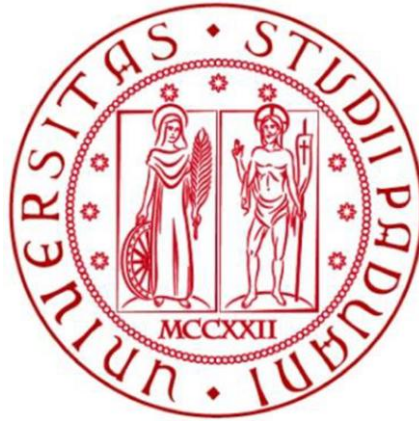




Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Fisica "Galileo Galilei"

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

*Tecniche applicative di lenti a contatto per
cheratocono*

(Keratoconus contact lens fitting)

Relatore: Prof. Pietro Gheller

Laureando: Simone Buson
Matricola: 1001564/OPT

Anno Accademico 2013/2014

INDICE

INTRODUZIONE	1
 CAPITOLO 1: IL CHERATOCONO	
1.1 DEFINIZIONE	3
1.2 ABERRAZIONI LEGATE AL CHERATOCONO	9
 CAPITOLO 2: PROTOCOLLI PER LA GESTIONE DEL CHERATOCONO	
2.1 CRITERI DI SCELTA DELLA GESTIONE DEL CHERATOCONO	11
2.2 LINEE GUIDA	17
 CAPITOLO 3: SISTEMI DI COMPENSAZIONE	
3.1 LENTI A CONTATTO MORBIDE	22
3.2 LENTI A CONTATTO RIGIDE	29
3.3 SISTEMI COMPLESSI	36
a. SISTEMI PIGGYBACK	36
b. LENTI A CONTATTO IBRIDE	38
3.4 LENTI A CONTATTO SCLERALI	44
 CONCLUSIONI	52
 BIBLIOGRAFIA	53
 RINGRAZIAMENTI	58

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo elaborato è di esaminare le lenti a contatto per cheratocono disponibili sul mercato e di analizzare i vari processi applicativi necessari per raggiungere una compensazione ottimale.

L'interesse a sviluppare questo argomento è nato durante il mio tirocinio nello studio di contattologia specialistica del professor Gheller, nel corso del quale ho avuto la possibilità di seguire diversi processi applicativi di lenti a contatto su pazienti affetti da cheratocono. In questa esperienza ho constatato l'importanza che ricopre questo tipo di compensazione, in quanto per la maggior parte dei casi, è l'unica soluzione che riesce a garantire un'adeguata qualità della visione.

Il cheratocono, che è stato descritto per la prima volta in modo dettagliato da Nottingham nel 1854, è una delle più comuni ectasie corneali (Nottingham 1854). E' una degenerazione corneale bilaterale, asimmetrica e non infiammatoria caratterizzata da un assottigliamento localizzato che porta alla protrusione della cornea, localizzata solitamente in posizione infero temporale.

Di solito si manifesta in età adolescenziale-giovanile e normalmente ha una progressione clinica lenta fino alla quarta decade di vita dove la patologia si stabilizza (Romero-Jiménez M. et al. 2010).



Fig. 1 estratta da <http://www.marketownoptical.com.au/keratoconus.html>

Questa ectasia causa un'alta miopia e un astigmatismo irregolare che degradano la qualità visiva. Inoltre l'alterazione della superficie corneale crea aberrazioni di alto ordine più significative rispetto alle aberrazioni presenti in cornee regolari (Gobbe, Guillon 2005).

Il cheratocono è un classico caso in cui le lenti a contatto garantiscono una nuova superficie refrattiva per una cornea irregolare e di conseguenza una buona acuità visiva, dove la correzione oftalmica non riesce a dare una buona soluzione (Gasson, Morris 2003).

CAPITOLO 1

IL CHERATOCONO

1.1 DEFINIZIONE

EPIDEMIOLOGIA:

L'incidenza del cheratocono è variabile ed è stimata in letteratura tra 50 e 230 casi su 100.000 persone nella popolazione generale. La prevalenza invece è di 54,5 casi su 100.000 persone. La variabilità delle stime riflette i criteri soggettivi spesso utilizzati per stabilire la diagnosi, trascurando quindi in alcuni casi forme lievi di cheratocono che non vengono diagnosticate. (Rabinowitz Y.S. 1998).

Tuttavia non sarebbe sorprendente aspettarsi un aumento dei tassi di incidenza e prevalenza di questa malattia nel corso dei prossimi anni dovuta alla maggior diffusione della topografia corneale che porta a una diagnosi più precisa. I fattori ambientali possono incidere alla variazione della prevalenza di questa patologia. Infatti in letteratura viene evidenziato che paesi dove è presente un'alta esposizione solare come l'India e il Medio Oriente hanno tassi di prevalenza più alti rispetto a paesi con meno esposizione solare come la Finlandia, la Danimarca, il Minnesota, il Giappone e la Russia. Questo è dovuto probabilmente allo stress ossidativo indotto dalla luce ultravioletta sulla cornea (Gokhale N. S. 2013)

Il cheratocono colpisce entrambi i sessi, anche se non è chiaro se esistono differenze significative tra maschi e femmine. Prima del 1958 si pensava, con gli studi condotti da Nuel e Barth, che le femmine soffrissero di questa patologia in maggior proporzione rispetto ai maschi. In realtà con studi più recenti (Obrig & Salvatori; Ihalainen) si è evidenziato un rapporto di 60:40 di maschi rispetto a femmine. (Phillips A.J., Speedwell L. 2007).

Il cheratocono è presente in tutte le etnie. In uno studio condotto nel Regno Unito, si è notata un'incidenza di 4:1 di pazienti con cheratocono asiatici rispetto ai caucasici.

Questo dato è da attribuire probabilmente ai rapporti consanguinei, soprattutto dovuti a matrimoni tra cugini di primo grado, che comunemente

si svolgono nella popolazione asiatica della zona valutata. (Romero-Jiménez M. et al. 2010).

CARATTERISTICHE CLINICHE:

I sintomi e i segni di cheratocono variano a seconda della gravità della malattia. Nella fase iniziale, noto come cheratocono frusto, il paziente non ha particolari sintomi e la diagnosi può avvenire solo tramite test specifici come la topografia corneale (Arntz A. et al. 2003). La progressione della malattia si manifesta con la perdita significativa di acuità visiva che non può essere compensata con una correzione oftalmica. Inoltre i sintomi caratteristici del cheratocono sono diplopia monocular, immagini fantasma, visione annebbiata, astenopia, poliplopia, fotofobia e aloni attorno alle luci. (Bennet E.S., Henry V.A. 2000).

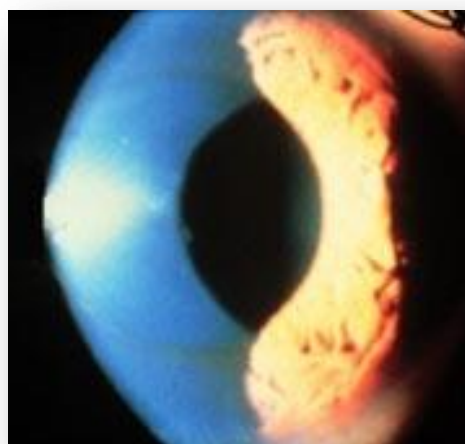


Fig. 2: *Anello di Fleisher* estratta da <http://www.mazzottacosimo.com/cheratocono.html>

Durante l'esame al retinoscopio si nota il caratteristico riflesso a forbice, dovuto all'astigmatismo irregolare. I segni clinici del cheratocono sono: il segno di Charleaux, che viene riscontrato nei casi lievi, dove si nota la deformazione corneale come una goccia di miele o di olio nel riflesso rosso del fondo; l'assottigliamento corneale con sfiancamento dello stroma; l'anello di Fleisher (Fig.2), apprezzato nei casi medio-avanzati, dove l'emosiderina (una proteina contenente ferro presente nel film lacrimale) si accumula alla base del cono a causa dei drastici cambiamenti di curvatura dovuti alla patologia; le strie di Vogt (Fig.3), che sono delle linee verticali sottili dovute alla compressione della membrana di Descemet; il segno di Munson, che è dato dalla estroflessione a "V" che la cornea provoca sulla palpebra inferiore quando il paziente guarda in basso; il segno di Rizzuti, che è presente nei casi avanzati, visibile illuminando lateralmente la cornea, è un sottile raggio



Fig. 3: Strie di Vogt estratta da <http://www.mazzottacosimo.com/cheratocono.html>

luminoso prodotto dal cono in prossimità del limbo nasale; a diversi stadi della patologia si può notare maggior visibilità dei nervi corneali e opacità o cicatrici dovute ad un'errata applicazione delle lenti a contatto. Nei casi gravi può rompersi la membrana di Descmet che comporta un edema stromale acuto chiamato idrope (Romero-Jiménez M. et al. 2010).

CLASSIFICAZIONE:

Classicamente il cheratocono è stato classificato in:

- Nipple: il cono ha un diametro ≤ 5 mm, ha una morfologia rotonda ed è situato nella cornea centrale o paracentrale, normalmente posizionato a livello infero nasale. Le applicazioni delle lenti a contatto sono una soluzione relativamente semplice.
- Ovale: il cono ha un diametro > 5 mm, è situato nella cornea centrale o paracentrale, normalmente posizionato a livello infero nasale. L'applicazione contattologica, in questo caso, è più complicata rispetto al cheratocono Nipple.
- Cheratogloba: il cono occupa il 75% della cornea. Anche in questo caso l'applicazione è complicata tranne che in alcuni casi (Romero-Jiménez M. et al. 2010).

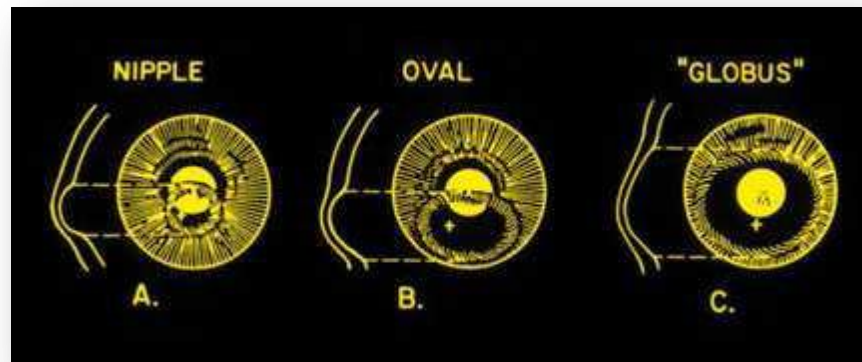


Fig. 4 Le tre forme topografiche del cheratocono avanzato estratta da <http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/15167/etiologypg2.cfm>

Inoltre è stata proposta una classificazione in base alla progressione clinica della malattia (Hom e Bruce 2006):

1. Primo stadio: Cheratocono frustro o subclinico: diagnosticato attraverso la topografia corneale; si può raggiungere una correzione di 10/10 con la correzione oftalmica.
2. Secondo stadio: lieve assottigliamento della cornea e opacità assenti.
3. Terzo stadio: livello moderato della patologia, sono presenti le strie di Vogt e l'anello di Fleischer e sono assenti opacità corneali. Non sono raggiungibili i 10/10 con correzione oftalmica ma solo con lenti a contatto. Si nota un significativo assottigliamento corneale e un astigmatismo irregolare che va da 2 D a 8 D.
4. Quarto stadio: livello grave, la cornea ha un potere > 55 D, l'acuità raggiungibile con le lenti a contatto è di 8/10, l'assottigliamento della cornea è importante e si nota il segno di Munson.

Questa classificazione può essere integrata con i dati raccolti nello studio di Demir S. et al (2013) nel quale si è rilevata la pachimetria corneale ai vari stadi della patologia attraverso una GALILEI Dual Scheimpflug Analyzer (Ziemer Ophthalmic Systems AG), una doppia Scheimpflug camera con un disco di placido che riduce l'effetto decentramento e fornisce dati più attendibili rispetto alla Scheimpflug camera (Pentacam). Si è osservato che allo stadio 1 la cornea è spessa $486.1 \pm 42.8 \mu\text{m}$, allo stadio 2 è $468.8 \pm 32.6 \mu\text{m}$, allo stadio 3 è $449.4 \pm 28.1 \mu\text{m}$ e allo stadio 4

è $404.3 \pm 36.9 \mu\text{m}$. La diagnosi dei casi moderati–gravi è semplice perché è basata su segni clinici chiari. Non è altrettanto semplice diagnosticare forme di cheratocono subclinico e per questo sono fondamentali strumenti in grado di dare una diagnosi precoce. Storicamente sono state usate la cheratometria, la fotocheratometria e successivamente la videocheratometria assistita da computer. Anche se il topografo corneale è ancora lo strumento di diagnostica più diffuso, sono in uso anche dispositivi più recenti come la Scheimpflug camera (Pentacam), la tomografia a coerenza ottica (OCT) (Matalia H., Swarup R. 2013) o come la GALILEI Dual Scheimpflug Analyzer (Ziemer Ophthalmic Systems AG). Quest'ultimo strumento riesce a discriminare in modo automatico tra un occhio sano, un cheratocono frusto e un cheratocono grazie ad un software che valuta diversi parametri della cornea, come la curvatura, l'elevazione, la pachimetria e la qualità del fronte d'onda. Uno studio ha verificato che questo sistema garantisce ottime prestazioni in quanto ha una sensibilità al 100 % e una specificità del 99,5 % per la discriminazione tra occhio sano e cheratocono e ha una sensibilità del 93,6 % e una specificità del 97,2 % per la discriminazione tra occhio sano e cheratocono frusto (Smadja D. et al. 2013).

ISTOPATOLOGIA:

Le tre caratteristiche istopatologiche classiche del cheratocono sono l'assottigliamento dello stroma, la rottura dello strato di Bowman e i depositi ferrosi nello strato basale dell'epitelio. Inoltre ogni strato corneale a seconda del livello della malattia può subire altre variazioni. Ad esempio è possibile rilevare la degenerazione delle cellule basali, con crescita di cellule epiteliali nello strato di Bowman; nello strato di Bowman può avvenire la rottura dello strato stesso per poi essere riempito dal collagene stromale; caratteristiche osservate nello stroma sono la compattazione e la perdita di posizione delle fibrille dello stroma anteriore, diminuzione del numero di lamelle collagene, fibroblasti normali e degenerati e materiale granulare e microfibrillare associato ai cheratociti; la membrana di Descemet è raramente interessata tranne nei casi di idrope acuta; l'endotelio solitamente non è interessato (Rabinowitz Y.S. 1998).

EZIOPATOGENESI:

L'eziopatogenesi del cheratocono non è ancora nota, ma si ipotizza che sia il risultato di molteplici fattori causali. Di solito insorge come patologia isolata, ma frequentemente è stata descritta in associazione a varie patologie oculari o sistemiche. Ad esempio può essere associata alla sindrome di down (con incidenza da 0,5% a 15%) o con amaurosi congenita di Leber (incidenza superiore al 30%). E' stato verificato inoltre che la trasmissione della malattia per cause familiari ha un'incidenza dal 4% al 23,5%(Rabinowitz Y.S. 1998).

Negli studi condotti su gemelli monozigoti si trova una concordanza elevata (71%) e maggiore rispetto a gemelli dizigoti. Inoltre si ipotizza che la malattia sia il risultato dell'alterazione di diversi possibili geni come ad esempio il gene VSX1 (OMIM 605020) localizzato sul cromosoma 20p11 - q11, il gene miR- 184 o il gene DOCK9 (OMIM 607.325) (Wheeler J. et al. 2012).

Alcuni studi hanno messo in evidenza la relazione tra cheratocono e lenti a contatto rigide e cheratocono e eye rubbing (strofinamento oculare). Nel primo caso, visto che un astigmatismo miopico può rappresentare una prima manifestazione di un cheratocono subclinico, e che questo viene molto frequentemente corretto con l'uso di lenti a contatto rigide, è difficile capire se l'uso delle lenti a contatto rigide preceda, o piuttosto segua, l'insorgenza del cheratocono. Nel secondo caso invece si è visto che l'eye rubbing è uno dei primi segni dell'atopia, malattia che ha un'alta correlazione con il cheratocono (Bennet E.S., Henry V.A. 2000).

Una teoria che segue queste due relazioni è la teoria di Wilson che afferma che l'inizio del cheratocono si verifica a livello epiteliale con un trauma (lenti a contatto, eye rubbing) e che questo causa il rilascio di IL1(interleuchina 1) da parte dell'epitelio. In seguito si avrà una ipersensibilità cheratocitaria a IL1 per una sovraespressione di recettori che causerà un abnorme rilascio di enzimi proteolitici e apoptosi; questo porterà alla perdita di cheratociti e quindi di massa stromale, e di conseguenza ci sarà un progressivo sfiancamento corneale.

1.2 ABERRAZIONI LEGATE AL CHERATOCONO

La qualità dell'immagine retinica è frutto di un insieme di fattori. Il fattore più influente è il defocus ma l'immagine è influenzata anche dalla diffrazione (influyente per i piccoli diametri pupillari) e la diffusione (legata all'opacità o alla ridotta trasparenza dei mezzi). Quando il defocus 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 secondo ordini dei polinomi di Zernicke: 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. (Rossetti A., Gheller P. 2003).

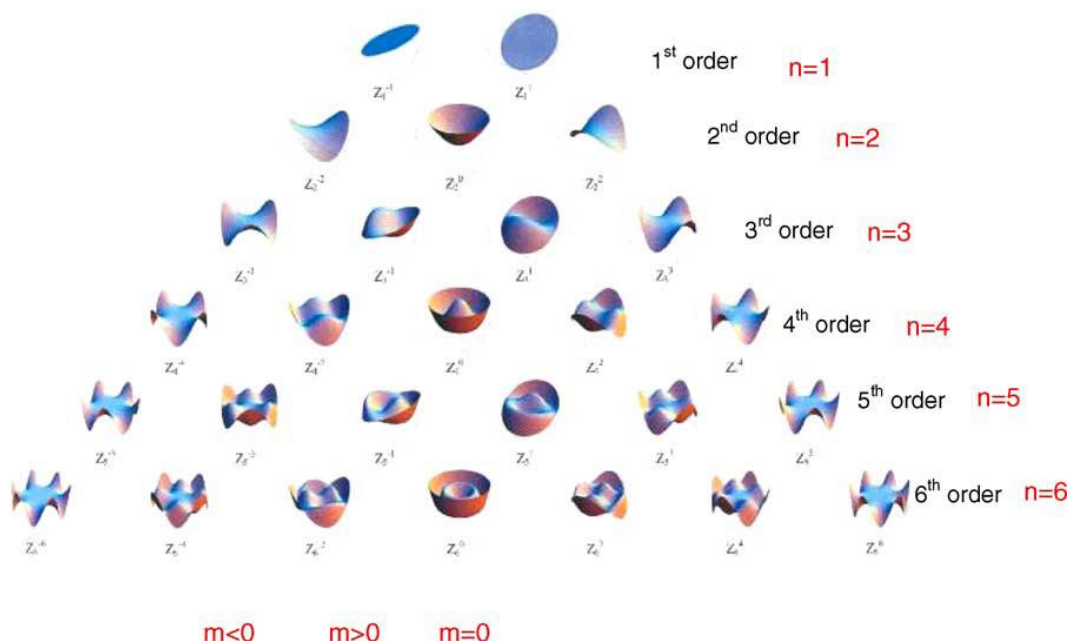


Fig.5 I polinomi di Zernike fino al 6° ordine estratta da Gobbe, M. & Guillon, M. 2005. *Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients*. Contact lens and anterior eye. vol. 28. pp 57–66.

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)

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 della 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).

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. 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 sono ridotte sensibilmente dall'uso di lenti 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).

CAPITOLO 2

I PROTOCOLLI PER LA PER LA

GESTIONE DEL

CHERATOCONO

3.1 CRITERI DI SCELTA DELLA GESTIONE DEL CHERATOCONO

La gestione del cheratocono varia a seconda della gravità della patologia. La maggior parte dei pazienti affetti da cheratocono (74%) possono essere non trattati chirurgicamente, mentre il restante 26% sono trattati con cheratoplastica. In uno studio condotto da Crews et al. (1994) è stato evidenziato che i pazienti affetti da cheratocono, che non si sottoponevano ad intervento chirurgico, ottengono la miglior correzione con lenti a contatto (54%) mentre il restante 21%, che sono solitamente pazienti con cheratoconi lievi, raggiungono la miglior compensazione con occhiali o senza correzione. Queste tipo di soluzioni saranno usate solo a scopo di compensazione e non terapeutico, con il fine ultimo di un'adeguata percezione visiva, ottenibile mediante un visus elevato e confortevole. 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 RGP per cheratocono;
- soluzioni Piggyback (lenti morbide + RGP);
- lenti semi-sclerali e sclerali;
- lenti ibride (lenti con il centro RGP e periferia morbida). (Gheller P.)

Quindi nelle fasi iniziali, l'errore di rifrazione del cheratocono può essere gestito da una correzione oftalmica che però andrà a correggere solo le

aberrazioni di basso ordine. Tuttavia con l'introduzione degli aberrometri clinici, che misurano le distorsioni del fronte d'onda dovute alla superficie oculare, si possono acquisire informazioni per la costruzione di lenti oftalmiche aberrometriche. Con questo tipo di lenti è possibile ridurre le aberrazioni di alto ordine con un evidente miglioramento della qualità visiva. Un esempio sono le lenti iZon della Ophthonix che seguendo la mappa aberrometrica del paziente lavorano la lente con l'elaborazione della superficie punto a punto. L'azienda sostiene che i pazienti che usano questo tipo di lenti hanno miglior sensibilità al contrasto e miglior acuità a basso contrasto (Patrick A., 2010).

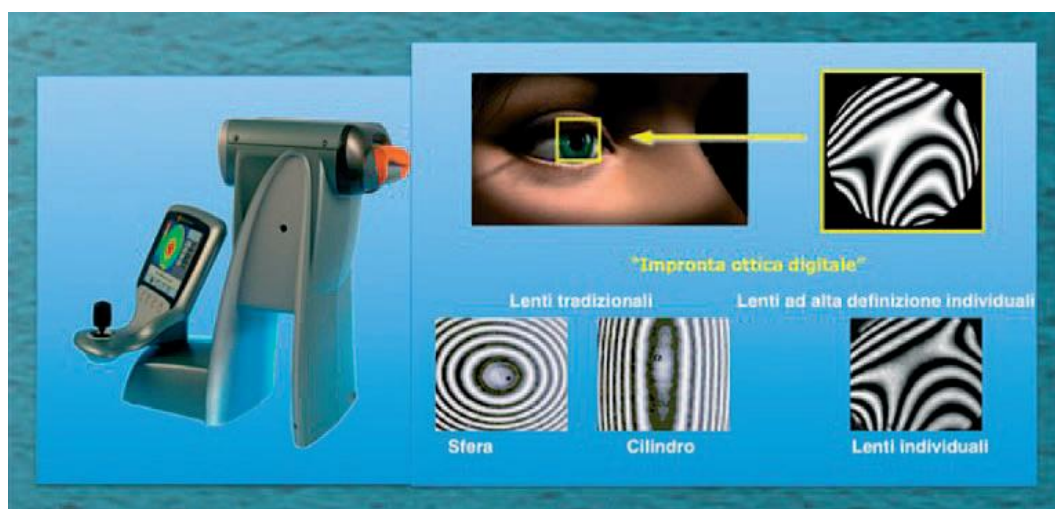


Fig.6: L'aberrometro ZView rileva l'impronta ottica digitale dell'occhio esaminato per poi trasferire i dati sulla scheda di lavorazione delle lenti iZon (Ophthonix) estratta da http://www.amedeolucente.it/pdf/lenti_oftalmiche.pdf.

La prescrizione degli occhiali diventa meno efficace quando la progressione della malattia porta alla protusione della cornea e l'astigmatismo diventa irregolare e quando è presente una condizione di anisometropia o antiametropia dovuta alla diversa progressione della malattia di un occhio rispetto all'altro. A partire da queste situazioni è essenziale la prescrizione di lenti a contatto. D'altra parte, un paio di occhiali deve essere prescritto, in modo che possano essere indossati nei giorni in cui le lenti a contatto non possono essere tollerate (Sorbara L., 2010).

Per quanto riguarda le lenti morbide e le lenti morbide toriche sono indicate per cheratoconi lievi, cheratoconi decentrati e cheratoglobi. I

vantaggi che danno questo tipo di soluzione sono che le lenti mantengono una buona centratura, hanno un basso costo (se non sono su misura) e sono confortevoli e quindi utili nei casi di scarso comfort o intollerabilità delle lenti rigide. Gli svantaggi sono che hanno una bassa permeabilità all'ossigeno, quando le lenti non sono in silicone-hydrogel e che non riescono a compensare in maniera adeguata un astigmatismo irregolare. Alcuni esempi di lenti morbide toriche sono le Proclear Toric (XR) (Cooper Vision), Preference Toric (XR) (Cooper Vision), and Metrosoft Toric (Metro Optics); invece esempi di lenti toriche per cheratocono sono le KeraSoft IC (Bausch & Lomb), le Novakone (Alden Optical), le Soft K (Soflex) e le Toris K HydroCone (Swisslens). (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

Queste lenti per cheratocono sono disponibili con curve base che vanno da 6.0 a 7.0 mm e una curva paracentrale che si appiattisce fino a 8.0 mm per seguire l'eccentricità del cheratocono. Inoltre lo spessore centrale della lente aumenta, rispetto alle lenti morbide classiche, fino a 3.0 mm per cercare di mascherare il più possibile l'irregolarità della cornea (Denaeyer G.W. 2010).

Un altro tipo di soluzione sono le lenti rigide gas permeabili con diametri da 8.0 a 10.0 mm. Questo tipo di lenti sono adatte per cheratoconi piccoli o medi centrali e sono disponibili con diversi tipi di geometria come la geometria inversa e con parametri personalizzabili.

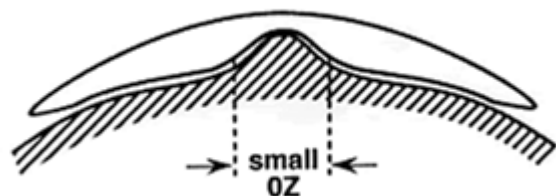


Fig.7: Design di una lente Rose K estratta da <http://roseklens.com/page/19-our-lens-types>

I vantaggi di questo tipo di lenti sono che garantiscono una superficie ottica regolare che maschera l'irregolarità della cornea sottostante e che riescono ad assicurare un buon ricambio lacrimale sotto alla lente. Gli svantaggi sono l'instabilità, soprattutto nei casi di cheratoconi decentrati, e la difficoltà di adattamento del paziente. Esempi di lenti rigide gas permeabili sono le Rose K e le Rose K2 (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

Queste lenti danno un netto miglioramento per l'acuità visiva ad alto contrasto, tuttavia è stato dimostrato che c'è un abbassamento dell'acuità a basse frequenze spaziali (0,25 c/deg) (Bennet E.S., Henry V.A. 2000).

Nei casi in cui il centraggio della lente è difficoltoso si può optare per l'applicazione di lenti RGP con diametri che vanno da 10,5 a 12 mm. La loro dimensione permette un aumento della copertura corneale e di conseguenza garantisce una miglior centratura. Queste lenti hanno un minor movimento rispetto alle lenti con diametri più ridotti, ciò nonostante forniscono un adeguato ricambio lacrimale. Alcuni esempi di queste lenti sono DynaZ Intralimbal con diametro di 11.2 mm (Lens Dynamics), Rose K2 IC con diametro di 11.2 mm (Menicon Ltd, Co.), I Kone con diametro di 10.4 mm (Medlens and Valley Contax) (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

Nei casi in cui il comfort iniziale con una lente RGP sia scarso e sia difficile raggiungere un buon centratura, specialmente nei cheratoconi avanzati o decentrati, una buona soluzione è il sistema Piggyback. Inoltre è indicato nei casi di fragilità epiteliale che portano ad uno staining persistente all'apice del cono con l'uso di una lente RGP e quando l'adattamento è difficoltoso a causa della poca motivazione del paziente al porto della lente a contatto. Questo sistema consiste nell'applicazione di una lente rigida ad alto o iper-Dk sopra ad una lente morbida (Bennet E.S., HomM.M. 2004).

I vantaggi dell'applicazione Piggyback sono: garantire il comfort di una lente morbida con la qualità visiva delle lenti RGP, diminuire le complicazioni corneali e l'ipossia, e in alcuni casi aumentare il tempo di porto delle lenti rispetto alle lenti RGP. Gli svantaggi sono: l'aumento della difficoltà nella gestione di più tipi di lenti, la lente rigida è meno stabile e può essere persa, la lente morbida può essere danneggiata dalla lente rigida e si ha la necessità di diverse tecniche di manutenzione per le lenti. Esempi di lenti usate con questo tipo di sistema sono le KeraSoft (UltraVision), lenti morbide di diametro totale tra i 12,5 a 14,5 mm con una svasatura nella parte centrale della lente tra gli 8,0 e i 9,8 mm di diametro utile per migliorare la stabilità della lente rigida (Barnett M., Mannis M.J. 2011) (Sorbara L., 2010).

Nei casi in cui sono presenti mappe topografiche corneali che evidenziano un cono molto grande e deformato (cheratoglobo) che può essere spostato inferiormente (degenerazione marginale pellucida) o di forma irregolare (oblato, come in caso di post-keratoplastica PKP), sono necessari BOZD molto grandi che possono essere garantiti da lenti a contatto corneo sclerali e semi-sclerali.

Questo tipo di lenti, che hanno range di diametri totali rispettivamente da 12,9 a 13,5 mm e da 13,6 a 14.9 mm, sono diventate più usate dagli applicatori in quanto l'avvento di materiali con iper-Dk garantiscono un'adeguata permeabilità all'ossigeno. Invece nelle situazioni in cui ci sono casi avanzati di PMD o cheratoglobo e trapianti di cornea con innesti sollevati o inclinati possono essere adatte applicazioni di lenti mini-sclerali o sclerali. Le lenti mini-sclerali hanno diametri totali da 15 a 18 mm e le lenti sclerali hanno diametri totali da 18.1 a 24 mm (Sorbara L.,2010).

I vantaggi di questo tipo di lenti a grande diametro sono che creano una superficie ottica uniforme, l'adattamento alla lente è veloce, garantiscono un buon centraggio e stabilizzano l'acuità visiva. Gli svantaggi sono il basso ricambio lacrimale, difficoltà nel maneggiare la lente e la necessità di un contattologo esperto per la gestione dell'applicazione (Waheeda I., 2006). Una controindicazione per l'uso di questo tipo di lenti sono cornee con edema da ridotto numero di cellule endoteliali. Esempi di lenti corneosclerali sono le Semi-Scleral 13.5 mm (Abba) e le SoClear Lens (13.5–15.0 mm; Dakota Sciences/Art Optical). Esempi di lenti semisclerali sono le Jupiter Lens (13.5–16.6 mm) e le So2Clear (14.0 mm; Art Optical). Esempi di lenti minisclerali sono le MSD (15.8 mm; Blanchard), le Maxim (16.0 mm;

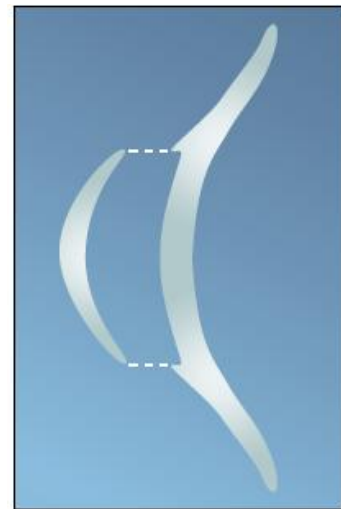


Fig.8: illustrazione di una applicazione Piggyback estratta da da Sorbara, L., Fonn, D., Woods, C., Sivak, A. & Boshart, B. 2010. Correction of Keratoconus with GP Contact Lenses. Centre for Contact Lens Research School of Optometry University of Waterloo.

Acculens), le Jupiter (15.0–18.0 mm; Medlens Innovations/Essilor), le Boston MiniScleral (15.0–15.5 mm; Foundation for Sight), e le Tru-Scleral (16.0–20.0 mm; Tru-Form optics). Infine esempi di lenti sclerali sono le Jupiter scleral lens (Medlens Innovations/Essilor), e

Tabella I: classificazione della lente in base al diametro estratta da Sorbara, L., Fonn, D., Woods, C., Sivak, A. & Boshart, B. 2010. Correction of Keratoconus with GP Contact Lenses. Centre for Contact Lens Research School of Optometry University of Waterloo, Canada. Bausch and Lomb.

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

le Tru-Scleral Lens (Tru-Form Optics) (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

Un ulteriore sistema di compensazione complesso è la lente a contatto ibrida, che presenta una zona centrale contenente la zona ottica fisicamente rigida associata ad una “skirt” o periferia morbida. Questo tipo di sistema è indicato quando si ha uno scarso comfort con lenti RGP corneali, spesso causato da un’ipersensibilità generale; eccessiva dinamica della lente, dovuta all’alta differenza di curvatura tra il cheratocono e la periferia della cornea; staining apicale, che può esser esacerbato da una lente RGP corneale; decentramento della lente, soprattutto nei casi di coni decentrati; scarsa qualità della visione, dovuta alla poca stabilità della lente (Rubinstein M.P., Sud S. 1999). I vantaggi nell’applicare una lente ibrida sono una buona qualità della visione e un buon centraggio della lente, anche nei casi di un cheratocono avanzato. Inoltre si è evidenziata una buona permeabilità all’ossigeno nella parte centrale. Gli svantaggi sono che può verificarsi un cambiamento del fitting della lente anche dopo mesi dall’applicazione e la necessità dell’uso di fluoresceina macromolecolare per verificare il rapporto topografico della lente. Esempi di lenti ibride sono le SynergEyes A, le SynergEyes KC e le SynergEyes ClearKone (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

3.2 LINEE GUIDA

Per la compilazione delle linee guida ho seguito l'impostazione usata nelle linee guida proposte dal RIOG (Registro Italiano Operatori di Contattologia) adeguate nei contenuti per l'applicazione di lenti a contatto per cheratocono.

- **MISURAZIONE DELL'ACUITÀ VISIVA:**

Per la misurazione dell'acuità visiva è usata la Bailey-Lovie chart ad una distanza di 4 metri. Ad ogni visita l'acuità è misurata in 3 modi nel seguente ordine:

1. Acuità visiva ad alto e basso contrasto con correzione abituale, prima monocularmente per entrambi gli occhi e in seguito binocularmente.
2. Acuità visiva ad alto e basso contrasto con lente a contatto che garantisce la migliore correzione, per ciascun occhio.
3. Acuità visiva ad alto e basso contrasto con la rifrazione manifesta, per ciascun occhio.

- **MISURAZIONE DELL'ERRORE REFRAATTIVO:**

La misura dell'errore di rifrazione di un paziente con cheratocono è difficile e tende ad essere altamente variabile. L'affidabilità della rifrazione manifesta è simile a quella di un paziente ambliope e la ripetibilità tra una visita e l'altra è estremamente bassa. Durante la retinoscopia si deve fare attenzione alla distorsione del riflesso. Essa serve come punto di partenza per la rifrazione soggettiva la quale ha come obiettivo finale trovare la sfera massima positiva che permetta al paziente di leggere il massimo livello di acuità visiva. La procedura usata per la refrazione soggettiva è la seguente:

1. Accendere il proiettore e impostare nel basso la linea di acuità visiva raggiunta con la correzione trovata con la retinoscopia.
2. Occludere l'occhio non testato e abbassare l'illuminazione del locale ad un livello moderato.
3. A partire dal valore del retinoscopio, aumentare il valore sferico positivo fino ad annebbiare il paziente.
4. Diminuire la correzione a step di 0,25 D per raggiungere la migliore acuità visiva cioè fino a che la diminuzione del potere non provochi

nessun cambiamento e che non rimpicciolisca la visione della linea di acuità.

5. Posizionare nel forottero il cilindro crociato di Jackson per ottimizzare l'asse dell'astigmatismo trovata nella retinoscopia. Quando il paziente riferisce la parità di entrambe le posizioni del JCC si ha la conferma di aver trovato l'asse.
6. Raffinare la potenza del cilindro attraverso l'uguaglianza di visione nelle due posizioni aumentando o diminuendo il potere cilindrico a step di 0,25 D.
7. Annebbiare aggiungendo +0,75 D di sfera per poi diminuire per step di 0,25 D fino ad arrivare alla lettura della linea di miglior acuità.
8. Occludere l'occhio finora esaminato e ripetere il procedimento per l'altro occhio dal punto 3 al punto 7.
9. Testare i risultati della refrazione su un occhiale di prova.

- ***TOPOGRAFIA CORNEALE:***

Nella prima parte della visita si procede all'acquisizione della topografia corneale. Questo esame oltre ad analizzare e descrivere una vasta superficie corneale permette la localizzazione dell'apice del cono, fornisce gli indici di simmetria, permette la classificazione del cheratocono e garantisce il follow-up.

- ***ESAME ALLA LAMPADA A FESSURA:***

Per verificare la salute oculare del paziente, ad ogni visita, viene effettuato un esame alla lampada a fessura. La procedura adottata per questo tipo di controllo è la seguente, e viene effettuata prima per l'occhio destro e poi per l'occhio sinistro:

1. Impostare l'illuminazione della lampada a 3/4 e diffusa, con ingrandimento a 10X e andare a ricercare segni di infiammazione di palpebre e ciglia.
2. Con lo stesso tipo di illuminazione andare a controllare la palpebra inferiore e la congiuntiva bulbare.
3. Si pratica l'eversione della palpebra superiore e si verifica la salute della congiuntiva tarsale superiore con ingrandimento a 7-10X.
4. Rilasciare la palpebra superiore e passare al controllo della congiuntiva bulbare superiore, nasale e temporale.

5. Osservare i segni di opacizzazione sull'intera cornea con illuminazione diffusa a 16X.
6. Impostare l'illuminazione diretta a parallelepipedo con ampiezza di circa 3mm a 16X per osservare il limbus.
7. Con lo stesso tipo di illuminazione osservare la cornea, prima con la lampada dal lato temporale del paziente, scansionare la parte inferiore dal lato temporale al lato nasale, poi posizionando la lampada nel lato temporale del paziente scansionare la stessa parte dal lato nasale al lato temporale. Usare lo stesso procedimento per la parte superiore. Osservare i segni caratteristici del cheratocono come cicatrici corneali, strie di Vogt e l'anello di Fleischer.
8. Osservare la camera anteriore, l'iride e il cristallino.
9. Attraverso la diffusione sclerale analizzare se sono presenti segni di edema o opacizzazione.

Dopo aver istillato la fluoresceina e applicato alla sorgente luminosa i filtri blu cobalto e di Wratten, si osserva con un ingrandimento di 16X se sono presenti staining corneali (Zadnik et al. 1996).

- ***PROCESSO APPLICATIVO:***

Come detto in precedenza se il cono è relativamente piccolo e in posizione centrale può essere applicata una lente RGP con diametro tradizionale, invece se è presente un cheratoglobulo o un cono ovale o il cono è molto decentrato è più probabile riuscire ad ottenere un buon risultato con lenti intralimbari, sclerali, piggyback, ibride o morbide spessorate. Utilizzando un set di lenti diagnostico, selezionare una lente di prova con raggio base uguale al "K" più stretto. Dopo aver istillato qualche goccia di fluoresceina, valutare il pattern attraverso il biomicroscopio con il filtro blu cobalto e il filtro di Wratten. Se è presente clearance apicale appiattire progressivamente fino allo sfioro apicale. E' indispensabile che ci sia un buon centraggio della lente. Il diametro della zona ottica è scelto invece in base al diametro del cono; alla progressione della patologia solitamente si andrà a diminuire il diametro della zona ottica. Di solito sono necessarie più curve periferiche per seguire l'elevata eccentricità della cornea cheratoconica. Lo sfioro apicale è il rapporto topografico

maggiormente ricercato con questi tipi di lenti. Infatti con un eccessivo tocco apicale la lente può provocare staining e con un'eccessiva clearance apicale può provocare punteggiatura o velatura arricciata alla base del cono. Questo "tocco a tre punti" o pattern fluoresceinico "bull's eye" è conseguibile più facilmente con cheratoconi ben centrati.

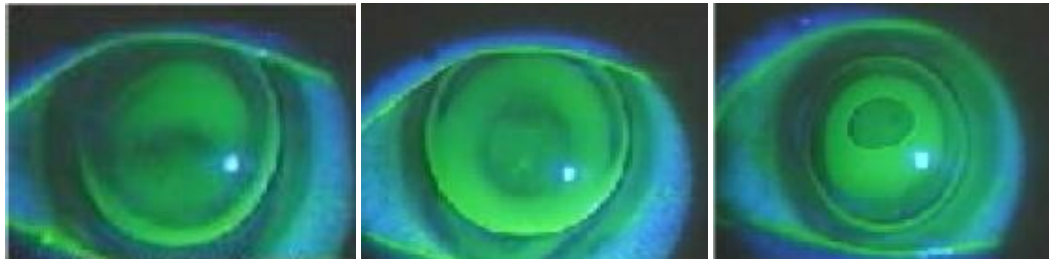


Fig.9-10-11: Da sinistra il pattern fluoresceinico "tocco a tre punti", il pattern fluoresceinico con eccessivo tocco apicale e il pattern fluoresceinico con eccessiva clearance apicale estratta da <http://www.gpli.info/pdf/pearl-fitting-guide.pdf>

Un' applicazione piggyback invece può essere presa in considerazione nei casi in cui la lente RGP sia difficile da centrare, provoca discomfort o sono presenti cicatrici corneali. Di solito viene impiegata una lente in silicone hydrogel con basso potere (0,50 D) sotto la lente RGP. Quest'ultima per garantire il giusto apporto d'ossigeno alla cornea dovrà avere un Dk molto alto ($Dk > 100$). In alcuni casi dove il centraggio del sistema non sia adeguato, è necessario utilizzare una lente morbida con un potere più alto (+6 D) per dare più stabilità al sistema (Byrnes S. et al.).

- **PROCEDURE E VISITE DI CONTROLLO:**

I pazienti con cheratocono che utilizzano lenti a contatto richiedono generalmente visite di controllo più frequenti rispetto agli altri portatori di lenti a contatto. E' 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 trimestrale, devono essere valutate l'acuità visiva (ad alto e basso contrasto), la sovrarefrazione, la topografia corneale, il controllo della superficie della lente, l'esame del pattern

fluoresceinico e l'esame in lampada a fessura con e senza le lenti. E' 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 un pattern fluoresceinico "tocco a tre punti". 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. Il seguente diagramma di flusso guida l'applicatore attraverso la procedura di modifica della lente in occasione della prima visita di controllo (Sorbara L.,2010).

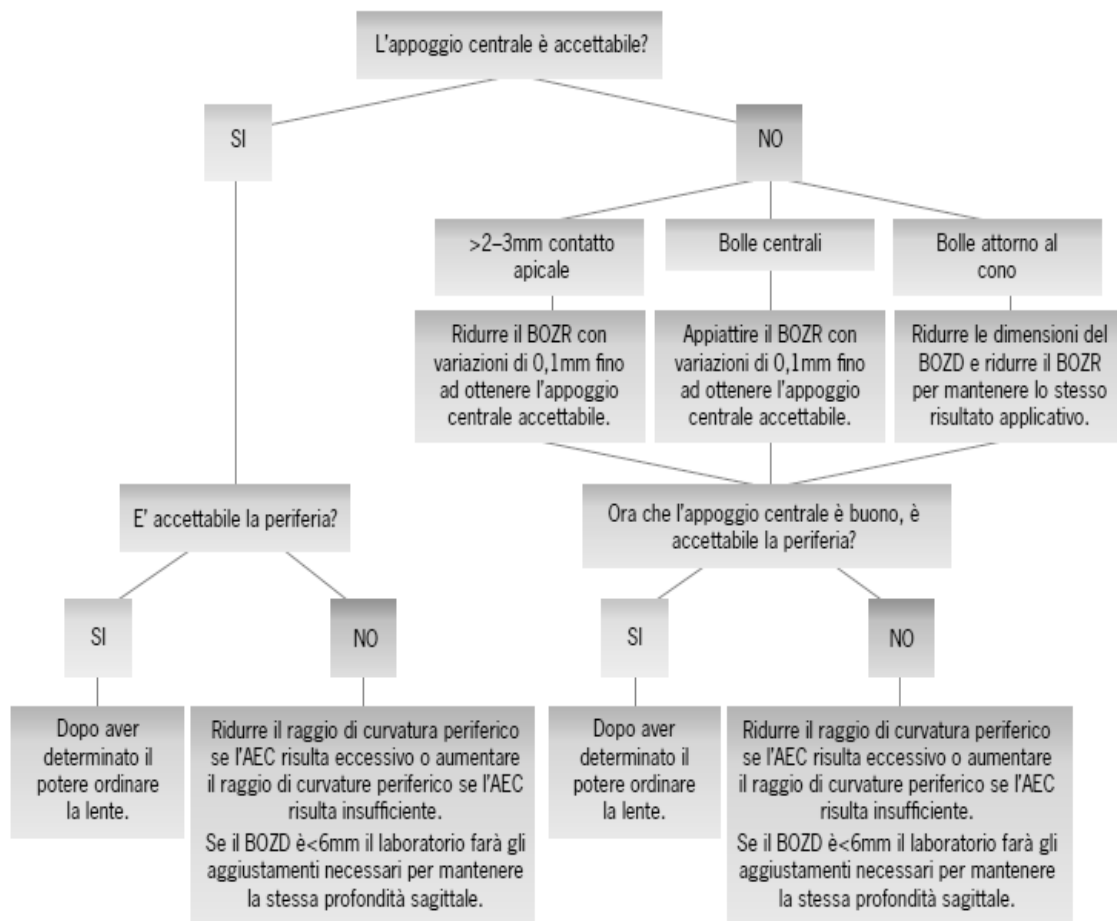


Diagramma di flusso estratto da Sorbara, L., Fonn, D., Woods, C., Sivak, A. & Boshart, B. 2010. *Correction of Keratoconus with GP Contact Lenses*. Centre for Contact Lens Research School of Optometry University of Waterloo, Canada. Bausch and Lomb.

CAPITOLO 3

I SISTEMI DI COMPENSAZIONE

3.1 LENTI A CONTATTO MORBIDE

L'applicazione di lenti a contatto morbide nella gestione del cheratocono può essere una soluzione nella fase iniziale della distrofia. Questo tipo di lenti ha una zona con uno spessore superiore a quello di una lente a contatto morbida tradizionale e questa riesce a mascherare un astigmatismo irregolare qualora sia contenuto. Queste sono indicate quando è presente un'intolleranza o un disagio con le lenti RGP o per un uso sportivo. (Rathi V. M., Mandathara P. S. & Dumpati S. 2013).

Fino a pochi anni fa le lenti morbide spessorate non erano molto diffuse a causa dell'uso dei materiali tradizionali in Hidrogel a bassa trasmissibilità di ossigeno. Tuttavia oggi si ha la possibilità di costruire queste particolari lenti a contatto in materiale SiHi con trasmissibilità all'ossigeno tre volte maggiori rispetto ai vecchi materiali in Hidrogel e torni di precisione con le più disparate possibilità costruttive. Tutto ciò rende questo tipo di lente una valida opzione applicativa (Fernandez-Velazquez F. J. 2012).

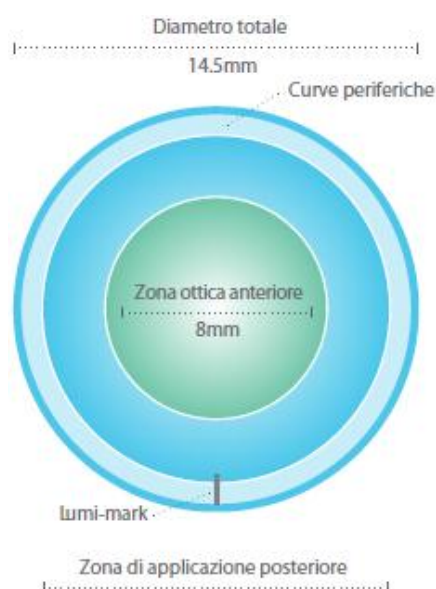
Esempi di lenti morbide spessorate sono le KeraSoft IC (Bausch & Lomb), le Novakone (Alden Optical), le Soft K (Soflex) e le Toris K HydroCone (Swisslens). In diversi studi sono stati verificati i vantaggi che possono garantire questo tipo di lenti. Ad esempio per le Toris K Hydrokone (Swisslens) si è visto come l'applicazione di queste lenti, su pazienti intolleranti a lenti RGP, abbia aumentato l'acuità visiva di media di 5/10 rispetto alla correzione oftalmica nei casi in cui lo stadio del cheratocono era 1 o 2 e di media 3/10 rispetto alla correzione oftalmica nei casi in cui lo stadio del cheratocono era 3 o 4 (Tonga S. et al. 2011). Inoltre queste lenti sono semplici da utilizzare e confortevoli. Un altro esempio a favore di questo metodo compensativo è dato da un altro studio che metteva a confronto l'efficacia delle KeraSoft IC (Bausch & Lomb) rispetto al gruppo controllo con le Rose-K 2 (Menicon Co. Ltd.). I risultati di questo studio hanno evidenziato che non ci sono differenze statisticamente significative

tra i due gruppi per le acuità raggiunte con la miglior correzione con le lenti a contatto. Si è verificato invece che il gruppo con lenti RGP ha riscontrato più complicanze, come staining corneale, rispetto alle lenti morbide spessorate (Fernandez-Velazquez F. J. 2012).

- **KERASOFT IC (BAUSCH & LOMB):MANUALE APPLICATIVO**

La KeraSoft IC è una lente che presenta una superficie anteriore asferica o asferica torica, con prisma di ballast per il bilanciamento, controllo totale dello spessore e delle aberrazioni sferiche. Se necessario, la periferia può essere variata fino a 4 steps più piatta o più stretta, indipendentemente dalla curva base e può essere modificata fino a 2 settori in maniera indipendente, mentre la posizione viene decisa dall'applicatore. In questi settori le periferie possono essere appiattite, strette oppure lasciate standard.

Tabella II: parametri della lente Kerasoft IC estratta da http://www.kerasofttraining.com/it/Downloads/Fitting_Manual.pdf



Curva Base	7.40mm a 9.40mm (step 0.20mm)
Diametro	14.50mm (step 0.50mm) Diametri 14.00mm, 15.00 mm e 15.50mm possono essere richiesti
Geometria	Superficie anteriore asferica o asferica torica, con prisma di ballast per il bilanciamento. Controllo totale dello spessore. Controllo delle aberrazioni sferiche.
Periferia	L'intera periferia può essere stretta o appiattita indipendentemente dalla curva base. Inoltre, la periferia può essere modificata in maniera indipendente fino a due settori. (Sector Management Control o SMC) STD, STRETTO1, STRETTO2, STRETTO3 STRETTO4, PIATTO1, PIATTO2, PIATTO3, PIATTO4
Potere	Sferico: +30.00 a -30.00D (step 0.25D) Cilindrico: -0.50D a -15.00D (in step 0.25D) Asse: da 1° a 180° (in step 1°)
Materiale Ricambio	¹ Filcon II 2, 77% acqua (ANNUALE) ² Efofilcon A, 74% acqua* (TRIMESTRALE) *Definitive*
DK	¹ $53 \times 10^{-11} (\text{cm}^2/\text{sec}) [\text{mlO}_2 / (\text{ml} \times \text{mmHg})]$ ² $60 \times 10^{-11} (\text{cm}^2/\text{sec}) [\text{mlO}_2 / (\text{ml} \times \text{mmHg})]$

Fig. 12: lente KeraSoft IC con periferia STD estratta da http://www.kerasofttraining.com/it/Downloads/Fitting_Manual.pdf

La scelta della lente iniziale si basa sulla topografia e sul profilo corneale. Quindi in base alla morfologia e alla gravità dell'ectasia viene selezionata

e applicata una lente dal set di prova. Successivamente si andrà a verificare la dinamica della lente sull'occhio. Le caratteristiche evidenziate possono essere ricordate utilizzando l'acronimo MoRoCCo VA, che sta a indicare: Movimento, Rotazione, Centraggio e Comfort. Tutti questi, se ottimali, forniscono la migliore Acuità Visiva. Le caratteristiche di un'applicazione ottimale sono: un movimento fino a 2 mm dopo l'ammiccamento, purché sia mantenuto il comfort; non deve essere presente rotazione, quindi il Lumi-mark deve essere a ore 6; deve essere centrale; deve essere confortevole; deve garantire un'acuità visiva stabile prima e dopo l'ammiccamento. Il procedimento da seguire per l'applicazione è :

- Scegliere e applicare la lente di prova iniziale.
- Valutare entro 5 minuti per determinare quali caratteristiche applicative vengono raggiunte: se queste indicano una lente stretta o piatta verrà scelta la prossima lente da applicare di 1 o 2 curve base più stretta o più piatta rispetto alla precedente.
- Quando queste caratteristiche sono considerate ottimali si procede alla sovrarefrazione: se questa non è ottimale si riconsideri la curva base 1 step più piatta o più stretta.
- Quando viene raggiunta un'applicazione ottimale lasciare che la lente si stabilizzi per 15-20 minuti e poi concludere con una sovrarefrazione e annotare la distanza apice corneale – lente.

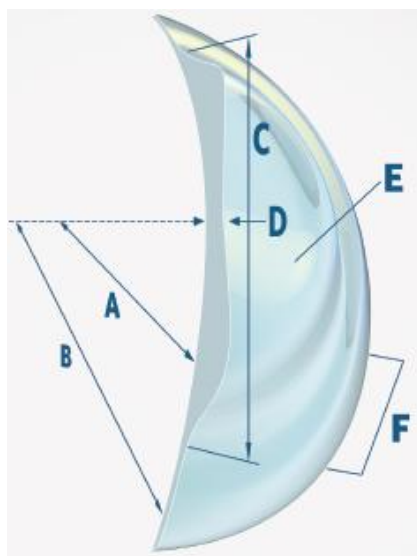
Ciascuno step nella periferia è equivalente a un cambiamento di 0.20mm rispetto alla curva base. In alcuni casi di cornea irregolare, la periferia può essere modificata fino a 2 settori indipendentemente dalla curva base (Sector Management Control), e personalizzata in base alle esigenze dell'applicatore (indicato in meno del 10% delle applicazioni). Questo tipo di periferia viene usata quando: una buona applicazione non può essere ottenuta con una lente Standard o modificando l'intera periferia come nei casi di Coni bassi e PMD o casi molto irregolari di post-trapianto; le lenti che invece forniscono una buona applicazione, ma vengono decentrate continuamente o scendono in modo significativo con lo sguardo rivolto verso l'alto; un'applicazione ottimale con lenti con periferia Standard ha come conseguenza costante immagini fantasma o sfocate; Coni

decentrati, la cui forma corneale risultante porta regolarmente a un decentramento di tutte le lenti.

- **NOVAKONE (ALDEN OPTICAL): MANUALE APPLICATIVO**

La lente NovaKone è progettata nello specifico per l'occhio con cheratocono ed ha parametri variabili utili per la precisa gestione del fitting della lente. Le caratteristiche sono: una curva base (A) utile per l'allineamento su cornee molto strette; lo spessore al centro variabile (Factor IT) (D) in base all'irregolarità della cornea; la Dual Elliptical Stabilization™ (F) che serve per garantire l'orientamento e la stabilità della lente; poteri cilindrici (E) fino a -10 D per compensare l'astigmatismo residuo; una curva paracentrale (B), indipendente dalla curva base, utile per assicurare un movimento adeguato e un buon fitting; la superficie anteriore asferica (C) che serve per correggere l'aberrazione sferica e le sottili flange lenticolari che servono per massimizzare la permeabilità dell'ossigeno.

Tabella III: parametri della lente NovaKone estratta da http://www.aldenoptical.com/docs/novakone/Novakone_Sales_Aid.pdf



MATERIALE	Benz G4X 54%, Hioxifilcon D
DIAMETRO	15.0 mm standard, disponibile con variazioni con steps di 0,1 mm
CURVA BASE	5.4, 5.8, 6.2, 6.6, 7.0, 7.4, 7.8, 8.2, 8.6 standard, disponibile con variazioni con steps di 0,1 mm
CURVA PARACENTRALE	8.2, 8.4, 8.6 standard, disponibile con variazioni con steps di 0,1 mm
POTERE	Da + 30.00 D a - 30.00 D con steps di 0,25 D
POTERE CILINDRICO	Fino a -10.00 D con steps di 0,25 D
ASSI	Da 1° a 180° con steps di 1°
IT FACTOR (INDEX OF THICKNESS)	0 (0.35 mm spessore centrale) 1, 2, 3, 4 (con aumento di 0,10 mm per ogni step)

Fig. 13: sezione della lente NovaKone estratta da http://www.aldenoptical.com/docs/novakone/Novakone_Sales_Aid.pdf

Per determinare la lente corretta da applicare usando un set di lenti diagnostiche si seguirà questa guida applicativa:

- **Determinare la curva base:** Utilizzando la tabella IV selezionare la curva base della lente di prova basandosi sulla media del K delle letture cheratometriche centrali o sulla media dei sim-K della topografia.

In seguito verificare

l'allineamento con la

cornea centrale attraverso la lampada a fessura e con la

fluoresceina ad alto peso molecolare. L'allineamento

produrrà un lieve tocco centrale.

- **Determinare l'IT**

Factor: se si osservano irregolarità nella topografia o le

mire cheratometriche sono distorte è necessario aumentare questo fattore fino a che queste irregolarità non vengano compensate.

- **Calcolo del potere della lente:** eseguire una sovrarefrazione con la lente di prova e verificare se è presente una rotazione della lente.

- **Determinare la curva paracentrale:** utilizzando una lampada a fessura verificare le caratteristiche dinamiche della lente e modificare di conseguenza questa curva. Il movimento ideale della lente dopo l'ammiccamento è tra 0,50 mm e 1,00 mm.

- **Ordinazione della lente finale:** eseguire una sovrarefrazione finale e compensare la distanza apice corneale-lente e la rotazione se necessario.

- **SOFT K (SOFLEX): MANUALE APPLICATIVO**

La geometria posteriore di questa lente prevede la zona ottica sferica e la zona periferica asferica. La curva anteriore invece ha una zona ottica rinforzata che garantisce un miglioramento visivo, ha una zona lenticolare per la stabilità strutturale e ha un profilo del bordo che garantisce il comfort. Inoltre la lente ha uno speciale sistema di fori utile per equilibrare la pressione tra la parte anteriore e posteriore. I vantaggi che dà questo sistema sono: la stabilità ottica, l'aumento della trasmissibilità dell'ossigeno, l'eliminazione di bolle d'aria sotto la lente e il miglioramento

Tabella IV: parametri di selezione della curva base estratta da http://www.aldenoptical.com/docs/novakone/Novakone_Sales_Aid.pdf

MEDIA K CENTRALE	CURVA BASE
41.00 to 42.99	8.6
43.00 to 46.99	8.2
47.00 to 49.99	7.8
50.00 to 52.99	7.4
53.00 to 55.99	7.0
56.00 to 58.99	6.6
59.00 to 61.99†	6.2
62.00 to 64.99†	5.8
65.00 to 67.99†	5.4

dello scambio lacrimale. La lente è prodotta con tecnologie avanzate con torniture con punta diamantata. La nuova generazione costruita con Silicone Hydrogel garantisce miglior salute oculare rispetto ai vecchi materiali. Per determinare la lente da applicare, usando il set di prova, si dovrà seguire questo procedimento:

1. Eseguire la topografia corneale.
2. Verificare la salute della cornea attraverso la lampada a fessura.
3. Inserire la prima lente con curva base 7,90 mm e aspettare 30 minuti per poi andare a verificare che le caratteristiche dinamiche e statiche della lente siano ottimali: il movimento deve essere tra 0,70 mm e 1,00 mm, la lente deve essere centrata, deve essere confortevole, non devono esserci bolle d'aria e non deve essere presente sollevamento al bordo. Se non vengono raggiunte queste caratteristiche si dovrà inserire e verificare un'altra lente di prova con la curva base più piatta o più stretta.
4. Eseguire una sovrarefrazione e compensare la distanza apice corneale-lente.

Tabella V: parametri della lente SoftK estratta da <http://www.soflexcontacts.com/Uploaded/files/3579c0bb-e6ac-4a5b-acdc-7b81ab19c11e.pdf>

MATERIALE	Filcon V3
CONTENUTO D'ACQUA	74%
TRASMISSIONE LUCE	99.3%
MODULO (MPa)	0.35
CURVA BASE	7.00, 7.30, 7.60, 7.90, 8.20 mm
DIAMETRO	14.20 mm
SPESSORE CENTRALE	0.36 mm @ -3.00D
SPESSORE AL BORDO	0.11 mm
DIAMETRO ZONA OTTICA	8.30 mm @ -3.00D
PERMEABILITA' ALL'OSSIGENO	60.0×10^{-11} @ 35°
POTERE SFERICO	Da +10.00 D a -20.00 D con variazioni di 0.25 D per steps
POTERE CILINDRICO	Fino a - 7 D
ASSI	Da 0° a 180°
RIFERIMENTO ASSE	A 270°

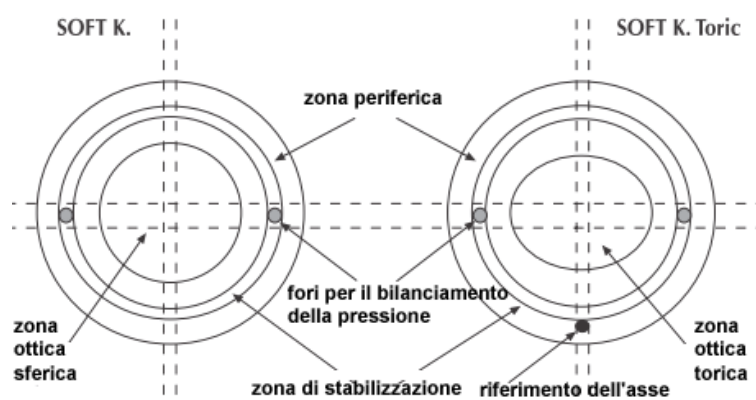


Fig. 14: lente SoftK e SoftK Toric estratta da <http://www.soflexcontacts.com/Uploaded/files/3579c0bb-e6ac-4a5b-acdc-7b81ab19c11e.pdf>

- **TORIS K HYDROCONE (SWISSENS) : MANUALE APPLICATIVO**

La geometria della lente Toris K HydroCone è costituita da una zona ottica posteriore sferica e una periferia asferica che si appiattisce. La zona ottica anteriore è torica e ha una stabilizzazione dinamica con zone più spesse nel lato nasale e temporale. La lente Toris K HydroCone P invece può avere la zona ottica anteriore bifocale, progressiva o multi progressiva. Inizialmente come prima lente di prova si sceglierà in base allo stadio del cheratocono : se è allo stadio 1 o 2 si sceglierà una HydroCone K12 (con spessore al centro 0,42 mm) con parametri di curva base 8,00 mm e diametro totale 14,00 mm; se invece è allo stadio 3 o 4 si sceglierà una HydroCone K34 (con spessore al centro 0,52 mm) con parametri di curva base 7,80 mm e diametro totale 13,70 mm. In base alle caratteristiche dinamiche e statiche (come movimento, centraggio, rotazione e comfort) si modificheranno i parametri della lente. Quando questi sono ottimali si aspettano 30 minuti dall'applicazione e di esegue una sovrarefrazione e infine si compensa la distanza apice corneale–lente.

Tabella VI: parametri della lente Toris K HydroCone e Toris K HydroCone P estratta da https://www.swisslens.ch/contenus/common/products/swisslens_hydrocone.pdf

	MATERIALE	Definitive 74 / Igel 77
	DIAMETRO	Da 12.00 mm a 17.00 mm
	CURVA BASE	Da 7.00 mm a 10.80 mm
	POTERE SFERICO	Da -40.00 a +40.00 D
	POTERE CILINDRICO	Da -0.25 a -8.00 D
	ASSI	Da 0° a 180°
	ADDIZIONE	Da +0.50 a +4.00 D
	SPESSORE CENTRALE	Standard K12 = 0.42mm, K34 = 0.52 mm Range spessori: 0.35 => 0.59 mm

Fig. 14: lente Toris K HydroCone estratta da https://www.swisslens.ch/contenus/common/products/swisslens_hydrocone.pdf

3.2 LENTI A CONTATTO RIGIDE

Le lenti a contatto GP sono il sistema correttivo più usato dai pazienti affetti da cheratocono perché garantiscono una superficie ottica uniforme. Il liquido lacrimale presente sotto le lenti ha un indice di rifrazione simile a quello della cornea e per tale motivo questo sistema neutralizza la maggior parte delle aberrazioni ottiche della superficie corneale anteriore. Nella maggior parte dei casi di cheratocono le lenti GP aumentano le performance visive (Bennet E.S., Hom M.M. 2004). Quasi il 75 % dei soggetti seguiti nello studio CLEK erano corretti con le lenti rigide gas permeabili (Zadnik K. et al. 1998). Per l'applicazione di lenti GP esistono tre filosofie di fitting: clearance apicale, tocco apicale e tocco a tre punti. Nella prima la lente non viene a contatto con l'apice del cono e appoggia in periferia. Questo riduce il rischio di cicatrici corneali, di staining a vortice e erosioni epiteliali ma limita il ricambio lacrimale. La lente con clearance apicale di solito ha un piccolo diametro, ha la curva base stretta ed è centrata sul cono. Questo può portare alla visione del bordo della lente e ad una visione fluttuante. Nella seconda invece, la zona ottica tocca l'apice del cono e questo può garantire una buona acuità visiva. A causa del fitting piatto rispetto alla cornea, la lente sarà molto mobile e questo può provocare a lungo termine cicatrici corneali e intolleranza alle lenti. Infine nella terza, l'appoggio è diviso tra l'apice e la media periferia. Questo aiuta a ridurre al minimo il rischio di cicatrici e facilita lo scambio lacrimale. Il fitting ideale è un leggero tocco centrale e una clearance periferica di ampiezza da 0,50 mm a 0,70 mm (Rathi V. M., Mandathara P. S. & Dumpati S. 2013).

Nonostante l'ultima filosofia di fitting sia la più auspicabile da raggiungere per un applicatore, si è verificato che il comfort non varia in base al rapporto topografico della lente ma a causa di una scarsa clearance periferica. Inoltre si è visto che non c'è associazione tra il discomfort causato dalla lente e l'aumento della gravità del cheratocono. (Edrington T. B. et al. 2004)

In un altro studio è stato verificato che una lente RGP, purché sia iper-Dk, non altera lo spessore e la morfologia endoteliale (Mohd-Ali et al. 2013).

Un importante aiuto per il fitting delle lenti RGP su cornee cheratoconiche può essere dato dai software di auto-fit legati al topografo. Ad esempio utilizzando il FITSCAN legato all'Orbscan IIz si è visto che può facilitare la selezione della prima lente di prova e ciò diminuisce il numero di passaggi per arrivare alla lente conclusiva e di conseguenza il discomfort che ne deriva (Mandathara, P.S. et al. 2013).

Nella storia della correzione del cheratocono, le prime lenti a contatto che ebbero un'importanza significativa furono le Soper (David Thomas) negli anni 70. Queste hanno un design bicurve con una curva base stretta e con una periferia piatta per seguire l'eccentricità della cornea cheratoconica. Negli anni 80 fu messa nel mercato la lente McGuire (David Thomas) che ha caratteristiche simili alla Soper ma ha un design pentacurve. In seguito negli anni 90 fu introdotta la lente Rose K (Menicon Co., Ltd.) , e infine negli anni 2000 le lenti Rose K2 (Menicon Co., Ltd.), le lenti I-Kone (Valley Contax) e Dyna Intralimbal (Lens Dynamics) (Romero-Jiménez M. et al. 2010).

Un esempio che dimostra l'efficacia di questo tipo di lenti è dato da uno studio svolto con le lenti Rose K: si è verificato che il 97 % dei pazienti con cheratocono può essere corretto con successo con queste lenti a contatto. Inoltre di questi, il 92 % mantiene un buon comfort per un lungo periodo e con una buona acuità (Jain A.K., Sukhija J. 2007).

- *ROSE K2 (MENICON CO., LTD.): MANUALE APPLICATIVO*

La lente Rose K2 si differenzia in quattro tipi di design (ROSE K2, ROSE K2 NC, ROSE K2 IC, ROSE K2 Post Graft) che verranno scelti in base allo stadio del cheratocono e al livello di irregolarità della cornea. Queste lenti hanno una zona ottica asferica con controllo delle aberrazioni che garantisce una migliore acuità visiva, riduce i bagliori e i riflessi e il disegno asferico permette di portare al minimo la massa della lente. Inoltre sono disponibili opzioni di design per un'applicazione avanzata:

- Curve toriche periferiche.
- Tecnologia asimmetrica corneale o ACT.
- Superficie anteriore torica, superficie posteriore torica e bitorica.

Tabella VII: parametri delle lenti Rose K2, Rose K2 NC, Rose K2 IC e Rose K2 post graft
 estratta da <http://www.davidthomas.com/assets/Uploads/pdfs/Rose-K2-Practitioners-Fitting-guide-May-2011.pdf>.

	Rose K2	Rose K2 NC	Rose K2 IC	Rose K2 Post graft
INDICAZIONE PRIMARIA DI APPLICAZIONE	Cheratocono ovale, cheratocono nipple	Cheratocono nipple moderato e avanzato	PMD, cheratoglobi, ectasia indotta da Lasik e post innesto corneale	Per i pazienti che hanno subito un intervento di cheratoplastica perforante
INDICAZIONE SECONDARIA DI APPLICAZIONE	Lieve PMD	Tutti i cheratoconi nipple	Cheratoglobi	Cheratoglobi, cheratoconi nipple, ectasia indotta da Lasik
CURVA BASE	Da 4,30mm a 8,30mm	Da 4,30mm a 7,70mm	Da 5,70mm a 9,30mm	Da 5,70mm a 9,30mm
DIAMETRO	Da 7,90mm a 10,40mm	Da 7,60mm a 9,00mm	Da 9,40mm a 12,00mm	Da 9,40mm a 12,00mm
POTERE	Ogni tipo	Ogni tipo	Ogni tipo	Ogni tipo
SOLLEVAMENTO AL BORDO	Standard, standard piatto e standard stretto	Standard, standard piatto e standard stretto	Standard, standard piatto, standard stretto, doppio piatto e doppio stretto	Standard, standard piatto, standard stretto, doppio piatto e doppio stretto

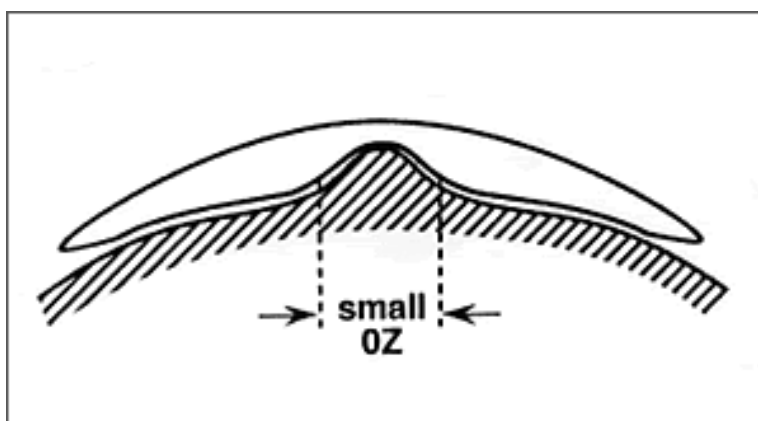


Fig. 15: lente Rose K2 estratta da <http://www.roseklens.com/page/19-our-lens-types>

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione iniziale della curva base:** per la lente Rose K2: per le letture dei K centrali da 7,10mm a più piatte, scegliere la Bc 0,20mm più stretta della media dei K centrali; per le letture dei K centrali da 6,00mm a 7,00mm scegliere la Bc come la media dei K centrali; per le letture dei K centrali da 5,90mm a più strette, scegliere la Bc 0,40mm più piatta della media dei K centrali. Per la lente Rose K2 NC: per i casi lievi-moderati ($K > 6,00\text{mm}$) scegliere la Bc 0,20mm più stretta della media dei K centrali; per i casi avanzati (K da 5,10mm a 6,00mm) scegliere la Bc come la media dei K centrali; per i casi severi ($K < 5,00\text{mm}$) scegliere la Bc 0,30mm più piatta della media dei K centrali. Per la lente Rose K2 IC: scegliere la Bc 0,30 mm più piatta del meridiano più stretto. Per la lente Rose K2 post graft: scegliere la Bc 0,30 mm più stretta della media dei K centrali.
2. **Valutazione del fit centrale:** a questo livello ignorare il fit periferico. Per ognuna di queste lenti valutare il fit centrale subito dopo l'ammiccamento quando la lente è centrata. Per la Rose K2 è indicato un lieve tocco all'apice del cono; per la Rose K2 NC è indicato un lieve tocco centrale simile alla Rose K2; per la Rose K2 IC è indicato un lieve tocco centrale per la PMD e per il cheratoglobo, e per il post lasik un tocco centrale con diametro da 0,20mm a 0,30mm; per le Rose K2 post graft è indicato un tocco centrale con diametro da 0,20mm a 0,30mm per i casi lievi e 0,10mm per i casi severi.
3. **Valutazione del fit periferico:** una volta trovato un fit centrale ottimale, verificare il fit periferico. La clearance periferica deve avere un'ampiezza da 0,50mm a 0,70mm. Se per esempio la clearance è eccessiva a ore 12 e 6 e insufficiente a ore 3 e 9 considerare una curva torica periferica. Se invece la clearance è insufficiente a ore 6, considerare la tecnologia asimmetrica corneale (ACT).
4. **Scelta del diametro iniziale:** per la lente Rose K2: sono indicati piccoli diametri per i coni centrali e grandi diametri per i coni decentrati e per i coni allo stadio iniziale. E' consigliato che la lente abbia tenuta palpebrale superiore; per la lente Rose K2 NC: per coni nipple stretti sono richiesti piccoli diametri, di solito 8,30mm. Invece per i coni nipple più piatti è necessario un diametro maggiore. Il movimento all'ammiccamento deve

essere tra 1,00mm e 1,50mm. Per la lente Rose K2 IC: il diametro standard è di 11,4mm e viene aumentato nel caso in cui serva migliorare il centraggio e diminuire il movimento. Per la lente Rose K2 post graft: il diametro standard è di 10,4mm e può essere aumentato.

5. **Valutazione del potere:** effettuare una sovrarefrazione in una stanza ben illuminata. Per la Rose K2 NC aspettare 10 minuti dopo l'applicazione della lente di prova prima di procedere alla sovrarefrazione.

6. **Astigmatismo residuo:** basse quantità di astigmatismo residuo possono essere non corrette o possono essere compensate tramite compensazione sferica (es. da -0,25D a -0,50D di A.R. compensate con -0,25D sferiche o da -0,75D a -1,00D compensate con -0,50D sferiche). Quando aumenta questo livello si passerà a lenti toriche (superficie anteriore torica, superficie posteriore torica e bitorica).

- ***I-KONE (VALLEY CONTAX): MANUALE APPLICATIVO***

Il design della lente I-Kone è costituito da due superfici asferiche. Nella superficie posteriore sono presenti quattro sezioni coniche utili a seguire la forma della cornea: la curva base e la seconda curva gestiscono la zona ectasica; la terza e la quarta curva invece formano il sistema periferico e seguono la parte della cornea non cheratoconica. La superficie anteriore, invece, ha un unico profilo asferico utile per ridurre le aberrazioni. Il diametro standard di questa lente è di 9,60mm ma può essere ordinata con diametri di 8,80mm e 10,40mm.

Tabella VIII: parametri della lente I-Kone estratta da <http://ikonelens.com/fit-the-ikone.html>

MATERIALE	Boston XO
DIAMETRO	8,80 mm - 9.60 mm-10,40mm
CURVA BASE	Ogni tipo
SOLLEVAMENTO AL BORDO	Standard, standard piatto e standard stretto.

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione iniziale della curva base:** scegliere la lente con curva base uguale alla curvatura corneale più stretta. Se la cheratometria è inaffidabile o non è presente cominciare la valutazione con una lente con Bc di 6,75mm. Poi inserire la fluoresceina e valutare il rapporto topografico

centrale e variare la curva base di conseguenza. In questo caso la Bc ottimale è quella che garantisce una leggera clearance apicale.

2. **Selezione della curva periferica:** la curva periferica standard può essere modificata, o più piatta o più stretta, per adeguare il fit periferico. Ogni step di modifica varierà la curva di 0,20mm. Questo fit deve essere allineato alla cornea e deve avere un sollevamento periferico adeguato.

3. **Determinazione del potere della lente:** il potere della lente è determinato tramite una sovrarefrazione con la lente con il miglior fitting e infine compensare la distanza apice corneale – lente oftamica.

- **DYNA INTRALIMBAL (LENS DYNAMICS): MANUALE APPLICATIVO**

Tabella IX: parametri della lente Dyna Intralimbal estratta da http://www.lensdynamics.com/attachments/001_DIL%20fit%20guide%20%2006-29-11.pdf

Questo tipo di lente ha diametro standard da 11,20mm e con diametro della zona ottica da 9,40mm. La Dyna Intralimbal può essere una valida alternativa per quel tipo di cornee che hanno la parte centrale piatta e la parte periferica più curva (Ozbek Z., Cohen E.2006).

CURVA BASE	Da 5,92mm a 9,38mm
POTERE	Da -25,00 D a +25,00 D
DIAMETRO	10,00 mm a 12,00mm
SOLLEVAMENTO AL BORDO	Standard, piatto e stretto

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione della curva base:** scegliere una lente dal set di prova con curva base uguale alla media dei K centrali o della media dei Sym K se si utilizza il topografo.

2. **Selezione del diametro:** il diametro totale deve essere da 0,20mm a 0,50mm inferiore al diametro della cornea e per ottenere questo, il diametro standard di 11,20mm può essere modificato. Questa lente è disegnata per avere un fit intralimbare e per avere un movimento tra 0,50mm e 1,00mm. Per raggiungere il miglior fit il BOZD standard di

9,40mm può essere modificato. Variando questo parametro si possono ottenere variazioni della profondità sagittale.

3. **Pattern fluoresceinico indicato - Cheratocono e PMD:**

Il miglior fit è un leggero tocco all'apice del cono. Per il resto la lente deve essere allineata alla cornea e mostrare un pattern di tipo Bulls eye. Se l'ectasia è molto decentrata è complicato raggiungere un pattern a leggero tocco apicale e quindi è accettabile anche un pattern con clearance apicale purché non si presentino bolle d'aria sotto la lente. L'ampiezza indicata della clearance periferica deve essere di 0,20mm. Per arrivare a questa misura sono disponibili, oltre alla periferia standard, periferie fino a 15 steps più piatte o fino a 10 steps più strette.

Inoltre per questa lente sono disponibili opzioni per una applicazione avanzata. Per esempio nel caso in cui una parte della lente tocca o ha troppa clearance, è possibile modificare uno dei quattro settori per ottimizzare il fit (Quad Sym® Edge Treatment).

Altre opzioni sono rendere la lente multifocale grazie ad una superficie anteriore asferica e rendere la lente torica grazie al design bitorico o alla superficie anteriore torica.

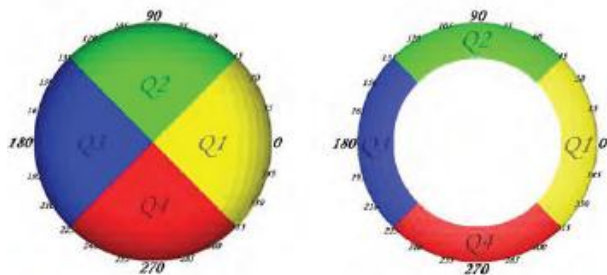


Fig.16: sistema Quad Sym® Edge Treatment estratta da http://www.lensdynamics.com/attachments/001_DIL%20fit%20guide%2

3.3 SISTEMI COMPLESSI

a) SISTEMI PIGGY BACK

I sistemi di lenti a contatto Piggy Back (PBCL) prevedono l'utilizzo di due lenti su un occhio, con la lente RGP applicata sulla lente morbida (Rathi V. M., Mandathara P. S. & Dumpati S. 2013).

Questo tipo di applicazione può essere una soluzione per i pazienti che hanno un fit soddisfacente con una lente RGP ma che non riescono più a tollerarla (Silbert J. A. 2013).

L'efficacia di questo sistema compensativo è stata riscontrata in diversi studi: in uno di questi si è verificato che il PBCL è un metodo sicuro ed efficace per fornire centraggio e protezione corneale contro i traumi meccanici delle lenti rigide e può aumentare la tolleranza mantenendo l'acuità visiva simile alle lenti rigide (nell'89,7 % dei casi) (Sengor T. et al. 2011); in un altro studio viene confermato che questo sistema mantiene una buona acuità visiva, aumenta il comfort e la portabilità della compensazione e mantiene una buona fisiologia oculare (con marcate riduzioni di vascolarizzazione corneale e di iperemia bulbare) (O'Donnell C., Maldonado-Codina, C. 2004).

In questo sistema è importante valutare i materiali usati nell'applicazione in quanto entrambe le lenti devono garantire un'elevata permeabilità all'ossigeno. A questo proposito uno studio ha dimostrato che la combinazione di materiali che garantisce la miglior permeabilità è una lente rigida in Tisilfocon A con una lente morbida in silicone hydrogel (López-Alemany A. et al. 2006).

Inoltre è stato visto che la lente morbida convenzionale (nel caso di questo studio in Senofilcon A) più adatta per l'applicazione Piggy Back è negativa in quanto rende la cornea leggermente più piatta rispetto al proprio profilo naturale (Romero-Jiménez M. et al. 2013).

Nel procedimento da seguire per applicare questo sistema si parte inizialmente con l'applicazione della lente morbida. Una volta ottenuto il fit ottimale si eseguirà una cheratometria o una topografia con la lente morbida applicata per selezionare la lente RGP di prova iniziale. Solitamente è scelta una curva base tendenzialmente piatta con un

diametro compreso tra 9,00mm e 9,50mm. In seguito si valuteranno le caratteristiche statiche e dinamiche della lente RGP e si modificheranno i parametri di conseguenza. Dopo aver ottenuto un fit ottimale sia per la lente morbida che per la lente rigida, eseguire una sovrarefrazione e il potere ottenuto verrà addizionato al potere della lente rigida. Le lenti utilizzate per questo sistema applicativo sono lenti morbide e rigide convenzionali. Per le lenti morbide esistono anche lenti con svasature centrali come ad esempio le Flexlens Piggyback Lens (X-Cel Contacts) che facilitano l'applicazione della lente rigida. (Rathi V. M., Mandathara P. S. & Dumpati S. 2013).

- **FLEXLENS PIGGYBACK LENS (XCEL CONTAX):
MANUALE APPLICATIVO**

Questa lente presenta una depressione centrale nella superficie anteriore dove verrà applicata la lente rigida. Questa svasatura aiuta il centraggio della lente RGP, migliora il comfort perché riduce l'interazione tra le palpebre e i bordi, e aumenta la permeabilità all'ossigeno in quanto riduce lo spessore totale del sistema.

Tabella X: parametri della lente Flexlens Piggyback lens (Xcel Contax) estratta da http://xcelcontacts.com/pdf/Flexlens_Res_Guide_Combined.

CURVA BASE	Da 5,00mm a 11,00mm con steps di 0,10mm
DIAMETRO TOTALE	Da 8,00mm a 16,00mm con steps di 0,10mm
DIAMETRO SVASATURA	Da 6,50mm a 12,50mm con steps di 0,10mm
POTERE	Plano

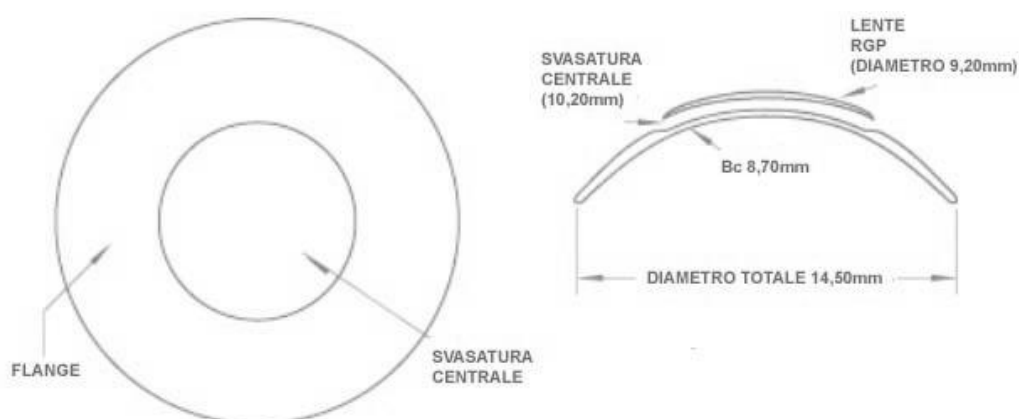


Fig. 17: lente Flexlens Piggyback estratta da http://xcelcontacts.com/pdf/Flexlens_Res_Guide_Combined.pdf

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione della lente morbida iniziale:** la prima lente di prova avrà la curva base 1,00mm più piatta del K centrale più piatto.
2. **Inserimento della lente rigida:** inserire la lente rigida che avrà il diametro 1,00mm più piccolo del diametro della svasatura centrale.
3. **Determinazione del diametro della lente morbida:** si basa sul diametro dell'iride visibile (HVID): se è minore di 11,00mm il diametro sarà 14,00mm o minore, se è tra 11,00mm e 12,00mm sarà di 14,50mm e se è maggiore di 12,00mm sarà 15,00mm o maggiore.
4. **Valutazione della lente morbida:** si valuteranno le caratteristiche statiche come il centraggio della lente e quelle dinamiche come il movimento della lente (da 0,25mm a 0,50mm dopo l'ammiccamento in posizione primaria di sguardo) valutato con il push-up test.
5. **Selezione della lente rigida:** una volta che la lente morbida avrà un fit ottimale, la lente rigida di prova verrà rimossa dalla svasatura. In seguito si eseguirà una topografia corneale con la lente morbida applicata. La lente verrà scelta con curva base uguale o 0,10mm più stretta del k centrale più piatto. Come detto in precedenza il diametro scelto sarà 1,00mm minore del diametro della svasatura per facilitare il movimento della lente e il ricambio lacrimale. Infine quando anche la lente rigida avrà un fit ottimale si eseguirà una sovrarefrazione.

b) LENTI A CONTATTO IBRIDE

Queste lenti presentano una parte rigida nella zona centrale e una “skirt” o zona morbida nella parte periferica. Le prime lenti ibride introdotte nel mercato furono le Saturn II nel 1983 che poi vennero migliorate nelle SoftPerm nel 1985. Negli anni 2000 vennero commercializzate le lenti SynergEyes (SynergEyes , Inc , Carlsbad , CA) con i loro vari design che ancora ad oggi sono le lenti ibride di più recente introduzione. La lente SynergEyes è composta nella parte centrale rigida in materiale Paragon HDS100 (Paflucocon D) e nella parte periferica da un materiale non ionico con il 27 % di contenuto d'acqua (PolyHEMA hem-iberfilcon A). Il movimento di questo sistema deve essere di 0,25mm dopo l'ammiccamento (Rathi V. M., Mandathara P. S. & Dumpati S. 2013).

In uno studio si è visto come una parte dei portatori (36 %) necessita la modificazione dei parametri della lente dopo un breve periodo. Inoltre si è visto che circa un terzo (31,1%) dei partecipanti ha riscontrato delle complicanze come congiuntivite papillare gigante, rottura della giunzione tra la parte morbida e la parte rigida e discomfort (Abdalla Y.F. et al. 2010).

Un'altra complicanza che può verificarsi è l'ipossia che genera neovascolarizzazione e opacità corneale; in particolare con la lente ClearKone è importante verificare la presenza di edema corneale dopo 5 ore (Fernandez-Velazquez F.J. 2011).

La lente SynergEyes comunque garantisce maggiore permeabilità all'ossigeno rispetto alla lente SoftPerm (Ciba Vision) al centro della cornea, a 2,00mm e a 4,50mm dal centro (Pilskalns, B., Fink, B.A. & Hill, R.M. 2007).

Quest'ultima lente è stata ritirata dal mercato nel 2010 in quanto per la FDA non rispettava i parametri di sterilità del prodotto.

In diversi studi si sono messi a confronto alcune lenti ibride con altri tipi di compensazione per il cheratocono: in uno di questi si è visto che portatori di lenti ClearKone SynergyEyes a confronto con portatori di lenti RGP non hanno mostrato differenze significative per quanto riguarda l'acuità; invece per il livello di soddisfazione e per il VRQoL (indice di qualità della vita) si sono riscontrati risultati migliori per le lenti ibride (Hashemi H. et al. 2014).

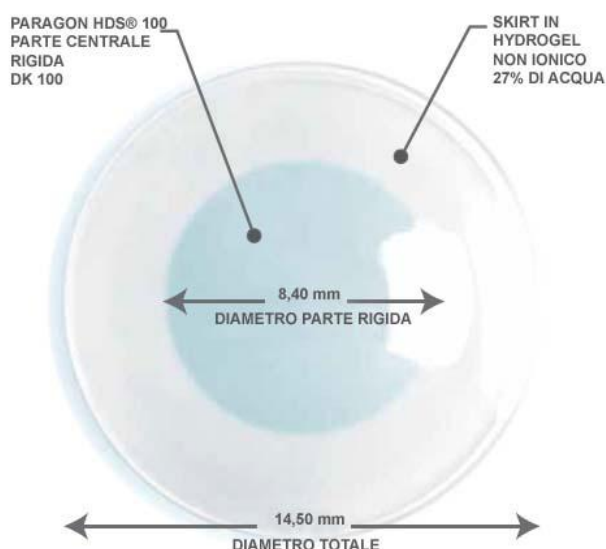
In un altro studio si sono messe a confronto delle lenti SynergEyes con delle lenti morbide toriche (Soflens 66 toric- Bausch & Lomb) e il risultato è che quest'ultime danno miglior comfort, minori sintomi di secchezza, prurito e corpo estraneo; invece le lenti ibride a confronto garantiscono miglior acuità (Lipson, M.J., Musch, D.C. 2007).

Un'ulteriore ricerca ha cercato di mettere in evidenza le differenze di modifiche immunoistochimiche della superficie corneale indotte dalle lenti ClearKone SynergyEyes rispetto ad un sistema Piggyback. Tuttavia si è visto che in entrambi i gruppi i livelli di IL-6 e IL-8, e la densità di cheratociti aumentano in modo simile e ciò significa che questi due sistemi di compensazione modificano la superficie corneale allo stesso modo (Acar B.T., Vural E.T. , Acar S. 2012).

• SYNERGEYES A : MANUALE APPLICATIVO

Questa lente ha il diametro della zona ottica di 7,80mm e ha una zona periferica della parte rigida che funge da giunzione con la parte morbida. Sono disponibili curve base da 7,10mm a 8,00mm con steps di 0,10mm. Indipendentemente dalla curva base verrà scelta la curva della skirt, che può essere 1,00mm più piatta della curva base (stretta) o 1,30mm più piatta della curva base (piatta).

Tabella XI: parametri della lente SynergEyes A estratta da http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/SynergEyes-A_-Fitting-Guide_75006E.pdf



MATERIALE	Pafuflocon A: zona centrale hemiberfilcon A: skirt (periferia)
Dk	100
CONTENUTO D'ACQUA	27% (skirt)
DIAMETRO TOTALE	14,50 mm
CURVA BASE	Da 7,10mm a 8,00mm in steps di 0,10mm
CURVA SKIRT	1,00 (stretta) e 1,30 (piatta)
POTERE	Da +4.00D a -8.00D in steps da 0,25D Da -8.50D a -20.00D in steps da 0.50D Da +4.25 a +8.00 in steps da 0.25D Da +8.50 a +20.00 in steps da 0.50D

Fig. 18: lente SynergEyes A estratta da http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/SynergEyes-A_-Fitting-Guide_75006E.pdf

PROCESSO APPLICATIVO:

Per valutare il fit della lente diagnostica è importante utilizzare la fluoresceina ad alto peso molecolare, inserendola insieme a della soluzione salina sotto la lente prima dell'applicazione. Anche se sembra controintuitivo, nel caso in cui la lente ha movimento quasi nullo e quindi può sembrare stretta, in realtà significa che la lente è troppo a contatto con la cornea e di conseguenza serve stringere la curva base.

1. **Selezione iniziale della curva base:** utilizzando la topografia, determinare la zona di cornea più curva e selezionare una curva base uguale a questo valore.

2. **Inserire la lente diagnostica:** tenere la lente tra l'indice e il dito medio e inserire una goccia di fluoresceina macromolecolare sotto la lente e riempirla fino al bordo con la soluzione salina; chiedere al paziente di piegarsi con la testa in avanti e guardare in basso; chiedere al paziente di tenere la palpebra superiore, mentre si tiene quella inferiore e inserire la lente; aspettare 15-30 secondi che la fluoresceina in eccesso venga eliminata; valutare il rapporto topografico lente-cornea.

3. **Valutazione dell'applicazione:** deve essere presente una clearance apicale. Se dopo varie modifiche è sempre presente un tocco apicale, la lente SynergEyes A non è adatta per quel tipo di cornea.

• SYNERGEYES KC : MANUALE APPLICATIVO

Questo tipo di design è ideale per le cornee altamente prolate, come negli stadi avanzati del cheratocono, dove sono presenti aree molto curve circondate da aree con curvature nella norma.

PROCESSO APPLICATIVO:

1. Scegliere la curva base della lente diagnostica iniziale simile al raggio di curvatura all'apice del cono.

2. La curva base della periferia morbida inizialmente verrà scelta media.

3. Inserire una goccia di fluoresceina macromolecolare sotto la lente e riempirla fino al bordo con la soluzione

salina; aspettare 15-30 secondi che la fluoresceina in eccesso venga eliminata.

4. Osservare il pattern fluoresceinico e valutare il rapporto topografico nella seguente maniera:

deve essere presente una clearance apicale senza punti di contatto; non devono essere presenti bolle sotto la lente; la parte di clearance deve essere ampia 9,00mm e la lente deve appoggiarsi sulla cornea con la

Tabella XII: parametri della lente SynergEyes KC estratta da http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/SynergEyes-KC_Fitting-Guide_75029B.pdf

MATERIALE	Pafuflocon A: zona centrale hemiberfilcon A: skirt (periferia)
Dk	100
CONTENUTO D'ACQUA	27% (skirt)
DIAMETRO TOTALE	14,50 mm
CURVA BASE	Da 5,70mm a 7,10mm in steps di 0,20mm
CURVA SKIRT	Stretto, medio, piatto
POTERE	Da plano a -20D in steps di 0,50D

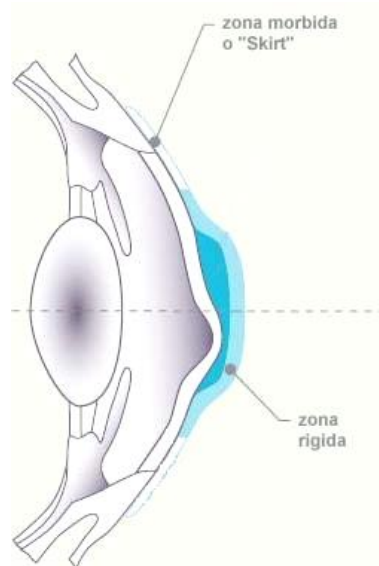
parte morbida periferica; deve esserci allineamento tra la parte morbida e la cornea; la skirt non deve indentare la sclera ma nemmeno essere troppo piatta; la lente deve essere libera di muoversi con le palpebre. Quindi il fit ottimale per questa lente è la clearance apicale con la curva base più stretta e senza la presenza di bolle d'aria.

5. Quando si è raggiunto il fit ottimale, si procederà alla sovrarefrazione e si adeguerà con la distanza apice corneale-lente oftalmica.

• **CLEARKONE SYNERGEYES : MANUALE APPLICATIVO**

La lente ClearKone con design a geometria inversa è progettata per essere sospesa sopra la parte di cornea irregolare, per evitare il tocco apicale. Questa geometria permette di mantenere la lente ben centrata indipendentemente dalla posizione del cono. Queste lenti sono applicate in base alla loro altezza sagittale che verrà scelta per raggiungere un'adeguata clearance .

Tabella XIII: parametri della lente ClearKone SynergEyes estratta da http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/ClearKone_Fitting-Guide_75141D.pdf



MATERIALE	Pafuflocon A: zona centrale hemiberfilcon A: skirt (periferia)
Dk	100
CONTENUTO D'ACQUA	27% (skirt)
DIAMETRO TOTALE	14,50 mm
ALTEZZA SAGITTALE	Da 50µm a 600µm in steps di 50µm; disponibili anche 650 µm e 750 µm
CURVA SKIRT	Stretta, media e piatta; disponibile anche stretta2
POTERE	Da +2.00D a -8.00D in steps da 0,25D Da -8.50D a -20.00D in steps da 0.50D Da +2.50 a +10.00 in steps da 0.50D

Fig. 19: lente ClearKone SynergEyes estratta da http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/ClearKone_Fitting-Guide_75141D.pdf

PROCESSO APPLICATIVO:

La filosofia di fitting di queste lenti si basa sulla profondità sagittale delle lenti e non sulla loro curva base. Il processo di applicazione implica in primo luogo la determinazione dell'altezza sagittale adeguata e in seguito la scelta della Skirt che appoggia sul limbus e si estende sulla sclera.

1. **Determinazione dell'altezza sagittale:** iniziare l'applicazione con un'altezza sagittale di 250 μm e con una Skirt media. Aspettare dai 3 ai 5 minuti dopo l'inserimento e valutare il fit. Se è presente un tocco centrale, aumentare l'altezza sagittale con incrementi di 100 μm fino a che non si raggiunga una clearance apicale. Se invece è presente un'eccessiva clearance, diminuire con steps di 100 μm fino a che non si raggiunga un tocco apicale. Dopo di che si aumenterà l'altezza sagittale di 50 μm .
2. **Scelta della Skirt:** per questa scelta si valuterà la zona d'appoggio utilizzando la lampada a fessura posizionata con un fascio perpendicolare alle zone a ore 3 e a ore 9. L'obiettivo da raggiungere è che ci sia una lieve clearance alla fine della zona rigida e che ci sia un appoggio all'inizio della zona morbida.
3. **Determinazione del potere:** quando è raggiunto il fit ottimale, eseguire una sovrarefrazione.

3.4 LENTI A CONTATTO SCLERALI

Negli ultimi anni è cresciuta sempre di più la consapevolezza dei potenziali benefici che possono garantire lenti a contatto rigide con grandi diametri nella gestione del cheratocono. Infatti vari studi nell'ultimo periodo hanno confermato queste potenzialità: in uno di questi si è visto come il tasso di successo dell'applicazione della lente sclerale è del 60% in un gruppo di studio di 530 soggetti, nel quale più della metà erano affetti da cheratocono (Pullum K.W., Buckley R.J. 1997); in un altro studio in cui era presente un campione di 48 soggetti (66 occhi) di cui il 75% aveva il cheratocono, si è riscontrato un tasso di successo del 90% (Segal O. et al. 2003); in uno studio più recente eseguito con lenti sclerali su cornee irregolari delle quali il 15% erano cheratoconiche, si è osservato che il 59% di questi hanno deciso di cominciare l'applicazione di queste lenti e il risultato è stato che il 95% di quelli che hanno intrapreso questa procedura, hanno raggiunto una buona acuità e un buon comfort (Schornack M.M. & Patel S. V.2010).

Le lenti RGP corneali sono da tempo indicate come le lenti per cheratocono che forniscono l'acuità visiva migliore. Tuttavia l'aumento della gravità della patologia può causare decentramento e instabilità della lente (Schornack M.M. & Patel S. V.2010).

Una delle soluzioni per ovviare a questo problema sono appunto le lenti sclerali che oltre ad avere un'ottima stabilità possono garantire il raggiungimento di una buona acuità paragonabile alle lenti RGP corneali, soprattutto nei casi medio-gravi (Salam A., Melia B., Singh A.J. 2005). L'applicazione di queste lenti ha il vantaggio di non poggiare sulla cornea ectasica ma sulla sclera che non è interessata dalla patologia del cheratocono. Questo quindi evita in parte le complicazioni causate da una cornea irregolare (Schornack M.M. & Patel S. V.2010).

Per trovare la corretta lente da applicare è importante basarsi sui parametri acquisiti tramite topografia corneale e tomografia a coerenza ottica (OCT) (Gemoules G. 2008).

Tuttavia è importante verificare l'applicazione attraverso le lenti diagnostiche, che oltre a verificare il fit, permettono al paziente di fare una

valutazione sul comfort e l'acuità visiva (Schornack M.M. & Patel S. V.2010).

Un particolare tipo di lente sclerale (scleral lens prosthetic device (SLPD)) disegnata per creare un'ottica con fronte d'onda controllato, è stata testata in uno studio e i risultati sono che grazie a questa lente le aberrazioni di ordine superiore (HOA) sono notevolmente ridotte, e sono confrontabili con quelle di un occhio sano (Sabesan et al. 2013).

Le lenti sclerali disponibili in commercio sono divise in base al diametro totale: sono presenti le lenti corneosclerali come ad esempio le SemiScleral (Abba) e le SoClear (Art Optical), le lenti semisclerali come le Rose K2 XL (Menicon), le lenti minisclerali come le MSD (Blanchard) e le lenti sclerali come le Jupiter (Essilor) (Barnett M., Mannis M.J. 2011).

- ***SEMISCLERAL (ABBA): MANUALE APPLICATIVO***

La lente SemiScleral è indicata per pazienti con cheratocono che non riescono più a tollerare le lenti RGP corneali. Questa soluzione garantirà elevato comfort, una buona acuità visiva e salute oculare. La lente ha un diametro standard di 13,50mm e il resto dei parametri sono scelti liberamente dall'applicatore.

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione della lente diagnostica iniziale:** selezionare la lente iniziale con la curva base leggermente più stretta della media dei K centrali.

2. **Inserimento della lente:** durante questa fase si deve fare attenzione che non rimangano intrappolate delle bolle d'aria tra la cornea e la lente. Il processo da seguire sarà:

- Pulire la lente con una soluzione detergente e sciacquarla.
- Tenere la lente tra l'indice e il dito medio e riempire la lente fino al bordo con soluzione salina.
- Immergere una striscia di fluoresceina nella soluzione.
- Chiedere al paziente di posizionarsi con la faccia parallela al pavimento.
- Tenendo aperte le palpebre del paziente inserire la lente.
- Aspettare circa 1 ora prima di effettuare la valutazione.

3. **Valutazione della lente:** la lente deve essere posizionata centralmente; se questa si decentra verso il basso scegliere una lente con curva base più piatta. Il movimento che dovrà avere dopo l'ammiccamento è di 0,50mm. Con queste lenti si deve fare attenzione ai vasi sanguigni della congiuntiva: nel caso in cui dopo l'ammiccamento si nota che questi vasi si muovono a causa della lente, significa che è troppo stretta e che bisogna scegliere una curva base più piatta. Inoltre la lente deve presentare un sollevamento al limbus uniforme, non deve avere un elevato sollevamento al bordo, non deve presentare una indentazione a 360° al bordo. Infine si effettua una sovrarefrazione sferica.

• **SOCLEAR CONE (ART OPTICAL) : MANUALE APPLICATIVO**

Il design di questa lente è composto da 4 curve. La curva base è modificata per raggiungere un sollevamento adeguato al livello medio-periferico. Le altre 3 curve periferiche sono utilizzate per mantenere questa clearance.

Tabella XIV: parametri della lente SoClear Cone estratta da <http://artoptical.com/lenses/scleral-lens-designs/soclear-corneal-scleral-contact-lens-family/>

CURVA BASE	Da 5,83mm a 9,00mm
POTERE	Da -20,00D a +20,00D con steps di 0,25D
DIAMETRO TOTALE	Da 13,00mm a 15,00mm
MODIFICAZIONE CURVA PERIFERICA	Da -10,00D a +10,00D

Le lenti SoClear Cone , a differenza della versione standard, hanno geometria asferica.

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione iniziale della curva base:** scegliere la curva base di partenza che più si avvicina alla media dei K centrali. A questo livello del processo di applicazione si deve dare attenzione all'allineamento con la sclera e al sollevamento al limbus, tralasciando il fit centrale. Questo modo di scegliere la curva base è valido per HVID tra gli 11,50mm e i 12,00mm. Nel caso sia più grande si sceglierà una curva base più stretta di 1,00D; se invece è più piccola si sceglierà una curva base più piatta di 1,00D.

2. **Valutazione del fit medio-periferico e variazione della curva periferica:** utilizzando le lenti diagnostiche valutare il fit medio-periferico sopra il limbus. Se è presente troppa clearance a quel livello stringere la curva base di 1,00D e rivalutare; se invece è presente troppa poca clearance, appiattare la curva base di 1,00D e rivalutare. Nel caso in cui venga modificata la curva base, la periferia verrà modificata di conseguenza.
3. **Determinazione del potere finale:** quando viene raggiunto il miglior fit con allineamento sclerale eseguire una sovrarefrazione per determinare il potere finale.

• **ROSE K2 XL (MENICON) : MANUALE APPLICATIVO**

Tabella XV: parametri della lente Rose K2 XL estratta da <http://www.davidthomas.com/assets/Rose-K2-XL-semi-scleral-Lens-Brochure.pdf>

Il design di questa lente è composto da una superficie posteriore asferica, da una superficie frontale con controllo dell'aberrazione e con un controllo del sollevamento al bordo.

CURVA BASE	Da 5,80mm a 8,40mm
DIAMETRO TOTALE	Da 13,60mm a 15,60mm; standard 14,60mm
POTERE	Da -30,00D a +30,00D
SOLLEVAMENTO AL BORDO	9 opzioni di cui 5 standard (doppio stretto, standard stretto, standard, standard piatto, doppio piatto)
MATERIALE	Menicon Z, Lagado Tyro 97, Boston XO

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione iniziale della curva base:** dopo aver ricavato i parametri necessari attraverso l'acquisizione della topografia corneale, scegliere la lente di prova con curva base 0,20mm più piatta della media dei K centrali. Poi si riempirà la lente di soluzione salina con fluoresceina e dopo averla inserita si valuterà il pattern che dovrà presentarsi con un leggero tocco apicale. Dopo aver lasciato la lente stabilizzarsi per 1 ora circa, rivalutare il fit.
2. **Scelta del sollevamento al bordo:** quando il fit centrale è ottimale, analizzare la fascia più esterna della lente. Questa deve presentare una clearance di ampiezza di 0,80mm e 1,00mm per tutto il bordo della lente. Se è troppo ampia si avranno bolle d'aria sotto il bordo e può essere percepito discomfort; in questo caso si diminuirà il sollevamento al bordo.

Se invece è troppo stretta può portare allo sbiancamento dei vasi congiuntivali dal limbus al bordo della lente; in questo caso è necessario diminuire il sollevamento al bordo.

3. **Scelta del diametro:** il diametro standard per questa lente è di 14,60 mm. Tuttavia è importante che la lente si estenda da 1,30mm a 1,50mm oltre il limbus e in base a questa indicazione si varierà il diametro.

4. **Centraggio della lente:** la lente deve appoggiare uniformemente alla stessa distanza dal limbus. Con coni decentrati la lente può posizionarsi inferiormente e questo può essere evitato aumentando il diametro o stringendo la curva base.

5. **Movimento della lente:** inizialmente la lente avrà un leggero movimento dopo l'ammiccamento; dopo che la lente si è stabilizzata il movimento deve essere minimo (0,50mm al massimo). Un movimento eccessivo rende la lente meno confortevole.

6. **Potere della lente:** viene effettuata una sovrarefrazione dopo che la lente si è stabilizzata per 20 minuti.

- **MSD (BLANCHARD) : MANUALE APPLICATIVO**

Il design della lente MSD è composto da una superficie posteriore con geometria inversa e una superficie anteriore asferica utile a ridurre le aberrazioni di alto ordine. Inoltre questa lente è stata progettata con un profilo di basso spessore che limita l'interazione tra il bordo e le palpebre garantendo così maggior comfort. Questo spessore limitato unito a materiali ad alto Dk come il Boston XO e il Boston XO2 garantisce l'adeguato apporto di ossigeno alla cornea e mantiene una buona salute oculare.

Tabella XVI: parametri della lente MSD estratta da http://www.blanchardlab.com/pdf/FG-msd_sept2012.pdf

DIAMETRO	PROFONDITA' SAGITTALE DELLA LENTE	CURVA MEDIO-PERIFERICA	POTERE	CURVA A SCLERALE	LIVELLO
15,80mm	Da 3,60mm a 5,80mm con steps di 0,10mm	Piatta, standard, stretta, doppia stretta	Ogni tipo	Standard, doppio piatto	piatto,
18,00mm	Da 3,60mm a 5,80mm con steps di 0,10mm	Piatta, standard, stretta, doppia stretta	Ogni tipo	Standard, doppio piatto	piatto,

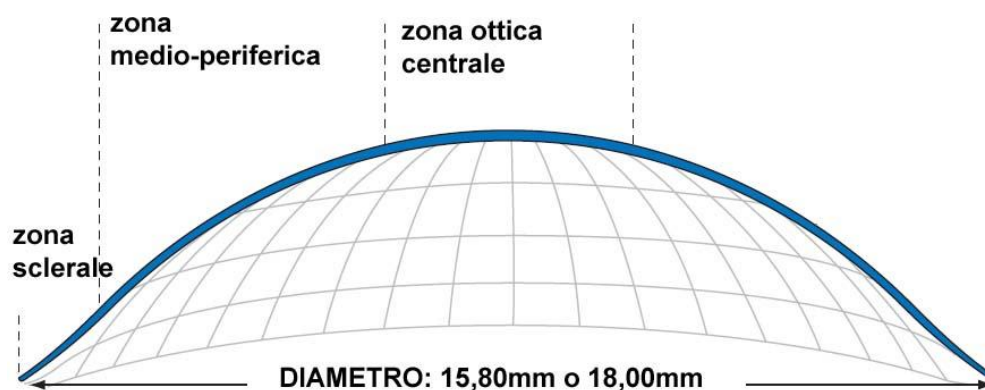


Fig. 20: lente MSD estratta da http://www.blanchardlab.com/pdf/FG-msd_sept2012.pdf

PROCESSO APPLICATIVO:

1. **Selezione iniziale della profondità sagittale:** nel caso in cui è presente un cheratocono avanzato (nipple o ovale), PMD o cheratoglobulo in cui il K più stretto è superiore alle 50,00D si sceglierà una lente con profondità sagittale di 4,60mm. Nel caso in cui invece è presente un cheratocono medio (nipple o ovale), PMD o cheratoglobulo in cui il K più stretto è tra 42,00D e le 50,00D si sceglierà una lente con profondità sagittale di 4,40mm.
2. **Valutazione del fit centrale:** a questo punto non viene preso in considerazione il fit medio-periferico. Il fit deve presentare un sollevamento su tutta la cornea, con una clearance ideale che va dai 200 μ m ai 350 μ m. Se la clearance è maggiore diminuire la profondità sagittale della lente. Se invece si presenta un tocco apicale si aumenta la profondità sagittale. Il fit centrale è valutato subito dopo l'applicazione e dopo 20 minuti.
3. **Valutazione del fit medio-periferico:** deve essere presente a livello del limbus una clearance di 100 μ m. In caso di contatto stringere la curva a livello medio-periferico o aumentare la sagittale; in caso maggiore clearance a questo livello appiattire la curva.
4. **Valutazione del fit al bordo:** deve presentare allineamento con la sclera. Se il bordo indenta la sclera appiattire la curva periferica. Se sono presenti bolle periferiche provare ad aumentare la profondità sagittale.
5. **Determinazione del potere:** eseguire una sovrarefrazione con luce ambientale media.

- **JUPITER (ESSILOR) : MANUALE APPLICATIVO**

Il design della lente Jupiter è composto da 5 curve: 3 compongono la camera corneale (curva base, seconda curva corneale e curva limbare) e 2 compongono la periferia (curva di appoggio sclerale, curva di sollevamento al bordo). La camera corneale ha l'obiettivo di essere completamente sollevata rispetto alla cornea così che possa eliminare tutte le irregolarità ottiche di superficie. La periferia invece è utile per l'appoggio, dove la curva a livello sclerale è allineata con la congiuntiva.

Le lenti con diametro di 15,00mm e 18,00mm possono avere diverse configurazioni di design: il design standard in cui la seconda curva corneale è 1,00D più piatta della curva base, il design per il cheratocono avanzato in cui la seconda curva corneale è 4,00D o 8,00D più piatta della curva base e il design con geometria inversa dove la seconda curva corneale va da 4,00D a 10,00D più stretta della curva base.

Tabella XVII: parametri della lente Jupiter estratta da <http://essilorcontacts.com/NR/rdonlyres/769850D4-E504-4E4A-A8DA-E9669FBBCF49/4173/EssilorCLSEssilorJupiterFittingGuideElectronicGuid.pdf>

CURVA BASE	Da 4,00mm a 9,00mm
DIAMETRO TOTALE	Da 15,00mm a 20,80mm
POTERE	Da +20,00D a -20,00D



Fig. 21: lente Jupiter estratta da <http://essilorcontacts.com/NR/rdonlyres/769850D4-E504-4E4A-A8DA-E9669FBBCF49/4173/EssilorCLSEssilorJupiterFittingGuideElectronicGuid.pdf>

<http://essilorcontacts.com/NR/rdonlyres/769850D4-E504-4E4A-A8DA-E9669FBBCF49/4173/EssilorCLSEssilorJupiterFittingGuideElectronicGuid.pdf>

PROCESSO APPLICATIVO:

1. Scegliere il diametro della lente iniziale sulla base del diametro visibile dell'iride (HVID); a meno che la cornea non sia molto grande scegliere un diametro di partenza di 15,60mm.

2. Scegliere una curva base di circa 1,00D più piatta della media dei K centrali. Se la lente è percepita dal paziente probabilmente non è presente un sollevamento sufficiente.
3. Valutare il fit della camera corneale dove la clearance ideale va da 200 μ m a 400 μ m. Se la clearance è inferiore a questo range ideale significa che la lente può poggiare sulla cornea e quindi si dovrà stringere la curva base. Se invece la clearance è superiore si appiattirà la curva base.
4. Osservare la zona limbare e si dovrà vedere un leggero sollevamento.
5. Valutare la zona sclerale di appoggio dove dovrà esserci un perfetto allineamento con la congiuntiva.
6. Osservare il sollevamento al bordo che dovrà essere minimo.
7. Rivalutare il fit dopo 1 ora circa, in quanto alcuni pazienti hanno una congiuntiva morbida e questo può modificare il fit iniziale.
8. Eseguire una sovrarefrazione.

CONCLUSIONI

Il cheratocono è una degenerazione corneale bilaterale, asimmetrica e non infiammatoria caratterizzata da un assottigliamento localizzato che porta alla protrusione della cornea, localizzata solitamente in posizione infero temporale. L'irregolarità prodotta da questa patologia provoca un aumento delle aberrazioni di alto ordine (soprattutto nel coma verticale e nel trifoglio) rispetto a cornee regolari. Queste aberrazioni sono ridotte sensibilmente con l'uso di lenti a contatto, soprattutto RGP, e per questo motivo nella maggior parte dei casi la compensazione migliore è ottenuta tramite questo tipo di ausilio. La gestione contattologica del cheratocono varia a seconda della gravità della patologia. Inoltre la scelta della miglior lente a contatto è influenzata dalla sensibilità oculare del paziente e dalla morfologia dell'ectasia (decentramento e diametro). Queste tipo di soluzioni saranno usate solo a scopo di compensazione e non terapeutico, con il fine ultimo di un'adeguata percezione visiva, ottenibile mediante un visus elevato e confortevole. Il contattologo ricercherà quindi la soluzione meno invasiva, più efficace e più rispettosa della fisiologia oculare. Per ottenere la migliore applicazione di queste lenti a contatto, l'applicatore dovrà seguire dei principi che lo aiuteranno ad arrivare ad un risultato positivo. Un'indicazione importante è data dai manuali applicativi forniti dalle aziende che producono questo tipo di lenti a contatto, che possono dare delle linee guida sulle caratteristiche da raggiungere per una corretta applicazione. Tuttavia sarà compito del contattologo valutare ogni singolo caso e modificare i parametri della lente a seconda delle necessità. In conclusione, si è visto come attualmente la disponibilità di scelta nella contattologia del cheratocono è molto ampia. Gli applicatori non sono più limitati alla sola scelta di lenti RGP con piccoli diametri, ma sono disponibili lenti RGP con diametri ampi, lenti ibride, Piggyback e lenti morbide spessorate e questo aumenta le possibilità di successo per il contattologo anche se il tempo e la professionalità richieste per questo tipo di applicazioni sono aumentate.

Bibliografia

1. Abdalla, Y.F., Elsahn, A.F., Hammersmith, K.M. & Cohen E. J. 2010. *SynergEyes Lenses for Keratoconus*. Cornea. Volume 29. Numero 1.
2. Acar B.T., Vural E.T. & Acar S. 2012. *Effects of contact lenses on the ocular surface in patients with keratoconus: piggyback versus ClearKone hybrid lenses*. Eye Contact Lens. 38(1). pp 43-48.
3. Arntz, A., Durán, J.A., & Pijoán, J.I. 2003. *Subclinical keratoconus diagnosis by elevation topography*. Arch Soc Esp Oftalmol;78:659–64.
4. Barnett, M. & Mannis, M.J. 2011. *Contact Lenses in the Management of Keratoconus*. Cornea .Volume 30.Number 12
5. Bennet, E.S. & Henry, V.A. 2000. *Clinical Manual of contact lens. second edition*. pp.493-530.
6. Bennet, E.S. & Hom, M.M. 2004. *Manual of gas permeable contact lenses. Second edition*. pp.223-285.
7. Byrnes, S., DeNaeyer, G., Edrington, T., Gilmartin, C., Grohe,B., Johns, L., Laurent, J., Leach, N., Louie, D., Press, M., Schaeffer, J., Sindt, C., Van der Worp, E., Ward, M., & Weinstock, F. *Contact lens clinical pearls pocket guide*, GPLI. Disponibile in: <http://www.gpli.info/pdf/pearl-fitting-guide.pdf> [20 gennaio 2014].
8. *Class 2 Device Recall SoftPerm (synergicon A) contact lenses*. Disponibile in: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/Cfdocs/cfres/res.cfm?id=97072>
9. Carnevali, R. 2013. *Le aberrazioni ottiche*. Disponibile in: http://www.optikon.com/it/articles/federici_2/aberrazioni_ottiche.pdf [9 novembre 2013].
10. *ClearKone SynergEyes: manuale applicativo*. Disponibile su http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/ClearKone_Fitting-Guide_75141D.pdf [26 febbraio 2014].
11. Crews, M.J., Driebe, W.T. & Stern, G.A., 1994. *The clinical management of keratoconus: a 6 year retrospective study*. CLAO J. 20.pp.194–197.
12. Demir, S., Ortak, H., Yeter, V., Alim, S., Sayin, O., Taş, U. & Sönmez, B. 2013. *Mapping Corneal Thickness Using Dual-Scheimpflug Imaging at Different Stages of Keratoconus*. Clinical science. Cornea,Volume 32, Number 11.
13. Denaeyer G.W. 2010. *Contact lens management: Four Strategies For Keratoconus*. Optometric Management.
14. *Dyna intralimbal (Lens Dynamics)- Manuale applicativo*. Disponibile su http://www.lensdynamics.com/attachments/001_DIL%20fit%20guide%20%2006-29-11.pdf [17 febbraio 2014].
15. Edrington, T. B., Gundel, R. E., Libassi, D.P., Wagner, H., Pierce, G. E., Walline, J. J., Barr, J. T., Olafsson, H. E. , Steger-May, K., Achtenberg, J., Wilson, B. S., Gordon, M. O. & Zadnik, K. 2004. *Variables Affecting Rigid Contact Lens*

- Comfort in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study.* Optometry and Vision Science. Vol. 81. No. 3.
16. Fernandez-Velazquez, F.J. 2011. *Severe epithelial edema in ClearKone SynergEyes contact lens wear for keratoconus.* Eye Contact Lens. 37. pp 381–385.
 17. Fernandez-Velazquez F. J. 2012. *Kerasoft IC compared to Rose-K in the management of corneal ectasias.* Contact Lens & Anterior Eye 35. pp. 175– 179.
 18. Flexlens Piggyback lens (Xcel Contax): Manuale applicativo. Disponibile in: http://xcelcontacts.com/pdf/Flexlens_Piggyback_Fitting_Problem_Solving.pdf [20 febbraio 2014].
 19. Gemoules G. 2008. *A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography.* Eye Contact Lens.34. pp 80–83.
 20. Gasson, A. & Morris, J. 2005. *The contact lens manual, a practical guide to fitting*, third edition. Butterworth-Heinemann.
 21. Gheller, P., *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>. [22 novembre 2013]
 22. Gobbe, M. & Guillon, M. 2005. *Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients.* Contact lens and anterior eye. vol. 28. pp 57–66.
 23. Gokhale, N.S. 2013. *Epidemiology of Keratoconus.* Indian Journal of Ophthalmology.61:pp 382-383.
 24. Hashemi, H., Shaygan, N., Asgari, S., Rezvan & F., Asgari, S. 2014. *ClearKone-Synergeyes or Rigid Gas-Permeable Contact Lens in Keratoconic Patients: A Clinical Decision.* Eye Contact Lens. 40(2). pp 95-98.
 25. Hom, M. & Bruce, AS. 2006. *Manual of contact lens prescribing and fitting.* London. Butterworth-Heinemann; p. 503-544. Disponibile in: <http://www.gpli.info/pdf/pearl-fitting-guide.pdf> [21 gennaio 2014].
 26. *I-Kone (Valley Contax): Manuale applicativo.* Disponibile in: <http://ikonelens.com/fit-the-ikone.html> [16 febbraio 2014].
 27. Jain A.K., Sukhija J. 2007 *Rose-K contact lens for keratoconus.* Indian Journal of Ophthalmology. Vol 55. N 2. pp 121-125.
 28. *Jupiter (Essilor) : Manuale Applicativo.* Disponibile su: <http://essilorcontacts.com/NR/rdonlyres/769850D4-E504-4E4A-A8DAE9669FBBCF49/4173/EssilorCLSEssilorJupiterFittingGuideElectronicGuid.pdf> [6 marzo 2014].
 29. *KeraSoft IC – manuale applicativo.* Disponibile in: http://www.kerasofttraining.com/it/Downloads/Fitting_Manual.pdf [3 febbraio 2014]

30. 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*; Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.; vol. 48; pp 3062–3068.
31. Lòpez-Aleman, A., González-Méijome, M.J., Almeida, J.B., Parafita, M.A., Refojo, M.F. 2006. *Oxygen Transmissibility of Piggyback Systems With Conventional Soft and Silicone Hydrogel Contact Lenses*. Cornea .Volume 25. Numero 2
32. Mandathara, P.S., Fatima, M., Taureen, S., Dumpati, S., Ali, M.H. & Rathi, V. 2013. *RGP contact lens fitting in keratoconus using FITSCAN technology*. Cont Lens Anterior Eye.36(3): pp. 126-129.
33. Matalia, H. & Swarup, R. 2013. *Imaging modalities in keratoconus*. Indian J Ophthalmol. 61(8):pp 394–400.
34. 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.
35. Msd (Blanchard) : manuale applicativo. Disponibile su: http://www.blanchardlab.com/pdf/FG-msd_sept2012.pdf [5 marzo 2014].
36. Nottingham, J. 1854. *Practical Observations on Conical Cornea: and on the Short Sight, and Other Defects of Vision Connected with it*. London: J Churchill.
37. NovaKone (Alden optical)- manuale applicativo. Disponibile in: http://www.aldenoptical.com/docs/novakone/Novakone_Sales_Aid.pdf[4 febbraio 2014].
38. Ozbek, Z. & Cohen, E. 2006. *Use of Intralimbal Rigid Gas-Permeable Lenses for Pellucid Marginal Degeneration, Keratoconus, and After Penetrating Keratoplasty*. Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice. Volume 32 .Issue 1.pp 33-36.
39. O'Donnell, C. & Maldonado-Codina, C. 2004. *A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus*. Eye Contact Lens. (5). pp. 44-48.
40. Patrick, A., 2010. *The Lowdown on High-Tech Lenses Spectacle lenses, and the technology used to measure and create them, are ever improving to provide your patients with better vision*. Review of Optometry.
41. Phillips, A.J. & Speedwell L. 2007. *Contact Lens*. fifth edition. Elsevier Butterworth-Heinemann. pp 451-468.
42. Pilskalns, B., Fink, B.A. & Hill, R.M. 2007 *Oxygen demands with hybrid contact lenses*. Optom Vis Sci. 84: pp 334–342.
43. Pullum, K.W. & Buckley R.J. 1997. *A study of 530 patients referred for rigid gas permeable scleral contact lens assessment*. Cornea;16. pp 612– 622.
44. Rabinowitz, YS. 1998. *Keratoconus*. Survey of Ophthalmology.42:297–319.
45. Radhakrishnan, H., Jinabhai, A. & O'Donnell C. 2010. *Dynamics of ocular aberrations in keratoconus*. Clin. Exp. Optom. vol. 93; pp 164–174
46. Rathi, V. M., Mandathara, P. S. & Dumpati, S. 2013. *Contact lens in keratoconus*. Indian J Ophthalmol. pp 410–415.

47. Rossetti, A. & Gheller, P. 2003. *Manuale di optometria e contattologia*. Seconda edizione. Zanichelli.
48. Rose K2 (Menicon Co., Ltd.)– *Manuale applicativo*. Disponibile in: <http://www.davidthomas.com/assets/Uploads/pdfs/Rose-K2-Practitioners-Fitting-guide-May-2011.pdf> [15 febbraio 2014].
49. Romero-Jiménez M., Santodomingo-Rubido, J., & Wolffsohn. J.S. 2010. *Keratoconus: A review*. Contact Lens and Anterior Eye, Volume 33, Issue 4, Pages 157–166.
50. Romero-Jiménez M., Santodomingo-Rubido, J., Flores-Rodríguez, P. & González-Méjome, J.M. 2013. *Which soft contact lens power is better for piggyback fitting in keratoconus?* Contact Lens & Anterior Eye. 36. pp 45– 48
51. Rubinstein, M.P. & Sud, S. 1999. *The use of hybrid lenses in the management of the irregular cornea*. Contact Lens and Anterior Eye, Vol. 22, No. 3, pp. 87-90.
52. Sabesan, R., Johns, L., Tomashevskaya O., Jacobs, D. S., Rosenthal, P. & Yoon, G. 2013 *Wavefront-Guided Scleral Lens Prosthetic Device for Keratoconus*. Optometry and Vision Science, Vol. 90, No. 4.
53. 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.
54. 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.
55. SemiScleral (Abba): *Manuale applicativo*. Disponibile su <http://www.abbaoptical.com/images/SSFitingGuidecopy.pdf> [3 marzo 2014].
56. Sengor, T., Aydin Kurna, S., Aki, S. & Özkurt, Y. 2011. *High Dk piggyback contact lens system for contact lens-intolerant keratoconus patients*. Clinical Ophthalmology. 5. pp. 331–335.
57. Silbert J.A. 2013. *New Soft Lens Designs for the Keratoconic Cornea*. American Academy of Optometry. Disponibile su <http://www.aaopt.org/mdl/meeting/AttachmentViewer?id=10711> [20 febbraio 2014].
58. SynergEyes A: *manuale applicativo*. Disponibile su: http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/SynergEyes-A_-Fitting-Guide_75006E.pdf [25 febbraio 2014].
59. SynergEyes KC: *manuale applicativo*. Disponibile su: http://www.synergeyes.com/wp-content/uploads/2013/11/SynergEyes-KC_Fitting-Guide_75029B.pdf [25 febbraio 2014].
60. Smadja, D., Touboul, D., Cohen, A., Doveh, E., Santhiago, M.R., Mello, G.R., Krueger, R.R., & Colin J. 2013. *Detection of Subclinical Keratoconus Using an Automated Decision Tree Classification*. American journal of ophthalmology. Automated screening program for subclinical keratoconus. vol. 156, no. 2.

61. SoClear (Art Optical) – Manuale Applicativo. Disponibile in: http://www.artoptical.com/files/documents/resources/SoClear_Fitting_Guide_12.pdf [4 marzo 2014].
62. Sorbara, L., Fonn, D., Woods, C., Sivak, A. & Boshart, B. 2010. *Correction of Keratoconus with GP Contact Lenses*. Centre for Contact Lens Research School of Optometry University of Waterloo, Canada. Bausch and Lomb.
63. SoftK (Soflex)- manuale applicativo. Disponibile in: <http://www.soflexcontacts.com/Uploaded/files/3579c0bb-e6ac-4a5b-acdc-7b81ab19c11e.pdf> [4 febbraio 2014].
64. Toris K HydroCone (Swisslens) - manuale applicativo. Disponibile in: https://www.swisslens.ch/contenus/common/products/swisslens_hydrocone.pdf [5febbraio 2014].
65. Waheeda, I. 2006. *Keratoconus: Diagnosis, contact lens fitting and management*. Optometry today.
66. Wheeler, J., Hauser, M.A., Afshari, N.A., Allingham, R.R. & Liu, Y. 2012. *The Genetics of Keratoconus: A Review*. Reproductive Sys Sexual Disord. S6:001.
67. Zadnik, K. et al. 1996. *CLEK study operation manual*. Disponibile in: <https://vrcc.wustl.edu/clekarchive/ClekOM.pdf> [20 gennaio 2014]
68. Zadnik, K. Barr, J.T., Edrington, T.B., Everett, F., Jameson, M., McMahon, T. T., Shin, J. A., Sterling, J. L., Wagner, H., Gordo, M.O., 1998. *Baseline Findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study*. IOVS, Vol. 39, No. 13.

Ringraziamenti:

Alla mia famiglia che in questi anni mi ha sempre sostenuto.

Ad Alba che in questo periodo mi è sempre stata vicino.