

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

Relazione tra ametropie e geometrie corneali.

Relatore:

Prof. Michele Gagliardi

Candidato:

Auriemma Roberta
M44000407

A.A. 2017/2018

INDICE

Introduzione.....	4
Capitolo 1:	
1.1 Il sistema diottrico oculare.....	5
1.2 Ametropie.....	9
1.3 Miopia, ipermetropia e astigmatismo.....	10
Capitolo 2:	
2.1 Geometria corneale.....	14
2.2 Strumenti utili allo studio della geometria corneale.....	16
2.3 Studi internazionali sulle ametropie assiali e la loro correlazione con la geometria corneale.....	19
Capitolo 3: LO STUDIO	
3.1 Parte generale.....	21
3.2 Dati oftalmometrici.....	22
3.3 Dati della soggettiva da lontano (correzione finale).....	25
3.4 Dati topografici.....	28
Conclusioni.....	31
Bibliografia.....	34

Introduzione

La presenza delle ametropie, sferiche o astigmatiche, nel sistema diottrico oculare è dovuta ad una mancata proporzione tra potere diottrico e lunghezza del sistema stesso.

La genesi delle diversità è conseguenza di varie cause ma, sostanzialmente, la diversa modifica della vergenza della luce in ingresso al sistema causa la formazione, a livello retinico, di stimolazioni confuse.

Da ricerche svolte per varie motivazioni, l'insorgenza delle ametropie trova spiegazione nella variazione della lunghezza assiale del bulbo oculare; tuttavia anche l'aumento o la diminuzione della curvatura, in special modo, della superficie anteriore della cornea, è causa di insorgenza delle ametropie.

Il lavoro svolto con questa tesi ha cercato di verificare, anche se con un numero ridotto di soggetti, il "binomio" "minore curvatura – maggior potere"; in pratica se la presenza di una miopia potesse essere accomunata esclusivamente alla diminuzione dei raggi di curvatura della cornea. Ovviamente tale condizione è stata data in parte per esclusione poiché non è possibile verificare la lunghezza dell'asse antero-posteriore del bulbo oculare se non attraverso un'ecografia specifica.

CAPITOLO 1

1.1 Il sistema diottrico oculare

Dal punto di vista dell'ottica fisica, l'occhio, è un sistema ottico complesso; lo scopo del diottrico oculare è quello di focalizzare la luce proveniente dall'esterno sulla retina, per consentire i complessi meccanismi della percezione visiva (fig.1).

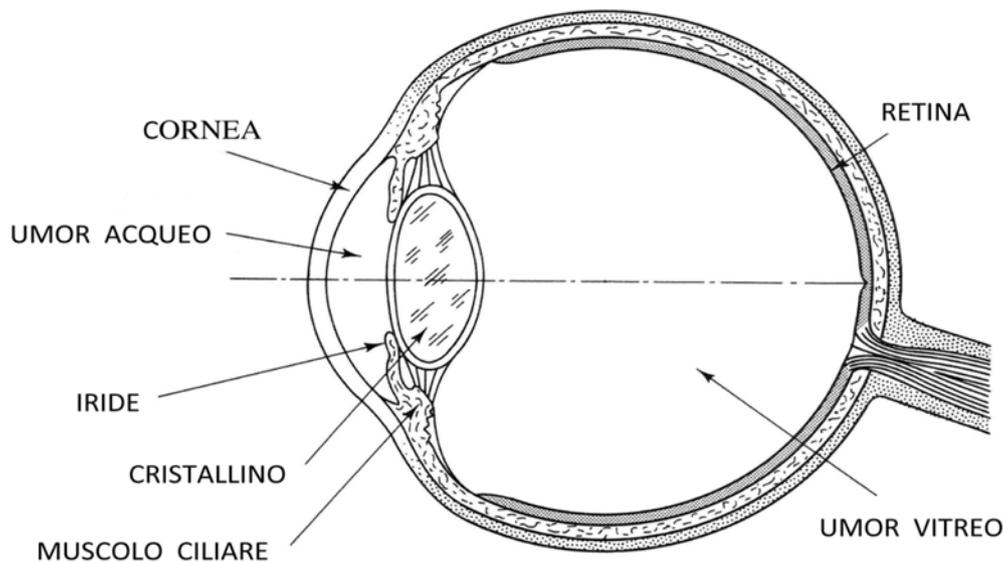


Fig.1 Occhio Schematico.

L'occhio, tralasciando l'aspetto della percezione sensoriale, può essere quindi schematizzato come una serie di diottri trasparenti. Ciascuno di questi diottri è costituito da una superficie rifrangente delimitante due "sostanze" o "tessuti" con indici di rifrazione diversi. Un raggio luminoso proveniente dall'esterno attraversa in ordine:

- aria $n=1,00029$
- film lacrimale $n=1,33$
- cornea $n=1.376$
- umor acqueo $n=1,336$
- cristallino $n=1,408$
- umor vitreo $n=1,336$

Applicando la formula derivata dall'equazione dei punti coniugati:

$$p = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

È possibile calcolare il potere diottrico a livello dei vari passaggi da un mezzo all'altro, cioè in ogni diottro semplice componente il sistema refrattivo dell'occhio. Per quanto riguarda i parametri dei mezzi diottrici si considereranno i valori dell'occhio esatto di Gullstrand.

Il primo salto di indice lo si riscontra nel passaggio dall'aria alla cornea. La cornea è una membrana asferica il cui spessore oscilla tra 0,5 mm al centro e 0,9 mm in periferia. La superficie anteriore è convessa e in genere presenta il meridiano verticale con una curvatura maggiore rispetto a quello orizzontale, ciò comporta un astigmatismo detto fisiologico. La superficie posteriore è, invece, concava con raggio di curvatura uniforme su tutti i meridiani (fig.2). La struttura corneale è caratterizzata da cinque strati: epitelio, membrana di Bowman, stroma, membrana di Descemet, endotelio.

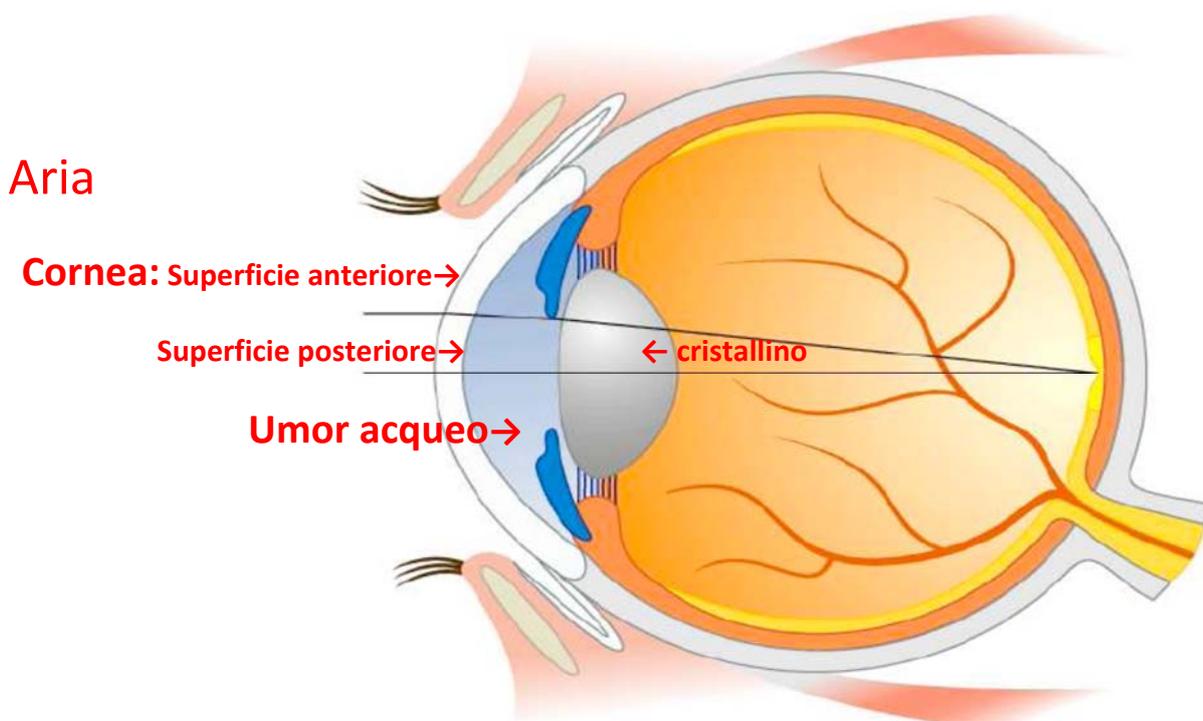


Fig.2 L'occhio.

Valore complessivo del potere diottrico oculare emmetrope

Eseguendo la somma algebrica dei poteri dei vari diottri componenti il sistema rifrattivo oculare avremo il potere totale.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_{3r} = 42,949 + 19,2 = 62,149$$

Dai vari valori dei diottri dell'occhio presi in considerazione si evince che il potere convergente della cornea è maggiore di tutti gli altri mezzi oculari. Ciò dipende principalmente dal fatto che, mentre il cristallino presenta un indice di rifrazione poco diverso da quello del liquido che lo circonda, la cornea si trova fra due mezzi aventi indici di rifrazione molto diversi.

Tutti i dati forniti in precedenza riguardanti la posizione reciproca delle superfici rifrattive e le caratteristiche diottriche di un occhio umano emmetrope ideale (occhio schematico) per quanto orientativi, risultano molto utili per comprendere la natura delle eventuali ametropie.

1.2 Ametropie

Per ametropia si intende una situazione refrattiva determinata da una condizione in cui la luce proveniente dall'esterno con una vergenza zero non viene messa a fuoco sul piano retinico, ma dietro o davanti ad esso.

Per la realizzazione dell'emmetropia è necessario che esista una strettissima correlazione fra i molteplici elementi che condizionano la messa a fuoco sulla retina dei raggi rifratti dal diottero oculare. Ad un potere corneale superiore alla media deve corrispondere un bulbo più corto o un cristallino meno potente.

Un'ametropia, quindi, può insorgere quando le dimensioni del bulbo e le caratteristiche refrattive della cornea e del cristallino, pur restando nell'ambito della normalità non si compensano in modo reciproco. Se ad una cornea di un potere un po' più elevato del normale si associa un lieve aumento della lunghezza del bulbo, ad esempio si verifica una miopia. Le ametropie di questo tipo costituiscono la maggioranza dei vizi di refrazione e vengono chiamate *ametropie da correlazione anomala*; ma esistono anche ametropie che sono causate da un valore decisamente anomalo delle dimensioni e delle caratteristiche refrattive dei diottri oculari, queste vengono denominate *ametropie da componente anomala*.

Possiamo dividere le ametropie in:

- *Ametropie assiali*: condizione dovuta da un'anomalia delle dimensioni Antero-posteriori del bulbo oculare (che in norma è di circa 24mm) in presenza di un diottro oculare di potere normale (circa 60 Diottrie).
- *Ametropie refrattive*: condizione in cui il diametro Antero-posteriore dell'occhio è nei limiti di norma e che dipendono quindi da un'anomalia delle caratteristiche del diottro oculare. Nell'ambito delle ametropie refrattive si possono ancora distinguere:
 1. *Ametropie da curvatura* dovute da un'anomalia della curvatura delle superfici della cornea o del cristallino.
 2. *Ametropie da indice* provocate da una modificazione degli indici di rifrazione dei mezzi diottrici.

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

1. *Ametropie sferiche*, in cui il fuoco non coincide con il piano retinico e resta puntiforme.
2. *Ametropie astigmatiche*, in cui il fuoco non presenta un unico punto, ma due linee di fuoco, una orizzontale e una verticale, una anteriore ed una posteriore, dovute alla differenza di potere diottrico dei due meridiani principali. Lo spazio compreso tra queste due linee è detto *intervallo o conoide di Sturm*.

1.3 Miopia, ipermetropia e astigmatismo

Una miopia o un'ipermetropia possono derivare da un'anomalia delle dimensioni anteroposteriori del bulbo oculare in presenza di un diottro oculare di potere normale, ametropie assiali; mentre una tipica ametropia da curvatura è rappresentata dall'astigmatismo.

La miopia si verifica quando i raggi luminosi provenienti paralleli dall'infinito vengono fatti convergere eccessivamente, portando il fuoco anteriormente al piano retinico e realizzando così sulla retina un'immagine sfuocata. Nella maggior parte dei casi, ciò accade per una lunghezza anatomica del bulbo oculare eccessiva rispetto al potere refrattivo dei mezzi diottrici. La miopia può dipendere anche da altre cause, come una curvatura corneale eccessiva rispetto alla norma, una curvatura eccessiva delle superfici del cristallino o, infine, dalla presenza di un cristallino troppo vicino alla

cornea e la camera anteriore è quindi più bassa della norma. Il termine miopia deriva dalla parola greca "myopos" che vuol dire "occhio socchiuso": il miope, infatti è conosciuto per l'estrema facilità con cui strizza gli occhi quando vuol guardare in lontananza. In compenso non ci sono problemi a vedere bene gli oggetti da vicino. La miopia può essere di grado lieve (fino a 3 diottrie), medio (da 3 a 6 diottrie) o elevato (oltre le 6 diottrie).

La caratteristica di un occhio miope è di vedere male da lontano e bene da vicino. La correzione di questo difetto si ottiene antepoendo all'occhio lenti divergenti negative (fig.4).

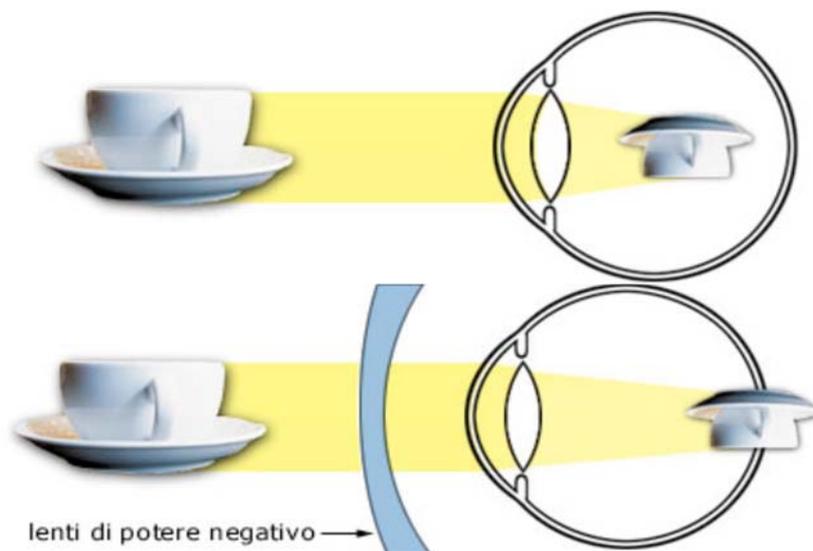


Fig.4 In alto l'immagine che si forma prima della retina in un occhio miope; in basso occhio miope corretto con lente negativa.

L'ipermetropia si verifica quando i raggi luminosi provenienti paralleli dall'infinito, vengono fatti convergere in maniera insufficiente, portando il fuoco posteriormente al piano retinico, formando così sulla retina un'immagine sfuocata.

Teoricamente gli ipermetropi dovrebbero vedere male sia da lontano che da vicino perché l'immagine si focalizza dietro la retina. Per fortuna c'è il cristallino che in questo caso riesce a compensare con uno sforzo, più o meno grande, il difetto specialmente da lontano. In pratica spesso l'ipermetrope è una persona che, da giovane, ci vede bene ma che può stancarsi specialmente quando guarda da vicino. Nella maggior parte dei casi ciò accade quando il diametro anteroposteriore dell'occhio è inferiore alla norma. Altre cause responsabili dell'ipermetropia possono essere individuate quando il potere diottrico oculare è scarso rispetto alla lunghezza anatomica del bulbo, o quando il cristallino è troppo lontano dalla cornea

cioè quando la camera anteriore è più profonda della norma, o infine in un'assenza del cristallino (afachia).

La caratteristica di un occhio ipermetrope è di vedere male da lontano e peggio da vicino. Si corregge con lenti convergenti positive (fig.5).

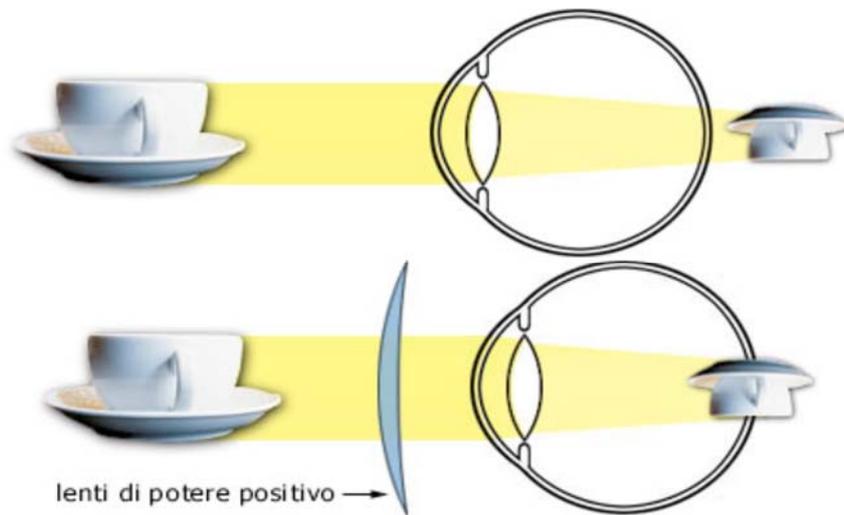


Fig.5 In alto l'immagine che si forma dopo la retina in un occhio ipermetrope; in basso occhio ipermetrope corretto con lente positiva.

L'astigmatismo è quella anomalia refrattiva in cui il diottero oculare ha un potere differente nei vari meridiani; i due meridiani su cui il potere è massimo e minimo si chiamano meridiani principali, essi sono perpendicolari tra di loro nell'astigmatismo regolare, qualora non si verifichi ciò l'astigmatismo è chiamato irregolare.

I raggi di luce che attraversano il diottero oculare astigmatico non si concentrano in un punto, bensì si focalizzano su piani diversi, realizzando il cosiddetto "Conoide di Sturm" delimitato da due linee perpendicolari tra loro, chiamate focaline, separate da un intervallo focale che prende il nome di "Intervallo di Sturm", proporzionale all'entità dell'astigmatismo (fig.6).

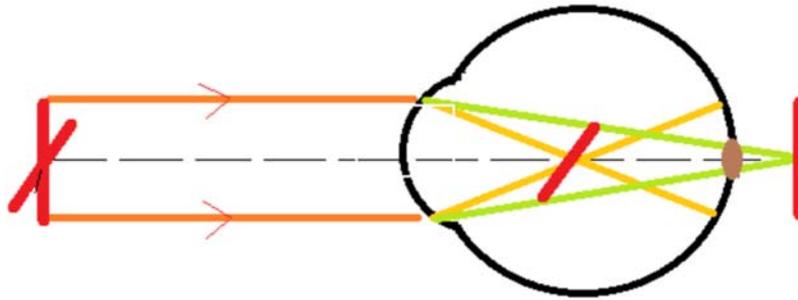


Fig.6 Le due linee in rosso rappresentano le focaline (quella inclinata è l'orizzontale).

A seconda della posizione che occupano le due focaline della conoide rispetto alla retina, l'astigmatismo viene distinto in:

- Miopico semplice: una focale si trova sulla retina, l'altra si trova prima di essa.
- Miopico composto: entrambe le focali sono posizionate prima della retina.
- Ipermetropico semplice: una focale è sulla retina, l'altra si trova dopo di essa.
- Ipermetropico composto: entrambe le focali sono posizionate oltre la retina.
- Misto: una focale è prima e l'altra dopo la retina.

L'astigmatismo regolare è suddiviso in:

1. *a. secondo regola*, quando il meridiano di maggior potere è il verticale.
2. *a. contro regola*, quando il meridiano di maggior potere è l'orizzontale.
3. *a. obliquo*, quando i meridiani principali non sono né verticali né orizzontali.

Solo l'astigmatismo regolare è correggibile mediante lenti cilindriche o con la combinazione di lenti cilindriche e sferiche negative o positive secondo il vizio refrattivo di base (fig.7).

Le superfici che presentano astigmatismo sono la cornea e il cristallino. La superficie esterna della cornea è considerata sede principale dell'astigmatismo e presenta una certa toricità di 0,50 D SR.

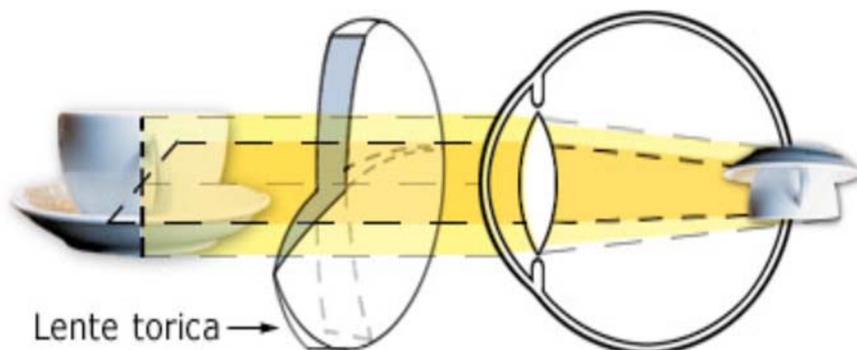


Fig.7 Occhio astigmatico corretto con lente sferocilindrica

CAPITOLO 2

2.1 Geometria corneale

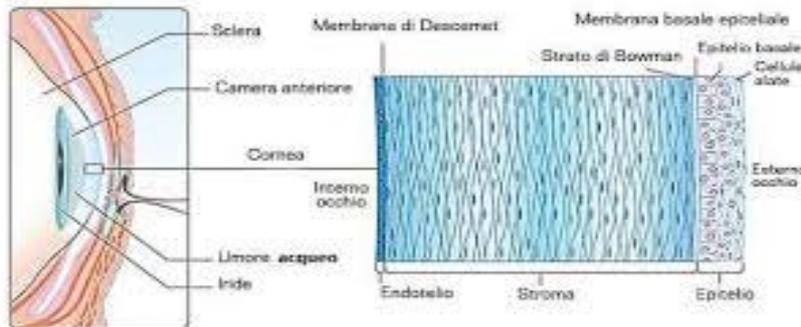


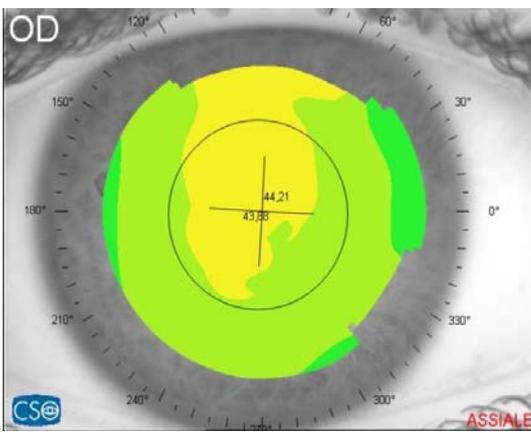
Fig.8 - Gli strati della cornea

La cornea è la prima lente dell'occhio con la massima rifrazione statica. Si articola nella sovrapposizione di 5 distinti tessuti, che dalla superficie anteriore a quella posteriore, sono: Epitelio, Membrana di Bowman, Stroma corneale, Membrana di Descemet, Endotelio. Il potere diottrico complessivo corneale è di circa 43 D e rappresenta circa i 2/3 di quello totale. L'indice di rifrazione medio della cornea è di 1,376. Ad un'osservazione frontale esterna la cornea appare leggermente ovale. Ha una superficie convessa anteriormente e un contorno lievemente ellittico; considerato che presenta un diametro equatoriale orizzontale maggiore di quello verticale (valore che oscilla tra 0,5 e 3 mm), rispettivamente circa 11.7 mm e 10.6 mm, di conseguenza ha una modesta differenza di raggio di curvatura, 7.8 mm e 7.7 mm (astigmatismo fisiologico). L'area centrale, chiamata zona ottica è di 4 mm ed è perfettamente sferica con un raggio di curvatura di 7.7 mm, in questa zona la superficie corneale anteriore ha un potere di circa 49D. La superficie posteriore è concava e circolare, è più estesa e più fortemente incurvata della superficie anteriore, ha quindi un raggio di curvatura minore. Presenta infatti lo stesso diametro, circa 11 mm e lo stesso raggio 6,5 mm in tutti i meridiani. Lo spessore "normale" della cornea al centro è di poco superiore a mezzo millimetro (520-540 μm).

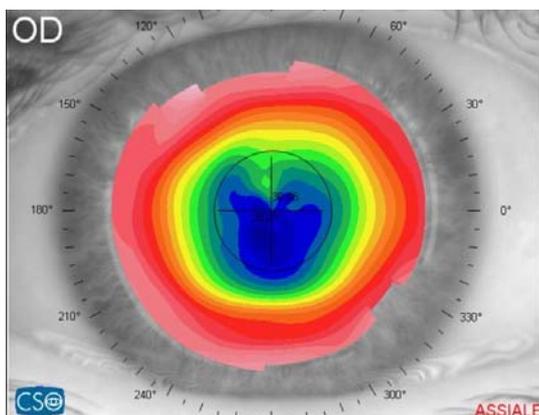
Ma può avere valori medi più alti nell'ipermetrope e più bassi nel miope:

- massimo in prossimità del margine sclero-corneale, dove è più spessa della sclera e misura circa 1,1mm
- minimo verso il centro nel cui punto di massima sporgenza è di circa 0,8 mm.

L'asse trasversale della cornea è di circa 1 mm di quello longitudinale (12 mm contro 11) dando alla cornea la forma di un'ellisse.



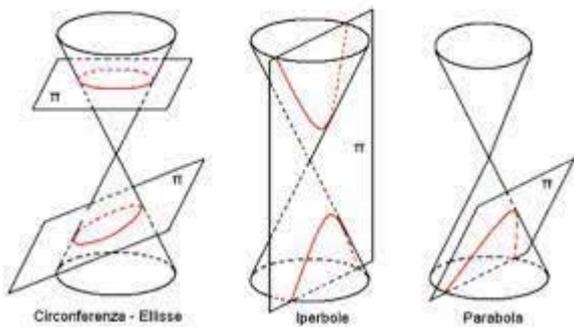
Il profilo della cornea normale ha una forma a collina, più curva centralmente e più piatta verso la periferia e viene definito prolato;



il profilo contrario, a conca, appiattito centralmente e più curvo lateralmente, viene definito oblato.

Eccentricità corneale

L'eccentricità corneale (e) indica il valore di eccentricità dell'ellisse che meglio approssima il meridiano corneale di interesse. Questo valore descrive l'andamento della variazione di curvatura della cornea, cioè quanto rapidamente la curva si



appiattisce o si incurva dall'apice della superficie. L'eccentricità varia da 0 a infinito positivo per il gruppo delle sezioni coniche, curve che derivano dall'intersezioni di un cono circolare con un piano.

Se il piano è perpendicolare all'asse del cono si ha una circonferenza $e=0$; se è parallelo a una generatrice di un cono si ha una parabola $e=1$; se è parallelo all'asse del cono si ha una iperbole $e>1$; in tutti gli altri casi l'intersezione è un'ellisse ed $e<1$.

2.2 Strumenti utili allo studio della geometria corneale

Per la valutazione e lo studio della geometria corneale abbiamo adoperato il topografo e l'oftalmometro (o cheratometro).

Topografo corneale

Il topografo è costituito da due parti: i componenti ottici che sono mira e telecamera (posta al centro della mira) responsabili dell'acquisizione dell'immagine, la mira si va a riflettere sulla cornea ed è costituita da una serie di cerchi concentrici, *disco di Placido (fig. 9)*; e di una componente informatica che rileva ed acquisisce il riflesso sulla cornea dei cerchi luminosi proiettati, scattando delle fotografie. Più la superficie corneale è irregolare, maggiore sarà distorto il riflesso dei cerchi luminosi proiettati dal topografo. Le immagini così raccolte vengono inviate al computer che genera poi una mappa topografica corneale.



Fig.9 –Topografo

La topografia corneale è un esame oggettivo che consente di misurare con estrema precisione la geometria della superficie anteriore corneale, il potere diottrico e la regolarità del profilo consentendo in questo modo l'individuazione di eventuali difetti attraverso la generazione della cosiddetta mappa topografica corneale.

Le mappe topografiche più utilizzate si differenziano, in base all'algoritmo di calcolo utilizzato, in:

1. *mappa assiale o sagittale*, misura la curvatura di un punto corneale in direzione assiale rispetto al centro ed approssima il potere rifrattivo medio della cornea (fig.10)
2. *mappa istantanea o tangenziale* evidenzia ciascun punto della superficie corneale basandosi sui singoli raggi di curvatura giacenti su piani definiti dai rispettivi meridiani corneali (fig.11)
3. *la mappa altimetrica* fornisce informazioni sulla forma della cornea e non sul potere diottrico e si basa sulla differenza di altezza rispetto ad una superficie di riferimento, che offre la migliore approssimazione con la cornea
4. *mappa di potere refrattivo* analizza la cornea come superficie refrattiva considerando il tragitto dei raggi paralleli incidenti rifratti. Più piccola è la distanza focale, più grande è il potere refrattivo effettivo

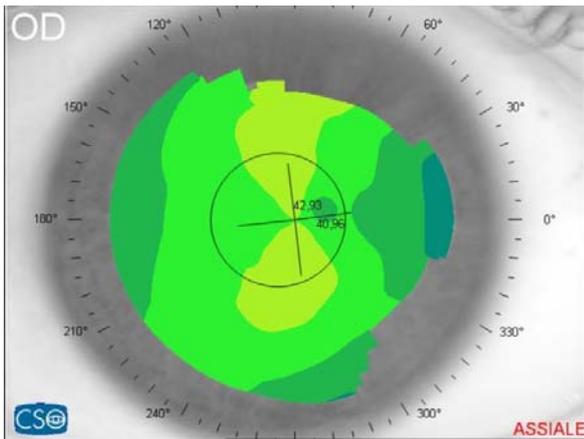


Fig.10- mappa assiale *

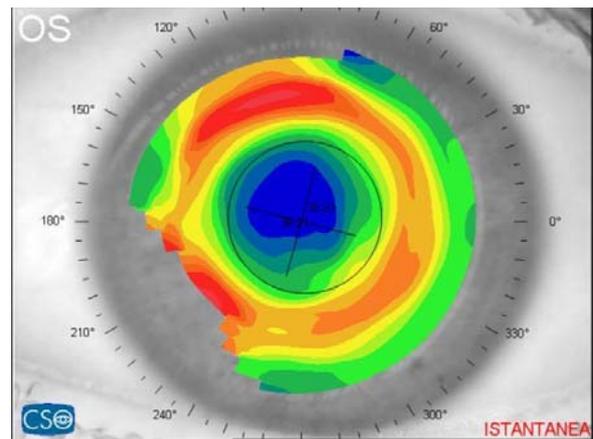


Fig.11- mappa tangenziale *

*(Tratto da <http://www.associazionecheratocono.it/portale/diagnosi/37-diagnosi/118-guida-top>)

La metodica di rappresentazione si basa su scale a colori codificati, dove a ciascun colore corrisponde un determinato intervallo in diottrie o millimetri:

- I. I colori freddi (blu, azzurro e sfumature) indicano le zone della superficie corneale più piatte, quindi con una curvatura minore;
- II. Il colore verde e le sue sfumature, invece, indicano valori di curvatura nella media;
- III. I colori caldi (rosso, arancio e giallo) indicano, invece, le aree corneali aventi una curvatura maggiore.

L'oftalmometro

L'oftalmometro (o cheratometro) misura il raggio di curvatura della superficie corneale anteriore. La misura è limitata alla zona centrale (circa 4 mm) in relazione alla posizione e dimensione delle mire, ed è di notevole precisione. Fu inventato nel 1880 dal fisiologo tedesco Hermann von Helmholtz e poi perfezionato da Emile Javal. Lo strumento è costituito da un sistema ottico (telescopio e oculare) che permette l'osservazione ingrandita della cornea. Attorno al sistema di osservazione si trova l'arco su cui scorrono due mire mobili e retroilluminate che si riflettono sulla

superficie corneale. La parte superiore dello strumento può ruotare sull'asse del sistema ottico per misurare i diversi meridiani e a destra e sinistra per valutare i due occhi. Le mire presentano due caratteristiche: ovvero una ha una forma a scalini ciascuno dei quali rappresenta 1D e sono in colore complementare per rendere più facile il loro posizionamento; qualora le mire vengono sovrapposte la zona di sovrapposizione si presenta bianca. Il funzionamento del cheratometro si basa proprio sul principio che variando la distanza conosciuta tra le due mire viene misurata la curvatura della superficie che le riflette, nel nostro caso la cornea.

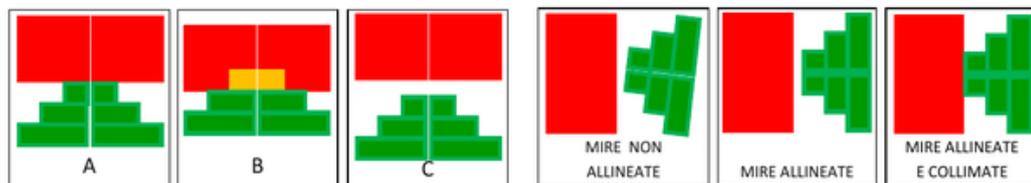


Fig.12- mire oftalmometriche

2.3 Studi internazionali sulle ametropie assiali e la loro correlazione con la geometria corneale

È stato verificato che la miopia è prevalentemente di natura assiale; gli occhi miopi hanno una lunghezza assiale più lunga del normale, con variazioni del raggio corneale che hanno solo una piccola influenza sull'errore refrattivo. Lo scopo di questo studio è quello di verificare se esiste una relazione simile per l'ipermetropia. I dati biometrici sono stati raccolti su 57 soggetti con errori di rifrazione emmetropici o ipermetropici compresi nell'intervallo tra $-0,37$ D e $+17,25$ D. L'analisi principale si è concentrata su soggetti ipermetropici con meno di 10D (gruppo 1, n 53), e soggetti ipermetropici con un'ipermetropia >10 D (gruppo 2, n = 4), i quali mostravano differenze marcate nelle loro caratteristiche biometriche. L'analisi dei dati del gruppo 1 ha rivelato una relazione significativa tra il grado di ipermetropia e le lunghezze assiali misurate. Mentre una relazione debole ma statisticamente significativa è stata trovata anche tra la misura del raggio corneale medio e l'errore refrattivo, cioè esiste una correlazione tra l'appiattimento del raggio corneale medio e l'aumento dell'ipermetropia; (nel gruppo 2, tre dei quattro soggetti presentavano caratteristiche

corneali molto più complesse di quanto previsto dai dati del gruppo 1). In conclusione questi risultati suggeriscono che l'ipermetropia, come la miopia, è prevalentemente di natura assiale, sebbene il raggio corneale abbia un ruolo nel determinare il grado dell'errore refrattivo nella performance visiva di soggetti ipermetropici. [1]

CAPITOLO 3: LO STUDIO

Lo scopo ultimo di questa ricerca consiste nel verificare se effettivamente la geometria corneale determina e, in quali misure, l'insorgenza delle ametropie. Per dimostrare ciò, sono stati raccolti dati oftalmometrici per la misura del raggio di curvatura della superficie corneale anteriore; dati topografici per misurare la geometria della superficie anteriore corneale, il potere diottrico e la regolarità del profilo. In fine è stato utilizzato l'esame refrattivo soggettivo al fine di valutare l'entità dell'ametropia. In questo capitolo viene descritta la modalità con cui sono stati raccolti i dati ed analizzati.

3.1 Parte generale

Il gruppo di soggetti analizzato è composto da 25 studenti frequentanti vari corsi di studi dell'Università di Napoli Federico II. L'età è compresa tra i 18 e i 32 anni con una media tra 21-30 (fig.13).

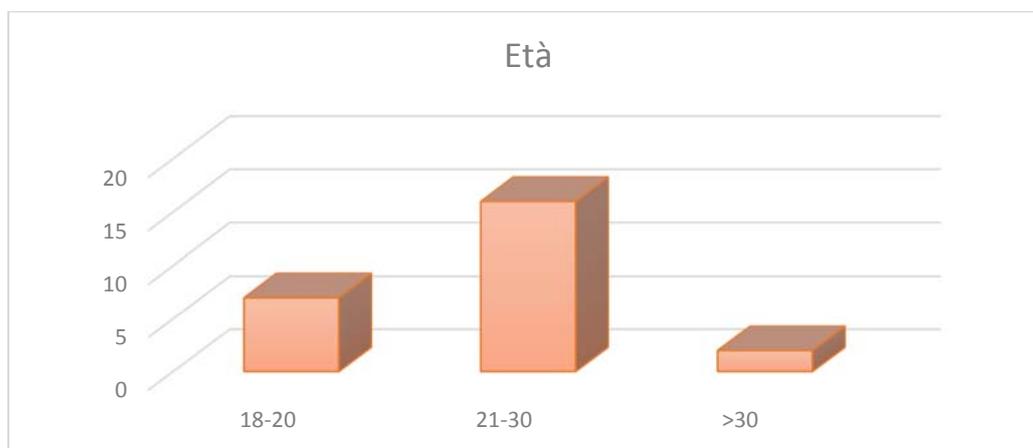


Fig.13- Età

Di questi 25 soggetti esaminati, 17 sono di sesso femminile mentre i restanti 8 di sesso maschile (fig.14).

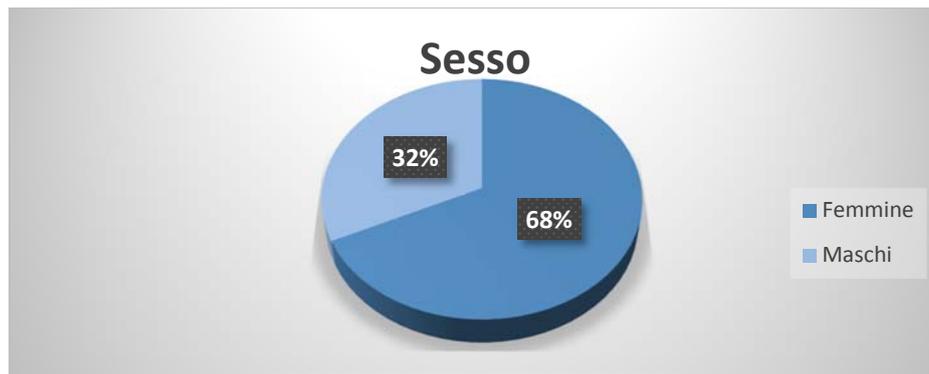


Fig. 14-Sesso

Dall'analisi dei 25 soggetti è emerso che il 52% di loro (sia maschi che femmine) portano correzione in uso, mentre il restante 48% no (fig.15).



Fig. 15- Correzione in uso

3.2 Dati oftalmometrici

I parametri valutati sono: il raggio di curvatura del meridiano orizzontale e del meridiano verticale con i corrispondenti poteri diottrici e asse.

Id	No	Co	OD						
			R:		D:			Ax	
1	R	E	R:	7,90	D:	42,75	43,25	Ax	165
			R:	7,70	D:	43,75		Ax	75
2	C	DC	R:	8,05	D:	42,00	42,25	Ax	165
			R:	7,95	D:	42,50		Ax	75
3	C	LM	R:	7,70	D:	43,75	43,62	Ax	165
			R:	7,75	D:	43,50		Ax	75
4	D	C	R:	8,05	D:	42,00	42,37	Ax	180
			R:	7,90	D:	42,75		Ax	90
5	A	M	R:	7,75	D:	43,75	44,00	Ax	165
			R:	7,65	D:	44,25		Ax	75
6	L	G	R:	8,00	D:	42,25	42,25	Ax	180
			R:	8,00	D:	42,25		Ax	90
7	D	P	R:	7,75	D:	43,50	44,50	Ax	180
			R:	7,40	D:	45,50		Ax	90
8	G	P	R:	8,50	D:	39,75	41,37	Ax	180
			R:	7,85	D:	43,00		Ax	90
9	D	M	R:	7,65	D:	44,25	44,87	Ax	180
			R:	7,45	D:	45,50		Ax	90
10	A	G	R:	7,80	D:	43,25	43,62	Ax	170
			R:	7,65	D:	44,00		Ax	80
11	F	F	R:	7,90	D:	42,75	42,87	Ax	180
			R:	7,85	D:	43,00		Ax	90
12	G	B	R:	7,60	D:	43,75	43,87	Ax	180
			R:	7,65	D:	44,00		Ax	90
13	F	C	R:	7,65	D:	44,25	44,50	Ax	180
			R:	7,55	D:	44,75		Ax	90
14	S	P	R:	7,60	D:	44,50	44,62	Ax	155
			R:	7,55	D:	44,75		Ax	65
15	C	M	R:	7,75	D:	43,50	44,50	Ax	170
			R:	7,40	D:	45,50		Ax	80
16	A	A	R:	8,25	D:	41,00	41,62	Ax	180
			R:	8,00	D:	42,25		Ax	90
17	D	DG	R:	7,85	D:	43,00	43,25	Ax	16
			R:	7,75	D:	43,50		Ax	106
18	G	DA	R:	7,85	D:	43,00	43,12	Ax	126

			R:	7,80	D:	43,25		Ax	36
19	R	C	R:	7,60	D:	44,50	44,75	Ax	17
			R:	7,50	D:	45,00		Ax	107
20	A	A	R:	7,40	D:	45,75	46,00	Ax	30
			R:	7,30	D:	46,25		Ax	120
21	E	M	R:	7,75	D:	43,50	43,50	Ax	180
			R:	7,75	D:	43,50		Ax	90
22	M	P	R:	8,00	D:	42,50	42,62	Ax	150
			R:	7,95	D:	42,75		Ax	60
23	C	F	R:	7,90	D:	42,50	42,75	Ax	180
			R:	7,80	D:	43,00		Ax	90
24	C	F	R:	7,45	D:	45,25	45,50	Ax	180
			R:	7,35	D:	45,75		Ax	90
25	M	F	R:	7,70	D:	43,75	44,12	Ax	160
			R:	7,60	D:	44,50		Ax	70

Id	No	Co	OS						
1	R	E	R:	7,85	D:	43,00	42,62	Ax:	180
			R:	7,60	D:	42,25		Ax:	90
2	C	DC	R:	8,00	D:	42,25	42,75	Ax:	180
			R:	7,80	D:	43,25		Ax:	90
3	C	LM	R:	7,75	D:	43,75	43,50	Ax:	180
			R:	7,80	D:	43,25		Ax:	90
4	D	C	R:	8,10	D:	41,50	41,87	Ax:	180
			R:	8,00	D:	42,25		Ax:	90
5	A	M	R:	7,75	D:	43,50	43,62	Ax:	180
			R:	7,70	D:	43,75		Ax:	90
6	L	G	R:	8,05	D:	42,00	42,12	Ax:	180
			R:	8,00	D:	42,25		Ax:	90
7	D	P	R:	7,70	D:	43,75	44,37	Ax:	165
			R:	7,50	D:	45,00		Ax:	75
8	G	P	R:	8,40	D:	40,25	41,25	Ax:	180
			R:	8,00	D:	42,25		Ax:	90
9	D	M	R:	7,60	D:	44,50	45,37	Ax:	150
			R:	7,35	D:	46,25		Ax:	60
10	A	G	R:	7,80	D:	43,25	43,62	Ax:	180
			R:	7,65	D:	44,00		Ax:	90
11	F	F	R:	8,00	D:	42,25	42,62	Ax:	180
			R:	7,85	D:	43,00		Ax:	90

12	G	B	R:	7,70	D:	43,75	43,87	Ax:	180
			R:	7,65	D:	44,00		Ax:	90
13	F	C	R:	7,65	D:	44,00	44,37	Ax:	180
			R:	7,55	D:	44,75		Ax:	90
14	S	P	R:	7,55	D:	44,75	44,50	Ax:	180
			R:	7,60	D:	44,25		Ax:	90
15	C	M	R:	7,85	D:	43,00	44,12	Ax:	1
			R:	7,45	D:	45,25		Ax:	91
16	A	A	R:	8,20	D:	41,50	42,12	Ax:	175
			R:	7,90	D:	42,75		Ax:	85
17	D	DG	R:	7,85	D:	43,00	43,37	Ax:	170
			R:	7,70	D:	43,75		Ax:	80
18	G	DA	R:	7,85	D:	43,00	43,12	Ax:	105
			R:	7,80	D:	43,25		Ax:	15
19	R	C	R:	7,60	D:	44,25	44,50	Ax:	170
			R:	7,50	D:	44,75		Ax:	80
20	A	A	R:	7,30	D:	46,00	46,25	Ax:	160
			R:	7,20	D:	46,50		Ax:	70
21	E	M	R:	7,80	D:	43,25	43,75	Ax:	10
			R:	7,60	D:	44,25		Ax:	100
22	M	P	R:	8,00	D:	42,25	42,50	Ax:	30
			R:	7,90	D:	42,75		Ax:	120
23	C	F	R:	8,00	D:	42,25	42,50	Ax:	180
			R:	7,90	D:	42,75		Ax:	90
24	C	F	R:	7,45	D:	45,25	45,50	Ax:	180
			R:	7,35	D:	45,75		Ax:	90
25	M	F	R:	7,70	D:	43,75	44,00	Ax:	40
			R:	7,60	D:	44,25		Ax:	130

3.3 Dati della soggettiva da lontano (correzione finale)

I parametri valutati sono: sfera cilindro asse nella soggettiva da lontano, per quantificare l'ametropia. Sono stati trovati i seguenti dati:

Id	No	Co	Età	Occhio OD						Ametropia
				Sf:		Cyl:		Ax:		
1	R	E	26	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
2	C	DC	24	Sf:	-0,50	Cyl:	-0,50	Ax:	105	A.M.C/ C.R.
3	C	LM	20	Sf:	-0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia

4	D	C	23	Sf:	-0,25	Cyl:	-0,25	Ax:	100	A.M.C./C.R.
5	A	M	24	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
6	L	G	18	Sf:	-0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
7	D	P	30	Sf:	-2,50	Cyl:	-1,50	Ax:	180	A.M.C/S.R
8	G	P	32	Sf:	-0,50	Cyl:	-2,50	Ax:	180	A.M.C/S.R
9	D	M	31	Sf:	-5,00	Cyl:	-1,00	Ax:	175	A.M.C/S.R
10	A	G	21	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
11	F	F	20	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
12	G	B	21	Sf:	-5,25	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
13	F	C	20	Sf:	-1,75	Cyl:	-0,25	Ax:	170	Miopia
14	S	P	20	Sf:	-1,75	Cyl:	-0,50	Ax:	170	A.M.C/S.R
15	C	M	22	Sf:	-0,50	Cyl:	-2,00	Ax:	170	A.M.C/S.R
16	A	A	21	Sf:	-0,75	Cyl:	-0,50	Ax:	180	A.M.C/S.R
17	D	DG	21	Sf:	0,25	Cyl:	0,00	Ax:	0	Ipermetropia
18	G	DA	21	Sf:	0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Ipermetropia
19	R	C	24	Sf:	-1,75	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
20	A	A	21	Sf:	0,00	Cyl:	-0,50	Ax:	40	A.M.S/OB.
21	E	M	26	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
22	M	P	18	Sf:	-1,25	Cyl:	-0,50	Ax:	90	A.M.C./C.R.
23	C	F	18	Sf:	0,75	Cyl:	0,00	Ax:	0	Ipermetropia
24	C	F	21	Sf:	0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	175	A.M.R/S.R
25	M	F	21	Sf:	-4,75	Cyl:	-1,25	Ax:	120	A.M.C./C.R.

Id	No	Co	Età	Occhio OS						Ametropia
				Sf:		Cyl:		Ax:		
1	R	E	26	Sf:	0,00	Cyl:	-0,75	Ax:	180	A.M.S/S.R.
2	C	DC	24	Sf:	0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	80	A.M.R./ C.R.
3	C	LM	20	Sf:	-0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	80	A.M.C./C.R.
4	D	C	23	Sf:	-0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	80	A.M.C./C.R.
5	A	M	24	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
6	L	G	18	Sf:	-0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
7	D	P	30	Sf:	-2,75	Cyl:	-1,25	Ax:	165	A.M.C/S.R
8	G	P	32	Sf:	-2,75	Cyl:	-1,25	Ax:	180	A.M.C/S.R
9	D	M	31	Sf:	-5,50	Cyl:	-2,00	Ax:	140	A.M.C/OB
10	A	G	21	Sf:	0,00	Cyl:	0,00	Ax:	0	Emmetrope
11	F	F	20	Sf:	-0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	165	A.M.C/S.R
12	G	B	21	Sf:	-3,75	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
13	F	C	20	Sf:	-0,75	Cyl:	-0,75	Ax:	15	A.M.C/S.R
14	S	P	20	Sf:	-2,00	Cyl:	-0,25	Ax:	10	A.M.C/S.R
15	C	M	22	Sf:	0,25	Cyl:	-2,25	Ax:	10	A.M.R./ S.R.
16	A	A	21	Sf:	-0,75	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
17	D	DG	21	Sf:	0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Ipermetropia
18	G	DA	21	Sf:	0,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Ipermetropia
19	R	C	24	Sf:	-1,50	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia
20	A	A	21	Sf:	0,00	Cyl:	-0,50	Ax:	130	A.M.S/OB.
21	E	M	26	Sf:	0,50	Cyl:	-1,25	Ax:	14	A.M.R./ S.R.
22	M	P	18	Sf:	-1,00	Cyl:	-0,50	Ax:	60	A.M.C./C.R.

23	C	F	18	Sf:	0,25	Cyl:	-0,50	Ax:	4	A.M.R./ S.R.
24	C	F	21	Sf:	0,25	Cyl:	-0,75	Ax:	175	A.M.R./ S.R.
25	M	F	21	Sf:	-3,25	Cyl:	0,00	Ax:	0	Miopia

3.4 Dati topografici

I parametri valutati sono k_1 k_2 k_m , cilindro e asse.

Id	No	Co	OD									
1	R	E	K1:	7,61mm	K2:	7,46mm	Km:	7,54mm	Cyl:	-0,88	Ax:	177
2	C	DC	K1:	7,68mm	K2:	7,59mm	Km:	7,63mm	Cyl:	-0,52	Ax:	141
3	C	LM	K1:	7,72mm	K2:	7,67mm	Km:	7,70mm	Cyl:	-0,28	Ax:	169
4	D	C	K1:	8,69mm	K2:	8,33mm	Km:	8,51mm	Cyl:	-1,66	Ax:	174
5	A	M	K1:	7,96mm	K2:	7,79mm	Km:	7,87mm	Cyl:	-0,93	Ax:	176
6	L	G	K1:	8,04 mm	K2:	7,83 mm	Km:	7,94 mm	Cyl:	-1,09	Ax:	167
7	D	P	K1:	8,01 mm	K2:	7,69 mm	Km:	7,85 mm	Cyl:	-1,75	Ax:	177
8	G	P	K1:	8,36 mm	K2:	7,82 mm	Km:	8,09 mm	Cyl:	-2,79	Ax:	180
9	D	M	K1:	7,72 mm	K2:	7,50 mm	Km:	7,61 mm	Cyl:	-1,30	Ax:	179
10	A	G	K1:	8,27 mm	K2:	8,00 mm	Km:	8,13 mm	Cyl:	-1,34	Ax:	172
11	F	F	K1:	8,33 mm	K2:	8,22 mm	Km:	8,28 mm	Cyl:	-0,53	Ax:	1
12	G	B	K1:	8,00 mm	K2:	7,84 mm	Km:	7,92 mm	Cyl:	-0,88	Ax:	170
13	F	C	K1:	7,95 mm	K2:	7,80 mm	Km:	7,88 mm	Cyl:	-0,77	Ax:	169
14	S	P	K1:	7,80 mm	K2:	7,69 mm	Km:	7,75 mm	Cyl:	-0,60	Ax:	167
15	C	M	K1:	7,85 mm	K2:	7,55 mm	Km:	7,70 mm	Cyl:	-1,69	Ax:	177

16	A	A	K1:	7,96 mm	K2:	7,75 mm	Km:	7,86 mm	Cyl:	-1,11	Ax:	179
17	D	DG	K1:	7,68 mm	K2:	7,63 mm	Km:	7,65 mm	Cyl:	-0,33	Ax:	34
18	G	DA	K1:	7,61 mm	K2:	7,56 mm	Km:	7,59 mm	Cyl:	-0,30	Ax:	89
19	R	C	K1:	7,64 mm	K2:	7,58 mm	Km:	7,61 mm	Cyl:	-0,38	Ax:	10
20	A	A	K1:	7,34 mm	K2:	7,24 mm	Km:	7,29 mm	Cyl:	-0,66	Ax:	30
21	E	M	K1:	7,81 mm	K2:	7,71 mm	Km:	7,76 mm	Cyl:	-0,57	Ax:	169
22	M	P	K1:	7,65 mm	K2:	7,61 mm	Km:	7,63 mm	Cyl:	-0,25	Ax:	136
23	C	F	K1:	8,12 mm	K2:	8,01 mm	Km:	8,07 mm	Cyl:	-0,56	Ax:	3
24	C	F	K1:	7,55 mm	K2:	7,43 mm	Km:	7,49 mm	Cyl:	-0,72	Ax:	177
25	M	F	K1:	7,72 mm	K2:	7,61 mm	Km:	7,66 mm	Cyl:	-0,61	Ax:	179

Id	No	Co	OS									
1	R	E	K1:	7,71mm	K2:	7,49mm	Km:	7,60mm	Cyl:	-1,33	Ax:	15
2	C	DC	K1:	7,92mm	K2:	7,80mm	Km:	7,86mm	Cyl:	-0,65	Ax:	176
3	C	LM	K1:	7,81mm	K2:	7,66mm	Km:	7,74mm	Cyl:	-0,97	Ax:	104
4	D	C	K1:	8,59mm	K2:	8,42mm	Km:	8,51mm	Cyl:	-0,82	Ax:	25
5	A	M	K1:	7,97mm	K2:	7,91mm	Km:	7,94mm	Cyl:	-0,33	Ax:	174
6	L	G	K1:	8,01 mm	K2:	7,88 mm	Km:	7,95 mm	Cyl:	-0,66	Ax:	14
7	D	P	K1:	8,14 mm	K2:	7,82 mm	Km:	7,98 mm	Cyl:	-1,75	Ax:	167
8	G	P	K1:	8,48 mm	K2:	8,12 mm	Km:	8,30 mm	Cyl:	-1,74	Ax:	180
9	D	M	K1:	7,32 mm	K2:	7,11 mm	Km:	7,22 mm	Cyl:	-1,36	Ax:	173
10	A	G	K1:	8,17 mm	K2:	7,97 mm	Km:	8,07 mm	Cyl:	-1,03	Ax:	6
11	F	F	K1:	8,40 mm	K2:	8,28 mm	Km:	8,34 mm	Cyl:	-0,58	Ax:	20

12	G	B	K1:	8,36 mm	K2:	8,09 mm	Km:	8,23 mm	Cyl:	-1,32	Ax:	172
13	F	C	K1:	7,97 mm	K2:	7,83 mm	Km:	7,90 mm	Cyl:	-0,77	Ax:	17
14	S	P	K1:	7,98 mm	K2:	7,93 mm	Km:	7,95 mm	Cyl:	-0,26	Ax:	79
15	C	M	K1:	7,99 mm	K2:	7,58 mm	Km:	7,78 mm	Cyl:	-2,30	Ax:	11
16	A	A	K1:	8,67 mm	K2:	8,47 mm	Km:	8,57 mm	Cyl:	-0,89	Ax:	172
17	D	DG	K1:	8,05 mm	K2:	7,95 mm	Km:	8,00 mm	Cyl:	-0,52	Ax:	148
18	G	DA	K1:	8,01 mm	K2:	7,96 mm	Km:	7,98 mm	Cyl:	-0,31	Ax:	115
19	R	C	K1:	7,19 mm	K2:	7,11 mm	Km:	7,15 mm	Cyl:	-0,48	Ax:	179
20	A	A	K1:	7,46 mm	K2:	7,40 mm	Km:	7,43 mm	Cyl:	-0,38	Ax:	143
21	E	M	K1:	8,03 mm	K2:	7,84 mm	Km:	7,94 mm	Cyl:	-1,05	Ax:	18
22	M	P	K1:	7,97 mm	K2:	7,92 mm	Km:	7,94 mm	Cyl:	-0,29	Ax:	48
23	C	F	K1:	7,97 mm	K2:	7,87 mm	Km:	7,92 mm	Cyl:	-0,55	Ax:	1
24	C	F	K1:	7,87 mm	K2:	7,72 mm	Km:	7,80 mm	Cyl:	-0,86	Ax:	3
25	M	F	K1:	7,78 mm	K2:	7,69 mm	Km:	7,74 mm	Cyl:	-0,46	Ax:	1

Conclusioni

L'obiettivo di questo studio è stato quello di verificare se concretamente l'insorgenza dell'ametropia può essere determinata dalla misura della curvatura corneale, cioè se la miopia può dipendere esclusivamente da una curvatura corneale eccessiva rispetto alla norma (ovviamente questa condizione è stata data in parte per esclusione poiché non è possibile verificare la lunghezza dell'asse anteroposteriore del bulbo oculare).

I 25 soggetti sono stati suddivisi in base all'ametropia:

- Per l'occhio destro, 5 degli studenti presentano solo miopia, la maggioranza cioè 12 degli studenti miopia e astigmatismo, 3 solo ipermetropia, e infine 5 emmetropia (fig.16).

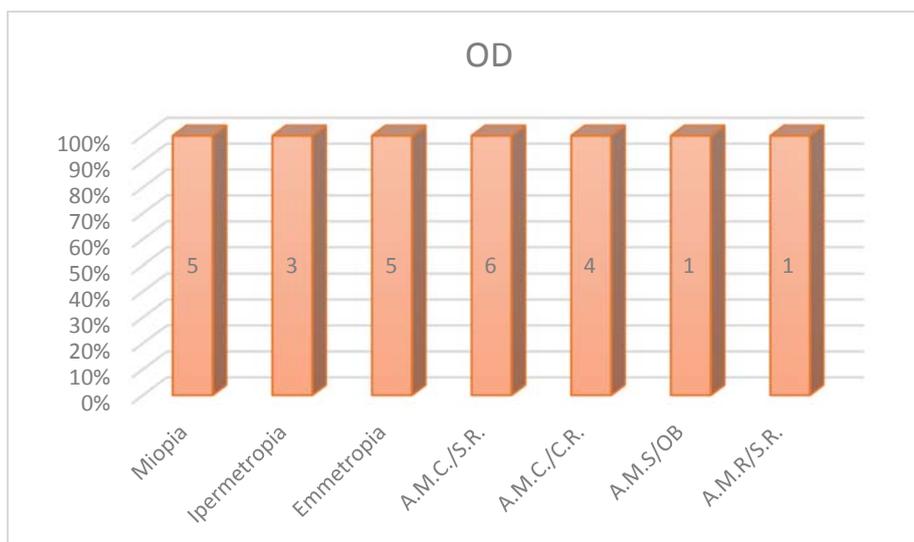


Fig.16

- per l'occhio sinistro, 5 degli studenti presentano solo miopia, la maggioranza cioè 16 degli studenti miopia e astigmatismo, 2 solo ipermetropia, e infine 2 emmetropia (fig.17).



Fig.17

Confrontando i valori del potere diottrico corneale ricavati dai dati oftalmometrici, e i valori della curvatura corneale anteriore ricavati dai dati topografici, con l'entità dell'ametropia trovata nella soggettiva da lontano si evince dal grafico che:

- per quanto riguarda l'occhio destro (fig.18), 10/17 miopi e 1/3 ipermetropi rispettano la condizione di tesi (il restante non presenta ametropia);

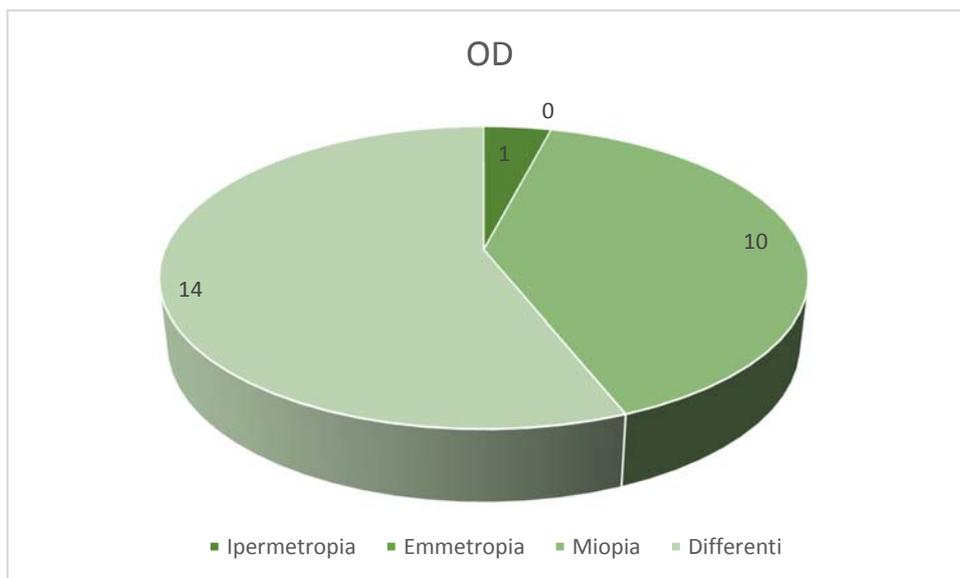


Fig.18 -Occhio destro

- per quanto riguarda l'occhio sinistro (fig.19), 11/21 miopi e 2/2 ipermetropici rispettano la condizione di tesi (il restante non presenta ametropia).

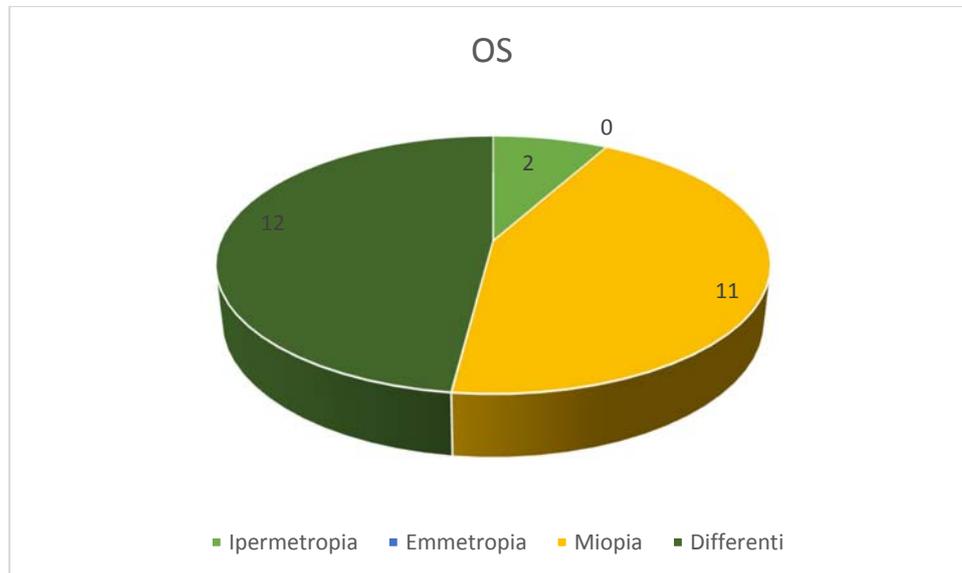


Fig.19-Occhio sinistro

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, anche solo l'aumento o la diminuzione della curvatura anteriore della cornea rispetto alla norma può determinare la comparsa dell'ametropia.

❖ Bibliografia e sitografia

-OTTICA VISUALE, Fabrizio Zeri, Anto Rossetti, Alessandro Fossetti, Antonio Calossi, 2012.

-CONTATTOLOGIA Una guida clinica; Luigi Lupelli, Robert H. Fletcher, Angela L. Rossi

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

-DISPENSE CORSO TECNICHE FISICHE PER L’OPTOMETRIA” I, II, III; P. Carelli; Università Federico II.

-“Optometria A-Z”, dizionario di scienza, tecnica e clinica della visione; L. Lupelli; 2014; Medical Books; Palermo.

-“Elementi di ottica generale”, F. Catalano; 2002, Zanichelli

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

-<https://www.oculistanet.it>

https://www.olent.it/wpcontent/uploads/Linee_guida_tratt_ortocheratologico11.pdf

-<https://www.my-personaltrainer.it/benessere/topografia-corneale.html>

-<http://www.associazionecheratocono.it/portale/diagnosi/37-diagnosi/118-guida-top>

-<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02713689808951218> [1]