due diversi tipi di lenti a contatto multifocali: le DAILIES® AquaComfort Plus® Multifocal Contact Lenses e le DAILIES® Total 1® Multifocal Contact Lenses della Alcon®.

Entrambe le tipologie sono lenti a contatto morbide asferiche a visione simultanea. Sono disponibili con tre addizioni: bassa (low, LO, fino a +1.25), media (medium, MED, da +1.50 a +2.00) e alta (high, HI, da +2.25 a +2.50).

Hanno una geometria centro-vicino. Il continuo cambiamento di potere sulla superficie della lente permette al cliente di ottenere un'addizione fino a +3.00 per vedere bene a distanza lontana, intermedia e vicina.

Tabella I: caratteristiche delle lenti a contatto utilizzate

<b>CARATTERISTICHE PRODOTTO</b>	<b>TOTAL 1® MULTIFOCAL</b>	<b>AQUACOMFORT PLUS® MULTIFOCAL</b>
Materiale	Delefilcon A	Nelfilcon A
Diametro	14.1 mm	14.0 mm
Curva base	8.5 mm	8.7 mm
Dk/t	156@ -3.00 D	26@ -3.00D
Spessore centrale	0.09 mm @ -3.00 D	0.10 mm @ -3.00D
Tinta di manipolazione	Light Blue VISITINT®	Light Blue VISITINT®
Poteri (diottrie)	Da +3.00D a - 6.00D (0.25D steps)	Da +6.00D a - 10.00D (0.25D steps)
Addizioni	LO, MED, HI	LO, MED, HI
Contenuto d'acqua nel nucleo della lente	33%	69%
Contenuto d'acqua in superficie	> 80%	-

### 5.3 PROTOCOLLO APPLICATIVO

Il successo delle applicazioni di queste lenti dipende da molti fattori, che includono la motivazione del soggetto, le aspettative e anche l'ottimizzazione del potere della lente al fine di bilanciare la performance binoculare da vicino e da lontano.

La correzione per il lontano dovrebbe essere determinata prima delle differenti addizioni per vicino.

Un punto di partenza per la prima lente di prova è una lente che permette una visione ottimale da lontano e un'adeguata visione da vicino. Sebbene le opzioni di aggiustamento più efficaci possano variare con la geometria della lente da utilizzare, la maggior parte delle tipologie di lenti è sensibile agli aggiustamenti diottrici di 0.25 apportati al potere per lontano, determinando un effetto sulle prestazioni visive per lontano e vicino. Tali aggiustamenti diottrici possono essere meglio esaminati utilizzando lenti di prova o i flipper ottici +/- 0.25 D in visione binoculare.



Se non è possibile ottenere una correzione soddisfacente da vicino e da lontano, molti produttori raccomandano di passare alla tecnica della “monovisione modificata” già trattata in precedenza. Un risultato simile si può ottenere utilizzando addizioni diverse nei due occhi, in particolare l’addizione minore sarà applicata all’occhio dominante per migliorare la visione a distanza. [22]

## SELEZIONE DELLA LENTE OTTIMALE

Per selezionare la lente con il giusto potere per il lontano e la corretta addizione si procede in questo modo:

- Determinare la correzione al vertice, minimo negativo/massimo positivo, se necessario calcolare l’equivalente sferico per lontano.
- Scegliere una delle tre possibili addizioni (LO, MED, HI) disponibili in base all’addizione prescritta.
- Attendere 10 minuti: durante questo tempo si scaricherà la lacrimazione riflessa dovuta all’applicazione della lente, dando così modo al paziente di adattarsi alle lenti e a queste di equilibrarsi.
- Eseguire una sovrarefrazione binoculare e poi, se necessario, monoculare.
- Controllare la qualità della visione per vicino con oggetti di uso quotidiano.
- Se si riscontrano variazioni, utilizzare nuove lenti di prova. [23]

## LA SCELTA DEL TIPO DI LENTE

Come prima lente di prova abbiamo sempre usato le DAILIES AquaComfort Plus® Multifocal.

Dopo aver seguito il protocollo applicativo, è stato controllato il fitting della lente in lampada fessura osservando:

- Il centraggio della lente.
- Il corretto movimento della lente dopo l’ammiccamento.

- Push-up test (la valutazione della “tenuta” della lente: si valuta la facilità con la quale la lente viene spostata verticalmente, tramite una leggera pressione esercitata sulla palpebra inferiore con un dito, e la velocità con la quale riassume la sua posizione originale).
- La lacrimazione: può essere scarsa oppure piena di lipidi, che possono accumularsi sulla superficie della lente determinando così una visione offuscata.

Se questo tipo di lente non era ottimale per il soggetto si passava all'applicazione delle DAILIES Total 1® Multifocal che è sono più indicate per esempio per le persone con problemi di secchezza oculare in quanto hanno un contenuto d'acqua pari quasi al 100% nel punto più esterno della superficie e consentono un comfort elevato grazie a un gel idrolifico superficiale ultramorbido in grado di garantire una lubricità duratura.

#### **5.4 I TEST ESEGUITI**

I test che sono stati eseguiti sono: acuità visiva da lontano e da vicino; sensibilità al contrasto da lontano e da vicino; punto prossimo di accomodazione e stereopsi. Questi test sono stati controllati con correzione abituale, con le lenti applicate da 10 minuti e infine con le lenti applicate da almeno due ore dopo qualche giorno (in cui il soggetto era invitato a usare dei campioni di lenti nella sua vita quotidiana). È stata poi rilevata la misura del diametro pupillare.

#### **ACUITÀ VISIVA**

L'acuità visiva è la funzione visiva più comunemente misurata ed è la misura del più piccolo dettaglio che può essere visto (risoluzione spaziale).

Si considera sufficiente la capacità di distinguere una figura che sottende, tra un elemento e un altro, 1' d'arco, cioè i 10/10.

L'acuità visiva da lontano viene generalmente valutata con un ottotipo posto a 5 m di distanza dal soggetto esaminato.

Per l'acuità visiva da vicino invece si utilizzano ottotipi posti a distanza di lettura (circa 33 cm).

Sia l'acuità visiva da vicino che quella da lontano sono state eseguite prima monocolarmente e poi binocularmente. [24]

Il test dell'acuità visiva da lontano è stato eseguito con un proiettore di test oftalmici telecomandato della Essilor modello CS 200, la cui sensibilità di misura va da 0,5/10 a 20/10.

Per l'acuità visiva da vicino è stato utilizzato un ottotipo da vicino della Johnson & Johnson che ha una sensibilità che va da J12 (minima acuità visiva) fino a J5 (massima acuità).

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO

La sensibilità al contrasto è considerata una misura più esauriente rappresentante la funzione visiva in condizioni reali rispetto all'acuità visiva, dato che le soglie di contrasto sono misurate per frequenze spaziali diverse. Questo rappresenta in modo migliore la visione in un ambiente naturale che consiste in una diversità di contrasti, di strutture, di confini/bordi e frequenze spaziali. Perciò, la misurazione della sensibilità al contrasto umana fornisce una più completa valutazione della capacità visiva, valutando sia la risoluzione spaziale sia la sensibilità al contrasto. [25]

Per questo studio sono state utilizzate, sia per il vicino che per il lontano, due Pelli-Robson chart della Gima S. p. a, le cui sensibilità variano da 0 a 2 (massima sensibilità al contrasto).

Ogni tavola realizza 21 contrasti diversi, progressivamente decrescenti dall'alto al basso e da sinistra a destra. In qualsiasi punto della tavola, la variazione del contrasto da una tripletta alla tripletta contigua è sempre costante per cui sono sempre costanti anche le modificazioni delle corrispondenti sensibilità (ogni tripletta varia dalla precedente alla successiva di un valore di 0,1, espresso in logaritmo della sensibilità)

Ogni tripletta viene identificata tramite il numero posto sopra ognuna di esse nella tavola riportata a tergo. Tale numero esprime infatti la sensibilità al contrasto necessaria a percepire quella tripletta e corrisponde all'esponente che si deve dare alla base 10 per ottenere il valore di quella sensibilità.

Da lontano: Dev'essere eseguito con buona illuminazione, a distanza variabile da 2 a 3 metri a seconda della acutezza visiva del soggetto testato. Le singole triplette sono considerate percepite se le lettere viste sono almeno due rispetto alle tre che la compongono. Si esaminano prima i due occhi singolarmente (partendo dal dominante) e poi assieme.

Da vicino: Dev'essere eseguito con buona illuminazione, a distanza variabile da 30 a 40 centimetri a seconda della acutezza visiva del soggetto testato. Le singole triplette sono considerate percepite se le lettere viste sono almeno due rispetto alle tre che la compongono. Si esaminano prima i due occhi singolarmente (partendo dal dominante) e poi assieme.

#### PUNTO PROSSIMO DI ACCOMODAZIONE

È il punto coniugato della retina quando l'accomodazione è esercitata completamente e, pertanto, si tratta del punto più vicino che può venir messo a fuoco. [26]

È il prodotto sia dell'ametropia sia del potere accomodativo: varia cioè in relazione all'ametropia e all'accomodazione (ovvero all'età poiché con essa varia il potere accomodativo).

Serve a misurare l'abilità del soggetto a cambiare la messa a fuoco del cristallino in relazione a uno stimolo che si avvicina al piano facciale.

Si avvicina progressivamente al viso del soggetto una mira che ci avvertirà quando ne percepisce l'annebbiamento. Il punto prossimo di accomodazione corrisponde alla distanza (in cm) alla quale appaiono annebbiate.

È stato misurato con una mira e un metro da sarta tarato in cm.

## STEREOPSI

La stereopsi è la capacità percettiva che consente di unire le immagini provenienti dai due occhi, che a causa del loro diverso posizionamento strutturale, presentano uno spostamento laterale. Questa disparità viene sfruttata dal cervello per trarre informazioni sulla profondità e sulla posizione spaziale dell'oggetto mirato. Di conseguenza la stereopsi permette di generare la visione tridimensionale.

Per questo studio è stato utilizzato il Randot Stereo Test (associato all'utilizzo di occhiali polarizzati) posto a 40 cm dal soggetto. Al soggetto è chiesto di riportare quale dei cerchi nei vari pattern appare staccarsi, rialzarsi. Questo test ha un range di stereopsi misurabile che varia da 800 a 40 secondi d'arco.

## DIAMETRO PUPILLARE

Il diametro pupillare è stato misurato con un righello tarato in cm. È stato valutato in visione fotopica.



## CAPITOLO 6: ANALISI STATISTICA

Lo scopo di questa tesi è quello di analizzare e confrontare tra loro le performance visive del gruppo dei miopi e di quello degli ipermetropi per vedere se esistono o no delle differenze nel passaggio dagli occhiali alle lenti a contatto multifocali.

I dati raccolti sono stati elaborati secondo analisi statistiche di tipo descrittivo e interferenziale. Sono stati calcolati i principali indici statistici di tendenza centrale e variabilità per le variabili dell'acuità visiva da lontano e da vicino, della sensibilità al contrasto da lontano e da vicino, del PPA, della stereopsi e del diametro pupillare.

Dato il ridotto numero dei soggetti ed essendo in possesso di dati non appaiati, abbiamo eseguito un test di t-student per verificare la presenza di differenze.

Innanzitutto, dal momento che questo test può essere effettuato solamente se i dati hanno una distribuzione normale, è stata verificata la loro normalità confrontando la media e la mediana e valutando se l'asimmetria.

Sono state successivamente formulate due ipotesi:

- $H_0$  (ipotesi nulla): la media delle differenze tra i dati dei miopi e degli ipermetropi per ciascuna variabile sia uguale a zero. Quindi non ci sarebbero differenze nelle performance visive.
- $H_1$  (ipotesi alternativa): la media delle differenze sia diversa da zero. Quindi ci sarebbero differenze nelle performance visive.

Grazie all'utilizzo di un programma per il calcolo statistico, si ottiene un valore che rappresenta il livello di significatività osservato, cioè la probabilità di osservare un valore della statistica test maggiore o uguale al valore calcolato, quando  $H_0$  è vera (p-value).

Dato  $\alpha$  (valore di significatività critico fissato a 0.05, cioè 5%):

- Se  $p\text{-value} \geq \alpha$ :  $H_0$  viene accettata.
- Se  $p\text{-value} < \alpha$ :  $H_0$  viene rifiutata.

In seguito è stato eseguito il test del  $\chi^2$  (“chi quadro”) per verificare se esisteva o meno una correlazione dei dati osservati con l’età o con il diametro pupillare.

Infine è stato valutato il questionario soggettivo per valutare il grado di soddisfazione dei soggetti della loro visione prima con gli occhiali e in seguito con le lenti a contatto multifocali.

## 6.1: I RISULTATI

In questo capitolo analizzeremo i dati raccolti, in particolare confrontando i risultati ottenuti prima con gli occhiali, poi con le lenti a contatto appena applicate e successivamente con le lenti applicate da almeno due ore, dei due gruppi precedentemente descritti (9 miopi e 11 ipermetropi).

Lo scopo di questa analisi statistica è quello di capire se ci siano o no delle differenze nelle performance visive dei miopi e degli ipermetropi nel passaggio dalla loro correzione abituale alle lenti a contatto multifocali.

### ACUITÀ VISIVA DA LONTANO

*Tabella II: Risultati analisi dati per l’AV lontano*

<b>Acuità visiva lontano-miopi</b>	<b>Media</b>	<b>Deviazione standard</b>
Occhiali	10.88	1.05
Lac dopo 10 min	10.44	0.88
Lac dopo 2 ore	10.11	0.78
Acuità visiva lontano-ipermetropi	Media	Deviazione standard
Occhiali	10.72	1.01
Lac dopo 10 min	10	1.09
Lac dopo 2 ore	9.82	0.4



Nella tabella II sono riportati i valori delle medie e delle deviazioni standard per l'acuità visiva da lontano. Sia nei miopi che negli ipermetropi si osserva una diminuzione dell'acuità visiva con le lenti a contatto. Questa differenza sembra preferire i miopi con una media di 10.11 decimi, rispetto ai 9.82 decimi degli ipermetropi.

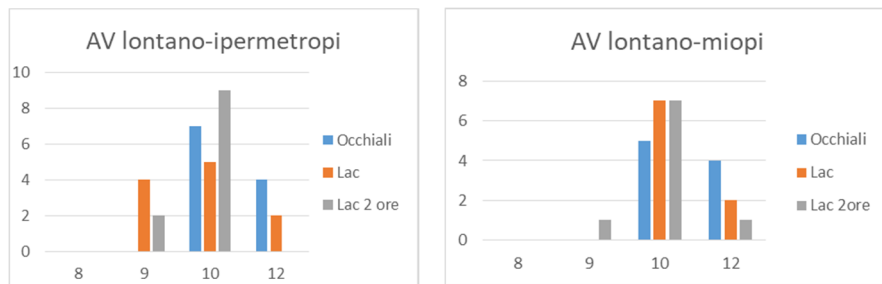


Figura 4- istogramma dei dati relativi all'acuità visiva da lontano (asse delle x: decimi; asse delle y: n° soggetti)

Dagli istogrammi nella figura 4 si nota un picco nei 10/10 si vede come negli ipermetropi ci sia un aumento dei soggetti che con le lenti a contatto vedono i 9/10.

Confrontano i grafici con i valori delle medie dell'AV con correzione abituale e le lenti applicate da due ore, si nota tuttavia come esse siano vicine e come arrivino a toccarsi considerando le barre di errore.

(Miopi:  $10,88-0,69=1,20$ ;  $10,11+0,51=10,62$ . Ipermetropi:  $10,72-0,59= 10,13$ ;  $9,81+0,23=10,05$ )

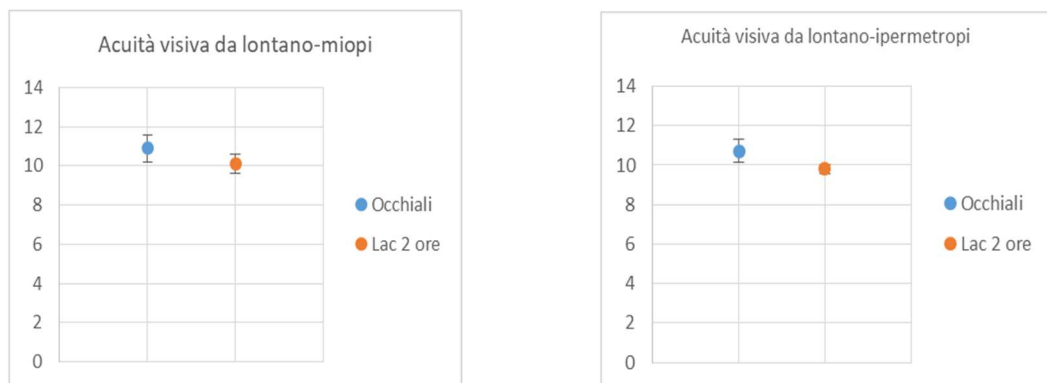


Figura 5: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: decimi)

Con il test di t-student, eseguito per i dati ottenuti con le lenti applicate da almeno 2 ore, si ottiene un p-value di 0,293, quindi la differenza fra le medie osservate non è significativa per  $p < 0.05$ .

Si può affermare che i due campioni corrispondano ad un comportamento simile.

## ACUITÀ VISIVA DA VICINO

Tabella III: Risultati analisi dati per l'AV vicino

Acuità visiva vicino-miopi	Media	Deviazione standard
Occhiali	5,22	0,66
Lac dopo 10 min	5,66	1,00
Lac dopo 2 ore	5,88	1,05
Acuità visiva vicino-ipermetropi	Media	Deviazione standard
Occhiali	5.18	0,60
Lac dopo 10 min	6,27	1,00
Lac dopo 2 ore	7,36	1,20

Dalla tabella III si nota un peggioramento maggiore nell'acuità visiva da vicino degli ipermetropi rispetto ai miopi. Ciò è evidenziato anche nella figura 6 in cui si evidenzia negli ipermetropi uno spostamento sostanziale verso destra nel grafico, quindi verso le mire J7 e J9 e solo un soggetto riesce a raggiungere i J5.

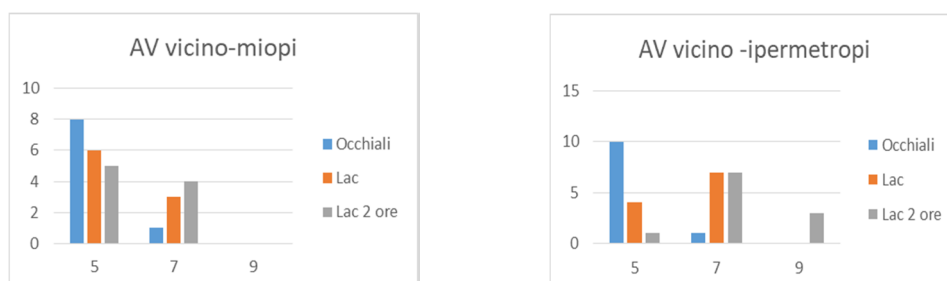


Figura 6- istogramma dei dati relativi all'acuità visiva da vicino (asse delle x: valori di Jaeger; asse delle y: n° soggetti)

Confrontando i grafici con i valori delle medie dell'AV con correzione abituale e le lenti applicate da due ore (figura 7), si mette ancora più in evidenza la differenza tra i due gruppi: negli ipermetropi le medie sono distanti tra loro e non si toccano neanche considerando i rispettivi errori.

(Miopi:  $5,22-0,43=4,79$ ;  $5,88+0,69=6,57$ . Ipermetropi:  $5,18-0,35=4,82$ ;  $7,36+0,71=8,07$ )

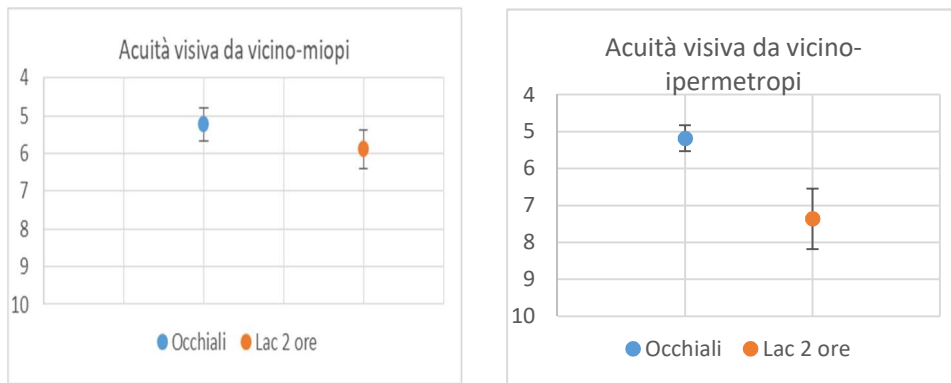


Figura 7: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: valori di Jaeger)

Con il test di t-student, eseguito per i dati ottenuti con le lenti applicate da almeno 2 ore, si ottiene un p-value di 0,034, quindi la differenza fra le medie osservate è significativa per  $p < 0.05$ .

Possiamo quindi affermare che, per quanto riguarda questo campione di soggetti, ci sono differenze tra i miopi e gli ipermetropi con le lenti a contatto multifocali e che i miopi hanno una performance visiva da vicino migliore rispetto agli ipermetropi.

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA LONTANO

Tabella IV: Risultati analisi dati per la sensibilità al contrasto da lontano

Sensibilità al contrasto lontano-miopi	Media	Deviazione standard
Occhiali	1,98	0,03
Lac dopo 10 min	1,97	0,04
Lac dopo 2 ore	1,97	0,04
Sensibilità al contrasto lontano-ipermetropi	Media	Deviazione standard
Correzione abituale	1,98	0,04
Lac dopo 10 min	1,97	0,04
Lac dopo 2 ore	1,96	0,05

Dalla tabella IV non si nota nessun cambiamento significativo nel passaggio dagli occhiali alle lenti a contatto multifocali nei due gruppi.

Anche gli istogrammi delle frequenze non evidenziano differenze particolari tra miopi e ipermetropi: in entrambi i casi c'è un picco di frequenze corrispondente al valore 2,0 sia con gli occhiali che con le lenti a contatto.

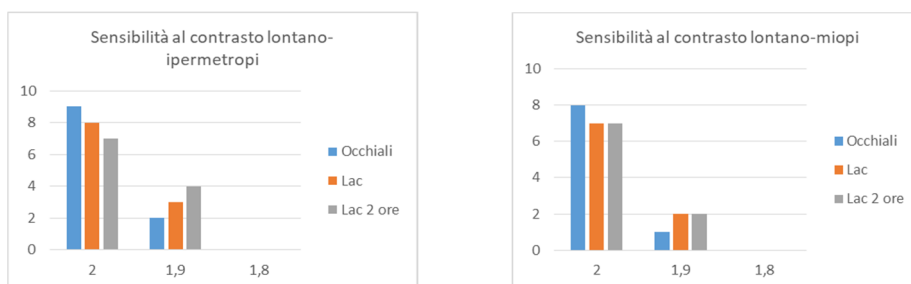


Figura 8- istogramma dei dati relativi alla sensibilità al contrasto da lontano (asse delle x: valori sensibilità; asse delle y: n° soggetti)

I grafici delle medie delle distribuzioni confermano queste evidenze: le due medie infatti sono molto vicine e le barre di errore indicano una bassa dispersione attorno alle medie.

Anche il test di t-student dimostra che i due gruppi sono simili in quanto si ottiene un  $p\text{-value}=0,518$ . Quindi la differenza fra le medie osservate non è significativa per  $p < 0.05$ .

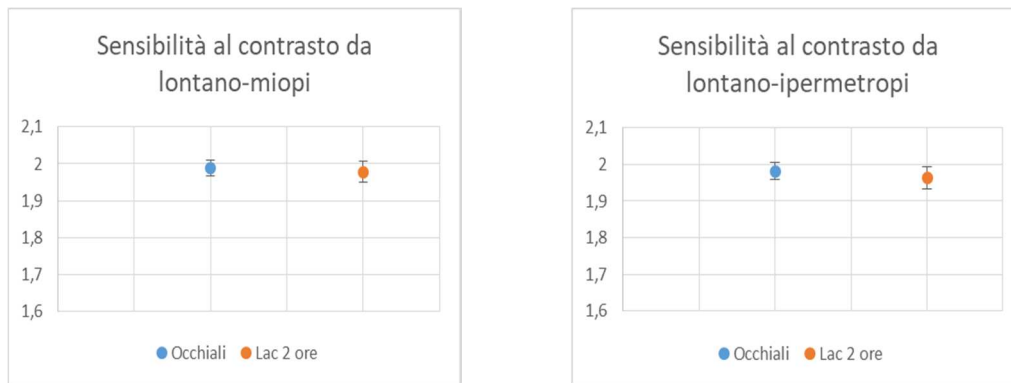


Figura 9: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: valori sensibilità)

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA VICINO

Tabella V: Risultati analisi dati per la sensibilità al contrasto da vicino

Sensibilità al contrasto vicino-miopi	Media	Deviazione standard
Occhiali	1,98	0,03
Lac dopo 10 min	1,97	0,04
Lac dopo 2 ore	1,97	0,04
Sensibilità al contrasto vicino-ipermetropi	Media	Deviazione standard
Correzione abituale	1,99	0,03
Lac dopo 10 min	1,97	0,04
Lac dopo 2 ore	1,96	0,06

Anche in questo caso la tabella V non evidenzia nessuna differenza particolare tra i due gruppi, così come gli istogrammi in figura 10 che mostrano entrambi un picco in corrispondenza del valore 2.0.

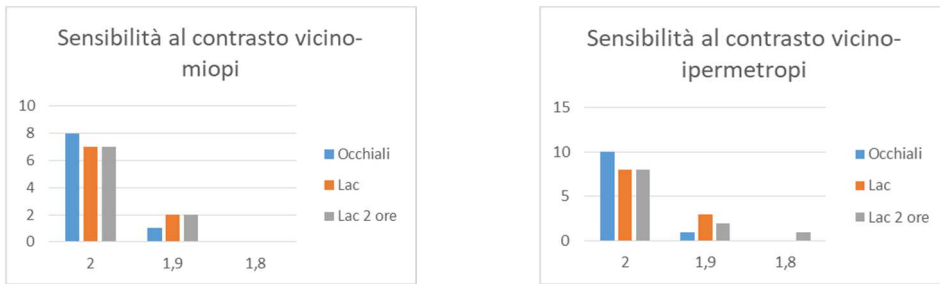


Figura 10- istogramma dei dati relativi alla sensibilità al contrasto da vicino (asse delle x: valori sensibilità; asse delle y: n° soggetti)

Confrontano i grafici con i valori delle medie dell'AV con correzione abituale e le lenti applicate da due ore, come per la sensibilità al contrasto da lontano, si nota come le medie siano vicine e con poca dispersione attorno.

Anche in questo caso con il test di t-student si ottiene una differenza tra le medie non significativa per  $p < 0.05$  (p-value=0.59). Quindi i due gruppi (miopi e ipermetropi) hanno una bassa probabilità di essere statisticamente diversi.

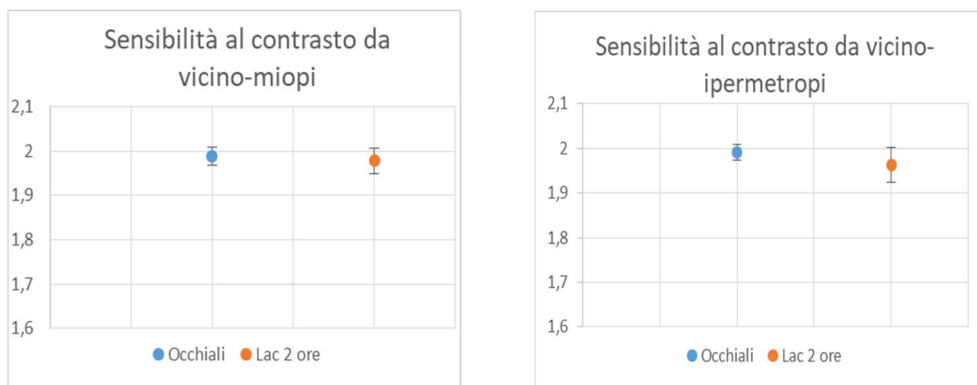


Figura 11: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: valori sensibilità)

## PUNTO PROSSIMO DI ACCOMODAZIONE

Tabella VI: Risultati analisi dati per il punto prossimo di accomodazione

PPA-miopi	Rottura		Recupero	
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard
Occhiali	22,00	2,00	27,31	2,76
Lac dopo 10 min	24,81	4,53	28,87	4,19
Lac dopo 2 ore	25,81	5,41	29,31	4,47
PPA-ipermetropi	Rottura		Recupero	
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard
Correzione abituale	22,95	5,98	29,13	5,92
Lac dopo 10 min	26,27	7,18	33,09	5,14
Lac dopo 2 ore	27,31	6,20	35,18	4,35

Dalla tabella VI si nota un progressivo aumento in tutti e due i gruppi del punto prossimo di accomodazione con le lenti a contatto. Non si evidenziano particolari differenze tra i miopi e gli ipermetropi e ciò si può vedere anche dagli istogrammi in figura 12 in cui sono rappresentate le medie dei punti di rottura e di recupero effettuati con occhiali, lenti a contatto da 10 minuti e lenti a contatto da almeno 2 ore.

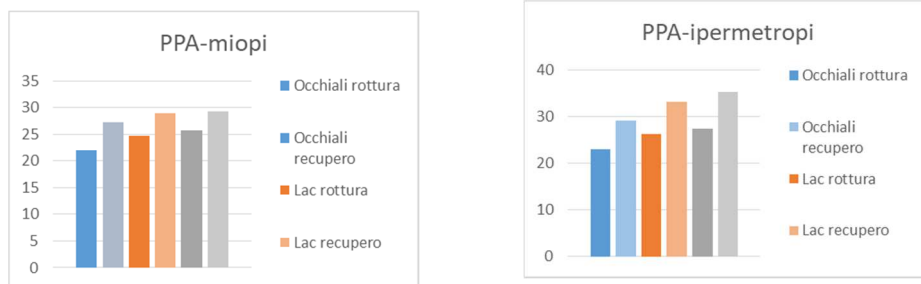


Figura 12- istogramma dei dati relativi al punto prossimo di accomodazione (asse delle y: centimetri)

Per quanto riguarda il grafico 13 della media delle distribuzioni è stato effettuato in entrambi i casi tenendo conto solamente del punto di rottura (occhiali e lenti a contatto da 2 ore). Le medie sono distanti tra loro ma considerando le rispettive barre di errore (Miopi:  $22,00+1,30=23,31$ ;  $25,81-3,53=22,27$ . Ipermetropi:  $22,95+3,53=26,49$ ;  $27,31-3,66=23,65$ ) si sormontano quindi non ci sono differenze significative.

Con il test di t-student, eseguito per i dati ottenuti con le lenti applicate da almeno 2 ore, si ottiene un p-value di 0,589, quindi la differenza fra le medie osservate non è significativa per  $p < 0.05$ .

Si può affermare che i due campioni corrispondano ad un comportamento simile.

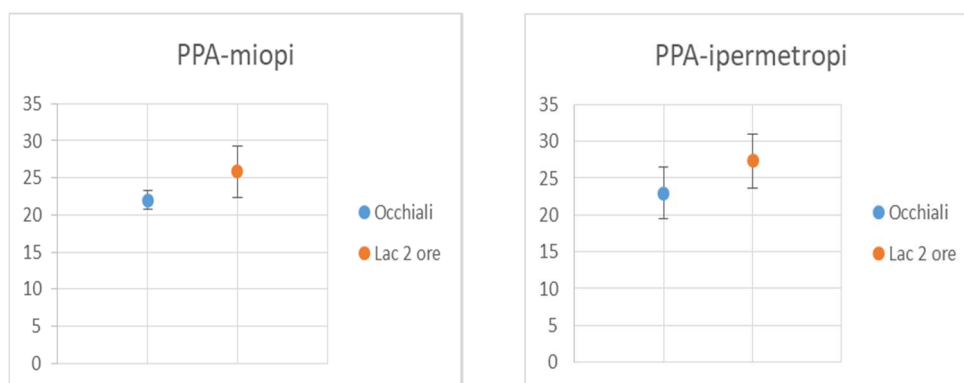


Figura 13: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: centimetri)



## STEREOPSI

Tabella VII: Risultati analisi dati per la stereopsi

<b>Stereopsi-miopi</b>	<b>Media</b>	<b>Deviazione standard</b>
Occhiali	46,67	10,00
Lac dopo 10 min	48,89	14,52
Lac dopo 2 ore	45,00	9,52
<b>Stereopsi - ipermetropi</b>	<b>Media</b>	<b>Deviazione standard</b>
Correzione abituale	43,63	8,09
Lac dopo 10 min	52,75	20,53
Lac dopo 2 ore	54,54	20,18

La tabella VII sembra evidenziare un leggero peggioramento della stereopsi degli ipermetropi con le lenti a contatto rispetto ai miopi che invece sembrano mantenere abbastanza costante i valori, fatto evidenziato anche dagli istogrammi in figura 14 che mostrano come i miopi siano abbastanza stabili mentre gli ipermetropi sono più spostati verso la destra del grafico.

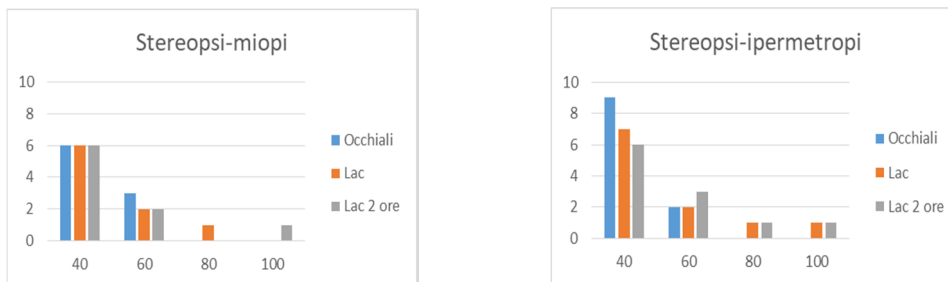


Figura 14- istogramma dei dati relativi alla stereopsi (asse delle x: secondi d'arco; asse delle y: n° soggetti)

Verificando quindi con il grafico delle medie delle distribuzioni si vede effettivamente come le medie siano più lontane negli ipermetropi rispetto ai miopi. Tuttavia il test di t-student ha rilevato un  $p\text{-value}=0.232$  quindi la differenza fra le medie osservate non è significativa per  $p < 0.05$ .

Di conseguenza nella stereopsi si possono trovare delle differenze ma non sono significative.

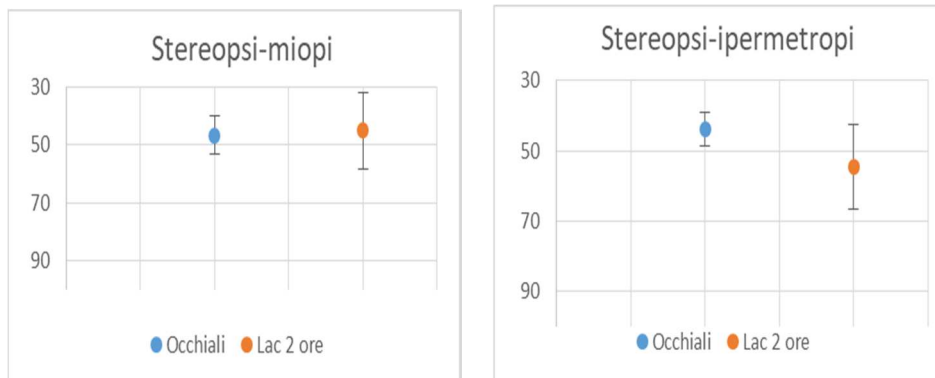


Figura 15: grafico delle medie delle distribuzioni (asse delle y: secondi d'arco)

## DIAMETRO PUPILLARE

Tabella VIII: Risultati analisi dati per il diametro pupillare

Diametro pupillare	Media	Deviazione standard
Miopi	5,11	0,78
Ipermetropi	3,45	0,68

Dalla tabella VIII si vede come la media dei diametri pupillari dei miopi sia nettamente superiore a quella degli ipermetropi.

Infatti anche l'istogramma in figura 16, dove sono rappresentate le frequenze dei diametri evidenzia un picco dei diametri dei miopi nel valore 5,0 mm, mentre per quanto riguarda gli ipermetropi il picco corrisponde al valore 3,0 mm.

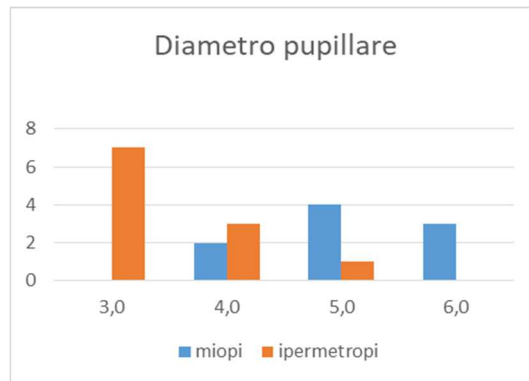


Figura 16- istogramma dei dati relativi al diametro pupillare (asse delle x: millimetri; asse delle y: n° dei soggetti)

Anche il grafico delle medie delle distribuzioni evidenzia una differenza tra i due gruppi: le due medie sono molto distanti tra loro e, anche considerando le loro barre d'errore, non si toccano.

Il test di t-student riporta un p-value= 0,0001. Quindi la differenza fra le medie è significativa per  $p < 0.05$ .

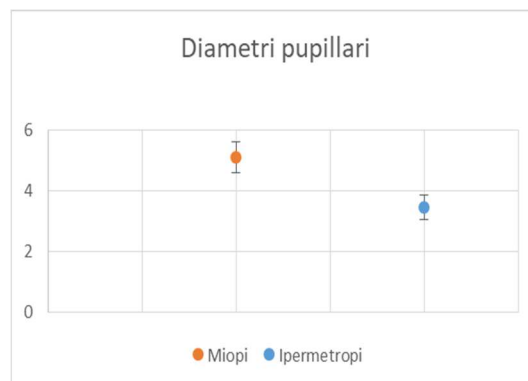


Figura 17: grafico delle medie delle distribuzioni

## 6.2: DIPENDENZA LEGATA AL DIAMETRO PUPILLARE E ALL'ETÀ

Per ogni variabile misurata (acuità visiva lontano/vicino, sensibilità al contrasto lontano/vicino, punto prossimo di accomodazione e stereopsi) è stata controllata l'eventuale dipendenza dei dati ottenuti con il diametro pupillare e l'età.

È stato quindi eseguito il test di indipendenza del chi quadro, che calcola la probabilità che la differenza tra i valori attesi e quelli osservati sia casuale.

Anche in questo caso si sono formulate due ipotesi:

- $H_0$  (ipotesi nulla): indipendenza delle due variabili
- $H_1$  (ipotesi alternativa): esiste una dipendenza tra le due variabili

Dato  $\alpha$  (valore di significatività critico fissato a 0.05, cioè 5%):

- Se  $p\text{-value} \geq \alpha$ :  $H_0$  viene accettata.
- Se  $p\text{-value} < \alpha$ :  $H_0$  viene rifiutata.

La formula è:  $\Sigma[(x_i - \bar{x})^2 / \sigma^2]$  (rapporto tra la sommatoria degli scarti della media al quadrato e la deviazione standard al quadrato). È stato calcolato valutando solamente i dati ottenuti con le lenti a contatto applicate da almeno due ore, ipotizzando che la correzione con gli occhiali non sia influenzata dai fattori età e diametro pupillare.

### DIAMETRO PUPILLARE

#### ACUITÀ VISIVA DA LONTANO

Il chi quadro per l'acuità visiva da lontano per i miopi risulta  $\chi^2 = 11,04$ . Questo risultato va confrontato con quello delle tabelle per il chi quadro secondo il livello di significatività  $\alpha = 0,05$  e i 9 gradi di libertà (G.d.L)  $\text{Prob}(11,04 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 27,29\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ , ovvero accetto l'ipotesi di indipendenza dei risultati per questa variabile. (Nota: il test del chi quadro e la corrispondente probabilità sono stati effettuati tramite Excel). Per l'acuità visiva da lontano per i miopi il test del chi quadro dà una probabilità del 27,29% per

l'ipotesi  $H_0$ , cioè che i risultati siano dovuti al caso, ovvero si può escludere con una sicurezza del 27,29% che ci sia una dipendenza legata al diametro pupillare.

Per gli ipermetropi il chi quadro risulta essere  $\chi^2=8,37$ . Con 9 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 49,73%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata al diametro pupillare.

#### ACUITÀ VISIVA DA VICINO

Per i miopi il test del chi quadro ha riportato un valore pari a  $\chi^2=8,63$  con 9 gradi di libertà.  $\text{Prob}(8,63 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 19,57\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ . Per l'acuità visiva da vicino per i miopi possiamo escludere con una sicurezza del 19,57% che ci sia una dipendenza legata al diametro pupillare.

Per gli ipermetropi invece si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2=21,39$  e una rispettiva probabilità di 1,10% (sempre con 9 gradi di libertà). In questo caso  $\text{Prob}(\chi^2) < \alpha$ , per cui rifiutiamo l'ipotesi nulla e accettiamo l'ipotesi alternativa, ovvero accettiamo la presenza di una dipendenza legata al diametro pupillare.

#### SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA LONTANO

Il chi quadro per la sensibilità al contrasto da lontano per i miopi risulta  $\chi^2 = 6,96$  con 9 gradi di libertà (G.d.L.)  $\text{Prob}(6,96 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 32,46\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ , ovvero accetto l'ipotesi di indipendenza dei risultati della sensibilità al contrasto da lontano con una sicurezza del 32,46%.

Per gli ipermetropi il chi quadro risulta essere  $\chi^2=9,13$ . Con 9 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 16,60%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata al diametro pupillare.

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA VICINO

Il chi quadro per la sensibilità al contrasto da vicino per i miopi è uguale a quello per la sensibilità al contrasto da lontano risulta  $\chi^2 = 6,96$  con 9 gradi di libertà (G.d.L.)  $\text{Prob}(6,96 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 32,46\%$ . Quindi possiamo escludere una dipendenza legata al diametro della pupilla e accettare l'ipotesi  $H_0$ .

Per gli ipermetropi si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2 = 20,31$  con una probabilità di 1,60% (con 9 gradi di libertà). In questo caso  $\text{Prob}(\chi^2) < \alpha$ , per cui accettiamo l'ipotesi alternativa e rifiutiamo l'ipotesi nulla, ovvero accettiamo la presenza di una dipendenza legata al diametro pupillare.

## STEREOPSI

Il chi quadro per la stereopsi per i miopi risulta  $\chi^2 = 8,76$  con una probabilità  $\text{Prob}(8,76 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 45,91\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ , ovvero accetto l'ipotesi di indipendenza dei risultati per questa variabile. Per la stereopsi per i miopi il test del chi quadro dà una probabilità del 45,91% per l'ipotesi  $H_0$ , cioè che i risultati siano dovuti al caso, ovvero si può escludere con una sicurezza del 45,91% che ci sia una dipendenza legata al diametro pupillare.

Per gli ipermetropi il chi quadro risulta essere  $\chi^2 = 16,73$ . Con 12 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 15,98%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata al diametro pupillare.

## PUNTO PROSSIMO DI ACCOMODAZIONE

Per i miopi il test del chi quadro ha riportato un valore pari a  $\chi^2 = 10,83$  con 9 gradi di libertà.  $\text{Prob}(10,83 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 28,73\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ . Per l'acuità visiva da vicino per i miopi possiamo escludere con una sicurezza del 28,73% che ci sia una dipendenza legata al diametro pupillare.

Per gli ipermetropi si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2 = 7,64$  e una rispettiva probabilità di 81,28% (con 12 gradi di libertà). Anche in questo caso accettiamo

l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata al diametro pupillare.

ETÀ

ACUITÀ VISIVA DA LONTANO

Il chi quadro per l'acuità visiva da lontano per i miopi risulta  $\chi^2 = 7,62$  con 9 gradi di libertà  $\text{Prob}(7,62 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 57,22\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ , ovvero accetto l'ipotesi di indipendenza dei risultati per questa variabile. Per l'acuità visiva da lontano per i miopi si può escludere con una sicurezza del 57,22% che ci sia una dipendenza legata all'età.

Per gli ipermetropi il chi quadro risulta essere  $\chi^2 = 17,06$ . Con 12 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 14,71%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata all'età.

ACUITÀ VISIVA DA VICINO

Per i miopi il test del chi quadro ha riportato un valore pari a  $\chi^2 = 12,87$  con 9 gradi di libertà.  $\text{Prob}(12,87 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 16,86\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ . Per l'acuità visiva da vicino per i miopi possiamo escludere con una sicurezza del 16,86% che ci sia una dipendenza legata all'età.

Anche per gli ipermetropi si può accettare l'ipotesi  $H_0$  in quanto si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2 = 12,94$  e una rispettiva probabilità di 37,36% (con 12 gradi di libertà) e quindi  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$ .

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA LONTANO

Il chi quadro per la sensibilità al contrasto da lontano per i miopi risulta  $\chi^2 = 15,57$  con 9 gradi di libertà e una probabilità pari a 7,64%. Accetto l'ipotesi nulla  $H_0$  di indipendenza dei risultati della sensibilità al contrasto da lontano in quanto  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$ .

Il chi quadro per gli ipermetropi risulta essere  $\chi^2 = 9,60$ . Con 12 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 65,10%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata all'età.

## SENSIBILITÀ AL CONTRASTO DA VICINO

Per la sensibilità al contrasto da vicino per i miopi il chi quadro risulta  $\chi^2 = 15,57$  con 9 gradi di libertà (G.d.L)  $\text{Prob}(15,57 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 7,64\%$ . Quindi possiamo escludere una dipendenza legata all'età e accettare l'ipotesi  $H_0$ .

Per gli ipermetropi si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2 = 12,38$  con una probabilità di 41,50% (con 12 gradi di libertà). Anche in questo caso  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$ , per cui accettiamo l'ipotesi nulla di indipendenza legata all'età.

## STEREOPSI

Il chi quadro per la stereopsi per i miopi risulta  $\chi^2 = 4,88$  con una probabilità  $\text{Prob}(4,88 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.}) = 84,41\%$ . Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ , ovvero accetto l'ipotesi di indipendenza dei risultati per questa variabile.

Per gli ipermetropi il chi quadro risulta essere  $\chi^2 = 17,06$ . Con 16 gradi di libertà la probabilità risulta essere del 38,17%. Quindi anche in questo caso accettiamo l'ipotesi di indipendenza  $H_0$  ed escludiamo una dipendenza legata all'età.

## PUNTO PROSSIMO DI ACCOMODAZIONE

Il test del chi quadro per il punto prossimo di accomodazione per i miopi ha riportato un valore pari a  $\chi^2 = 12,26$  con 9 gradi di libertà.  $\text{Prob}(12,26 \text{ per } 9 \text{ G.d.L.})$



= 19,91%. Essendo  $\text{Prob}(\chi^2) > \alpha$  accetto l'ipotesi nulla  $H_0$ . Per l'acuità visiva da vicino per i miopi possiamo escludere con una sicurezza del 19,91% che ci sia una dipendenza legata all'età.

Per gli ipermetropi si è ottenuto un valore pari a  $\chi^2=18,27$  e una rispettiva probabilità del 30,84% (con 16 gradi di libertà). Anche in questo caso accettiamo l'ipotesi  $H_0$  di indipendenza ed escludiamo una dipendenza legata all'età.

### 6.3: QUESTIONARIO DI GRADIMENTO DELLA VISIONE

Ad ogni soggetto sono stati presentati due questionari di gradimento della visione. I questionari sono uguali, ma in uno si valuta la visione ottenuta con la correzione abituale, nell'altro quella con le lenti a contatto multifocali.

Il soggetto doveva giudicare diversi parametri della visione con un valore che andava da 1 a 10, dove 10 indica la visione ottimale.

Tabella XI: medie delle risposte del questionario

	Miopi		Ipermetropi	
	Occhiali	Lac	Occhiali	Lac
Lontano	9,88	9,44	9,90	8,63
Intermedio	9,66	9,44	9,81	8,36
Vicino	8,88	8,77	9,18	6,36
Guida notturna	9,55	8,22	9,81	7,90
Guida diurna	9,77	9,66	10,00	9,45
Riconoscimento dei volti	10,00	9,88	10,00	9,90
Lavoro al computer	8,66	9,66	9,00	8,36
Lettura a distanza intermedia	9,22	9,00	9,81	8,72
Lettura cellulare	9,11	8,44	9,36	6,09
Lettura giornale	9,11	9,00	9,45	8,18
Lavoro di precisione da vicino	8,66	9,66	9,09	7,00

Sia nei miopi che negli ipermetropi notiamo un abbassamento del livello di gradimento della visione con le lenti a contatto, fatto accettabile dato che con le

lenti a contatto multifocali attualmente in commercio è difficile raggiungere lo stesso livello di qualità della visione che si ha con gli occhiali.

Dagli istogrammi in figura 18 si vede come questo abbassamento del gradimento sia più marcato negli ipermetropi soprattutto per quanto riguarda le voci: vicino, lettura al cellulare e lavoro di precisione da vicino. Anche questi risultati sono accettabili con i dati precedentemente analizzati in quanto era stato dimostrato che gli ipermetropi da vicino avevano una performance visiva più bassa rispetto ai miopi.

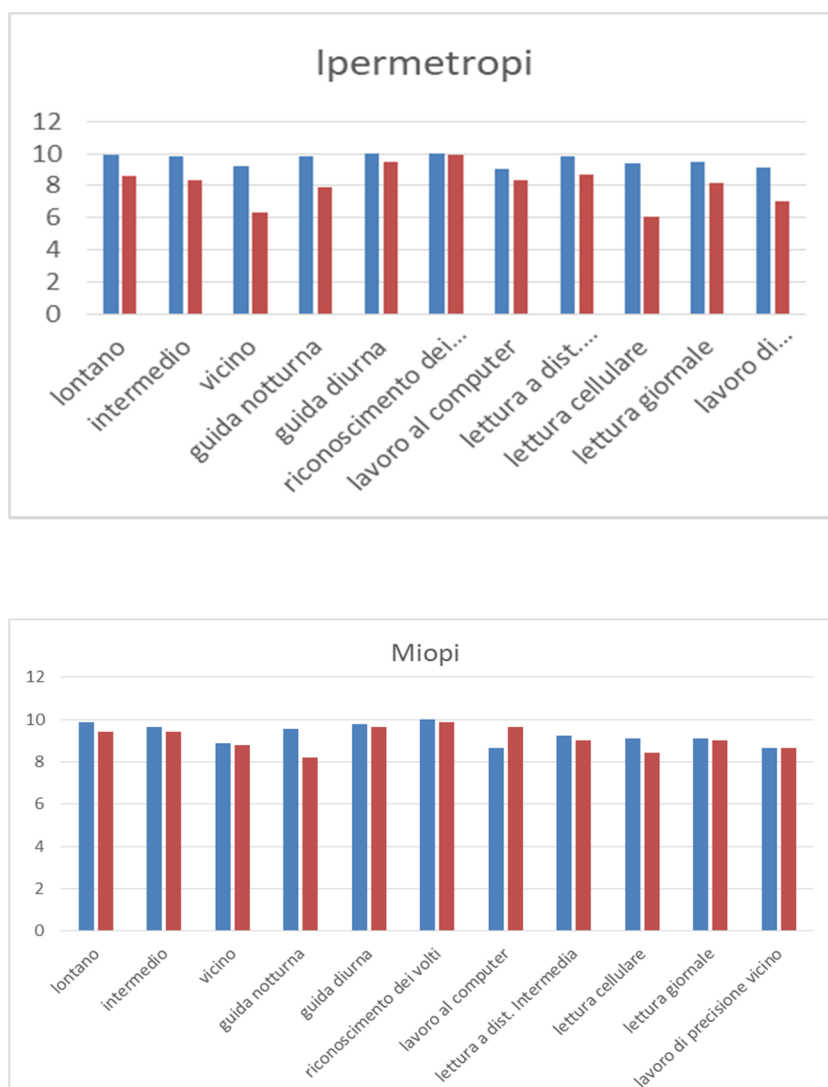


Figura 18: istogrammi delle medie delle risposte del questionario di gradimento

## **CAPITOLO 7: DISCUSSIONE E CONCLUSIONE**

Lo scopo di questa tesi era valutare le performance visive tra i presbiteri miopi e ipermetropi con le lenti a contatto multifocali e vedere se esisteva o no una differenza tra questi due gruppi.

C'è stato inoltre un confronto tra i dati oggettivi dei vari test eseguiti con gli occhiali e le lenti a contatto con i dati del test soggettivo di gradimento della visione.

In letteratura sono stati trovati numerosi studi sul rapporto tra le ametropie, il diametro pupillare, l'età e le lenti a contatto multifocali: questi studi sostengono la tesi che ci siano delle differenze tra miopi e ipermetropi con le lenti a contatto multifocali e che tali differenze siano principalmente legate all'età e al diametro pupillare.

In questo studio effettivamente si è trovata una dipendenza legata al diametro della pupilla con i dati ottenuti nei test da vicino: gli ipermetropi infatti non avevano una visione ottimale da vicino. È stato dimostrato come gli ipermetropi abbiano una dimensione pupillare più piccola di quella dei miopi e questi dati sono in accordo con gli studi trovati in letteratura.

Non è stata trovata una dipendenza legata all'età ma questo può essere dovuto al numero di soggetti ridotto.

In questo studio è stata riscontrata principalmente una differenza nelle performance visive da vicino tra i due gruppi, fatto evidenziato anche dal test di gradimento della visione, in cui gli ipermetropi lamentano una scarsa qualità della visione da vicino, nella lettura al cellulare e nei lavori di precisione da vicino.

In conclusione, apportando modifiche al design ottico delle lenti a contatto multifocali per tenere conto dei cambiamenti del diametro della pupilla a causa dell'età e dello stato di refrazione, è possibile ottenere performance visive sempre migliori, riuscendo così anche ad ampliare il mercato, ancora poco conosciuto, delle lenti a contatto multifocali.

Sarebbe interessante ripetere questi studi per un'analisi più approfondita e con un campione di ricerca più ampio.

## APPENDICE A

*Scheda: Questionario di gradimento della visione*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LONTANO										
INTERMEDIO										
VICINO										
GUIDA NOTTURNA										
GUIDA DIURNA										
RICONOSCIMENTO DEI VOLTI										
LAVORO AL COMPUTER										
LETTURA A DISTANZA INTERMEDIA										
LETTURA CELLULARE										
LETTURA GIORNALE										
LAVORO DI PRECISIONE DA VICINO										



## **BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

1. <https://www.sedesoi.com/vademecum8.php>
2. <http://www.iapb.it/>
3. Dr. Pravin Tellakula MS, “Correcting Presbyopia With Soft Contact Lenses”
4. Rossetti A., Gheller P., “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione, 2003, Zanichelli, pg 37
5. Bucci M.G., “Oftalmologia” Società editrice universo, 10° edizione, 1993
6. Douthwaite W.A., “Contact lens optics and lens design”, 3rd edition, Elsevier Butterworth Heinemann, 2006.
7. S. Lòpez Bausili, “The relevance of assessing pupil diameter, working distance and illumination in real life conditions when selecting a multifocal lens design for the presbyopic patient”, Universitat Politècnica de Catalunya 2015
8. B. Sun Chu, “The impact of presbyopic spectacles and contact lenses on driving performance”, School of optometry & Insitute of health and biomedical innovation Queensland University of Technology, 2010
9. Douthwaite W.A., “Contact lens optics and lens design”, 3rd edition, Elsevier Butterworth Heinemann, 2006, pg 253
10. Joshua EJ, Paul Erickson, Barbara EC: The monovisione controversy. Clinical Contact Lens Practice, Lippincot
11. P. Gheller, dispense Contattologia II
12. S. Lòpez Bausili, “The relevance of assessing pupil diameter, working distance and illumination in real life conditions when selecting a multifocal lens design for the presbyopic patient”, Universitat Politècnica de Catalunya 2015
13. Dr. Pravin Tellakula MS, “Correcting Presbyopia With Soft Contact Lenses”
14. S. Lòpez Bausili, “The relevance of assessing pupil diameter, working distance and illumination in real life conditions when selecting a multifocal lens design for the presbyopic patient”, Universitat Politècnica de Catalunya 2015

15. Dumbleton K, Guillon M, Theodoratos P et al. The effects of age and refraction on pupil size and visual acuity: Implications for multifocal contact lens design and fitting. Presentation at British Contact Lens Association Clinical Conference, May 2015
16. S. Plainis, G. Ntzilepis, DA Atchison, WN Charman, “Through-focus performance with multifocal contact lenses: effect of binocularity, pupil diameter and inherent ocular aberrations”, 2013
17. . Koch DD, Samuelson SW, Haft EA, Merin LM. Pupillary and responsiveness: Implications for selection of a bifocal intraocular lens. *Ophthalmology*. 1991; 98 (7):1030–1035.
18. . Montés-Micó R, Madrid-Costa D, Domínguez-Vicent A, Belda-Salmerón L, Ferrer-Blasco T. In vitro power profiles of multifocal simultaneous vision contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye*. 2014;37(3):162–167
19. . Hirsch MJ, Weymouth FW. Pupil size in ametropia. *J Appl Physiol* 1949;1:646–8
20. Jones R. Do women and myopes have larger pupils? *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1990;31:1413–5
21. Winn B, Whitaker D, Elliott DB, Phillips NJ. Factors affecting light-adapted pupil size in normal human subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:1132
22. J. Veys, J. Meyler, I. Davies, “Manuale pratico: Elementi essenziali nella pratica delle lenti a contatto”, Johnson & Johnson, 2013
23. “Professional fitting and information guide”, Alcon
24. Rossetti A., Gheller P., “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione, 2003, Zanichelli
25. B. Sun Chu, “The impact of presbyopic spectacles and contact lenses on driving performance”, School of optometry & Insitute of health and biomedical innovation Queensland University of Technology, 2010
26. Rossetti A., Gheller P., “Manuale di optometria e contattologia”, seconda edizione, 2003, Zanichelli



## **ICONOGRAFIA**

1. [http://www.studioculisticolischetti.eu/Difetti\\_di\\_Refrazione.html](http://www.studioculisticolischetti.eu/Difetti_di_Refrazione.html)
2. <http://www.latuavista.it/difetti-visivi/la-presbiopia-i-sintomi-quando-arriva-perche-e-come-correggerla.html>
3. <http://www.precisionfamilyeyecare.com/eye-care-services/contact-lens-evaluation-and-specialty-fitting/monovision-and-bifocals-contact-lenses/>