

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

**Rapporto tra valori diottrici corneali ed
ametropie totali.**

Relatore:
Prof. Michele Gagliardi

Candidato:
Giusy Gifuni
M44000595

A.A. 2020/2021

*A mia figlia Luisana,
la luce dei miei occhi.*

*si faccia una vita interiore
- di studio, di affetti, d'interessi umani
che non siano solamente di "arrivare",
ma di "essere"
– e vedrà che la vita avrà un significato.*

Cesare Pavese.

INDICE

Introduzione.....	6
<i>Capitolo 1- La cornea.</i>	
1.1-La cornea e la sua struttura.....	7
1.2-Misura della curvatura corneale.....	9
1.3-L'oftalmometro.....	10
1.4-Il topografo corneale.....	12
1.5-Strumento.....	13
1.6-Indici topografici.....	16
1.7-Indici cheratorefrattivi.....	16
1.8-Il biometro.....	18
<i>Capitolo 2– I vizi refrattivi.</i>	
2.1-Le ametropie.....	20
2.2-Miopia.....	21
2.3-Ipermetropia.....	22
2.4-Astigmatismo.....	23
<i>Capitolo 3 – Misure.</i>	
3.1- Lo studio.....	24
3.2- Analisi dei dati topografici.....	24
Conclusioni.....	28
Bibliografia.....	33
Sitografia.....	33
Ringraziamenti.....	34

Introduzione

Il Sistema Diottrico Oculare è composto da diversi mezzi trasparenti che concorrono alla convergenza della luce in ingresso sul piano retinico. Ciò consente la determinazione di una stimolazione focalizzata che, trasmessa alla Corteccia Visiva del cervello, viene tradotta in una immagine visiva cosciente.

I mezzi diottrici, partendo dall'esterno dell'occhio, sono: *Cornea*, *Umor Acqueo*, *Cristallino* ed *Umor Vitreo*. A questi si aggiungono *Iride* e *Retina* che completano il sistema con scopi e funzioni diverse ma agiscono sinergicamente per il fine su citato.

Lo scopo del lavoro è quello di evidenziare e determinare quanto la superficie anteriore della cornea incida sulla determinazione dei valori di ametropie eventualmente presenti in un occhio. Tra quelli più evidenti vi è l'astigmatismo ma anche i vizi sferici sono fortemente influenzati, se non totalmente, dalla superficie anteriore della cornea.

Per la constatazione di questa affermazione è stata scelta la topografia corneale computerizzata che fornisce una mappatura dettagliata di una zona ampia della superficie anteriore della cornea e dalla quale si può determinare meglio l'influenza sul sistema diottrico oculare. La realizzazione di misure, accompagnate dal controllo totale soggettivo delle ametropie, ha teso ad evidenziare quanto la cornea possa essere un mezzo prevalente sull'esistenza o insorgenza delle ametropie.

Per lo studio sono stati esaminati 24 soggetti scelti tra studenti universitari di età compresa tra i 20 ed i 25 anni, sia emmetropi (esenti da vizi refrattivi) che con difetti visivi (con o senza correzione abituale).

CAPITOLO 1- La cornea.

1.1-La Cornea e la sua struttura.

La cornea ⁽⁵⁾ è la membrana che ricopre la parte anteriore dell'occhio, fisiologica continuazione della Sclera (o Sclerotica) che è la membrana fibrosa più esterna dell'occhio. La zona di transizione tra la sclera e la cornea è una zona circolare detta *Limbus Sclero/corneale*, al di sotto della quale si trova il principale dotto escretore dei liquidi bulbari, ovvero il *Canale di Schlemm*.

La cornea è trasparente ed avascolare e rappresenta la prima "lente" che la luce incontra nel suo percorso verso il fondo dell'occhio. Essa, infatti, corrisponde ad un elemento essenziale del sistema diottrico oculare poichè permette il passaggio della luce verso le strutture interne dell'occhio e concorre a mettere a fuoco le stimolazioni luminose sulla retina. La superficie esterna della cornea è convessa e presenta una forma leggermente ellittica, con il diametro orizzontale maggiore rispetto a quello verticale. La faccia interna è invece concava e presenta all'incirca lo stesso raggio di curvatura della parte anteriore (il raggio di curvatura anteriore è pari a 7,2 mm, mentre quello posteriore è di 6,8 mm). La cornea è più sottile nella zona centrale (circa 520-540µm) rispetto alla periferia (circa 0,7-0,8 mm). Il potere diottrico della superficie corneale anteriore (convessa) è pari + 48 diottrie, mentre quello della faccia interna (concava) è pari a -5 diottrie.

Dal punto di vista strutturale, nella cornea si distinguono cinque strati (dall'esterno verso l'interno)[Fig1]:

-*Epitelio corneale*: costituito da cellule basali, poligonali (intermedie) e superficiali piatte, unite attraverso giunzioni serrate.

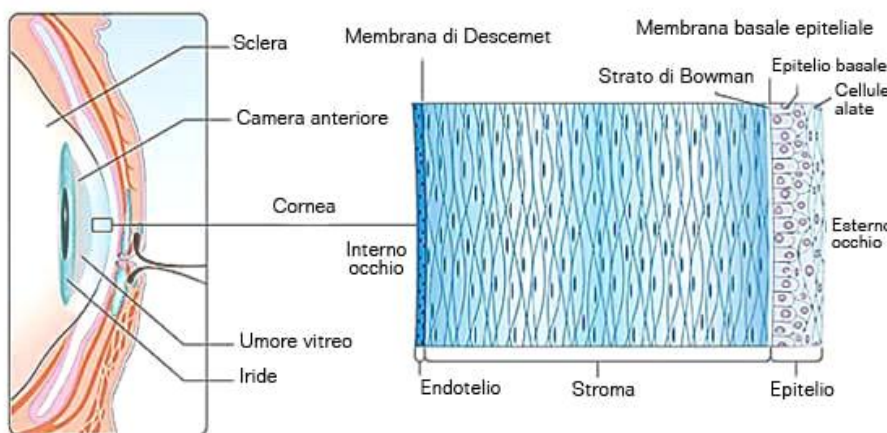
-*Lamina di Bowman* (o membrana limitante anteriore): posta sotto l'epitelio corneale, è una membrana priva di cellule costituita da un intreccio di fibre collagene, immerse in una matrice di proteoglicani. La resistenza a traumi ed infezioni rende questa membrana una difesa ai livelli inferiori della cornea, oltre ad essere partecipe al controllo dell'[idratazione](#) dello stroma contiguo.

-*Stroma corneale*: costituisce la maggior parte dello spessore totale della cornea; è

formato principalmente da fibre connettivali, matrice glicoproteica e cheratociti. La precisa disposizione tridimensionale delle fibre e delle cellule corneali, insieme all'identico indice di rifrazione della matrice interposta tra le lamelle stromali, sono responsabili della perfetta trasparenza della cornea.

-*Membrana di Descemet* (o membrana limitante posteriore): come la lamina di Bowman, questo strato è acellulare e formato da un reticolo sottile di fibre collagene, a disposizione raggiata. Ha funzione strutturale e di transizione.

-*Endotelio*: è lo strato più profondo della cornea, costituito da un unico strato di cellule appiattite di forma esagonale, ricche di mitocondri, collegate da desmosomi e ad addensamenti intercellulari. L'endotelio svolge un ruolo importante nel regolare gli scambi tra l'umore acqueo e gli strati superiori della cornea; inoltre, mantiene il trofismo e la trasparenza corneale.



[Fig1]

La superficie anteriore della cornea, convessa e direttamente in rapporto con l'ambiente esterno, è rivestita dal film lacrimale. La cornea continua radialmente con la sclera, rispetto alla quale differisce per curvatura, struttura e funzioni. La superficie corneale posteriore, concava, delimita la camera anteriore dell'occhio ed è bagnata dall'umor acqueo. Quando l'occhio è chiuso, la cornea viene a contatto con la congiuntiva palpebrale. Dovendo consentire il corretto passaggio della luce verso le strutture interne dell'occhio, la cornea è priva di vasi sanguigni e le cellule superficiali dell'epitelio traggono ossigeno e nutrimento dal film lacrimale.

La cornea ha *tre funzioni* importanti:

- *Protezione e sostegno delle strutture oculari;*
- *Filtrazione di alcune lunghezze d'onda ultraviolette:* la cornea permette alla luce di passare attraverso il tessuto senza essere assorbita o riflessa sulla sua superficie;
- *Rifrazione della luce:* la cornea è responsabile del 65-75% della capacità dell'occhio di far convergere la luce proveniente da un oggetto esterno sulla *fovea* (regione centrale della retina).

Nel processo di visione, la cornea costituisce uno dei più importanti mezzi diottrici dell'occhio. La superficie corneale si comporta come una lente convergente di circa 43 diottrie ed è in grado, assieme al cristallino (il cui potere diottrico medio è di circa 18-20 diottrie), di convogliare la luce verso la retina, in modo tale che la stimolazione percepita sia nitida. La funzione ottica viene espletata grazie alla sua perfetta trasparenza (resa possibile dall'avascolarità, dalle caratteristiche strutturali dello stroma e da meccanismi fisiologici che assicurano il ricambio idrico e ne impediscono l'imbibizione) e alla regolarità della superficie di contatto con l'aria. Altre caratteristiche fisiologiche della cornea sono la *specularità*, legata all'integrità epiteliale, e la *permeabilità*, funzione essenziale per il ricambio idrico e la penetrazione dei farmaci.

1.2-**Misura della curvatura corneale.**

L'andamento della curvatura corneale ⁽¹⁾ viene usualmente descritta in tre modi:

- *qualitativo*, in cui il profilo è arbitrariamente diviso in due zone: una centrale, con un raggio di curvatura più o meno costante, ed una periferica con un raggio di curvatura che diviene più lungo man mano che ci si avvicina al limbus. Sebbene tale suddivisione risulti comoda, dal punto di vista clinico, è stato dimostrato che le variazioni di curvatura corneale iniziano appena ci si discosta dall'apice;
- *matematico*: il profilo corneale viene assimilato ad una figura matematica come l'ellisse. Infatti, ogni meridiano della calotta corneale è assimilabile ad un'ellisse, tranne che nella periferia, dove l'eccentricità è, in genere, maggiore rispetto a questo genere di curva conica.
- *punto per punto*: il profilo corneale viene descritto con una serie di valori (raggi o

poteri) misurati nei vari punti. Quando i valori simili adiacenti vengono opportunamente raggruppati possono essere costruite delle immagini, denominate mappe corneali, che forniscono l'impressione dell'andamento della curvatura corneale.

A tal proposito, possiamo indicare gli strumenti utilizzati per poter misurare la superficie anteriore della cornea, quali l'oftalmometro e il topografo. Lo strumento che viene utilizzato per poter misurare la lunghezza assiale è, invece, il biometro.

1.3-L'**oftalmometro**.

Attraverso l'**oftalmometro** ⁽⁴⁾ si rileva la curvatura della cornea, ma in una porzione piuttosto ristretta (di circa 4 mm), nota come *zona ottica*. La rilevazione si basa sulla legge della riflessione sugli specchi sferici, ove la cornea è assimilata ad uno specchio convesso. La tipologia di strumento maggiormente utilizzata è quella a mire mobili, nota anche come *oftalmometro di Javal*. [Fig2]



È costituito da:

- piano scorrevole di messa a fuoco delle mire;*
- manopole per lo scorrimento micrometrico del piano di messa a fuoco;*
- regolatore verticale delle mire;*
- manopola regolatrice della distanza tra le mire;*
- oculare di osservazione;*
- scala sessagesimale dell'asse del meridiano misurato;*

-scala dei valori del raggio di curvatura corneale;

-scala dei valori corrispondenti al raggio.

Le due mire luminose hanno forma e colore diverso e sono montate su una cremagliera semicircolare, ove vengono fatte scorrere operando sulla manopola. La manopola, oltre a far scorrere le due mire per poterle posizionare tra loro tangenti, consente anche di ruotare tutto il sistema nelle posizioni di tutti gli assi, allo scopo di misurare la differenza di curvatura tra i vari meridiani nei casi di astigmatismo. Quando la cornea in esame dovesse presentare un astigmatismo, essa dovrà essere identificata non da uno, ma da due valori di curvatura corrispondenti ai due meridiani principali. L'oftalmometro consente, oltre a rilevare il raggio di curvatura dei due meridiani principali, di identificarne la posizione degli assi principali. I casi che possono presentarsi sono ⁽²⁾:

A: Perdita della tangenza delle mire, ma non della contiguità degli assi. Condizione che si verifica quando, dopo aver correttamente misurato il meridiano orizzontale si ruota il sistema per misurare quello ortogonale. Se fosse presente un astigmatismo corneale secondo regola si verifica la sovrapposizione delle mire. Per misurare correttamente il valore del raggio di curvatura del meridiano verticale bisognerà ripristinare la tangenza.

B: C'è tangenza, ma non contiguità degli assi di simmetria delle mire. Ciò significa che lo strumento non è posizionato lungo uno dei due meridiani principali della cornea astigmatica. In questo caso bisognerà ruotare il sistema fino ad ottenere l'allineamento degli assi, senza perdere la tangenza.

In sintesi, lo strumento fornisce un'analisi quantitativa, seppur estremamente limitata e un'elevata precisione per una scala di 0,25D; lo svantaggio consta non solo per la valutazione di una zona ristretta, ma anche di una scarsa valutazione qualitativa e di una presupposizione di cornea sfero-cilindrica. ⁽³⁾

1.4- ***Il topografo corneale.***

Utilizzando, invece, il **topografo corneale** ⁽²⁾ si ottiene la rilevazione geometrica e topografica della cornea, attraverso la traduzione in una “mappa” colorata che ne evidenzia tutte le caratteristiche in funzione delle curvature misurate. A differenza dell'oftalmometria, la topografia riesce a definire in modo particolareggiato i parametri della cornea anche nelle zone periferiche. Più nel dettaglio, l'esecuzione della topografia corneale permette lo studio della forma e delle caratteristiche della cornea, determinando con estrema precisione la forma e la curvatura della superficie corneale anteriore in ogni suo punto, consentendo in questo modo l'individuazione di eventuali difetti o patologie che interessano questa regione dell'occhio: una cornea sana si presenta generalmente con una forma regolare e simmetrica; in presenza di disturbi, patologie o lesioni, la curvatura e la forma diventano irregolari. Questo strumento viene impiegato per fini diagnostici, in ambito chirurgico e in contattologia per cui è utile in molteplici situazioni, come:

- cheratocono;
- edema corneale;
- distrofie;
- secchezza oculare;
- valutazione preoperatoria e postoperatoria d'interventi chirurgici;
- Controlli successivi al trattamento di cross-linking nel cheratocono;
- Individuazione di lenti a contatto ideali per gli occhi di ciascun soggetto che presenti qualsiasi difetto ametropico.

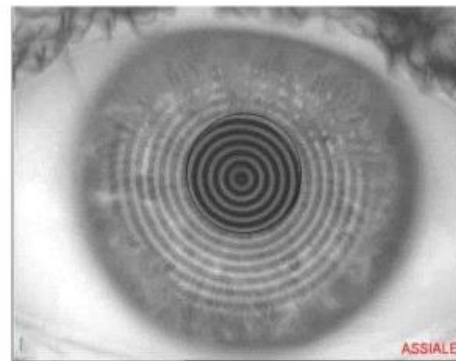
È un esame di screening utile a tutti, indolore, non invasivo e non richiede l'uso di colliri.

1.5-**Strumento.**

Il **topografo corneale**^[Fig3] è uno strumento dotato di un proiettore, un'immagine luminosa, costituito da una serie di cerchi concentrici (*disco di Placido*)^[Fig4] e di una telecamera centrale che rileva ed acquisisce il riflesso sulla cornea dei cerchi luminosi proiettati scattando delle fotografie. Le mire possono variare per numero di anelli, posizione, larghezza, distanza reciproca, luminosità e diametro del più piccolo degli anelli; per evitare abbagliamento o diffusione ottica si è ricorso a colori tenui, come il rosa o il verde. La nitidezza delle immagini è conseguenza del contrasto tra gli anelli e lo sfondo.



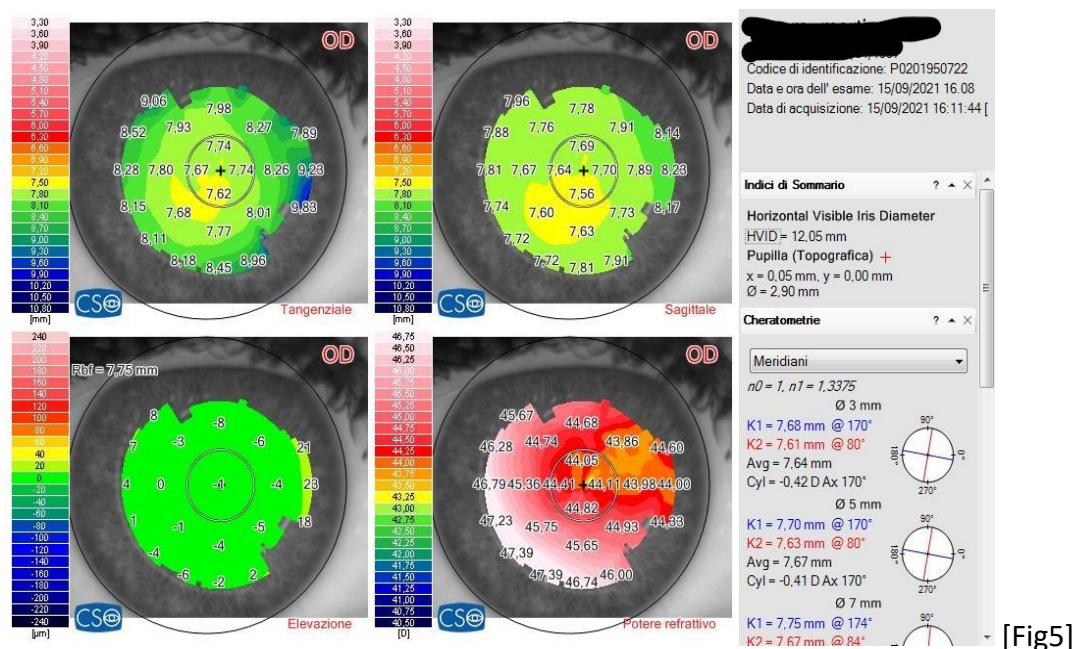
[Fig3]



(fig. 1) Riflessione del disco di Placido

[Fig4]

Le immagini così raccolte vengono poi inviate ad un computer dotato di apposito software di elaborazione che genererà la mappa topografica cromatica^[Fig5] della cornea riproducendola sul monitor.



[Fig5]

Se gli anelli riflessi sono molto vicini tra loro ciò indica la presenza di una zona caratterizzata da un'elevata curvatura; inversamente, se gli anelli sono distanti tra loro allora la cornea risulterà piatta.

Facendo corrispondere a ogni colore un determinato raggio di curvatura, si ottiene una scala in cui ai colori freddi, come il blu, corrispondono raggi elevati (bassi poteri) e quindi superfici più piatte; mentre ai colori caldi, come il rosso, corrispondono raggi minori (alti poteri) e quindi superfici più curve.

La maggior parte dei sistemi di topografia ha tre scale di colori per la visione delle mappe di contorno ⁽³⁾:

-*Scala assoluta o di Klyce*: universalmente utilizzata, attribuisce un valore diottrico costante a ciascun colore. È caratterizzata dalla serie più ampia di poteri diottrici, riportando valori da 9.00dt a 101.50dt. L'intervallo dei poteri fino a 35,50 D e da 50,50 D è di 5,00 D, tra le 35,50 e le 50,50 D l'intervallo è di 1,50 D. Inoltre, permette di paragonare più mappe anche in tempi diversi.

-*Scala relativa o normalizzata*: range diottrico che dipende esclusivamente dalle caratteristiche della cornea in esame.

-*Scala aggiustabile*: l'operatore ha la possibilità di modificare l'intervallo in D, creando una scala personalizzata a seconda delle esigenze; si possono analizzare variazioni diottriche anche di 0.10 D.

La superficie corneale viene ricostruita in chiave bidimensionale mediante un procedimento ripetitivo matematico-statistico, da cui originano:

-*Mappa Assiale*: misura la curvatura di un punto corneale in direzione assiale rispetto al centro ed approssima il potere rifrattivo medio della cornea. Vengono ottenute mediante il calcolo di un *algoritmo assiale* adattabile alla funzione nella misura della parte centrale della cornea presupposta sferocilindrica. Essendo però la cornea perifericamente asferica quest'algoritmo presenta errori di calcolo.

-*Mappa Tangenziale*: mette in evidenza ogni punto della superficie corneale calcolando singoli raggi di curvatura che giacciono su piani definiti dai rispettivi meridiani corneali, ottenendo la messa in evidenza di immagini meno regolari ed uniformi, ma più dettagliate. Viene utilizzato un *algoritmo tangenziale* che calcola in ogni punto la tangente alla superficie, calcolo efficace soprattutto per la parte esterna alla zona centrale.

-*Mappa Altimetrica*: attraverso l'utilizzo di *algoritmi altimetrici* si ottengono informazioni sulla forma della cornea e non sul potere diottrico. Non esaminano la cornea in termini di curvatura, bensì di altezza di ogni punto analizzato rispetto ad una superficie di riferimento sferica che offre la migliore approssimazione con la cornea.

Le unità di misura utilizzate per la valutazione oggettiva dell'immagine sono i millimetri o le diottrie. I millimetri sono da preferire nei casi in cui, ad esempio, si debbano richiedere delle lenti a contatto da costruire su misura. I valori diottrici sono utili per farsi un'idea di quello che può essere il problema refrattivo di un soggetto. È da specificare che i topografi NON sono aberrometri, ma possono offrire una simulazione della qualità visiva influenzata dall'aberrometria corneale, mediante la WAV (*wavefront aberration function, funzione dell'aberrometria del fronte d'onda*).

In base all'obiettivo da raggiungere l'ottico optometrista può considerare le diverse mappe ottenibili: le mappe assiali mostrano l'entità e la regolarità dell'astigmatismo in modo semplice; le mappe delle curvature rivelano tutti i dettagli della forma dal centro alla periferia; le mappe altimetriche rappresentano la cornea in micron (come i trattamenti lasers ed il fitting delle lenti a contatto); le mappe del fronte d'onda

descrivono l'ottica corneale con lo stesso linguaggio degli aberrometri.

1.6-*Indici topografici.*

Una volta eseguita la topografia, il software elabora degli indici topografici ⁽³⁾ per poter comprendere meglio le mappe, in modo da avere un resoconto in fase numerica dell'aspetto qualitativo della cornea. Gli indici compaiono in finestre (generalmente a tendina) e presentano diverse voci che specificano gli aspetti più diversi della rilevazione spaziando dalla geometria al diametro pupillare, ai poteri diottrici ai profili corneali, al confronto tra due cornee diverse o dello stesso soggetto. Rileviamo:

K1 = meridiano meno curvo (blu) in mm o in D, posizione ed asfericità;

K2 = meridiano più curvo (rosso) in mm o in D, posizione ed asfericità;

AVG = è la media delle curvature fra K1 e K2;

CYL = la differenza diottrica tra K1 e K2 con l'indicazione della posizione del cilindro negativo.

SimK= sono valori che possono essere frazionati in funzione del diametro della zona ottica corneale che può interessare, infatti, è possibile la rilevazione in diametri di 3, 5 e 7 mm.

Occorre precisare che l'aumento, la diminuzione o la varietà degli indici può essere funzione del tipo di topografo e relativamente alla casa costruttrice dello strumento stesso. Esiste la possibilità di verificare i dati precedenti con la visualizzazione dei semimeridiani senza vincolo di perpendicolarità; con tale indicazione vengono mostrati i semimeridiani di max e min curvatura corneale, anche questi in differenti diametri di 3, 5 e 7 mm.

1.7- *Indici cheratorefrattivi.* ⁽³⁾

Descrivono le caratteristiche refrattive della topografia corneale, come:

Astigmatismo: indica la toricità corneale a 3 ed a 5 mm centrata sul vertice corneale. I valori rappresentano il grado e l'asse della componente dell'astigmatismo regolare

della cornea per i due diametri. Nel caso di differenza tra asse o potere fra i due meridiani è presente un astigmatismo irregolare.

Potere Pupillare Medio: Curvatura assiale media in D di un'intera parte di cornea di 3 mm centrata sulla pupilla di entrata dando maggiore importanza ai punti centrali. È l'equivalente sferico della cornea in quel diametro. Utile parametro per la definizione della curvatura media centrale di curvature irregolari (cheratocono, cheratoplastica perforante, traumi, asfericità corneali, post chirurgia refrattiva).

Asfericità: media corneale nel diametro di 4,5 mm centrata sul vertice corneale. Coefficiente che rappresenta quanto la cornea sia prolata o ablata indicata con i parametri: *p*, *Q*, *e*, *SF*. È possibile trovare una sezione dedicata in cui vengono indicati valori quali:

-**Ro** = raggio apicale in mm o D;

-**p, Q, e, SF** = asfericità;

-**Assi dei meridiani principali** in Ø di 4,5 e 8 mm.

Aberrazione sferica (LSA): nello stesso diametro di 4,5 mm indica l'aberrazione sferica longitudinale. Rappresenta la differenza fra il potere marginale e quello parassiale.

Irregolarità di curvatura (RMS): deviazione standard delle curvature istantanee rispetto ad una superficie asferica di best fit per una area di 4,5 mm centrata al c. pupillare

Asimmetria di superficie (SAI): nello stesso diametro di 4,5 mm indica asimmetria di superficie. Una cornea con z.o. perfettamente simmetrica ha un valore di *SAI* uguale a zero.

Come già accennato, gli indici variano nei diversi strumenti per la topografia, per cui è possibile riscontrare altre sigle con altrettanti indici, come ad esempio:

SRI = indice di regolarità della superficie;

CUI = indice di uniformità corneale;

PCA = Acuità visiva corneale.

Riscontriamo poi indici specifici:

Indice di Rabinowitz = differenza di curvatura tra la metà inferiore e superiore nel cheratocono.

KPI = Keratoconus Prediction Index.

Per lo screening del *cheratocono* possono evidenziarsi i seguenti indici:

AK = cheratometria apicale;

AGC = gradiente di curva apicale. Media per unità di lunghezza del potere corneale. Valori maggiori di 2 D per mm è indice di brusche variazioni di curvatura corneale ovvero compatibilità con la presenza di segnale per il cheratocono. Valori inferiori a 5 D /mm indicano invece uniformità nella curvatura quindi rare possibilità di presenza di cheratocono;

SI = indice di simmetria. Differenza tra il potere medio di due zone circolari centrate nell'asse verticale del riferimento posizionate nell'emisfero inferiore e superiore della cornea. Indica un'asimmetria verticale;

Kpi = indice di probabilità di presenza di cheratocono;

1.8-Il **Biometro**.

Attraverso la biometria oculare è possibile ricavare il valore della lunghezza assiale che è un dato fondamentale sia per prevenire l'insorgere della miopia, sia per gestirne la progressione. Avere un dato della biometria di un bambino e correlarlo alla sua età sulla base di studi scientifici e quindi dati statistici su campioni, permette all'ottico optometrista di capire se il bambino in futuro potrà o meno sviluppare una miopia e monitorare l'andamento della stessa.

Il *Biometro Lenstar Myopia* [Fig6] di *Hoya Lens Italia*⁽⁶⁾ è uno strumento che funge sia da biometro a coerenza ottica, sia da cheratometro a 32 punti, il cui utilizzo può avvenire in modalità automatica o manuale. In modalità automatica ha un sistema di *eye tracking*, il quale permette di seguire l'occhio ed eseguire misurazioni solo quando la posizione di sguardo è indirizzata sul punto di fissazione, garantendo così una

valutazione precisa. Rilevando lo stesso percorso, tra le misurazioni congruenti e comparate, viene svolta una media che fornisce il valore da considerare: vengono eseguite tre misurazioni della lunghezza assiale per occhio, da cui si stabilisce il valore medio. Lo strumento è dotato di un hardware che acquisisce il dato e di un software che segnala eventuali misurazioni che sono fuori dalla deviazione standard o eseguite in una condizione non ottimale e, inoltre, permette di accedere ai dati storici. I dati inseriti (*refrattivi*) e i dati acquisiti (*biometrici*) vengono messi in relazione a studi scientifici eseguiti dall'*Erasmus University Medical Center di Rotterdam*, i quali hanno misurato una popolazione di bambini fino all'età adulta. Da questa comparazione vengono generati due grafici predittivi: un grafico mette in relazione la lunghezza assiale con gli studi scientifici, fornendo una probabilità (in %) del soggetto che possa sviluppare una miopia o un'alta miopia; l'altro grafico mette in relazione il valore refrattivo con i valori scientifici.



[Fig6]

CAPITOLO 2- I vizi refrattivi.

2.1-*Le ametropie.*

Una condizione di ametropia si verifica in un occhio il quale ha uno dei due parametri che lo caratterizzano alterato rispetto all'altro. Mediamente un occhio ha un potere refrattivo totale di circa 60Dt e una lunghezza dell'asse antero-posteriore di circa 24mm. Se il potere diottrico risulta variato rispetto all'asse, o se l'asse risulta variato rispetto al potere, si verifica una condizione di ametropia; ad esempio:

-l'occhio presenta 62Dt e 24mm (ha quindi 2Dt in più), oppure 60Dt e 26mm, in questo caso la luce che arriva a questo occhio con una vergenza zero, senza impiego di accomodazione (ovvero con accomodazione e rifrazione statica), focalizza su di un piano prima di quello retinico, quindi parliamo di miopia;

-un'occhio, presenta 58Dt e 24mm (quindi 2Dt in meno), oppure 60 Dt e 22mm, in questo caso la focalizzazione della luce che arriva all'occhio con vergenza zero e in condizioni di rifrazione statica, focalizza su di un piano posto dietro la retina.

In base alle cause che determinano la non coincidenza focale possiamo dividere le ametropie in ⁽⁵⁾:

- *Ametropie **assiali***, dovute ad anomalia di lunghezza del bulbo;
- *Ametropie **d'indice***, dovute a variazione dell'indice di rifrazione di uno dei mezzi refrattivi del diottro oculare;
- *Ametropie di **potenza***, dovute ad anomalie e/o variazione della curvatura di una o più superfici che limitano i vari diottri dell'occhio.

In relazione all'entità delle ametropie, distinguiamo un'ametropia lieve(2,5-3Dt), media(3-6Dt) ed elevata (>6Dt).

Inoltre, le ametropie possono essere divise in due grandi categorie, in base alla forma del fuoco che il diottro determina:

- *Ametropie **sferiche***, in cui il fuoco non coincide con il piano retinico e resta puntiforme.
- *Ametropie **astigmatiche***, in cui il fuoco non è più un punto, ma una figura geometrica

a forma di doppio cono (Conoide di Sturm) con due linee focali e un cerchio di minor confusione.

In rapporto alla bilateralità o alla unilateralità dell'ametropia è possibile distinguere:

- *Isometropie*, in cui i due occhi presentano la stessa refrazione o piccole differenze non significative dal punto di vista funzionale;

- *Anisometropie*, in cui i due occhi presentano una differenza refrattiva che comporta conseguenze funzionali, come l'*aniseiconia* (differenza di grandezza dell'immagine retinica) e *ambliopia* (una riduzione più o meno marcata della capacità visiva di un occhio o, più raramente, di entrambi; dipende da un'alterata trasmissione del segnale nervoso tra l'occhio e il cervello, per cui il cervello privilegia un occhio a causa della ridotta acuità visiva dell'altro).

2.2-**Miopia.**

Si tratta di un'ametropia sferica in cui, in condizioni di riposo accomodativo e con le condizioni precedentemente enunciate, la luce con vergenza zero va a fuoco in un punto posto davanti la retina.

La miopia *assile* è la forma più comune e deriva da un aumento della lunghezza dell'asse antero-posteriore dell'occhio. Esordisce, solitamente, in età scolare, progredisce durante la pubertà e si arresta intorno ai 25 anni.

La miopia *rifrattiva*:

- Miopia d'indice, dovuta ad aumento dell'indice di refrazione del cristallino (cataratta nucleare) o alla riduzione dell'indice di refrazione della cortecchia del cristallino (modificazioni catarattose in corso di diabete);

- Miopia di *curvatura*, dovuta da un aumento della curvatura corneale per cause congenite o acquisite (microcornea o cheratocono);

Esiste poi una miopia *transitoria* legata a condizioni sistemiche, come sbalzi glicemici, in corso di diabete, o derivante dall'utilizzo di alcuni farmaci (sulfamidici e acetazolamide); tale miopia regredisce con l'eliminazione della causa scatenante.

Da un punto di vista sintomatologico, l'occhio miope presenta una visione sfocata per lontano, mentre la visione per vicino è, solitamente, soddisfacente. La correzione della miopia avviene mediante l'utilizzo di lenti concave-negative, le quali hanno la capacità di divergere il fuoco dei fasci luminosi sulla retina.

2.3-Ipermetropia.

È un'ametropia sferica, in cui la luce con vergenza zero, in assenza di accomodazione, converge in un punto localizzato posteriormente alla retina, sempre in relazione a quanto precisato in precedenza.

L'ipermetropia *assile* è legata alla presenza di un asse antero-posteriore più corto rispetto al normale, secondario ad un incompleto allungamento del bulbo che normalmente si risolve durante l'adolescenza; il diametro anteroposteriore ridotto può causare una riduzione sia della camera posteriore, sia dell'angolo irido-corneale, inducendo una diminuzione del deflusso dell'umor acqueo, con conseguente incremento, brusco ed improvviso, del tono oculare.

L'ipermetropia *rifrattiva*:

- Ipermetropia *d'indice*, solitamente secondaria a cataratta (con aumento dell'indice di rifrazione della cortecchia del cristallino) o modificazioni brusche della glicemia in corso di diabete, che influiscono sulla conformazione del cristallino e della cornea;

- Ipermetropia di *curvatura*, si verifica nel caso in cui la superficie della cornea o del cristallino presenti un raggio di curvatura minore rispetto alla norma, assumendo una forma più o meno piatta;

Nelle forme lievi si riesce ad ottenere una visione soddisfacente grazie al compenso accomodativo che il paziente ottiene incrementando il potere diottrico del cristallino conseguentemente alla contrazione dei muscoli ciliari. In questi casi non è necessario correggere il difetto (soprattutto nel giovane). Le forme, invece, di ipermetropia di grado medio (2-4 dt) ed elevato (>4dt) necessitano, sempre, di correzione.

2.4-Astigmatismo.

È un'ametropia non sferica, in cui il diottro oculare ha un potere differente nei vari meridiani. Nella maggior parte dei casi il difetto si realizza a livello della cornea (deformazione della faccia anteriore), mentre in una piccola percentuale l'alterazione riguarda il cristallino (modificazione di forma).

L'astigmatismo *regolare*, si presenta quando i meridiani principali sono perpendicolari tra loro. Se il meridiano con potere maggiore è quello verticale, si avrà un astigmatismo *secondo regola*; quando il potere diottrico è maggiore sul meridiano orizzontale, l'astigmatismo viene definito *contro regola*. Considerando la posizione delle linee focali della conoide di Sturm è possibile distinguere:

- Astigmatismo *semplice*: una delle due linee cade sulla retina, mentre l'altra si pone davanti o dietro la retina (miopico semplice e ipermetropico semplice);
- Astigmatismo *composto*: entrambe le linee focali cadono davanti alla retina (miopico composto) o dietro alla retina (ipermetropico composto);
- Astigmatismo *misto*: una linea cade davanti e una posteriormente alla retina.

L'astigmatismo irregolare si verifica quando i meridiani principali della cornea non sono perpendicolari tra loro, presentando delle irregolarità della curvatura, del potere corneale e di distribuzione dell'indice di rifrazione della cornea.

Nell'occhio, l'errore refrattivo viene generalmente causato da una o più forme delle superfici refrattive (cornea e cristallino), o dalla luce che entra in modo obliquo nell'occhio, ma può anche svilupparsi a causa di una sublussazione del cristallino, diabete, cataratta, cheratocono o a seguito di un trauma. Ogni occhio, dal momento che ha imperfezioni ottiche, presenta un certo grado di aberrazioni che si sovrappone all'eventuale difetto sfero-cilindrico. Le sedi responsabili delle distorsioni possono essere molteplici: irregolarità della superficie anteriore o posteriore della cornea, del cristallino, del corpo vitreo o del piano retinico.

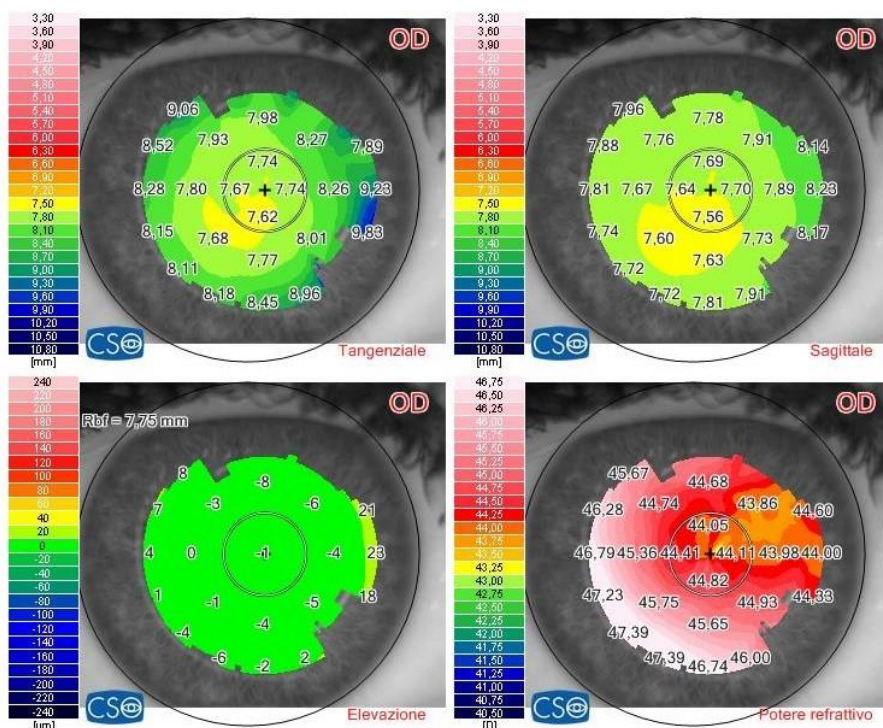
CAPITOLO 3- Misure.

3.1-Lo studio.

Lo studio di questa relazione si basa essenzialmente sul rilevamento dei dati corneali in curvatura e in potere diottrico, paragonati a misurazioni soggettive per constatare se mediamente c'è una comparazione diretta, e quindi una proporzionalità diretta, tra accentuazione della curvatura corneale e istaurazione di un'ametropia. Per dimostrare ciò, sono stati raccolti dati topografici per misurare la geometria e il potere diottrico della superficie anteriore corneale. In fine è stato utilizzato l'esame refrattivo soggettivo per valutare l'entità dell'ametropia. In questo capitolo viene descritta la modalità con cui sono stati raccolti ed analizzati i dati.

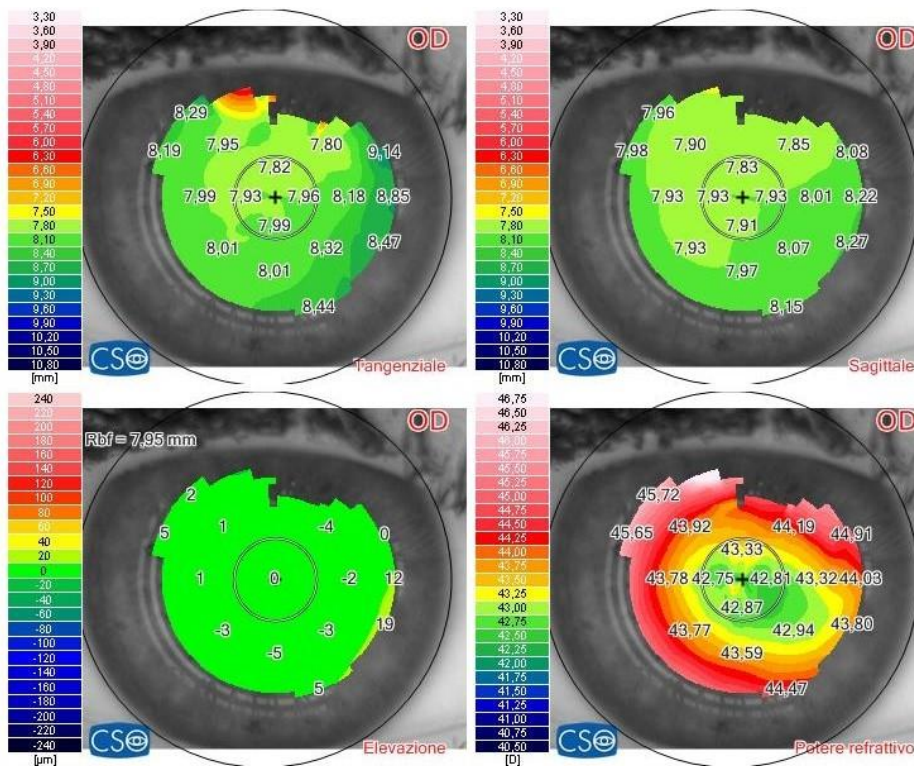
3.2-Analisi dei dati topografici.

Di seguito sono presentate 8 delle 24 topografie corneali, le quali evidenziano maggiormente la variazione dei parametri corneali da cui si può scaturire un'ametropia.



Nella figura riportata di fianco [Fig7], è visibile la mappa corneale di un soggetto emmetrope di sesso femminile. Si evince che il potere della zona centrale della cornea risulta essere pari, o poco più, a 44D.

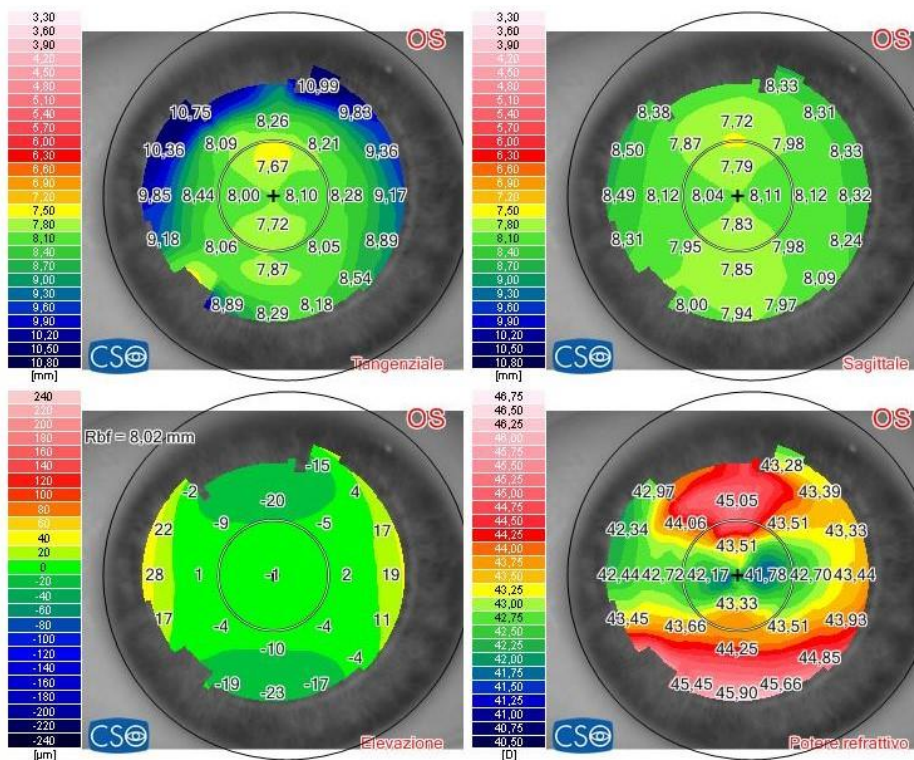
[Fig7]



La mappa [Fig8] riportata di fianco presenta i parametri corneali di un soggetto emmetrope di sesso femminile. Ritroviamo che il valore centrale della cornea risulta essere in media di 42.8D.

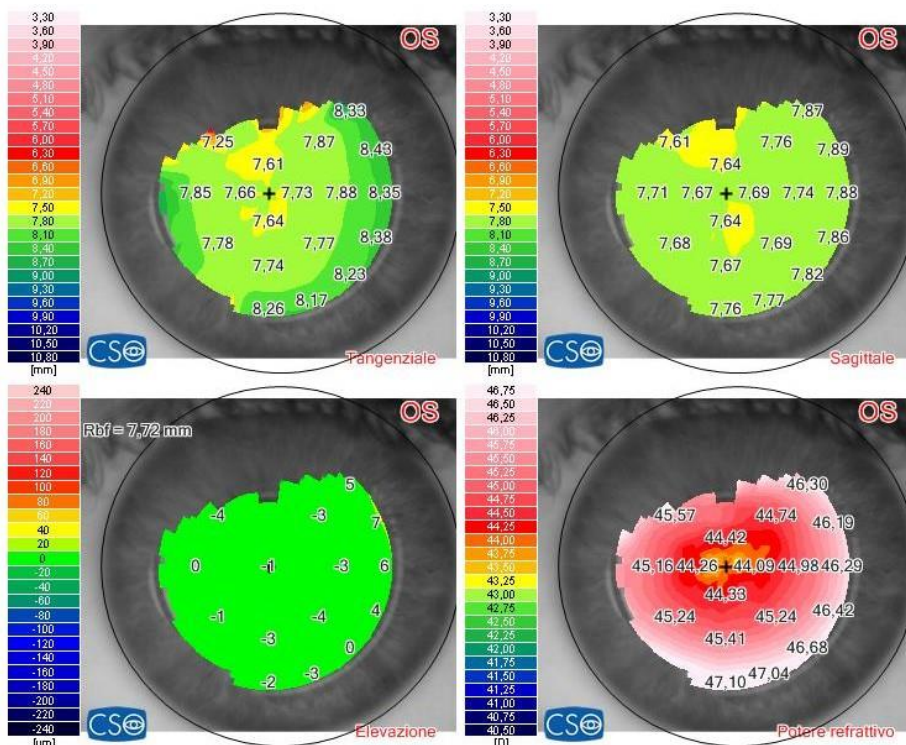
[Fig8]

Confrontando le due topografie corneali si riscontra che, sebbene i due soggetti risultano emmetropi ed entrambi di sesso femminile, il valore centrale corneale non risulta essere identico.



Nella figura riportata lateralmente [Fig9] viene presentata la mappa topografica di un soggetto di sesso femminile, miope e astigmatico. Il potere centrale corneale ha un valore che oscilla tra le 42/43D.

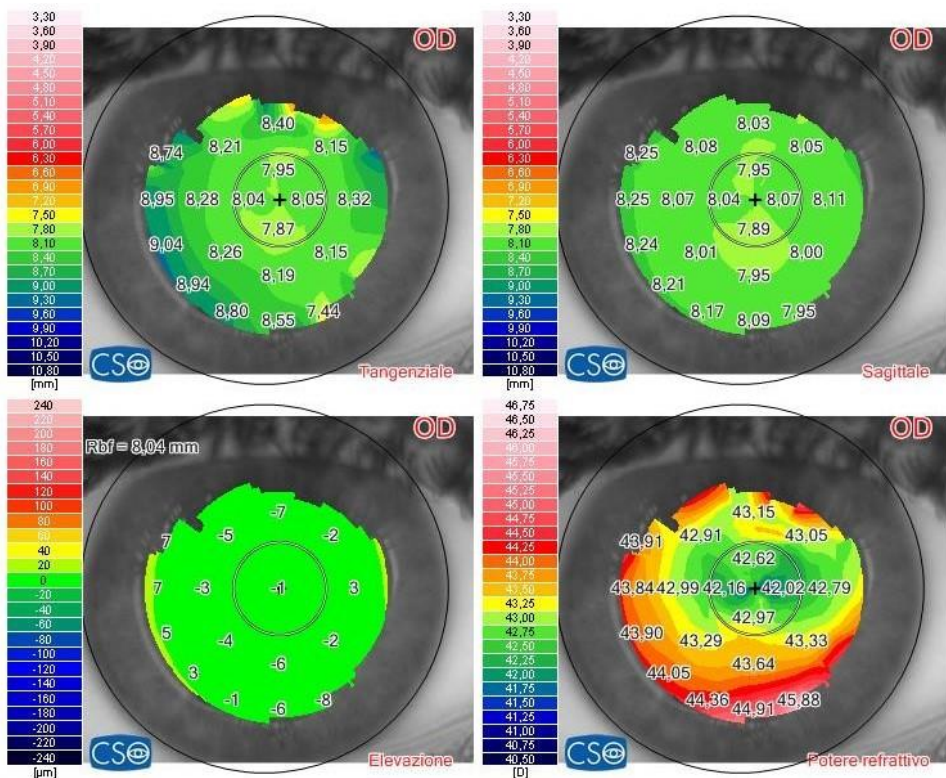
[Fig9]



Di fianco [Fig10] è visibile la topografia corneale di un soggetto di sesso femminile, miope e astigmatico. Il valore diottrico della cornea nella porzione centrale è in media di 44D o poco più.

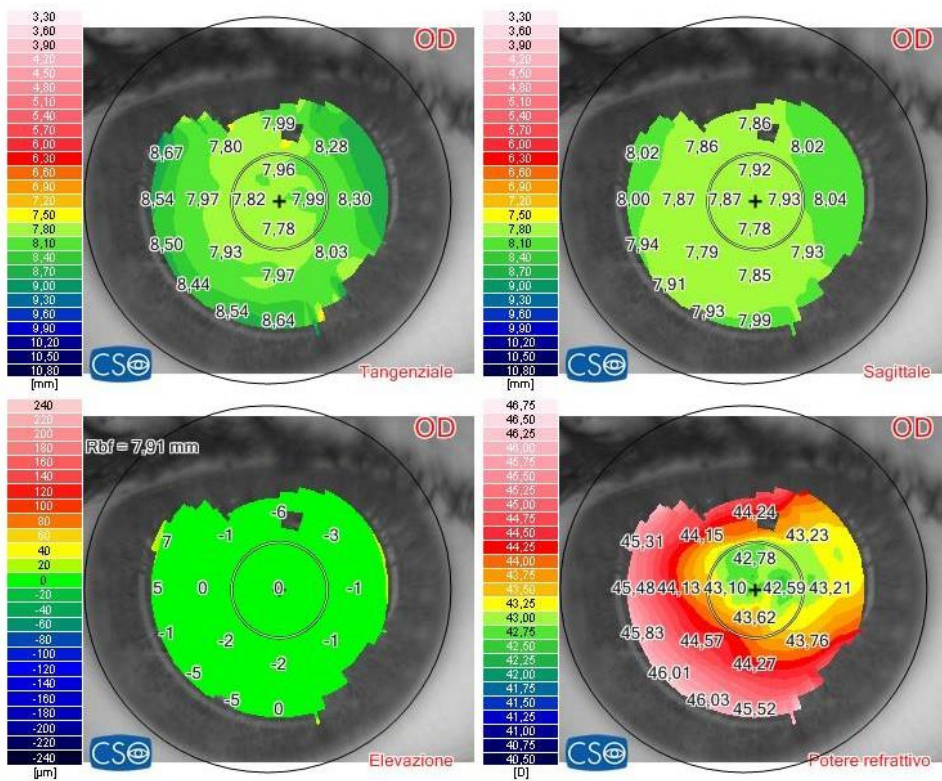
[Fig10]

In questo caso sono stati considerati e analizzati due soggetti di sesso femminile e affetti dallo stesso vizio refrattivo. Per il soggetto in Fig9, l'entità dell'ametropia riscontrata attraverso l'esame optometrico risulta essere: $Sf -5.55$ Cyl -1.00 Ax 7° ; il soggetto nella Fig10 all'esame refrattivo presenta la seguente correzione: $Sf -6.00$ Cyl -0.50 Ax 175° .



La mappa corneale a lato [Fig11] rappresenta un occhio lievemente ipermetrope di un soggetto di sesso femminile. Si evince che i valori diottrici centrali della cornea oscillano tra 42-43D.

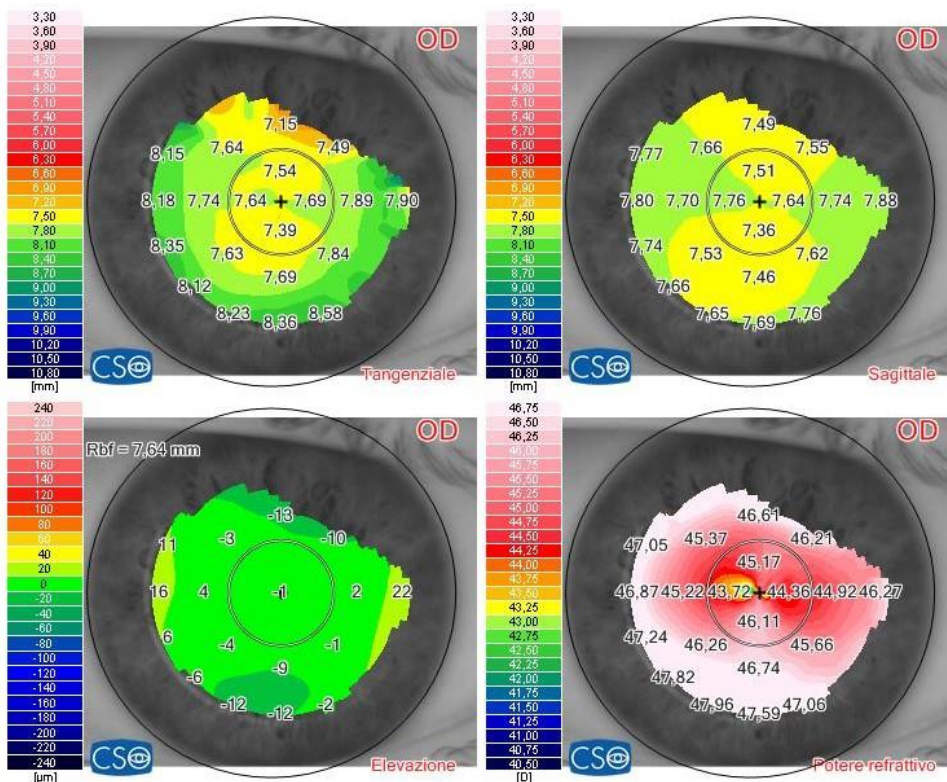
[Fig11]



La topografia in figura [Fig12] rappresenta la cornea di un soggetto di sesso femminile lievemente ipermetrope, in cui il potere centrale corneale è tra 42.5-43D.

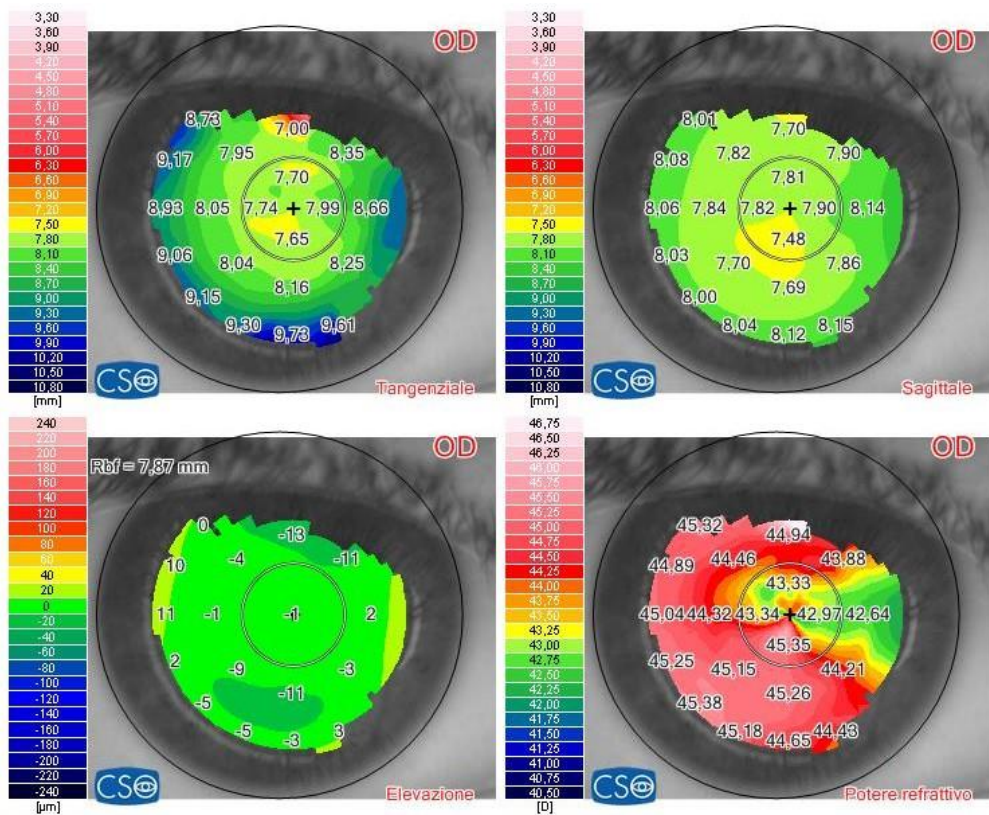
[Fig12]

I due soggetti esaminati e affetti da una lieve ipermetropia, presentano valori diottrici corneali in media simili. Al controllo optometrico: $Sf +0.25$ $Cyl -0.50$ $Ax 20^\circ$ [Fig11]; $Sf +0.25$ $Cyl -0.25$ $Ax 10^\circ$ [Fig12].



A sinistra [Fig13] si può osservare la topografia di un soggetto di sesso maschile, miope e astigmatico. I valori diottrici corneali oscillano tra 44-46D.

[Fig13]



La mappa presentata di lato [Fig14] corrisponde ad un soggetto di sesso maschile, miope e astigmatico. I valori diottrici corneali si aggirano tra le 43-45D.

[Fig14]

Le due figure appena illustrate, di soggetti miopi e astigmatici, presentano quasi lo stesso potere centrale della cornea. Il soggetto in Fig.13 al controllo refrattivo presenta una $Sf -1.00\text{ Cyl } -1\text{ Ax } 178^\circ$; il soggetto in Fig14 al controllo optometrico presenta $Sf -0.75\text{ Cyl } -1.25\text{ Ax } 175^\circ$.

Conclusioni.

Dato per certo che la curvatura della porzione anteriore e centrale della cornea (zona ottica) presenta in linea di massima e, come si può evincere da qualsiasi trattato in merito, un potere medio di circa 43Dt, si potrebbe ipotizzare che una variazione, in aumento o diminuzione, rispetto a questo valore possa far presupporre una variazione del potere diottrico totale dell'occhio.

Da ciò scaturirebbe l'insorgenza di un'ametropia, fermo restando il presupposto che la lunghezza dell'asse antero-posteriore sia approssimativamente di 24mm.

Data l'impossibilità di ricavare dati biometrici in merito, è stata assimilabile la causa della presenza di ametropie relativamente al discostamento dei valori diottrici della

cornea per presupporre una natura refrattiva o assile delle ametropie osservate.

Come menzionato inizialmente, i soggetti presi in esame sono stati 24, tra cui 18 femmine e 6 maschi, di età compresa tra i 20 e i 25 anni, tutti studenti universitari con diverse condizioni ametropiche. A tutti sono state effettuate rilevazioni in topografia corneale computerizzata ed esame della refrazione con metodi soggettivi.

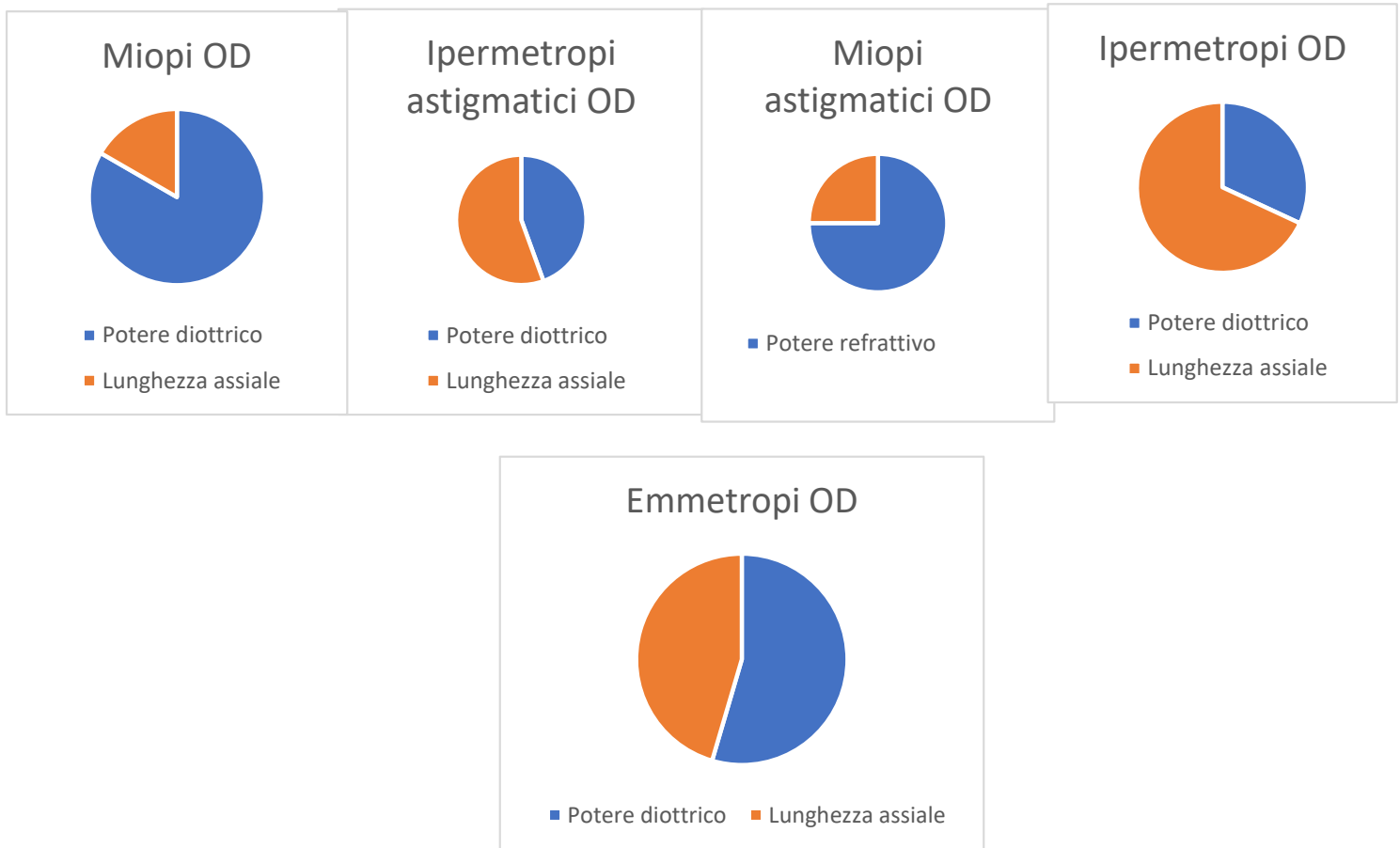
Di seguito è presentata la tabella con i rispetti dati riscontrati di ciascun soggetto.

<u>N°</u>	<u>ID</u>	<u>SESSO</u>	<u>Potere corneale medio OD da topografo</u>	<u>Refrazione OD e Ametropia</u>	<u>Potere corneale medio OS da topografo</u>	<u>Refrazione OS e Ametropia</u>
<u>1</u>	D.M.	M	44-46 D	<i>Sf</i> -1.00 Cyl -1,00 Ax 178° A.M.C. s.r.	46-47 D	<i>Sf</i> -1.00 Cyl -0,75 Ax 178° A.M.C. s.r.
<u>2</u>	R.B.	M	43-45 D	<i>Sf</i> -0.75 Cyl -1.25 Ax 175° A.M.C. s.r.	43-44 D	<i>Sf</i> -0.75 Cyl -1.50 Ax 170° A.M.C. s.r.
<u>3</u>	M.D.	F	43 D	<i>Sf</i> -1.00 Cyl -1 Ax 178° A.M.C. s.r	42-43 D	<i>Sf</i> -5.55 Cyl -1.00 Ax 7° A.M.C. s.r.
<u>4</u>	L.C.	F	45 D	<i>Sf</i> -6.00 Cyl -1.00 Ax 178° A.M.C. s.r.	44 D	<i>Sf</i> -6.00 Cyl -0.50 Ax 175° A.M.C. s.r.
<u>5</u>	A.M.	F	43 D	<i>Sf</i> -5.25 Cyl -0.50 Ax 100° A.M.C. c.r.	44 D	<i>Sf</i> -5.75 Cyl -0.75 Ax 86° A.M.C. c.r.
<u>6</u>	C.C.	M	46 D	<i>Sf</i> -3.25 Cyl -0.75 Ax 10° A.M.C. s.r.	45-46 D	<i>Sf</i> -2.75 Cyl -0.25 Ax 80° A.M.C. c.r.
<u>7</u>	A.S.	M	45 D	<i>Sf</i> -5.75 Cyl -0.25 Ax 92° A.M.C. c.r.	44 D	<i>Sf</i> -6.75 Cyl -0.25 Ax 172° A.M.C. s.r.
<u>8</u>	E.S.	F	45-46 D	<i>Sf</i> -6.25 Miopia	45-46 D	<i>Sf</i> -7.25 Cyl -0.50 Ax 1° A.M.C. s.r.
<u>9</u>	F.D.F	F	46 D	<i>Sf</i> -3.50 Miopia	45 D	<i>Sf</i> -3.75 Miopia

<u>10</u>	S.M.	F	45 D	<i>Sf -4.75 Cyl -0.25 Ax 135° A.M.C. obl.</i>	43 D	<i>Sf -4.00 Miopia</i>
<u>11</u>	G.G.	F	43 D	<i>Sf 0,00 Cyl -1.00 Ax 140° A.M.S. obl.</i>	43 D	<i>Sf 0,00 Cyl -1.25 Ax 60° A.M.S. obl.</i>
<u>12</u>	L.S.	F	43 D	<i>Sf 0,00 Cyl -0.75 Ax 1° A.M.S. s.r.</i>	43 D	<i>Sf -0.25 Miopia</i>
<u>13</u>	G.L.C	M	44 D	<i>Sf -0.50 Miopia</i>	43 D	<i>Sf 0,00 Cyl -0.75 Ax 15° A.M.S. s.r.</i>
<u>14</u>	T.D.S	F	44 D	//	43 D	<i>Sf -0.25 Miopia</i>
<u>15</u>	V.S.	F	43 D	//	43 D	//
<u>16</u>	M.F.	F	44 D	//	44 D	//
<u>17</u>	S.S.	F	43D	//	43 D	//
<u>18</u>	M.M	F	44 D	//	44 D	//
<u>19</u>	A.D. A.	F	42.5-43	<i>Sf +0.25 Cyl -0.25 Ax 10° A.I.S. s.r.</i>	44.5-45 D	<i>Sf +0.50 Ipermetropia</i>
<u>20</u>	L.G.	F	42-43 D	<i>Sf +0.25 Cyl -0.50 Ax 20° A.M. c.r.</i>	43-44 D	<i>Sf +1.50 Cyl -0.75 Ax 90° A.I.C. c.r.</i>
<u>21</u>	M.G.	F	44 D	//	42D	<i>Sf +1.00 Ipermetropia</i>
<u>22</u>	G.S.	M	43.5 D	<i>Sf +1.00 Ipermetropia</i>	42 D	<i>Sf +0.75 Cyl -0.25 Ax 20° A.I.C. s.r.</i>
<u>23</u>	F.P.	F	42 D	//	44D	<i>Sf +0.75 Ipermetropia</i>
<u>24</u>	C.S.	F	43.5-44 D	<i>Sf +3.00 Ipermetropia</i>	45 D	<i>Sf +0.25 Cyl -0.75 Ax 110° A.M. c.r.</i>

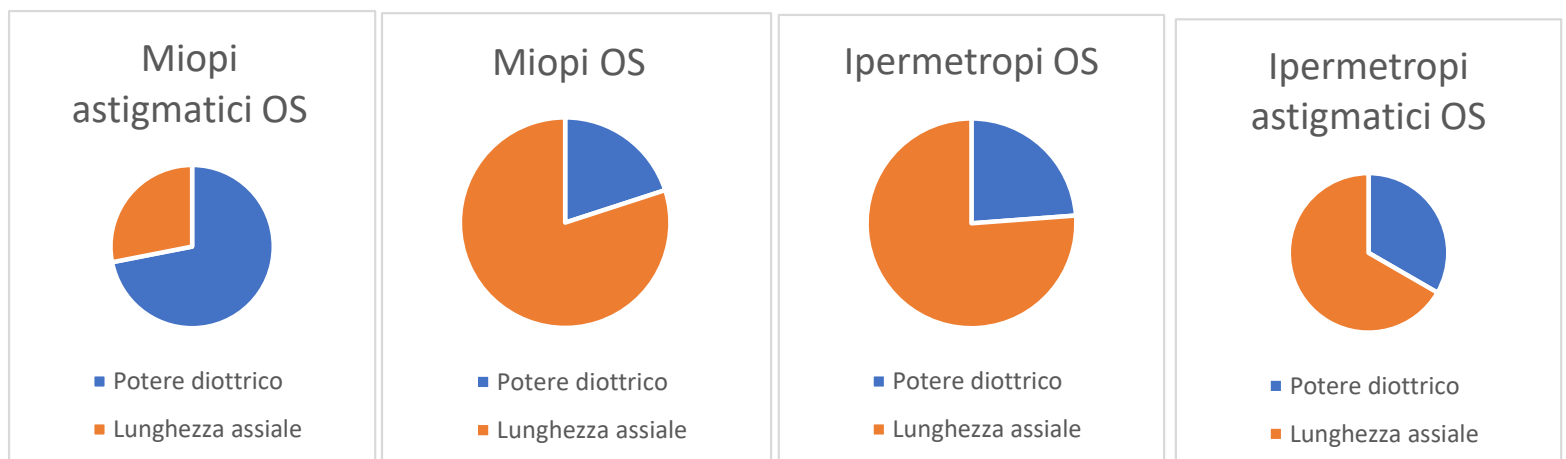
Attraverso i dati ottenuti si evince:

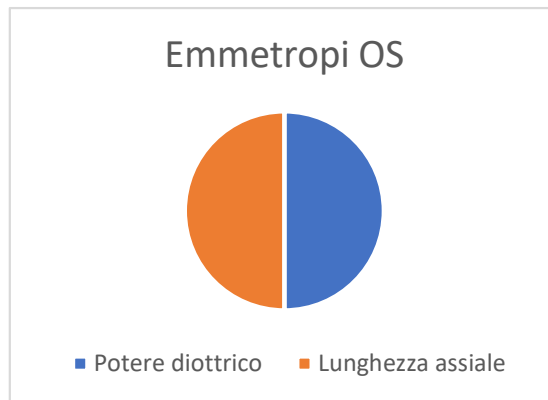
All'occhio destro 8 studenti presentano miopia e astigmatismo, 3 solo miopia, 2 ipermetropia, 2 ipermetropia e astigmatismo, 7 emmetropia e in fine 2 un astigmatismo.



Si riscontra che, inversamente a quanto enunciato nella definizione di miopia assiale (pag 22), i soggetti presi in esame presentano una base miopica derivante da un aumento del potere refrattivo corneale della zona ottica, a differenza, invece, dei soggetti con base ipermetropica ed emmetropi, i quali presentano una maggiore incidenza relativa alla lunghezza assiale.

All'occhio sinistro 8 studenti presentano miopia e astigmatismo, 4 solo miopia, 3 ipermetropia e astigmatismo, 3 solo ipermetropia, 4 un'emmetropia e in fine 2 astigmatici.





Si evince che i soggetti affetti da miopia e astigmatismo presentano un'ametropia derivante da una variazione dal valore diottrico corneale rispetto ai soggetti affetti solo da miopia, in cui l'ametropia deriva da una variazione della lunghezza assiale; anche i soggetti con base ipermetropica presentano un'ametropia assiale, mentre i soggetti emmetropi presentano un'incidenza paritaria.

In conclusione, nonostante sia chiaro che l'insorgenza delle ametropie trova spiegazione nella variazione della lunghezza assiale del bulbo oculare, dallo studio effettuato si deduce che, nella maggior parte dei soggetti esaminati, l'aumento o la diminuzione del potere diottrico corneale rispetto alla norma può determinare la comparsa dell'ametropia.

Bibliografia.

- (1) *Contattologia. Una guida clinica Copertina flessibile – 1 gennaio 2004 di Luigi Lupelli (Autore), Robert H. Fletcher (Autore), Angela L. Rossi (Autore).*
- (2) *Appunti Strumentazione Ottica, prof.ssa Rusciano Giulia.*
- (3) *Dispense E.C.M Michele Gagliardi e Luigi De Luca.*
- (4) *Contattologia E.Bottegal. -01/01/2009.*
- (5) *Ottica visuale di Frabizio Zeri (Autore), Anto Rossetti (Autore), Alessandro Fossetti (Autore) SEU, 2012.*
- Manuale di optometria e contattologia di Anto Rossetti (Autore), Zanichelli (Editore).*
- L'esame visivo efficace di L.Giannelli, M.Giannelli, G.Moro (Autori), Medical Books (Editore).*
- Pratica della refrazione di D.Abrams (Autore), Piccin (Editore).*
- Manuale di oftalmologia di L.Liuzzi, F.Bartoli (Autori), Minerva Medica (Editore).*

Sitografia.

- (6) <https://www.youtube.com/watch?v=sxcvuxT8cbk&t=1s>
- <https://www.visitamiapp.com/specialisti/7/oculista/prestazioni/1350/topografia-corneale>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Oftalmometro>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dhgXQgqn5d8>
- <https://www.schalcon.com/it/approfondimenti/occhi/fisiologia/29/la-cornea>

Ringraziamenti.

Giunta alla fine di questo percorso di studi sento il dovere di ringraziare tutti coloro che mi hanno supportata e incoraggiata a non mollare mai.

In primis, ringrazio il Professore *Michele Gagliardi*, mio relatore, il quale mi ha incentivato a proseguire gli studi anche con l'arrivo della mia bambina. Ha saputo aiutarmi nella stesura della tesi, senza alcuna esitazione, con suggerimenti, critiche ed osservazioni, riservandomi il tempo necessario anche a distanza. Grazie ai suoi consigli, alla sua pazienza e alla sua bravura, oggi posso finalmente sentirmi orgogliosa di me stessa.

“La bravura di un docente non si misura sui ragazzi che sono già bravi in partenza, ma sulla capacità di aiutare chi è in difficoltà e di risollevarlo da un destino che altri credono già segnato.”

Ringrazio i miei genitori, la mia *Mamma* e il mio *Papà*, senza i quali non avrei potuto raggiungere questo obiettivo. A loro devo tutto il carisma, la volontà, il coraggio e la forza, perché se non avessi immaginato i loro occhi ricchi di orgoglio in questo giorno, non avrei posseduto la stessa tenacia nel proseguire questo percorso.

Ringrazio *Antonio*, il mio compagno di vita, il quale ha saputo supportarmi e soprattutto sopportarmi in questo percorso di studi. A lui devo tanto, perché è riuscito a farmi sentire abbastanza forte quando credevo di non valere abbastanza.

Ringrazio *Maria*, mia sorella, per aver continuamente creduto nelle mie potenzialità, senza alcun scoraggiamento quando gli esiti degli esami non erano decisamente come mi aspettavo.

Ringrazio *Francesca*, la mia fortuna, la mia migliore Amica, perché nonostante le mie crisi esistenziali, i miei mille impegni e il poco tempo da offrirle, lei ha saputo sempre starmi accanto.

Ringrazio tutti i miei colleghi universitari, soprattutto *Elena*, la quale ha condiviso con me tutte le ansie e le paure nei giorni precedenti agli esami, come anche i sorrisi, i festeggiamenti e le gratitudini una volta superati. Ringrazio *Angela*, *Simona*, *Francesco* e *Davide*, perché grazie a loro, alle mille paranoie e alle infinite risate condivise, questo percorso è risultato più leggero e divertente. Ringrazio *Ludovica* e *Felicia*, perché con il loro animo puro sono state capaci di rallegrare quelle giornate in cui il mio umore era completamente cupo.

Ringrazio tutti coloro che hanno creduto in me e un po' in più a chi, invece, non ci ha creduto; è in gran parte anche grazie a chi mi ha sottovalutato che ho avuto la voglia di “vincere”.

In fine, ma per niente meno importante, ringrazio *Luisana*, la mia dolce bambina a cui dedico questo traguardo. È grazie al suo arrivo che sono rinata anche io, sia come donna che come madre. Nei momenti in cui la voglia di mollare prevaleva sulla forza di continuare, mi bastava sentire il calore di un suo abbraccio per sentirmi la persona più forte ed invincibile. A lei devo tutto.

GRAZIE!

