

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

“Cheratocono: metodi di correzione con lenti a contatto”

Relatori:

Prof. Stanislao Reppucci

Candidato:

Pasquale Iovino

Matricola M44/509

A.A. 2020/2021

Indice

Introduzione.....	3
CAPITOLO 1 – Il sistema ottico oculare	4
1.1 L'occhio.....	4
1.2 Anatomia della cornea	4
1.3 Film lacrimale	5
1.3.1 Test lacrimali	6
CAPITOLO 2 – Anomalie refrattive	9
2.1 Ametropie sferiche	9
2.2 Astigmatismo	10
CAPITOLO 3 – Il cheratocono	12
3.1 Introduzione	12
3.2 Classificazione	12
3.3 Strumenti e diagnosi.....	13
3.4 Aberrazioni legate al cheratocono	15
CAPITOLO 4 – Cheratocono: metodologie e applicazioni di lenti a contatto”	18
4.1 Lenti a contatto RGP.....	18
4.1.1 Geometrie zona posteriore	18
4.1.2 Clearance e profondità sagittale	19
4.1.3 Tecniche applicative lenti a contatto RGP	19
4.1.4 Menisco lacrimale lenti a contatto RGP	20
4.2 Tipologie di lenti a contatto per cheratocono	21
4.3 Applicazione lenti a contatto per cheratocono	25
4.4 Tecniche di applicazione.....	27
4.5 Geometria periferica della lente.....	28
4.6 Valutazione dell'applicazione corretta	30
4.7 Visite di controllo ed eventuali complicanze	31
4.8 Esempi di applicazione	33
Conclusioni	38
Bibliografia	39
Indice delle Figure	40
Ringraziamenti	41

Introduzione

L'evoluzione e l'innovazione che ha avuto la contattologia nel corso degli anni ci permette, al giorno d'oggi, di affrontare con grande successo situazioni complicate da gestire nella nostra professione come il cheratocono. L'obiettivo del mio elaborato di tesi è quello di esporre le possibili soluzioni contattologiche che abbiamo a disposizione per poter fronteggiare questa patologia corneale. Il mio interesse a sviluppare questo argomento è nato nel momento in cui durante il mio percorso di studi, in particolare durante il corso di ottica della contattologia, ho avuto la possibilità di constatare i benefici e l'efficacia delle lenti a contatto rigide gas permeabili applicate su cornee cheratoconiche. Il cheratocono è una patologia cronica ad andamento progressivo che comporta un astigmatismo irregolare e, di conseguenza, una ridotta qualità della visione che, nella maggior parte dei casi, riusciamo a risolvere solamente grazie all'utilizzo delle lenti a contatto. Il presente lavoro di tesi vi illustrerà innanzitutto cos'è e cosa comporta questa alterazione corneale e, successivamente, andrà a delineare i metodi, le tipologie e le tecniche di applicazione delle lenti a contatto attualmente disponibili che ci permettono di ristabilire un'acuità visiva tale da permettere al soggetto di svolgere una vita regolare. Infine, saranno analizzati dei casi reali con applicazioni di lenti a contatto speciali.

CAPITOLO 1 – Il sistema ottico oculare

1.1 L'occhio

L'occhio è la sede dei processi iniziali della visione che, grazie a un complesso meccanismo supportato da tutti i suoi mezzi ottici, ci permette di focalizzare le immagini che arrivano dall'esterno sulla retina. Il sistema ottico oculare si compone di diverse strutture (fig. 1); le principali sono cornea e cristallino. La cornea, trasparente e avascolare, rappresenta la prima lente che la luce incontra nel suo percorso ed è, inoltre, la lente del sistema ottico oculare dal potere maggiore. Il cristallino è uno dei mezzi ottici oculari e si trova sospeso subito dietro l'iride, membrana esile e pigmentata che agisce da diaframma muscolare regolando la quantità di luce che raggiunge la retina. Esso ha la forma di una lente biconvessa con curvatura variabile e la sua caratteristica principale è quella di poter modificare rapidamente il suo potere diottrico, consentendo la messa a fuoco degli oggetti lontani e vicini; tale processo è definito *accomodazione*.

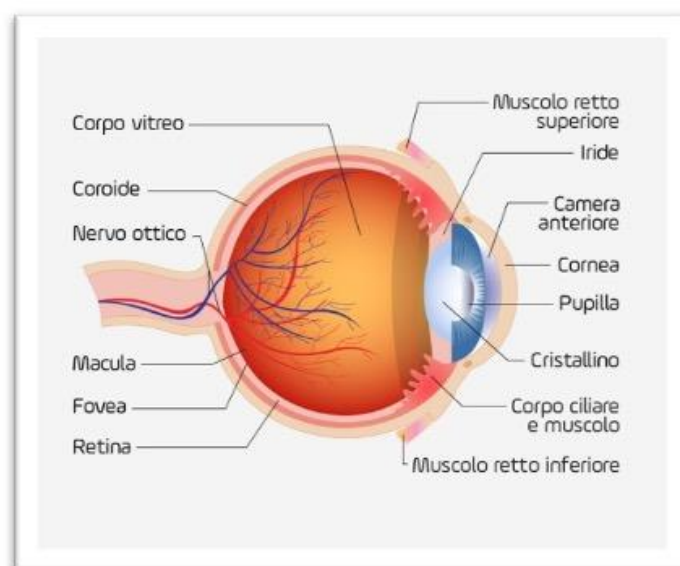


Figura 1 - Principali strutture oculari

L'occhio normale, o *emmetrope*, consente alle immagini esterne di focalizzarsi sulla retina: in altre parole, grazie ai mezzi diottrici i raggi luminosi vanno a fuoco direttamente sulla retina, permettendo una visione nitida. Nella condizione in cui è presente un difetto visivo abbiamo un occhio *ametropo*, in cui i raggi luminosi provenienti dall'esterno non sono messi perfettamente a fuoco sulla retina dando luogo, così, ad immagini sfocate.

1.2 Anatomia della cornea

La cornea è una struttura trasparente, avascolare e ricca di terminazioni nervose. Essa è il principale mezzo rifrangente oculare, difatti contribuisce alla formazione dell'immagine sulla retina per un potere positivo molto elevato (+43/44 D), che dipende principalmente solo dalla curvatura anteriore. La geometria corneale è asferica poiché la curvatura risulta essere maggiore nella porzione centrale, mentre verso la periferia il raggio di curvatura si appiattisce ed è per questo che diciamo che la cornea ha un andamento *prolato*. La cornea è un tessuto viscoelastico, per

cui, se sottoposta a compressione o schiacciamento, modifica la sua curvatura naturale per riprenderla dopo un certo tempo. Finita l'azione meccanica la naturale forma della cornea si ripristina in breve tempo.

La cornea può essere istologicamente suddivisa in cinque strati principali (fig. 2), che partendo dall'esterno sono: [1]

1. Epitelio
2. Membrana limitante anteriore o di Bowman
3. Stroma o sostanza propria
4. Membrana limitante posteriore o di Descemet
5. Endotelio.

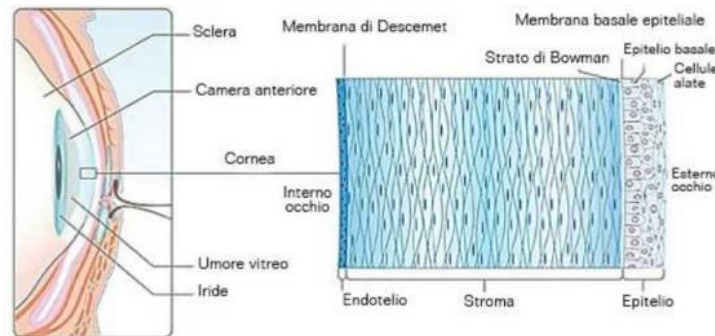


Figura 2 - Strati corneali

1.3 Film lacrimale

Il film lacrimale è un sottile strato di fluido che ha una complessa struttura e che ricopre la superficie oculare.

Il film lacrimale precorneale complessivamente assolve cinque compiti: [1]

1. Protegge la cornea dall'essiccazione;
2. Mantiene il potere rifrattivo;
3. Ha un ruolo nei meccanismi di difesa immunologica contro le infezioni;
4. Aumenta la permeazione di ossigeno nella cornea;
5. Sostiene la disidratazione della cornea grazie alla propria iperosmolarità.

Il film lacrimale è di grande interesse nella pratica della contattologia. Le lenti a contatto aderiscono alla superficie corneale per la tensione superficiale del film lacrimale; la lente è infatti bagnata dal film lacrimale sulle due superfici, anteriore e posteriore, ed è la tensione superficiale, esercitata dal film lacrimale sulla superficie anteriore della lente, a tenerla aderente alla cornea.

Il film lacrimale è formato da tre strati (fig. 3), che dalla superficie corneale verso l'interfaccia film-aria sono: [3]

1. *Strato mucoso*: prodotto dalle ghiandole mucipare accessorie e ricopre le cellule epiteliali congiuntivali e corneali;
2. *Strato acquoso*: prodotto dalla ghiandola lacrimale principale e dalle ghiandole lacrimali accessorie di Krause e Wolfring, è composto da elettroliti, acqua e proteine;
3. *Strato lipidico*: prodotto dalle ghiandole di Meibomio, serve ad abbassare la tensione superficiale delle lacrime, favorendone la distribuzione sulla superficie corneale e rallentandone l'evaporazione.

IL FILM LACRIMALE

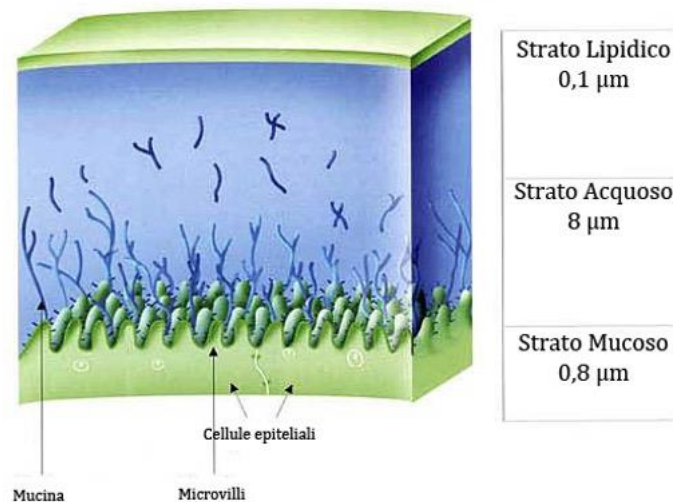


Figura 3 - Strati del film lacrimale

1.3.1 Test lacrimali

L'applicazione delle lenti a contatto è legata anche ad una normale condizione del film lacrimale. Qui di seguito verranno discussi i metodi che permettono la valutazione del film lacrimale. I metodi *quantitativi* permettono di valutare la quantità di secrezione, quelli *qualitativi* valutano la funzionalità e stabilità del film lacrimale.

Test quantitativi:

1. *Esame dei menischi lacrimali*: il normale spessore è 0,2-0,5 mm. Qualora lo spessore sia inferiore a 0,1 mm, viene considerato anormale. Per valutare i menischi lacrimali è utile l'uso della fluoresceina e della lampada a fessura con l'oculare millimetrato; la misurazione si esegue dopo 2-3 secondi dall'ultimo ammiccamento.
2. *Test di Schirmer 1*: il test valuta la quantità di lacrimazione totale (riflessa e basale); una strisciolina di carta bibula viene introdotta nel fornice congiuntivale inferiore (lato tempiale) e, senza toccare la cornea, viene utilizzata carta filtrante standardizzata e si valuta la quantità di striscia bagnata oltre la ripiegatura. Dopo 5 minuti, la parte bagnata (esclusa la ripiegatura) sarà di circa 20-30 mm, registrando la normalità.
3. *Test di Schirmer 2*: in questo caso si valuta la lacrimazione riflessa; dopo aver instillato dell'anestetico si inserisce la striscia di carta bibula. Si strofina la mucosa nasale con un batuffolo di cotone, si attendono due minuti e si valuta la quantità di striscia bagnata, che non dev'essere inferiore a 15 mm; nel caso sia inferiore si ritiene presente un'ipolacrimazione.
4. *Test della secrezione basale (test di Jones)*: si esegue come lo Schirmer 1, ma si instilla una goccia di anestetico locale; così facendo si inibisce la secrezione riflessa. Il valore medio è di 15 mm in 5 minuti. Valori inferiori a 3-4 mm si possono considerare patologici.
5. *Turn-over della secrezione lacrimale*: è un test poco invasivo, in cui si valuta il tempo necessario affinché il film lacrimale sia totalmente ricambiato. La tecnica è molto semplice: si instilla della fluoresceina e si

osserva con la lampada a fessura la completa scomparsa della fluorescenza, dovuta al totale ricambio del menisco lacrimale.

Test qualitativi:

1. *BUT (Break Up Time o tempo di rottura)*: si valuta il tempo in cui il film lacrimale rimane integro fino alla sua rottura con conseguente comparsa di zone secche, prive cioè di fluoresceina. La pratica prevede l'instillazione di fluoresceina nell'occhio del soggetto, che viene invitato ad ammiccare per qualche volta e successivamente a tenere l'occhio aperto; si calcola il tempo dal momento dell'ultimo ammiccamento fino alla comparsa delle zone predette prive di sostanza fluorescente. Il test riferisce sull'integrità e stabilità degli strati mucoide e lipidico.
2. *NIBUT (Not Invasive Break Up Time o tempo di rottura non invasivo)*: anche questo test viene effettuato per valutare il tempo di rottura del film lacrimale ma senza introdurre nell'occhio fluoresceina o altre sostanze esterne. Può essere eseguito con l'oftalmometro, il topografo o con altri strumenti che forniscano un'ampia riflessione corneale; la perdita di coerenza della superficie riflettente (le mire, gli anelli del topografo, ecc.) evidenzia la rottura del film lacrimale. Questo valore è estremamente significativo poiché indica effettivamente la misura della secrezione basale.
3. *Test della linea nera (black line)*: questo test valuta il menisco lacrimale e la sua capacità di mantenere uno spessore costante. Si esegue instillando della fluoresceina; all'apertura dell'occhio lo spostamento dello strato lipidico verso l'apice corneale tenderà a svuotare il menisco lacrimale al margine inferiore; vicino al menisco si svilupperà una diminuzione lineare del film lacrimale che, se colorato, appare come una linea nera nella cui corrispondenza vi è esclusiva presenza di sostanze lipidiche e mucoidi. Qualora questa linea sia irregolare non vi sarà possibilità di mantenere costante lo spessore del film lacrimale.
4. *Test del pH*: è un test che si rivela importante come rivelatore nelle variazioni patologiche dell'epitelio. Il pH delle lacrime ha valori normali che oscillano tra 6,8 e 7,4; nel caso di stati patologici esso diviene basico. La misura può essere effettuata con cartine di tornasole oppure attraverso strumenti più precisi, detti "Phmetri", muniti di particolari elettrodi, o anche con l'utilizzo di coloranti il cui viraggio di colore indica la reazione diversa della sostanza da testare.
5. *Test del rosa bengala*: questo test ha la capacità di colorare le cellule epiteliali morte o degenerate oltre che il muco. Viene impiegato in soluzione all'1%. Si instilla una goccia di 10 µl attraverso una cannula montata sul flacone. Il paziente ammicca naturalmente e viene posto alla lampada a fessura. Si guarda la colorazione dopo 1-2'. L'apparizione di zone rosse indica abrasioni o desquamazioni dovute a una scarsa lacrimazione. Il rosa bengala produce bruciore; più acuto è il dolore, più intensa è la colorabilità.
6. *Test del verde di lissamina*: è un colorante organico acido prodotto sinteticamente e le sue proprietà coloranti in soluzione all'1% sono uguali a quelle del rosa bengala; ha però un migliore contrasto di colore con i vasi e le emorragie ed è indolore. La gradazione nella colorazione è uguale al rosa bengala. A differenza del rosa bengala, il verde di lissamina offre il vantaggio di non causare irritazione cutanea nei soggetti con occhio secco.

7. *Ferning test o test della felpizzazione*: il fering test è un indice qualitativo indiretto della stabilità del film lacrimale, con il quale è possibile valutare l'equilibrio tra le mucoproteine e i sali disciolti nelle lacrime.
8. *Test della dinamica lacrimale*: è un test non invasivo che attraverso la lampada a fessura valuta il film lacrimale focalizzando le particelle in esso disperse. Più viscoso apparirà il film lacrimale, più lento sarà il movimento ascensionale delle particelle superficiali.
9. *Test del lisozima*: la concentrazione di lisozima è inferiore in molte forme di iposecrezione lacrimale. Per eseguire il test si sfrutta la capacità di lisi che possiede questa proteina nei confronti del *Micrococcus Lisodeikticus*.
[3]

CAPITOLO 2 – Anomalie refrattive

2.1 Ametropie sferiche

Le ametropie si suddividono in due forme principali: miopia ed ipermetropia, definite *ametropie sferiche*. Esse si possono presentare anche come astigmatismo, quando il difetto non è il medesimo lungo i differenti meridiani del sistema ottico (ametropie astigmatiche). La presbiopia, invece, influenza la sola visione da vicino e non va considerata un'ametropia: un soggetto può essere ametrope e presbite.

Con il termine *miopia* si fa riferimento a una condizione refrattiva in cui il piano focale dell'immagine costruita dal sistema ottico oculare si trova prima del piano anatomico della retina. Questo facendo riferimento ad un occhio in condizione statica, cioè con l'accomodazione rilassata, e considerando l'osservazione di un oggetto posto all'infinito.

Una diffusa classificazione riduce a tre le forme base di miopia:

1. fisiologica, in cui il difetto è lieve (≤ 3 D), non vi sono variazioni oltre i valori medi delle dimensioni oculari e l'inizio è tardivo (nell'adolescenza);
2. intermedia, caratterizzata da un errore refrattivo maggiore ($\leq 5-8$ D), da modeste variazioni dimensionali e lievi alterazioni del fondo retinico;
3. patologica, caratterizzata da un errore refrattivo elevato ($> 8-10$ D), dalla presenza di alterazioni retiniche e allungamento della dimensione anteroposteriore del bulbo, con una forte componente ereditaria.

L'alterazione più frequente è una maggior lunghezza assiale del bulbo, ma non è ancora chiaro quali fattori siano causa di tale alterazione.

Viene definita *ipermetropia*, invece, la condizione in cui il sistema ottico dell'occhio forma l'immagine di un oggetto posto all'infinito a una distanza superiore a quella del piano retinico. Idealmente, l'immagine nitida si forma dietro il piano retinico mentre su questo si forma un'immagine sfuocata. L'ipermetropia può essere causata (otticamente) da una distanza corta tra piano retinico e sistema ottico, e in tal caso viene detta "ipermetropia assiale", oppure da un potere del sistema ottico relativamente modesto, e in tal caso viene detta "ipermetropia rifrattiva".

Si distinguono le seguenti forme di ipermetropia:

- latente: la parte d'ipermetropia che è effettivamente corretta dall'accomodazione;
- manifesta: la parte d'ipermetropia che rimane non corretta dall'accomodazione (e quindi dà sintomi visivi compensabili otticamente);
- facoltativa: la parte d'ipermetropia che può essere corretta con l'accomodazione, perché compresa nell'ampiezza accomodativa (quantità variabile nel tempo e con l'attività accomodativa);
- assoluta: la parte d'ipermetropia che non può essere corretta dall'accomodazione, perché eccede l'ampiezza accomodativa. [1]



Figura 4 - Formazione delle focali sul piano retinico

2.2 Astigmatismo

La condizione di astigmatismo si presenta quando il sistema ottico non è in grado di formare un'immagine puntiforme di un oggetto puntiforme. L'astigmatismo si manifesta quando il sistema ottico presenta differente potere nelle diverse sezioni (dette meridiani) considerate. Nella maggior parte dei casi le sezioni che presentano potere massimo e minimo si trovano in posizione ortogonale e l'astigmatismo è detto regolare. L'astigmatismo oculare, nella forma regolare, si presenta in tre forme principali e alcune forme da queste derivate.

In relazione alla frequenza, l'astigmatismo regolare è suddiviso in:

- *astigmatismo secondo regola*, quando il meridiano di maggior potere è il verticale considerando una tolleranza di $\pm 30^\circ$; questa è la forma più comune;
- *astigmatismo contro regola*, quando il meridiano di maggior potere è l'orizzontale, sempre considerando una tolleranza di $\pm 30^\circ$;
- *astigmatismo obliquo*, quando i meridiani principali non sono né verticali né orizzontali, ma inclinati con orientamento compreso tra $30/60^\circ$ o $120/150^\circ$.

Considerando la posizione delle focali rispetto alla retina, l'astigmatismo viene diviso in cinque forme (fig. 5):

1. *astigmatismo ipermetropico semplice*, quando una focale cade dopo il piano retinico e una su quest'ultimo;
2. *astigmatismo ipermetropico composto*, quando entrambe le focali cadono dopo il piano retinico;
3. *astigmatismo miopico semplice*, quando una focale cade prima del piano retinico e una su quest'ultimo;
4. *astigmatismo miopico composto*, quando entrambe le focali cadono prima del piano retinico;
5. *astigmatismo misto*, quando le focali cadono una prima e l'altra dopo il piano retinico. [1]

Finora abbiamo descritto solamente forme di astigmatismo regolare, ma dobbiamo far presente che esiste un'altra forma di astigmatismo che è quella "irregolare". Quest'ultima si presenta quando i meridiani principali non sono ortogonali l'un l'altro; più strettamente si tratta di un sistema ottico affetto da aberrazioni. La causa è solitamente rappresentata da un'anomalia irregolare della superficie corneale, come ad esempio il cheratocono. In tal caso la correzione con lenti oftalmiche è approssimativa, se non impossibile; l'uso delle lenti a contatto rigide che

sostituiscono, dal punto di vista ottico, la superficie corneale permette, invece, di risolvere agevolmente il problema. Anche anomalie del cristallino possono essere causa di astigmatismo irregolare.

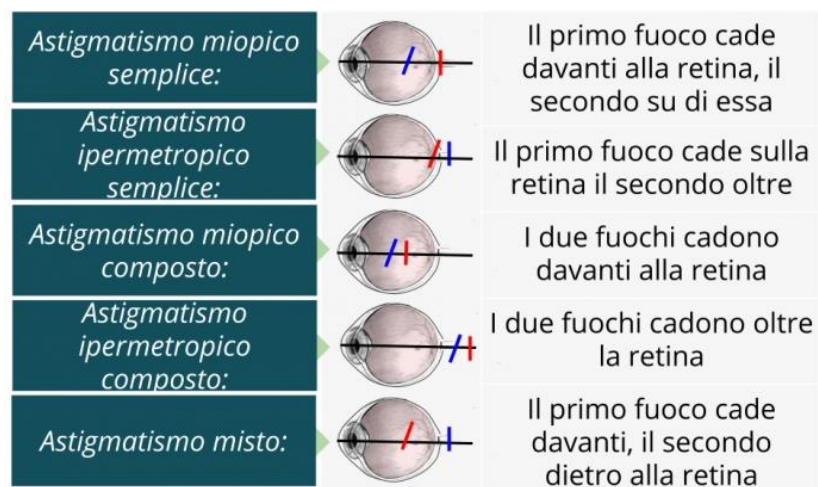


Figura 5 – Tipologie di astigmatismo

CAPITOLO 3 – Il cheratocono

3.1 Introduzione

Il cheratocono è una patologia oculare che colpisce la cornea, la quale subisce un lento e progressivo assottigliamento della porzione centrale che tende a decentrarsi e aumentare la sua curvatura (fig. 6). Si può definire anche come un'ectasia assiale della cornea, generalmente asimmetrica, non infiammatoria. È bilaterale nella maggior parte dei casi, sviluppandosi differentemente nei due occhi. Il decorso della malattia è altamente variabile, classicamente inizia dalla pubertà fino alla metà dei trent'anni e si sviluppa per 10-15 anni fino alla quarta o quinta decade di vita. L'inizio del cheratocono è generalmente seguito da un periodo di relativa stabilità o di progressione molto lenta, che può essere intervallato da episodi di evoluzione più rapida. La progressione è inizialmente caratterizzata da astigmatismo irregolare, da un assottigliamento dello stroma, dalla protrusione apicale della cornea e, nella fase più avanzata, dalla presenza di cicatrici nella zona centrale. L'apice assottigliato si decentra verso il basso, dando origine all'astigmatismo irregolare, una caratteristica della malattia che determina un'alterazione della qualità della visione che può risultare minima o elevata. Il cheratocono si può correggere durante gli stadi iniziali attraverso l'uso di lenti oftalmiche. Spesso, l'astigmatismo irregolare rende difficile effettuare un'adeguata refrazione, sia oggettiva che soggettiva. Nelle fasi successive, quindi nei casi in cui abbiamo a che fare con un cheratocono allo stadio avanzato, la prescrizione degli occhiali non fornisce soddisfacenti risultati ottici e bisognerà ricorrere alle lenti a contatto RGP (rigide gas permeabili). [4]

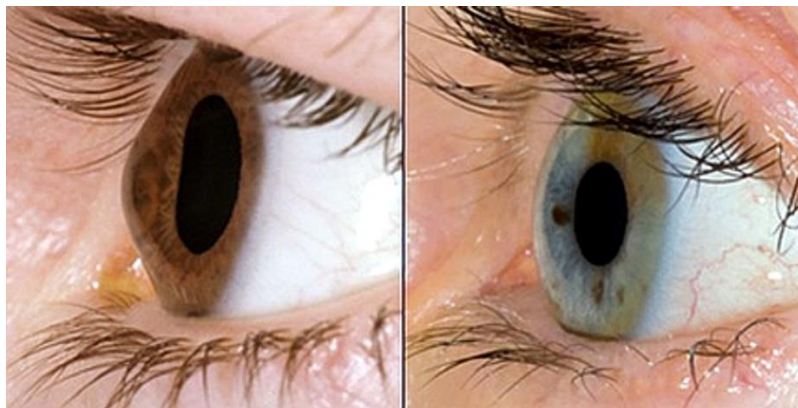


Figura 6 – A sinistra: cornea con cheratocono - a destra: cornea normale

3.2 Classificazione

L'esame della topografia corneale può aiutare a identificare la severità, il tipo e la forma del cheratocono. La classificazione del cheratocono può essere basata su quanto è accentuata la curvatura corneale del cono, considerando la media delle letture cheratometriche centrali rilevate dal topografo corneale.

Una comune classificazione della gravità è la seguente:

- Lettura media inferiore a 50,00 Dt, fase *iniziale* del cono;
- Lettura media compresa tra 50,00 e 56,00 Dt, fase *avanzata* del cono;
- Lettura media oltre 56,00 Dt, fase *severa* del cono.

La classificazione più utilizzata è quella di Amsler, basata sulla curvatura e sull'angolo di Amsler ed è suddivisa in quattro stadi:

1. *Primo stadio*, cheratocono “frusto”, angolo di Amsler da 0° a 3°, curvatura corneale < 7,50 mm, spessore centrale 0,45 mm circa;
2. *Secondo stadio*, cheratocono “evidente”, angolo di Amsler da 4° a 8°, curvatura corneale da 7,00 a 6,50 mm, spessore centrale 0,30 – 0,45 mm circa;
3. *Terzo stadio*, cheratocono “eclatante”, angolo di Amsler superiore a 8°, curvatura corneale da 6,50 a 5,80 mm, spessore centrale 0,20 – 0,30 mm;
4. *Quarto stadio*, cheratocono “acuto”, angolo di Amsler non misurabile, curvatura corneale inferiore a 5,80 mm, spessore centrale inferiore a 0,20 mm. [3]

Possiamo distinguere il cheratocono anche in base alla posizione o alla forma del cono identificando varie tipologie come, ad esempio, tipo “nipple” o centrale, di forma ovale, inferiore-temporale o nasale e tipo globoso o tipo classico (fig. 7).

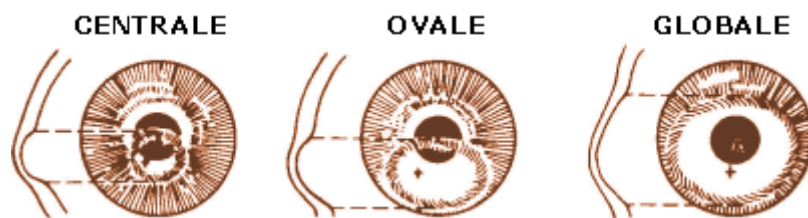


Figura 7 - tipologie di cheratocono

3.3 Strumenti e diagnosi

La diagnosi iniziale di cheratocono può essere fatta durante l'adolescenza o fino alla metà dei trent'anni. I sintomi includono mancanza di visione nitida, in particolare con bassa illuminazione.

È possibile stilare un elenco di sintomi e segni che sono associati alla diagnosi di cheratocono: [4]

- Riduzione lieve o marcata dell'acuità visiva ad alto e basso contrasto ottenuta con occhiali da lontano e da vicino;
- Modificazione della visione che si verifica a partire dalla pubertà (fino alla metà dei trenta o quarant'anni, ma è anche possibile un esordio tardivo);
- Diplopia mon oculare e immagini fantasma;
- Sensibilità al contrasto anomala;
- Irritazione oculare e sintomi da occhio secco;
- Storia di frequente strofinamento degli occhi;
- Storia di malattie atopiche;
- Storia di condizioni sistemiche che possono essere associate al cheratocono.

Gli strumenti utili che ci forniscono informazioni importanti nella diagnosi di un cheratocono sono lo schiascopo, il biomicroscopio (lampada a fessura) e il topografo. La schiascopia valuta la proiezione e la riflessione di un fascio di luce sulla retina del paziente, esaminando come questo viene concentrato sulla parte posteriore dell'occhio, anche con l'inclinazione in avanti e indietro della sorgente

luminosa; il cheratocono è tra le condizioni oculari che evidenziano un riflesso a forbice. Il biomicroscopio permette un esame dettagliato del segmento anteriore dell'occhio ed è lo strumento più utilizzato nella pratica contattologica, ha vari sistemi di ingrandimento e di illuminazione da utilizzare in base alla struttura oculare che si vuole visualizzare.

L'esame di biomicroscopia può evidenziare dei segni che identificano la presenza di un cheratocono: [4]

- Nervi corneali più evidenti;
- Strie di Vogt, linee di stress localizzate nello stroma posteriore o a livello della membrana di Descemet;
- Anello di Fleischer (depositi ferrosi) che si verificano a livello della giunzione fra la parte assottigliata della cornea e quella inalterata;
- Cicatrici epiteliali apicali e subepiteliali;
- Segno di Munson, deformazione della palpebra inferiore con lo sguardo verso il basso (fig. 8)



Figura 8 – Segno di Munson in lampada a fessura

Un altro strumento fondamentale nell'analisi di un cheratocono è il topografo corneale. Esso sfrutta la riflessione corneale proiettando su di essa una serie di cerchi concentrici (disco di Placido) (fig. 9) e grazie all'acquisizione di queste immagini che vengono raccolte su un computer dotato di un apposito software di elaborazione è possibile ottenere una mappatura corneale completa. La mappa topografica della cornea risultante dall'esame di topografia corneale consiste in una mappa cromatica (fig. 10) all'interno della quale ciascun colore rappresenta un grado di curvatura. I colori freddi (blu, azzurro e sfumature) rappresentano zone della superficie corneale più piate, quindi con una curvatura minore; i colori caldi (rosso, arancio, giallo) indicano aree corneali aventi una curvatura maggiore. I valori di curvatura della cornea possono essere espressi in raggio di curvatura oppure in diottrie.



Figura 9 - Disco di Placido topografo corneale

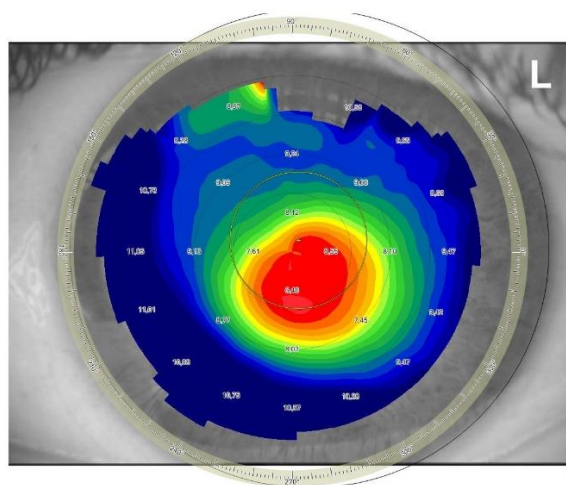


Figura 10 – Mappa topografica cheratocono

3.4 Aberrazioni legate al cheratocono

La qualità dell'immagine retinica è frutto di un insieme di fattori. Il fattore più frequente e/o influente sulla qualità dell'immagine retinica è il defocus (indotto dall'ametropia); l'immagine è anche influenzata da diffrazione (legata alla natura ondulatoria della luce, sempre presente ma influente per piccoli diametri pupillari) e dalla diffusione endoculare (legata all'opacità o ridotta trasparenza dei mezzi). Quando lo sfuocamento è compensato, sono identificabili gli effetti delle aberrazioni che si dividono in: aberrazioni monocromatiche, che possono essere assiali (sferica o di apertura) o extra assiali (coma, astigmatismo, curvatura di campo, distorsione); aberrazioni cromatiche che possono essere assiali o extra assiali.

Una classificazione alternativa è data dagli ordini dei polinomi di Zernike (fig. 11): 1° (inclinazione e sfuocamento), 3° (sfuocamento, coma, aberrazione sferica e simili), 4° sferica e simili, 5°- 11° aberrazioni irregolari; dal 3° grado in poi sono definite aberrazioni di alto ordine. [1]



Figura 11 - Polinomi di Zernike

I polinomi di Zernike sono usati per tradurre le informazioni contenute nei dati primari in misure numeriche come le misurazioni aberrometriche. Infatti, i punti mostrati da un aberrometro vengono esaminati e sui loro scostamenti vengono applicate, una alla volta, le formule per calcolare la superficie corrispondente ad ogni singola aberrazione. In questo modo è possibile stabilire l'entità del defocus, dell'astigmatismo, dell'aberrazione sferica, della coma e così via, ricavando per ciascuna aberrazione, la superficie corrispondente. Ognuna di queste superfici risulta indipendente dalle altre e alla fine, sommandole si ricava l'aberrazione totale (Carnevali R. 2013) [8]. Per quanto riguarda pazienti affetti da cheratocono si è verificato che le aberrazioni oculari presenti sono significativamente più elevate rispetto alla popolazione sana. Questo è dovuto alla conformazione irregolare della cornea e spiega la riduzione dell'acuità e della qualità visiva. Inoltre, le aberrazioni oculari variano durante la giornata a causa delle variazioni del film lacrimale, dell'accomodazione e del diametro pupillare e anche per questo motivo non è sempre semplice trovare una soluzione adeguata (Radhakrishnan H. et al., 2010) [9]. Diversi studi hanno riportato che l'aumento della quantità delle aberrazioni di alto ordine, presenti in pazienti con cheratocono rispetto alla popolazione sana, si ha nel coma, soprattutto nel coma verticale e nel trifoglio. La coma (fig. 12) è una HOA (High Order Aberrations) chiamata così perché gli occhi che ne sono affetti vedono un punto luce come fosse una cometa. Inoltre, si è verificato nelle mappe di codifica delle aberrazioni di alto ordine che per quanto riguarda il coma verticale è presente un'asimmetria verso l'alto causata probabilmente dal decentramento dell'apice corneale. La quantità di aberrazioni di coma e trifoglio è ridotta sensibilmente dall'uso di lenti a contatto RGP perché creano una nuova interfaccia tra aria e superficie oculare. Tuttavia, alcuni pazienti con lenti RGP riportano come sintomo la visione di immagini fantasma a cometa orientata superiormente che

possono essere dovuti ad aberrazioni residue date dalla superficie posteriore della cornea che difficilmente sono compensabili (Kosaki R. et al., 2007). [10]



Figura 12 - Punto luce visto con un'aberrazione di coma

CAPITOLO 4 – Cheratocono: metodologie e applicazioni di lenti a contatto”

4.1 Lenti a contatto RGP

La contattologia è in continuo sviluppo e, attualmente, abbiamo a disposizione una vasta scelta di lenti a contatto che ci permette di affrontare nel migliore dei modi sia difetti refrattivi semplici sia patologie corneali come il cheratocono. Le lenti a contatto più comunemente utilizzate nella correzione di un cheratocono sono le cosiddette lenti “dure” (o rigide) chiamate così per la loro caratteristica di mantenere la propria forma e geometria e non adattarsi al profilo corneale, a differenza delle lenti a contatto “morbide” che seguono perfettamente il profilo corneale e, quindi, risultano poco efficaci in cornee cheratoconiche che presentano un notevole astigmatismo irregolare.

Le prime lenti a contatto rigide erano fabbricate in materiale plastico puro chiamato “PMMA” questo permetteva una qualità visiva ottima, ma al contempo inibiva il passaggio dell’ossigeno e ciò ne limitava l’utilizzo prolungato. Attualmente, sono costituite per la maggior parte in fluoro-silicone/acrilato, il quale permette un utilizzo prolungato grazie all’elevata permeabilità all’ossigeno e al contempo una qualità visiva eccellente. hanno un diametro totale (TD) che oscilla tra 8,0 e 12,5 mm e si posizionano nella zona corneale centrale senza andare a contatto con il limbus. Uno degli svantaggi, legato alla rigidità, risulta essere un comfort non elevato. Il successo applicativo di una rigida si basa sulla precisione della geometria interna, la quale attraverso la scelta dei giusti parametri deve seguire con estrema precisione il profilo corneale. Attualmente le lenti rigide sono costruite con almeno due zone posteriori, una centrale e una periferica, quest’ultima definita flangia, le quali possono avere ulteriori flangie periferiche, ciò permette di seguire correttamente l’appiattimento della superficie corneale in periferia. [3]

4.1.1 Geometrie zona posteriore

- *Geometria sferica*: le lac a geometria sferica sono le più semplici e sono composte da due o più zone posteriori. Possiamo avere la bicurva, la quale è composta da due curve, entrambe sferiche; la prima è definita “BOZ” dall’inglese “back optic zone” ovvero zona ottica posteriore costituita a sua volta da un raggio BOZR “back optic zone radius” che corrisponde al raggio della zona ottica posteriore e da un diametro BOZD “back optic zone diameter” o diametro zona ottica posteriore. La flangia è definita anche come BP “back periferical” o periferia posteriore ed è definita da un suo raggio BPR “back perimetral radius” e dal diametro totale, il TD. (fig. 13)
- *Multicurve*: il principio di base è il medesimo della geometria bicurva ma applicato per lac con tre o più curve; avremo una BOZ e 2,3,4 o più BP, tutte con il loro raggio e il loro diametro.
- *Geometria asferica*: la geometria asferica è una naturale evoluzione della geometria sferica; la curvatura di una superficie asferica diminuisce progressivamente all’allontanarsi dal centro, sono generate dalla rotazione intorno all’asse di curve appartenenti alle coniche. Una geometria del genere è utilizzata nelle lac per seguire maggiormente il profilo corneale, che segue per l’appunto una geometria asferica. Numerosi strumenti oggi permettono

facilmente di calcolare la misura dell'eccentricità corneale il cui valore medio è all'incirca $\varepsilon=0,45$.

- *Geometria parzialmente asferica*: sono lac con geometria posteriore della zona ottica e zona periferica con diverse caratteristiche geometriche. Di solito la zona centrale è sferica e la zona periferica è asferica.
- *Geometria torica*: si definisce torica, una lac con diverse curvature tra i meridiani principali. [3]

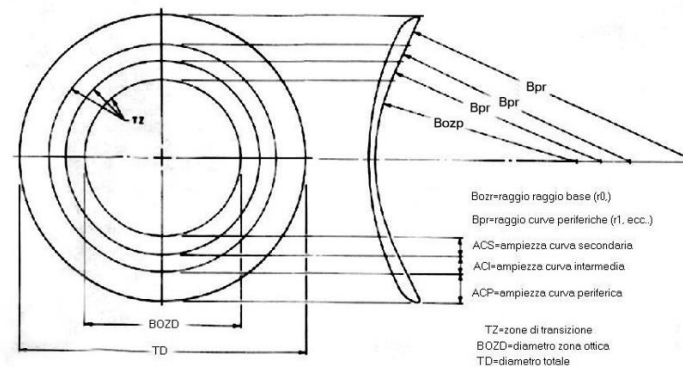


Figura 13 - Parametri lente a contatto

4.1.2 Clearance e profondità sagittale

Lo scopo di tutte queste geometrie interne è quello di instaurare un allineamento tra la parte anteriore della cornea e la superficie posteriore della lac quanto più precisa possibile per ottenere una buona stabilità, un eccellente comfort e un ricambio lacrimale adeguato. L'osservazione della geometria posteriore si valuta attraverso la "clearance" e la sagittale; la prima viene misurata in micron, indica lo spessore di lacrima sotto la lente a contatto. Si divide in centrale e periferico. Il primo definito anche come TLT "tear layer thickness" e rappresenta la "clearance" della zona centrale. Il periferico, viene indicato come "edge clearance". Il secondo parametro, la sagittale (fig. 14), misura invece la altezza della lac ed è in relazione ai valori del BOZR e del BOZD. Deriva da questi valori in quanto un aumento o una diminuzione dei suddetti parametri provoca variazioni della sagittale stessa. [7]

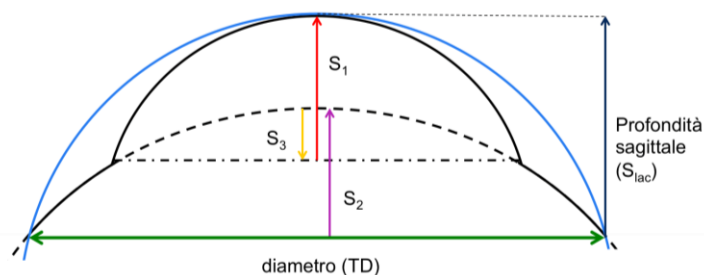


Figura 14 - Sagittale Lac

4.1.3 Tecniche applicative lenti a contatto RGP

Le varie metodiche di applicazione, che si basano su alcuni protocolli, agiscono sui valori della superficie posteriore della lac rispetto alle letture della curvatura della cornea che chiameremo "K piatto" (raggio di curvatura corneale meno curvo) e "K stretto" (raggio di curvatura corneale più curvo); ne segue che ogni metodica avrà

quindi un differente clearance. Le tecniche applicative (fig. 15) in esame sono: “sollevamento apicale”, “allineamento apicale” e “tocco apicale”.

- *Sollevamento apicale*: applicazione ad elevata clearance centrale, il BOZR viene scelto più curvo del “K piatto”; il BPR1 deve essere allineato alla cornea; BOZD e TD devono essere piccoli.
- *Allineamento apicale*: al momento la tecnica applicativa più utilizzata, in quanto comporta nella maggior parte dei casi un facile adattamento, il BOZR viene scelto dal valore del “K” piatto (per migliorare l’appoggio può risultare massimo 0,10mm più curvo o più piatto); il BOZD compreso tra 6-7,50 mm il BPR, parametro fondamentale per questa applicazione deve risultare 0,40-0,80 mm più piatto del “K”; il TD compreso tra 8,50 – 10 mm.
- *Tocco apicale*: non più utilizzato in quanto provoca danni alla cornea, il BOZR veniva scelto più piatto del “K”; il BRP veniva valutato, per ogni applicazione in fluoresceina. [3]

Com’è stato facilmente intuibile, numerose sono le tecniche di applicazione, ognuna con il suo metodo e i suoi vantaggi e svantaggi; non bisogna dimenticare però, tutti i metodi hanno come unici obiettivi comuni: il mantenimento della regolarità delle superfici corneali, un metabolismo corneale adeguato, una visione corretta e una elevata stabilità e comfort.

Dopo l’inserimento della lac viene fatto attendere un tempo necessario all’occhio per “accettare” il corpo estraneo e terminare la lacrimazione riflessa. Successivamente, viene fatto accomodare alla lampada a fessura e si instilla la fluoresceina per la valutazione dell’applicazione.



Figura 15 - Tecniche applicative lac RGP

4.1.4 Menisco lacrimale lenti a contatto RGP

Una lente a contatto RGP, grazie alla sua struttura è in grado di garantire, teoricamente e se ben applicata, la correzione completa di astigmatismi corneali irregolari e non; questo perché grazie alla poca flessibilità della lac rigida si assiste alla formazione sotto di essa di un diottro formato dalla riserva lacrimale dell’occhio chiamato “menisco lacrimale” (fig. 16); esso difatti è una lente a tutti gli effetti, che anteriormente segue la geometria posteriore della lac e posteriormente segue la curvatura della cornea; questa lente assume un potere tale da correggere l’astigmatismo corneale. Le lac rigide, a geometria posteriore sferica, per questo comportamento, sono largamente utilizzate negli astigmatismi corneali regolari e irregolari, di media e bassa entità se tollerati dal soggetto. [3]

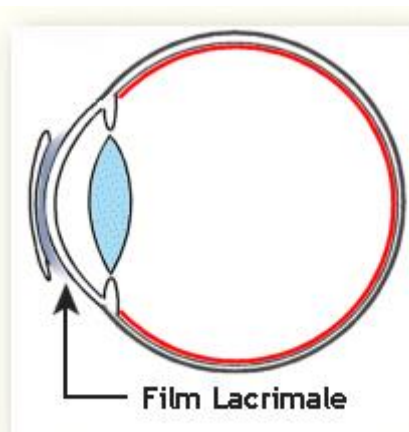


Figura 16 - menisco lacrimale che si forma tra lac e cornea

4.2 Tipologie di lenti a contatto per cheratocono

La scelta della tipologia di lente a contatto “ideale” dipende da numerosi fattori. Abbiamo differenti sistemi ottici di compensazione dei difetti ottici visivi dati dal cheratocono. Il cheratocono, e tutte le ectasie della cornea, producono difetti refrattivi irregolari e asimmetrici definiti, nel complesso, aberrazioni.

Le aberrazioni sono distorsioni/deviazioni del cammino ottico del raggio luminoso che, in assenza di ostacoli, si muoverebbe in modo rettilineo. I difetti refrattivi comunemente conosciuti come miopia, ipermetropia ed astigmatismo sono delle aberrazioni definite semplici, generalmente compensabili con un semplice occhiale da vista. Al contrario, le aberrazioni più complesse, come quelle prodotte dal cheratocono, introducono uno sfuocamento d'immagine non correggibile con l'occhiale: in questo caso, le soluzioni compensative sono le lenti a contatto o la chirurgia refrattiva.

Partendo dal presupposto che non esiste alcuna terapia per il cheratocono, le soluzioni adottate saranno esclusivamente di compensazione, con il fine ultimo di migliorare la percezione visiva, ottenibile mediante un visus elevato e confortevole. Parliamo di percezione visiva, e non di visione, poiché molto spesso i famosi 10/10 non sono un buon punto d'arrivo: soprattutto nel caso delle ectasie, si possono ottenere dei 10/10 disturbanti e degli 8/10 confortevoli.

Il contattologo ricercherà quindi la soluzione meno invasiva, più efficace e più rispettosa della fisiologia oculare, seguendo, in genere, un elenco di procedure, dalla più semplice alla più complessa:

- Occhiali;
- Lenti a contatto morbide usa-e-getta o mensili;
- Lenti a contatto morbide spessorate per cheratocono;
- Lenti a contatto rigide (RGP) per cheratocono;
- Soluzioni piggy back (lenti morbide + RGP);
- Lenti semi-sclerali e sclerali;
- Lenti ibride (lenti con il centro RGP e periferia morbida).

Diametro della lente	Classificazione
8,0–12,8 mm	Lente corneale
12,9–13,5 mm	Corneo-sclerale
13,6–14,9 mm	Semi-sclerale
15,0–18,0 mm	Mini-sclerale
18,1–24,0 mm	Sclerale

Figura 17 - Tipologie lac RGP

Sarà compito dello specialista illustrare al paziente i pro e i contro di ogni scelta, ricordando che non sempre un cono ad uno stadio avanzato necessita di una compensazione sofisticata: in alcuni casi, una semplice lente morbida può essere risolutiva anche per un cheratocono al terzo stadio. Naturalmente, ogni soluzione ha delle potenzialità ma anche dei limiti: visivi, sensoriali e fisiologici. Tra questi, solamente i limiti fisiologici sono vincolanti: non deve presentarsi alcun tipo di sofferenza oculare e le ore di utilizzo giornaliero confortevole devono essere adeguate (8-12 ore), così da garantire una buona qualità della vita.

Gli aspetti sensoriali e visivi sono tipicamente soggettivi: la visione ed il confort ottenuti da una lente a contatto sono senza dubbio importanti ma, come abbiamo appena visto, devono essere sempre accompagnati da una buona fisiologia oculare. [5]

Andiamo ora ad analizzare in dettaglio le possibili soluzioni citate in precedenza.

Gli occhiali sono una soluzione da adottare in caso di cheratocono al primo stadio dove vi troviamo un lieve astigmatismo che riusciamo a compensare sommariamente con le lenti oftalmiche e vanno prescritti anche come soluzione di “riserva” nel caso si utilizzano lenti a contatto.

Il ruolo delle **lenti morbide** nel correggere una cornea irregolare con astigmatismo irregolare è limitata. Si può considerare l'utilizzo di queste lenti, quando tutto il resto fallisce e il paziente è intollerante all'utilizzo di lenti RGP (condizione sempre più rara, con il crescente utilizzo di lenti RGP con diametro grande e con geometrie semi e mini-sclerali, con appoggio oltre il limbus). Lenti morbide sferiche con elevati spessori al centro (da 0,3 a 0,5 mm) possono mascherare alcune irregolarità, ma a causa della loro bassa trasmissibilità all'ossigeno la percentuale di successo è ridotta. In alternativa, è possibile utilizzare una lente a superficie posteriore torica (anche in questo caso con spessori al centro maggiori a causa della stabilizzazione prismatica) che può essere costruita con valori di cilindro fino a 11,00 D. Generalmente può essere necessaria una sovra correzione cilindrica per compensare l'eventuale risultato ottico non soddisfacente. Un'altra opzione disponibile è l'utilizzo di lenti morbide personalizzate a controllo delle aberrazioni che possono correggere alcune aberrazioni di alto ordine a condizione che venga controllata la rotazione e la traslazione della lente.

Le lenti a contatto morbide, in particolare le **lac morbide spessorate** per cornee irregolari sono prodotte con spessori più elevati nella zona centrale perché il loro

scopo è quello di correggere l'irregolarità corneale generata per esempio dal cheratocono o da astigmatismi irregolari post trapianto corneale. Questa soluzione viene adottata, di solito, quando il paziente non tollera le lenti rigide gaspermeabili o in sostituzione di queste ultime per praticare lo sport. La visione è molto stabile rispetto ad altre lenti grazie alla stabilizzazione dinamica e garantiscono un corretto ricambio lacrimale grazie a dei micro-fori prodotti sulla lente. Importante, come valutazione preliminare è sincerarsi sull'elasticità del cono. Se sono presenti delle strie endoteliali che, dopo compressione transpalpebrale a livello limbare, scompaiono, vi è una eccessiva elasticità del cono, per cui, con queste lenti, si avrà una visione fluttuante e instabile.

Le **lenti a contatto rigide gas permeabili** (RGP) sono lenti con diametro totale (TD) tra 8 e 12,5 mm sono considerate lenti corneali. Con l'aumento del diametro del cono anche il diametro della zona ottica posteriore (BOZD), il raggio base e il diametro totale devono aumentare, determinando una miglior relazione fra la profondità sagittale del cono e la profondità sagittale della zona ottica della lente. La determinazione tra queste variabili può essere facilitata attraverso l'uso del topografo corneale, con il quale può essere misurata la posizione, la dimensione e il diametro del cono. La comunicazione con il laboratorio è importante per la corretta applicazione di queste lenti, di cui è importante conoscere il comportamento del diametro della zona ottica posteriore al variare del raggio della zona ottica posteriore; diametro che può variare (BOZD variabile) o rimanere costante (BOZD fisso) e si modifica solo al variare di quello totale. Se la zona ottica è troppo grande rispetto al diametro del cono, la profondità della lente a contatto è maggiore rispetto a quella del cono, ed a causa della presenza di clearance intorno al cono si potranno formare bolle nel film lacrimale pre-lente. Queste condizioni possono influenzare le prestazioni visive. Se il diametro della zona ottica della lente è troppo piccolo, la profondità della lente risulterà più piccola rispetto alla profondità sagittale del cono con conseguente instabilità e decentramento della lente. Una volta calcolato il BOZD e TD della lente, la geometria della lente deve fare in modo che il raggio della zona ottica posteriore (BOZR) determini sul cono un lieve appoggio su tre punti. La zona periferica della lente deve appiattirsi di più rispetto all'appiattimento periferico della cornea e nel farlo, dovrà garantire un sollevamento assiale del bordo superiore rispetto a quello di una lente progettata per un occhio normale con un valor medio di eccentricità (0.5-0.6). I valori di eccentricità per gli occhi con cheratocono sono compresi in un intervallo che va da 0,65 e arriva a valori superiori a 1,0 nei casi avanzati.

Le **lenti a contatto gas permeabili corneo-sclerali** sono lenti di diametro compreso tra 12,9 millimetri e 13,5 millimetri mentre le lenti di diametro compreso tra 13,6 millimetri e 14,9 millimetri possono essere considerate come le **lenti semi-sclerali**. Con l'avvento di materiali GP a iper-Dk, gli applicatori sono diventati più sicuri nella prescrizione di lenti a grande diametro.

Per l'applicazione di queste lenti devono essere considerate tre porzioni distinte che possono essere modificate in modo indipendente:

- La porzione centrale;
- La porzione medio-periferica che interessa la giunzione sclero-corneale;
- La porzione sclero-congiuntivale.

Le lenti corneo-sclerali sono applicate garantendo un appoggio centrale con una lieve clearance apicale o corneoconforme, garantendo una clearance sopra la giunzione corneo-sclerale e l'allineamento nella zona sclero-corneale. Lenti semi-sclerali sono applicate allo stesso modo, ma con una clearance centrale maggiore al fine di garantire un miglior ricambio del film lacrimale. Mappe topografiche corneali che evidenziano un cono molto grande e deformato che può essere spostato inferiormente o di forma irregolare, ognuno dei quali richiede per la sua gestione BOZD molto grandi che sono caratteristici di queste lenti.

Le **lenti a contatto GP mini-sclerali** sono lenti con diametri compresi tra 15 millimetri e 18 millimetri, mentre le **lenti sclerali** hanno diametri da 18,1 a oltre 24 millimetri. L'applicazione di queste lenti richiede la conoscenza del profilo della giunzione corneo-sclerale e la topografia sclerale.

L'applicazione di queste lenti senza la rilevazione dell'impronta del segmento anteriore è impegnativa anche se si possono progettare le lenti utilizzando set di prova e i risultati della tomografia a coerenza ottica.

Queste lenti sono progettate in modo da ottenere allineamento e stabilizzazione sulla congiuntiva sclerale e sollevamento sulla cornea, senza toccare il cono.

Al fine di garantire questo tipo di relazione la profondità sagittale della lente deve essere maggiore rispetto a quella della cornea. Poiché con questo tipo di lenti il liquido lacrimale rimane sotto la lente possono avere un effetto terapeutico in caso di occhio secco, oltre a mascherare aree molto ampie di irregolarità corneale.

Queste lenti offrono vantaggi per casi avanzati di degenerazione marginale pellucida e cheratoglobulo e per trapianti di cornea con innesti sollevati o inclinati (o ogni altra deformazione dovuta a chirurgia refrattiva), e inoltre offrono un comfort e un'ottica migliore. Per il successo di quest'applicazione analogamente alla geometria semi-sclerale ciascuna delle tre zone della lente deve essere considerata singolarmente. Il ricambio di lacrime sotto la lente è garantito dall'azione di pompaggio dovuta all'azione della palpebra superiore su tutta la superficie delle lenti a contatto, che induce flessione (pressione positiva) del centro della lente e pressione negativa che richiama le lacrime sotto la lente dalla periferia della stessa.

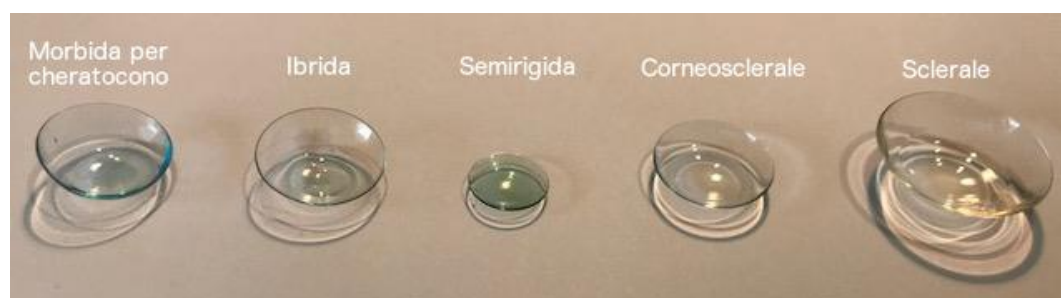


Figura 18 - Lac per cheratocono

Il sistema **piggyback** tradizionale, prevede l'utilizzo di una lente morbida in cui è stata realizzata una svasatura (con diametro compreso fra 8,0 e 9,8 millimetri) come ad esempio la lente UltraVision KeraSoft, (con un diametro totale compreso fra 12,5 a 14,5 millimetri) in cui si inserisce lente rigida, con il vantaggio di garantire in casi di coni di forma ovale lievi o moderati la centratura della lente a contatto

sull'area pupillare e un maggior comfort, ma ha lo svantaggio di ridurre la tensione di ossigeno sotto le due lenti a livelli molto bassi. Con l'avvento dei materiali silicone idrogel c'è stata una ripresa di interesse nei confronti delle applicazioni piggybacking, con l'uso non convenzionale di queste lenti. Questi materiali aumentano la tensione di ossigeno sotto il sistema delle due lenti da 34 millimetri Hg (lenti in PMMA a bassa idrofilia) a 95 millimetri Hg (con lenti GP e SCL), che si traduce in una trasmissibilità molto alta e, quindi, ben al di sopra della soglia necessaria per evitare edema corneale durante il porto giornaliero.

Oltre a migliorare il comfort altri vantaggi del sistema piggyback con lenti in silicone hydrogel sono il lieve modellamento del profilo corneale e protezione corneale quando sono presenti abrasioni coniche.

Il posizionamento della lente GP può essere migliorato utilizzando una lente morbida di potere positivo (+0,50 D) che permette di utilizzare una lente rigida con una curvatura più stretta garantendo il posizionamento al centro della lente morbida. Al fine di evitare un effetto ventosa della lente rigida su quella morbida è preferibile ordinare lenti con un incremento del sollevamento assiale. [4]

Un'altra tipologia di lenti a contatto che man mano sta prendendo forma sempre di più sono le **lenti sclerali a calco oculare**. Le lenti sclerali a calco sono un sistema innovativo sviluppato negli Stati Uniti e chiamato **Eye Print Pro** che permette la realizzazione di una lente sclerale assolutamente personalizzata costruita a partire da un calco dell'occhio; questa tecnologia fornisce la migliore visione e il massimo comfort possibile. Il calco oculare si realizza attraverso una resina bicomponente assolutamente indolore e che non genera problemi all'occhio. Una volta ottenuto il calco, verranno eseguite delle rilevazioni parametriche oculari. Successivamente il laboratorio attraverso uno scanner tridimensionale all'avanguardia ricaverà i dati di curvatura della lente dal calco che verranno annessi con i parametri oculari del paziente e quindi verrà sviluppato il progetto esecutivo. Le lenti sclerali a calco EyePrint Pro rappresentano un'enorme potenzialità per gli occhi fortemente irregolari e per tutte quelle persone che hanno difficoltà con le tradizionali lenti sclerali o mini-sclerali. Inoltre, la lente sclerale da calco oculare è particolarmente indicata nei casi di cheratocono, perché non produce attrito sull'apice dello sfiancamento corneale e nei pazienti sottoposti a trapianto corneale con forte asimmetria del lembo corneale.

4.3 Applicazione lenti a contatto per cheratocono

Le tipologie di lenti a contatto disponibili per la correzione del cheratocono comprendono (considerando l'aumento della gravità della condizione morfologica):

- Lenti gas permeabili sferiche (bicurve o tricurve) e asferiche
- Lenti gas permeabili sferiche multicurve (lenti speciali) con periferie sferiche e asferiche
- Lenti gas permeabili sferiche semi-sclerali

I casi avanzati di cheratogloba, PMD (degenerazione marginale pellucida) e interventi post-chirurgici possono trarre beneficio dall'applicazione di lenti mini-sclerali e sclerali.

Generalmente, quando la visione non può più essere adeguatamente migliorata con gli occhiali si consiglia l'utilizzo di lenti a contatto. È fondamentale permettere al paziente una visione funzionale da permettere di soddisfare i suoi bisogni.

Il protocollo applicativo dovrebbe includere i seguenti passaggi:

- Anamnesi
- Valutazione del film lacrimale
- Controllo delle palpebre e della rima palpebrale
- Cheratometria
- Videocheratografia
- Refrazione
- Applicazione lente di prova
- Sovrarefrazione
- Analisi del pattern fluoroscopico

Durante la valutazione pre-applicativa vanno evidenziati due importanti parametri corneali:

- Lo stadio del cheratocono
- La dimensione e la posizione del cono (al fine di selezionare il BOZD e TD)

Lo stadio del cheratocono è determinato calcolando la media delle due letture cheratometriche. Se la media è inferiore a 50,00 D (6,75 millimetri), il cono è considerato nella sua fase iniziale, se la media è compresa fra 50,00 e 56,00 D (da 6,75 a 6,03 millimetri) il cono è considerato avanzato. Per una media superiore a 56,00 D (6,03 millimetri), il cono è considerato severo. La videocheratografia aiuta a determinare l'ubicazione, la forma e le dimensioni del cono. In fase avanzata, la zona del cono acquisisce una forma definita, che può essere classificato come "nipple" (abbastanza centrato e/o leggermente nasale), ovale (inferiore e spostato lateralmente) o globoso che interessa il 75% o più della cornea.

Per l'applicazione è importante avere disponibilità di lenti di prova.

Per selezionare il BOZR della lente in funzione di un particolare BOZD e TD, bisogna ricordare che con l'incurvamento delle letture cheratometriche, la profondità della cornea aumenta. L'adeguata relazione fra lente e cornea viene mantenuta riducendo il BOZR all'aumentare dell'astigmatismo corneale e al ridursi dei parametri corneali. È possibile prevedere con precisione il BOZR della lente a contatto in caso di cheratocono mediante l'utilizzo del topografo utilizzando le letture cheratometriche centrali simulate. Evitare l'uso di BOZR troppo piatti, in quanto possono portare alla formazione di punteggiature corneali, cicatrici e deformazioni corneali che potranno essere associate ad una riduzione del comfort. Un eccessivo sollevamento apicale può portare alla formazione di un'impronta della lente a livello epiteliale dovuto ad una lente immobile associato ad effetti transitori, come edema e punteggiature corneali. È stata inoltre riportata la presenza di cicatrici corneali, nonché riduzione dell'acuità visiva.

Il BOZR può essere calcolato attraverso una semplice tabella elaborata nel 1999 da Sorbara e Luong, dove, fissato un diametro di 9,4 mm, in funzione dell'astigmatismo corneale e del meridiano simulato "K piatto" attraverso la

relazione in figura è possibile calcolare un primo valore del BOZR, che successivamente dovrà essere verificato ed eventualmente corretto con l'osservazione del pattern fluoresceinico. Il fine di questi parametri è la realizzazione della sagittale adeguata all'altezza del cono. Una sagittale troppo alta, potrebbe portare alla formazione di bolle d'aria; una sagittale troppo bassa, potrebbe provocare un contatto tra lac e cono generando instabilità e decentramento della lac stessa. La periferia invece, deve essere più piatta delle normali applicazioni. Attualmente è possibile costruire una lac specifica per cheratocono con tutte le zone posteriori disponibili allo stesso modo di una RGP normale, anche se attualmente le più utilizzate sono le geometrie sferiche e asferiche, quest'ultime sempre più utilizzate per seguire in maniera migliore il profilo corneale in casi di cheratocono. I valori di eccentricità, vista la condizione morfologica del cheratocono, sono molto più accentuati, difatti l'asfericità parte dallo 0,60 per arrivare a 1,00.

ΔK (D)	BOZD (D) (DT=9,4)
-0,25 D a -3,75 D	K più piatto (D) -0,61 x (ΔK)
-4,00 D a -7,50 D	K più piatto (D) - 0,50 x (ΔK)
-7,75 D a -16,75 D	K più piatto (D) - 0,35 x (ΔK)

I primi segni per la diagnosi del cheratocono sono un aumento dell'astigmatismo e un cambiamento dell'asse del cilindro. Normalmente nel cheratocono, il paziente presenta una miopia con astigmatismo secondo regola o obliquo, mentre in caso di degenerazione marginale pellucida, il paziente presenta un alto valore di astigmatismo contro regola associato ad ipermetropia (a causa di un eccessivo appiattimento della cornea davanti alla pupilla). In entrambi i casi, questo astigmatismo diventa sempre più irregolare e non ortogonale, rendendo difficile la retinoscopia e diminuendo ulteriormente l'acuità visiva corretta del paziente. Dopo l'applicazione della lente RGP può essere effettuata una sovra refrazione. Se la lente RGP non presenta un'eccessiva flessione, la superficie sferica posteriore neutralizza l'irregolarità corneale, rendendo la superficie anteriore del film lacrimale sferica. Senza la lente GP sull'occhio, la rifrazione è difficile da prevedere. Un'applicazione empirica diventa sempre meno attendibile in caso di coni più pronunciati. [4]

4.4 Tecniche di applicazione

Le tecniche di applicazione più utilizzate nella correzione del cheratocono con lenti a contatto RGP sono:

- *Tecnica dell'appoggio su tre punti*, meglio definita come appoggio a "coccarda", risulta il metodo più utilizzato nelle applicazioni di lac rigide per cheratocono. Viene definita in tal modo proprio per il numero di tocchi che la lac effettua sull'occhio; il primo è in zona apicale e gli altri due nella zona medio periferica. Lo scopo degli appoggi è la distribuzione del peso della lac sulla cornea e di evitare un appoggio troppo deciso sulla punta del cono, il che permette di mantenere l'integrità corneale. È una tecnica utilizzabile per TD fino a 10 mm per coni centrali e leggermente decentrati

di tipo “nipple”, in quanto per coni particolarmente decentrati ne conseguirebbe anche un decentramento della lac stessa. L'appoggio centrale non deve superare i 3 millimetri in quanto un tocco maggiore, oltre a creare instabilità alla lac stessa, può provocare un irreversibile danno apicale. Infine, l'appoggio periferico non deve essere eccessivo, la situazione ideale sarebbe un appoggio periferico non a 360° in modo da permettere al liquido lacrimale un ricambio nel tempo.

- *Appoggio apicale*, come suggerisce il nome del metodo, esso prevede lo schiacciamento del cono, viene abbinato a diametri elevati. La tecnica, a causa dei potenziali rischi che provoca, e grazie alle moderne geometrie non viene più utilizzata.
- *Distacco apicale*, tecnica anche essa poco utilizzata, prevede, attraverso l'utilizzo di lac a raggio elevato, di evitare l'inevitabile tocco effettuato con le altre tecniche applicative e di conseguenza ridurre lo stress sulla punta del cono. L'utilizzo di questa tecnica applicativa prevede una zona ottica piccola, di massimo 6 mm e di conseguenza un diametro totale piccolo, di circa 8 mm. Restano comunque alcune limitazioni in quanto è possibile utilizzare questa tecnica solo per coni centrati e piccoli e non è assolutamente utilizzabile per coni ovali, inoltre l'acuità visiva è sensibilmente ridotta, risulta consigliata come applicazione solo con coni di primi stadi e con spessore corneale molto basso.

In passato, le lenti di piccolo diametro totale e piccole zone ottiche venivano applicate tendenzialmente strette (a sollevamento apicale) mentre lenti più grandi di diametro venivano applicate secondo la tecnica del contatto apicale con controllo della lente da parte della palpebra superiore; benché molti esperti credano che quest'ultimo approccio applicativo dovrebbe essere evitato. Il criterio applicativo che considera l'appoggio su tre punti di contatto non solo può migliorare il risultato visivo, ma può aiutare a mantenere a lungo termine l'integrità della cornea.

È possibile prevedere il valore del BOZD (e quindi del TD) più adatto per un paziente con cheratocono da un attento esame delle mappe corneali effettuate tramite l'algoritmo tangenziale. Le mappe consentono di identificare se il paziente ha un cono “nipple”, ovale o globoso, la dimensione dell'area più assottigliata e la posizione del cono. Ogni mappa topografica ha indicatori di dimensione, in cui ogni riferimento misura 1 mm e aiuta la rapida valutazione delle dimensioni della zona più curva. Un attento confronto fra questa misura e quella del BOZD della lente a contatto aiuterà a prevedere l'aspetto dell'accumulo di fluoresceina attorno al cono e la centratura della lente. Entrambi questi parametri sono fondamentali per ottenere un'applicazione di successo in caso di pazienti con cheratocono. Inoltre, una stretta comunicazione con il laboratorio di lenti a contatto aiuterà a capire le caratteristiche geometriche delle lenti diagnostiche, permettendo di adattare meglio i parametri della lente in funzione del tipo e delle dimensioni del cono su cui si andrà ad applicare le lenti. [4]

4.5 Geometria periferica della lente

Il parametro finale rilevante per la performance della lente e per garantire il rispetto della fisiologia corneale è il sistema delle curve periferiche della lente descritto come sollevamento assiale del bordo (AEL) della lente. Il sollevamento della lente al bordo rispetto alla cornea prende il nome di “clearance” assiale del bordo (AEC).

La clearance assiale del bordo (AEC) può essere anche descritta come lo spessore dello strato di liquido lacrimale (TLT) al bordo tra la lente a contatto e la cornea. Per cheratoconi incipienti è consigliabile utilizzare lenti con un sollevamento assiale del bordo (AEL) di 120 micron (standard) o di lenti asferiche standard (per esempio Boston Envision™) con AEL leggermente più alto. Questo AEL è basato su un valore medio di eccentricità (da 0,45 a 0,55). Quando il cheratocono raggiunge uno stadio avanzato e la sua curvatura aumenta (e quindi aumenta la sua profondità), è necessario utilizzare geometrie multicurve che richiedono sia BOZD più grandi o più piccoli rispetto alla media e AEL maggiori (inizialmente da 200 a 350 micron), con un rapido appiattimento verso la periferia. Possono essere utilizzati, AEL fino a 650 micron o più alti se i valori di eccentricità della cornea con cheratocono aumentano (da 0,75 a $\approx 1,00$), con l'aumento della curvatura centrale. I set con lenti di prova diagnostica hanno periferie di serie in funzione del profilo periferico utilizzato dal costruttore con valori di AEL superiore alla media. L'applicazione di queste lenti può determinare un pattern fluoresceinico con tre punti di contatto e sollevamento del bordo (AEC) insufficiente (condizione più comune) o eccessivo. Solo in questi casi il sollevamento periferico del bordo deve essere modificato. Fino a quando non si ottiene un appoggio centrale ideale l'AEL della lente non dovrebbe essere modificato poiché il comportamento periferico della lente può essere semplicemente il risultato di una lente troppo stretta o troppo piatta. Supponendo che la relazione fra la curvatura della cornea e la curva base della lente (BOZR) è ideale, la periferia può essere riordinata richiedendo un aumento o una riduzione rispetto al valore standard utilizzando una scala numerica. Quando vengono fatti degli aggiustamenti alla periferia di una lente con un diametro della zona ottica molto piccola (BOZD da 3,7 millimetri a 5,1 millimetri), potrà essere interessato l'appoggio centrale della lente. Una periferia più curva a causa dell'aumento della profondità della lente farà sembrare l'appoggio centrale stretto, per questo motivo il laboratorio dovrà automaticamente appiattire il BOZR (di 0,05 millimetri, in genere) per compensare questo effetto. Anche il potere della lente dovrà essere compensato di $-0,25D$. Una periferia più piatta si tradurrà in una riduzione della profondità della lente visibile durante l'esame del pattern fluoroscopico, a causa del BOZD piccolo analogamente a quanto visto precedentemente il BOZR sarà ridotto (di 0,05 mm) e il potere modificato di $+0,50 D$. Un eventuale riordino deve essere effettuato considerando questi nuovi parametri al fine di evitare di avere bisogno di un'ulteriore compensazione. Generalmente le lenti con BOZD più grandi ($> 6,25$ millimetri) non hanno bisogno di essere compensate per effetto delle modificazioni della profondità sagittale, in quanto il pattern fluoroscopico può non essere alterato dalla variazione della profondità della lente causata da un aumento o da una diminuzione del sollevamento del bordo. Queste lenti possono essere ordinate con un sollevamento periferico ridotto o incrementato senza bisogno di modificare il BOZR. Quando questa nuova lente verrà applicata dovrà nuovamente essere valutato il pattern fluoroscopico al fine di capire se sarà necessario effettuare eventuali compensazioni.

Le più recenti geometrie di lenti sono state progettate tenendo conto dei dati forniti dal topografo, strumento che permette di valutare se l'astigmatismo irregolare si estende fino alla periferia della cornea. Queste geometrie hanno periferie toriche o periferie in cui una sezione della lente può essere realizzata con un AEL inferiore rispetto al resto della lente. Una periferia torica può avere un'ampiezza di 1,0

millimetro, con una differenza di 0,8 millimetri tra i due meridiani. Il BOZR sarà ridotto di 0,05 millimetri e di conseguenza la potenza compensata con un valore pari a $-0,50D$. Le geometrie a periferia “torica” sono indicate quando la topografia corneale indica che la cornea è molto più curva, provocando il sollevamento del bordo inferiore della lente e irritazione della palpebra inferiore. Le lenti possono essere progettate con una periferia standard a 90° e periferia più curva a 270° e per stabilizzare la lente in posizione viene realizzato un prisma di $1-1,25 \Delta$ a base 270° . Altre geometrie presentano una zona superiore, con una periferia standard, mentre il quadrante inferiore è realizzato più curvo con le zone nasale e temporale, considerate come zone di transizione con AEL intermedi. Queste geometrie sono utili anche nei casi di degenerazione marginale pellucida, in cui l’assottigliamento della cornea si verifica inferiormente rispetto al cheratocono, che porta ad un eccessivo sollevamento del bordo della lente. [4]

4.6 Valutazione dell’applicazione corretta

Per valutare se una lente a contatto è troppo stretta o piatta oppure è quella giusta andiamo ad osservare le immagini fluoresceiniche che devono essere effettuate utilizzando un filtro blu cobalto davanti al sistema illuminante della lampada a fessura, e con l’uso del filtro giallo Wratten davanti all’obiettivo del biomicroscopio al fine di migliorare la visualizzazione della fluorescenza. La striscia di fluoresceina bagnata dovrebbe essere appoggiata alla congiuntiva bulbare per ridurre al minimo la quantità di fluoresceina che viene a contatto con la superficie anteriore della lente. Poiché la maggior parte delle periferie delle lenti di prova hanno sollevamenti del bordo standard nei cono più avanzati, con maggiori eccentricità, sono richieste periferie più piatte. Per questo motivo per il controllo delle lenti è necessario pompare il liquido lacrimale sotto il bordo inferiore poco sollevato delle lenti al fine di valutare il pattern fluoresceinico centrale. Prima di effettuare il controllo delle lenti è inoltre importante aspettare almeno da 5 a 20 minuti dall’applicazione, soprattutto per quelle lenti con supporto sclerale, dal momento che la lente con il tempo può flettere e avvicinarsi alla cornea.

La tecnica maggiormente utilizzata nell’applicazione di lac per cheratocono è la tecnica dell’appoggio su tre punti. È generalmente accettato che nella porzione centrale della lente deve essere garantito a livello corneale un lieve appoggio su tre punti di contatto. La posizione di queste zone di appoggio dipende dalla posizione dell’apice del cono. La zona di appoggio centrale sarà posizionata centralmente con un cono “nipple”, mentre con un cono ovale questa zona sarà decentrata inferiormente o in posizione infero-laterale. Le altre due aree di contatto sono in genere situate lungo il meridiano più piatto, di solito orizzontale nel cheratocono e indicativamente verticale nella PMD iniziale. Il sollevamento periferico, di larghezza 0,5 a 0,7 mm, può essere realizzato con periferie più piatte del normale.

Una volta stabilito il corretto appoggio centrale in fluoresceina, è possibile valutare il comportamento della lente a livello medio-periferico e periferico. Idealmente, la media periferia delle lenti a curve sferiche periferiche deve garantire allineamento con la cornea medio-periferica. Se le curve periferiche sono asferiche, questo allineamento è più evidente, con un sollevamento diffuso alla periferia lente. La periferia della lente a contatto dovrebbe avere 100–120 micron di sollevamento dalla cornea periferica. È considerato accettabile un incremento del sollevamento periferico in lenti con diametri grandi e con curve periferiche più piatte (vale a dire

con un sollevamento assiale maggiore), mentre con lenti di diametro più piccolo è necessario garantire un minor sollevamento al bordo (cioè utilizzare un sollevamento assiale minore). Il sollevamento al bordo ideale è necessario per garantire il movimento della lente, il ricambio del film lacrimale e la rimozione di detriti sotto la lente oltre al controllo del posizionamento. È ideale un sollevamento che forma un anello di 0,7 millimetri di larghezza uniforme in tutte le direzioni. Se il BOZD della lente e il TD sono abbastanza grandi e in presenza di coni grandi e poco profondi, il bordo inferiore della lente potrebbe scivolare sotto la palpebra inferiore; al fine di evitare questo effetto il sollevamento al bordo (AEL) dovrebbe essere aumentato. Al fine di ottenere un sollevamento uniforme al bordo può essere necessario modificare il suo valore solo in un unico quadrante della lente.

Con ogni applicazione di tipo intrapalpebrale la lente dovrebbe idealmente centrarsi. L'adeguato posizionamento della lente può essere ottenuto con un appoggio ideale e con un diametro della lente scelto in modo che corrisponda al diametro del cono. Il movimento della lente è necessario anche per garantire una normale fisiologia della cornea. Il movimento della lente dovrebbe essere di 2,0 mm per le lenti di diametro più piccolo e di 0,5 millimetri per le lenti di diametro molto grande. Le lenti corneo-sclerali e semi-sclerali avranno un movimento minimo o nessun movimento a seconda del ricambio di film lacrimale che la lente deve garantire per effetto dell'azione delle palpebre sulla sua superficie anteriore che porta alla flessione della lente in presenza di un sollevamento centrale. Utilizzare il metodo del push-up per evidenziare se la lente non ha punti di contatto sulla sclera.

Dopo aver ottimizzato le caratteristiche della lente di prova, deve essere effettuata una sovrarefrazione, con la lente di prova applicata, per determinare il potere finale della lente. Può essere utile un autorefrattometria, dal momento che l'esecuzione di una retinoscopia può essere difficile a causa di riflessi forbici. A causa di potenziali difficoltà nel determinare la potenza e l'asse del cilindro, come prima cosa è necessario effettuare una sovrarefrazione sferica. Se vi è prova certa che l'astigmatismo residuo deve essere corretto per migliorare l'acuità visiva, può essere prescritto per la realizzazione di un occhiale da indossare sopra le lenti a contatto (soprattutto per pazienti presbiteri con cheratocono). [4]

4.7 Visite di controllo ed eventuali complicanze

I pazienti con cheratocono che utilizzano lenti a contatto richiedono generalmente visite di controllo più frequenti rispetto agli altri portatori di lenti a contatto. È probabile che sia necessario modificare i parametri delle lenti, in particolare quando la condizione è nella sua fase progressiva. Dopo la consegna iniziale delle lenti è necessario effettuare visite di controllo dopo una settimana e dopo uno, due e tre mesi, per poi continuare nel primo anno ogni tre mesi. La frequenza delle visite può diminuire negli anni successivi a seconda della velocità della progressione della malattia. Ad ogni visita dei tre mesi, devono essere valutata l'acuità visiva (ad alto e basso contrasto), sovrarefrazione, esame della topografia corneale, controllo della superficie della lente, l'esame del pattern fluoroscopico e l'esame in lampada a fessura con e senza le lenti. È importante ad ogni visita avere informazioni sulla visione, il comfort, la sensazione di corpo estraneo e sui sintomi di secchezza. Particolare attenzione dovrebbe essere posta all'esame dell'appoggio centrale della lente, che dovrebbe essere minimo e presentare una piccola quantità di lacrime fra

apice del cono e lente e non essere eccessivamente marcato. Se l'appoggio della lente risulta modificato è necessario sostituire la lente: il BOZR può essere ridotto mantenendo inalterata la geometria oppure il TD aumentato, specialmente se la dimensione del cono è aumentata significativamente.

Con l'utilizzo di lenti a contatto RGP si possono verificare varie complicanze come, ad esempio, le punteggiature corneali; esse possono essere causate da vari fattori:

- *Punteggiature da tossicità alle soluzioni*, la tossicità alle soluzioni è rara con lenti RGP, ma può verificarsi con alcuni conservanti, tra cui la clorexidina, il thimerosal o, raramente con il polyhexanide e il polyquad. Questa reazione dipende dalla concentrazione di questi componenti e può provocare punteggiature corneali diffuse nell'area di cornea coperta dalla lente a contatto. La presenza di queste punteggiature indica che il sistema di manutenzione deve essere modificato e/o può essere necessario utilizzare la soluzione salina per risciacquare le lenti prima dell'inserimento. Si consideri inoltre che questa reazione può anche essere causata da soluzioni lubrificanti e da sostituti lacrimali, in questo caso è necessario sostituire questi prodotti con sistemi monodose privi di conservanti.
- *Punteggiature a ore tre ore nove*, le punteggiature a ore tre e ore nove sono dovute alla combinazione di molti fattori legati all'applicazione delle lenti e alla superficie oculare. Le punteggiature a ore quattro e ore otto sono comunemente evidenziate quando la lente è decentrata in basso ed è immobile, e in presenza di ammiccamenti incompleti. Se la lente ha uno spessore del bordo eccessivo o un elevato AEL, l'area adiacente alla periferia della lente si secca e causa punteggiature. Se la lente è troppo piccola, la cornea esposta si disidrata e anche in questo caso si formeranno punteggiature, in particolare in caso di occhio secco. Il paziente con cheratocono può avere occhio secco associato a malattie atopiche e disfunzione delle ghiandole di Meibomio, che contribuiscono alla formazione di punteggiature periferiche. Per gestire questa condizione è necessario aumentare il diametro della lente, far lenticolare la superficie anteriore della lente per ridurre lo spessore del bordo, garantire il corretto sollevamento del bordo e il corretto posizionamento delle lenti. Al fine di garantire l'adeguato periodo di porto è fondamentale per il paziente l'igiene delle palpebre e la gestione dell'eventuale presenza di occhio secco.
- *Punteggiature a macchia o lineari dovute ad un'abrasione o a un corpo estraneo*, punteggiature a macchie coalescenti possono essere evidenziate quando la superficie posteriore della lente crea sfregamento o irritazione della superficie corneale, di solito come conseguenza di un eccessivo contatto. In associazione alla presenza di corpi estranei sotto la lente, queste condizioni possono compromettere l'epitelio. Per cercare di risolvere questo problema è necessario valutare sia la topografia corneale che la topografia della superficie posteriore della lente. Le soluzioni possono comprendere la pulizia della superficie posteriore della lente, la riduzione delle zone di transizione fra le curve di periferiche o l'utilizzo di una geometria asferica.
- *Punteggiature apicali*, le punteggiature apicali (di solito con andamento a spirale) si verificano quando la lente a contatto è troppo piatta, con contatto apicale ed un eccessivo movimento della lente (rotazione apicale). Questa

irritazione costante può portare a cicatrici e può essere trattata riducendo la pressione della lente dall'apice del cono.

Lenti con BOZD eccessivamente grandi rispetto alle dimensioni del cono determineranno un eccessivo sollevamento apicale e potrebbe portare alla formazione di bolle d'aria sopra e intorno al cono che possono interferire con le prestazioni visive. Le lenti in cui il BOZD è troppo piccolo possono decentrarsi, portando alla formazione di riflessi e riduzione delle prestazioni visive. Per risolvere questi problemi visivi è necessario adattare il BOZD al diametro del cono. Con un eccessivo sollevamento apicale, la lente flette sulla cornea causando sfuocamento intermittente con l'ammiccamento. La lente deve essere allineata con l'apice del cono e, se c'è ancora flessione dopo aver modificato il BOZR, dovrebbe essere modificato lo spessore al centro della lente. Le lenti non devono presentare un eccessivo contatto apicale al fine di ottenere un'adequata visione. Il contatto apicale minimo probabilmente porterà alla migliore acuità visiva. La cornea con cheratocono presenta elevati valori di aberrazioni di ordine superiore, in particolare aberrazione sferica e coma, che riducono la qualità visione. Alcuni pazienti possono trarre beneficio dalla compensazione di alcune aberrazioni ottiche tramite superficie anteriore asferica. [4]

4.8 Esempi di applicazione

Nel primo esempio di applicazione abbiamo analizzato il paziente BM di anni 22. Egli si è presentato lamentando una diminuzione della visione, soprattutto di notte, nonostante una recente modifica nella prescrizione degli occhiali. L'esame con lo schiascopo mette in evidenza un riflesso irregolare (movimento a forbice) con determinazione del punto neutro difficile a causa di un astigmatismo non ortogonale e irregolare. L'acuità visiva corretta con occhiali è 6/10. Si effettua una topografia dalla quale si ottiene la diagnosi di un cheratocono centrato di tipo "nipple" nella sua fase iniziale.

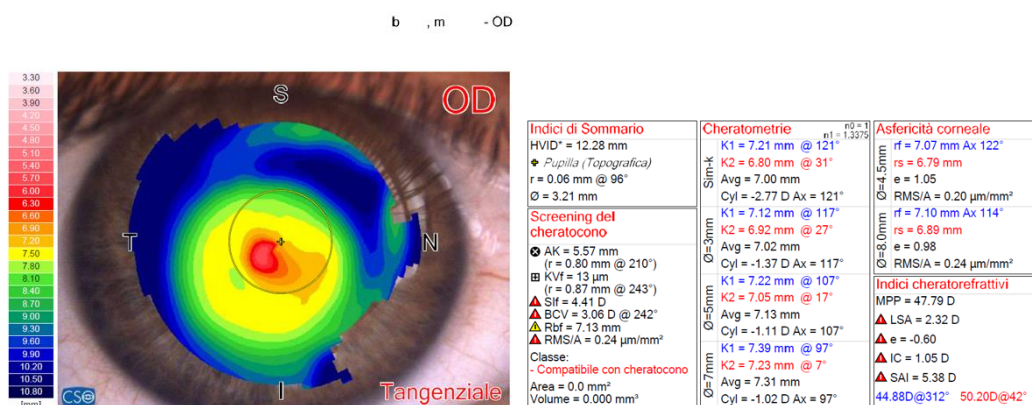


Figura 19 - Topografia OD paziente BM

Applichiamo come lente di prova una lac corneale RGP "Apical KE" prodotta dalla MedLac e scegliamo come raggio base 6,80 mm (k stretto) e diametro totale 8,5 mm. Si tratta di una lac progettata esclusivamente per cheratocono che presenta un sollevamento apicale. Arrivati a questo punto si va a controllare l'appoggio in fluoresceina.

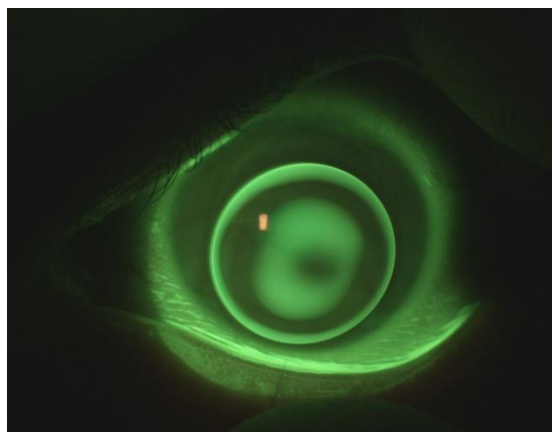


Figura 20 - Valutazione appoggio lac in fluoresceina

La lente di prova risulta avere un ottimo appoggio in periferia con un leggero sfioramento apicale in corrispondenza del cono. Il movimento della lente durante l'ammiccamento è tale da permettere un buon ricambio lacrimale, ma non dev'essere eccessivo poiché potrebbe causare problemi all'apice del cono (come ad esempio cicatrici corneali). Una volta soddisfatto l'appoggio si effettua una sovrarefrazione in modo da stabilire il potere finale della lente. Il paziente con la lente a contatto raggiunge un visus di 8/10. Infine, procediamo con l'ordine della lac finale.

R.B.1	R.B.2	Diam.	Z.O.	Flangia	Varie
6,80		8,5			
Sfera	Cilindro	Asse	Add.	Tipo lente	
-10.50	+0.00	0			
Codice a barre		Marca			
000060372000		MedLac			
Prodotto			Durata		
APIKAL KE (K2)					
Fornitore		Lotto	Scadenza		
MedLac Srl					
Materiale	Colore	CE	Prezzo		
opt. comfort	BLUE	Si	0.00		

Figura 21 - Ordine lac RGP

Quando al paziente sono state fornite le lenti a contatto è stato verificato che le prestazioni visive corrispondevano a quelle trovate con le lenti di prova. Dopo due settimane, la visita di controllo ha mostrato risultati eccellenti. I pazienti con cheratocono si vedono spesso nei primi tre mesi al fine di verificare se è necessario apportare modifiche ai parametri e al potere delle lenti. Sono consigliate visite regolari ogni di tre mesi al fine di controllare il comportamento della lente e la risposta fisiologica e ad intervalli di sei mesi per verificare la topografia corneale e la pachimetria.

Nel secondo esempio di applicazione abbiamo trattato il paziente AL di anni 56. Egli presentava sintomi di scarsa visione soprattutto di notte, in generale, non si sentiva in grado di vedere bene nonostante una recente modifica nella prescrizione per occhiali. Effettuando l'esame topografico si riscontra un cheratocono centrato nella sua fase avanzata con un diametro del cono molto ampio che ricopre gran parte della porzione centrale.

potremmo avere problemi di stabilizzazione a causa dell'eccessiva curvatura corneale che potrebbero portare a uno sfregamento della lac sul cono che come ben sappiamo è la prima cosa da evitare durante l'applicazione.

La lente di prova che scegliamo è un lac RGP sclerale "MSC XL VORTEX" prodotta dalla MedLac e scegliamo come raggio base 7,00 mm e un diametro di 15,70 mm. La tecnica "vortex" consiste in delle canalizzazioni sui bordi della lente che permettono un maggior ricambio lacrimale. Applichiamo la lac di prova e in lampada a fessura andiamo a controllare l'appoggio prima in luce bianca e poi attraverso l'esame fluoroscopico.



Figura 25 - lac sclerale in luce bianca

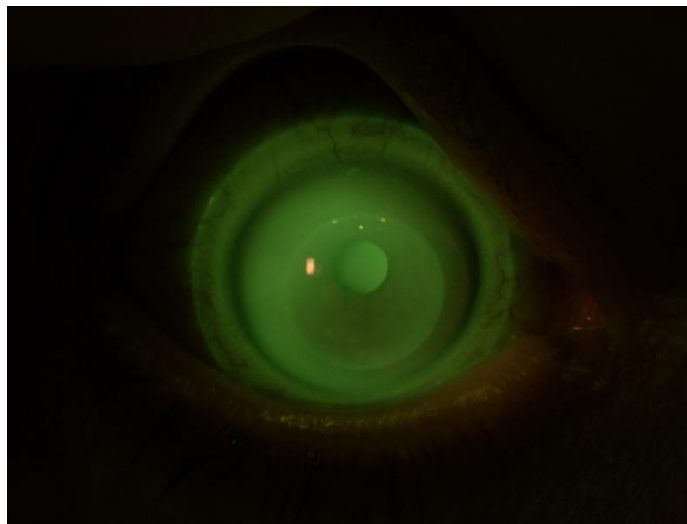


Figura 26 - lac sclerale in fluoresceina

Ricordando che la lac sclerale viene applicata in modo che si formi uno spazio tra lente e cornea tale da permettere l'accumulo di una riserva di lacrime sotto la lente, possiamo ritenerci soddisfatti dell'appoggio della lente. Questa lente è un valido metodo di correzione per il cheratocono, anche in stadi avanzati, dato che la protusione conica della cornea non viene sottoposta a stress meccanico da parte della lac dal momento che quest'ultima viene applicata a sollevamento apicale.

Dopo aver soddisfatto l'appoggio andiamo ad effettuare una sovrarefrazione in modo tale da ottenere il potere della lente a contatto finale. Il paziente con la lente a contatto riesce a raggiungere un visus di 7/10 e considerando che con la prescrizione optometrica raggiungeva un visus di solamente 1/10, possiamo ritenerci più che soddisfatti. A questo punto, procediamo con l'ordine della lac finale.

Occhio Destro					
SFERA	CIL.	AX	Add.	PRIS.	BASE
R.B.1	R.B.2	Diam.	Z.O.	Flangia	Varie
7.00		15.70			
Sfera	Cilindro	Asse	Add.	Tipo lente	
-7.00					
Codice a barre			Marca		
			MedLac		
Prodotto			Durata		
MSC XL VORTEX					
Fornitore			Lotto		Scadenza
MedLac Srl					
Materiale	Colore	CE			
DIAG	Clear	Si			
Note					Visus
					Nat.
					Corr. 7/10

Figura 27 - Ordine lac sclerale

Quando al paziente è stata fornita le lente a contatto è stato verificato che le prestazioni visive corrispondevano a quelle trovate con la lente di prova. Dopo due settimane, la visita di controllo ha mostrato risultati eccellenti. I pazienti con cheratocono si vedono spesso nei primi tre mesi al fine di verificare se è necessario apportare modifiche ai parametri e al potere delle lenti. Sono consigliate visite regolari ogni tre mesi al fine di controllare il comportamento della lente e la risposta fisiologica e ad intervalli di sei mesi per verificare la topografia corneale e la pachimetria.

Conclusioni

Il cheratocono è una degenerazione corneale caratterizzata da un lento e progressivo assottigliamento della porzione centrale della cornea che tende ad aumentare la sua curvatura. L'irregolarità prodotta da questa patologia provoca un aumento delle aberrazioni di alto ordine rispetto a cornee regolari. Nel presente elaborato abbiamo verificato che l'unico metodo tangibile per ridurre sensibilmente queste aberrazioni è l'uso di lenti a contatto, soprattutto RGP, che nella maggior parte dei casi risulta essere la compensazione migliore. La gestione contattologica di questa patologia varia a seconda dello stadio di avanzamento nel quale ci troviamo. Inoltre, durante la scelta della miglior lente a contatto bisogna valutare vari fattori come la sensibilità oculare e la tipologia del cono (decentramento e diametro). Le soluzioni citate all'interno della tesi saranno usate a scopo compensativo e non terapeutico, in modo da fornire un'adeguata percezione visiva, ottenibile mediante un visus elevato e confortevole. Il contattologo ha il compito di scegliere la miglior lente a contatto che possa minimizzare lo stress meccanico sulla cornea nel rispetto della fisiologia oculare e garantire un visus soddisfacente. In conclusione, si è visto come attualmente la disponibilità di scelta nella contattologia del cheratocono è molto ampia. Gli applicatori possono optare su una vasta gamma di lenti a contatto che prevede vari diametri, a partire dalle lenti corneali RGP fino ad arrivare alle lenti sclerali o, anche, le lenti da calco oculare con sistema EyePrint Pro, ragion per cui sono aumentate le possibilità di successo per il contattologo.

Bibliografia

- [1]. A. Rossetti, P. Gheller. “Manuale di optometria e contattologia”, Zanichelli seconda edizione 2003
- [2]. L. Lupelli, R. Fletcher, A.L. Rossi. “Contattologia, una guida clinica”. Medical Books 2004
- [3]. Materiale ricavato dalle slide del corso di “ottica della contattologia”
- [4]. Centre for Contact Lens Research, School of Optometry, University of Waterloo, Canada, “Correzione del cheratocono con lenti Gas Permeabili”
- [5]. P. Gheller, “Criteri applicativi nel caso di pazienti affetti da cheratocono, ciò che il paziente deve sapere”. Disponibile in:
<http://www.associazionecheratocono.it/portale/lac/43-lac/230-criteri-applicativi-nel-caso-di-pazienti-affetti-da-cheratocono>
- [6]. https://www.alessandrasalimbene.it/wp-content/uploads/2017/07/guida_lenti_ita_web_def.pdf
- [7]. <http://webusers.fis.uniroma3.it/zeri/Dispense Ottica della Contattologia I/Articoli/Calossi 2002.pdf>
- [8]. R. Carnevali, “Le aberrazioni ottiche”, Fabiano Editore. Disponibile in: [aberrazioni_ottiche.pdf \(assocheratocono.org\)](http://www.assocheratocono.org/aberrazioni_ottiche.pdf)
- [9]. Radhakrishnan, H., Jinabhai, A. & O'Donnell C. 2010. “Dynamics of ocular aberrations in keratoconus”. Disponibile in: [Dinamica delle aberrazioni oculari nel cheratocono - Radhakrishnan - 2010 - Optometria clinica e sperimentale - Wiley Online Library](http://www.wiley.com/doi/10.1002/9781118154444.ch10)
- [10]. Kosaki, R., Maeda, N., Bessho, K., Hori Y., Nishida K., Suzaki A., Hirohara Y., Mihashi T., Fujikado T. & Tano Y. 2007. “Magnitude and orientation of Zernike terms in patients with keratoconus”. Disponibile in: [Magnitude and Orientation of Zernike Terms in Pati.pdf](http://www.assocheratocono.org/Magnitude_and_Orientation_of_Zernike_Terms_in_Pati.pdf)
- [11]. Arntz, A., Durán, J.A., & Pijoán, J.I. 2003. Subclinical keratoconus diagnosis by elevation topography. Arch Soc Esp Oftalmol;78:659–64.
- [12]. Bennet, E.S. & Henry, V.A. 2000. Clinical Manual of contact lens. second edition. pp.493-530
- [13]. Bennet, E.S. & Hom, M.M. 2004. Manual of gas permeable contact lenses. Second edition. pp.223-285
- [14]. Gobbe, M. & Guillon, M. 2005. Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients. Contact lens and anterior eye. vol. 28. pp 57–66
- [15]. Mohd-Ali , B., Abdu, M. & Mohidin, N., 2013. The effects of wearing rigid gas permeable contact lenses on endothelial cells of keratoconus. Contact Lens & Anterior Eye 36.
- [16]. Rathi, V. M., Mandathara, P. S. & Dumpati, S. 2013. Contact lens in keratoconus. Indian J Ophthalmol. pp 410–415.
- [17]. Salam, A., Melia, B. & Singh, A.J. 2005. Scleral contact lenses are not optically inferior to corneal lenses. Br J Ophthalmol.89. pp 1662–1663.
- [18]. Segal, O., Barkana, Y., Hourovitz, D., Behrman, S., Kamun, Y., Avni, I. & Zadok, D. 2003. Scleral contact lenses may help where other modalities fail. Cornea.22. pp 308 –310.

Indice delle Figure

Figura 1 - Principali strutture oculari.....	4
Figura 2 - Strati corneali	5
Figura 3 - Strati del film lacrimale.....	6
Figura 4 - Formazione delle focali sul piano retinico	10
Figura 5 – Tipologie di astigmatismo	11
Figura 6 – A sinistra: cornea con cheratocono - a destra: cornea normale	12
Figura 7 - tipologie di cheratocono	13
Figura 8 – Segno di Munson in lampada a fessura	14
Figura 9 - Disco di Placido topografo corneale	15
Figura 10 – Mappa topografica cheratocono	15
Figura 11 - Polinomi di Zernike	16
Figura 12 - Punto luce visto con un'aberrazione di coma	17
Figura 13 - Parametri lente a contatto	19
Figura 14 - Sagittale Lac.....	19
Figura 15 - Tecniche applicative lac RGP	20
Figura 16 - menisco lacrimale che si forma tra lac e cornea	21
Figura 17 - Tipologie lac RGP.....	22
Figura 18 - Lac per cheratocono	24
Figura 19 - Topografia OD paziente BM.....	33
Figura 20 - Valutazione appoggio lac in fluoresceina	34
Figura 21 - Ordine lac RGP	34
Figura 22 - Topografia OD paziente AL	35
Figura 23 - Difetti stromali paziente AL	35
Figura 24 - scheda optometrica paziente AL	35
Figura 25 - lac sclerale in luce bianca.....	36
Figura 26 - lac sclerale in fluoresceina	36
Figura 27 - Ordine lac sclerale.....	37

Ringraziamenti

Ringrazio il Prof. Reppucci, per avermi guidato e supportato in questo atto conclusivo del mio percorso accademico.

A mio padre, che mi ha sempre incoraggiato durante il mio percorso non facendomi mancare mai niente e che cerca in tutti i modi di spianare la strada verso il mio futuro.

A mia madre, che mi ha fatto sentire importante ad ogni esame conseguito e ha saputo sostenermi nei momenti in cui ne avevo bisogno.

A mia sorella, che non ha mai fatto mancare il suo appoggio nonostante la lontananza e con i suoi consigli e le sue parole, mai banali, riusciva a spronarmi sempre di più.

A mio fratello, che mi ha insegnato a mantenere ben salde le mie radici e a vivere la vita con serenità e sicuramente sarà fiero di me per aver raggiunto questo piccolo traguardo.

A Rosa, che è stata la mia ancora di salvezza nei momenti di crisi e che ha creduto in me fin dal primo momento e se ce l'ho fatta è soprattutto grazie a lei.

Ad Angelo, che è stato il mio supporto tecnico durante la stesura del mio elaborato e ha risposto sempre presente alle mie richieste di ausilio.

A mia nonna, ai miei zii, ai miei cugini che sono orgogliosi di me per il raggiungimento di quest'obiettivo e si stanno rendendo conto che il "piccolo" della famiglia sta diventando grande.

Ai miei Angeli Custodi, che non dimenticherò mai custodendo per sempre il loro ricordo nel mio cuore e mi piace immaginare che oggi, in paradiso, sia riuscito a far sorridere le loro anime.

Ai miei amici, che hanno saputo regalarmi momenti di gioia e spensieratezza e hanno dovuto subire i miei "qua ci gira la testa" prima di ogni esame.

Ai miei colleghi, Genny e Lele, con i quali ho condiviso gioie e dolori ma soprattutto l'ansia che ci ha logorato prima di ogni esame.

A me stesso, alla tenacia che ho avuto nell'affrontare gli ostacoli di percorso che si sono presentati non perdendo mai di vista l'obiettivo, alla determinazione con la quale ho affrontato ogni esame, con la speranza che questo possa essere un piccolo traguardo ma, allo stesso tempo, un punto di partenza per il futuro della mia carriera professionale.