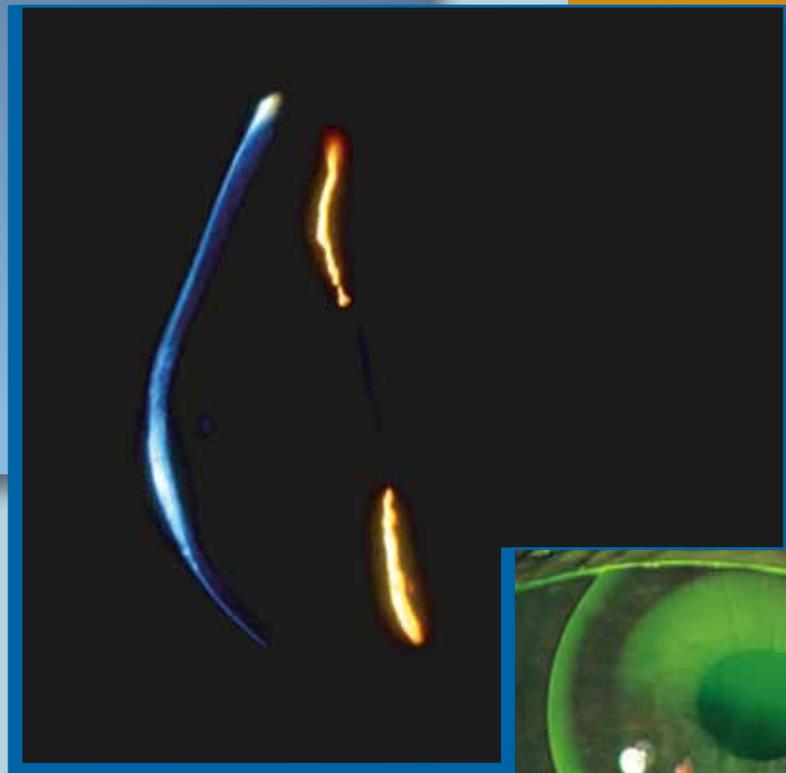
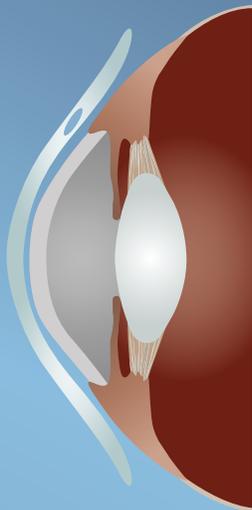


Correzione del Cheratocono con lenti Gas Permeabili



Centre for Contact Lens Research
School of Optometry
University of Waterloo, Canada

Introduzione

Finalità del libro

Il cheratocono può essere corretto efficacemente e in maniera sicura utilizzando lenti a contatto gas permeabili (GP). L'evidenziazione dei diversi tipi di cheratocono è stata semplificata attraverso l'utilizzo di topografi corneali e tomografi a coerenza ottica. Grazie all'utilizzo di questi strumenti è stata resa più facile la gestione di questa condizione facilitando la scelta del tipo di lente in funzione del tipo di cono. Gli sviluppi nelle tecniche di costruzione e i miglioramenti nelle geometrie consentono all'applicatore di disporre di un'ampia gamma di soluzioni applicative tra cui scegliere. Con questa monografia speriamo di aiutare gli addetti ai lavori nella scelta di adeguate geometrie basate sul rilevamento delle curvature corneali effettuato sia con strumenti classici che con apparecchiature tecnologicamente più evolute, al fine di soddisfare meglio le richieste dei soggetti affetti da cheratocono. Speriamo inoltre di dimostrare la facilità con cui il cheratocono può essere gestito con lenti a contatto.

Il Centre for Contact Lens Research

Il Centre for Contact Lens Research è stato istituito presso la scuola di Optometria dell'Università di Waterloo in Canada nel 1988 ed è specializzato nella ricerca degli effetti del porto di lenti a contatto sull'occhio. L'istituto è costituito da uno staff di ricercatori tecnici e personale amministrativo della facoltà; i trial clinici e la ricerca di base effettuata presso il CCLR risultano in gran parte dalla collaborazione con industrie non solo di contattologia. Molte delle nostre attività sono indirizzate al supporto e allo sviluppo dell'educazione optometrica per professionisti. Per maggiori informazioni sul nostro lavoro, visitate il nostro sito <http://cclr.uwaterloo.ca>.

Ringraziamenti

EDITORE ESECUTIVO

Desmond Fonn, MOptom, FAAO
Direttore, Centre for Contact Lens Research
Professore, School of Optometry
University of Waterloo

RESPONSABILE DEL PROGETTO

Bonnie Boshart, BBA
Coordinatore dello Sviluppo del Business
Centre for Contact Lens Research

AUTORE

Luigina Sorbara, OD, MSc, FAAO
Ricercatore clinico, Centre for Contact Lens Research
Professore Associato, School of Optometry
University of Waterloo

EDITORI

Craig Woods, PhD, FAAO
Manager Ricerche, Centre for Contact Lens Research
Professore Associato Aggiunto, School of Optometry
University of Waterloo

Alisa Sivak, MA
Coordinatore per la comunicazione
Centre for Contact Lens Research

CON IL CONTRIBUTO DI:

Katrin Müller
Aalen Studente, School of Optometry
University of Waterloo

Kristine Dalton
Specializzando in Contattologia e Studente per MSc
School of Optometry, University of Waterloo

Jalaiah Varikooty
Ricercatore clinico, Centre for Contact Lens Research
University of Waterloo

Jyotsna Maram
Studente per il PhD, School of Optometry
University of Waterloo

Adam Keech
Studente per MSc, School of Optometry
University of Waterloo

Vorremmo ringraziare la International Association of Contact Lens Educators per le immagini del Dr. David Miller (Figure 1,11 e 65) e Hilmar Bussacker (Figura 29).

REVISORI

Hans Bleshøy, BSc, PhD, MCOptom, FAAO
Consulente Danish Contact Lens
Skive, Denmark

Timothy B. Edrington, OD, MS
Professore, Southern California College of Optometry
Fullerton, CA, USA

Sergi Herrero
Diploma in Ottica e Optometria
Barcelona, Spagna

Craig W. Norman, FCLSA
South Bend Clinic
South Bend, Indiana, USA

Philippe Seira, Dipl. Augenoptiker
Professore dell' University of Applied Sciences
Northwestern Switzerland
Olten, Switzerland

José L. Garrido Tundidor
Master of Optometry and Vision Sciences
Diploma in Ottica e Optometria
Barcelona, Spagna

Richard Wu BSc, OD, PhD, FIOS, FIACLE
Taipei Professional Optometry Center
Taiwan

Osbert Chan, PhD
Hong Kong

Giancarlo Montani, Ottico Optometrista FIACLE,
FBCLA
Docente del Corso di Ottica e Optometria Università
del Salento Formazione Continua in Medicina
Lecce, Italia

Timothy Albert, OD
Direttore della clinica di Contattologia
Ospedale S.Chiera Università di Pisa
Pisa, Italia

GRAFICA

Christina Englund
Disegnatrice grafica
Boston Products Group
Bausch & Lomb Incorporated

Sommario

1. Introduzione al cheratocono	1
Epidemiologia del cheratocono	1
Condizioni associate	1
Metodi di correzione del cheratocono	1
Lenti a contatto	1
Lenti oftalmiche	2
2. Classificazione del cheratocono	3
Topografia corneale	3
Tipi di cheratocono	4
Progressione della patologia	4
3. Diagnosi e Segni	6
Anamnesi e sintomi	6
Biomicroscopia	6
Oftalmoscopia e retinoscopia	7
Topografia, cheratometria, e pachimetria	7
Refrazione e visione	8
Diagnosi differenziale	8
4. Metodi di correzione con lenti a contatto	9
Lenti a contatto corneali gas permeabili	9
Lenti a contatto gas permeabili corneo-sclerali e semi-sclerali	10
Lenti GP mini-sclerali e sclerali	11
Applicazioni Piggyback	11
Lenti a contatto morbide	12
5. Geometrie delle lenti	13
Lenti a contatto corneali	13
Lenti sferiche multicurve	13
Centro sferico e periferia sferica	13
Centro sferico e periferia asferica	14
Lenti a contatto asferiche	14
Lenti a contatto semi- e mini-sclerali	14
Applicazioni piggyback	14
6. Applicazione delle lenti	15
Scegliere la corretta geometria della lente	15
Considerazioni generali	15
Scelta del BOZR	15
Considerazioni sul potere	17

Procedure applicative: scelta del BOZD e del TD appropriato	17
Applicazione di lenti di piccolo diametro (da 8,5 a 9,3mm)	18
Applicazione di lenti di diametro medio (da 9,4 a 9,9mm)	18
Applicazione di lenti di diametro grande (da 10,0 a 12,8mm) e lenti corneo-sclerali (da 12,9 a 13,5mm)	19
Applicazione di lenti semi-sclerali (TD da 13,6 a 14,9mm) e mini-sclerali (TD da 15,0 a 18,0mm)	20
Geometria periferica della lente	22
Determinare il sollevamento assiale (AEL)	22
Periferie toriche o asimmetriche	23
Valutazione dell'applicazione corretta	24
Pattern fluoroscopico	24
Tre punti di contatto	24
Appoggio apicale	24
Sollevamento apicale	24
Sollevamento del bordo (AEC) ideale	25
Sollevamento del bordo (AEC) ridotto	25
Sollevamento del bordo (AEC) eccessivo	25
Posizionamento e movimento della lente	26
Sovrarefrazione	26
Simulazioni fluoroscopiche partendo dalle mappe topografiche	26
7. Visite di controllo e strategie di gestione	27
Procedure e visite di controllo	27
Condizioni che necessitano modifiche della lente	28
Modifiche della geometria	29
Variazione del BOZR	29
Variazione del BOZD	29
Variazione del TD	29
Variazione del AEL	29
Variazione del AEL a settori	29
Variazione dello spessore al centro	30
Variazione del potere della lente	30
Modifica del tipo di lente o della sua geometria	30
Da una lente sferica ad una con BOZD asferico	30
Da una lente sferica ad una con periferia asferica	30
Da un BOZD fisso a uno variabile	30
Da una geometria corneale a una semisclerale	31
8. Complicanze	32
Punteggiature corneali	32
Punteggiature da tossicità alle soluzioni	32
Punteggiature a ore tre ore nove	32
Punteggiature a macchia o lineari dovute ad un'abrasione o a un corpo estraneo	32
Punteggiature apicali	33
Indentazione dell'epitelio corneale	33

Visione	33
Decentramento della lente	34
Indentazione corneale	34
9. Bibliografia	35
Appendice A: Eziologia e Genetica	40
Appendice B: La correzione chirurgica del cheratocono	42
Cheratoplastica perforante (a tutto spessore)	42
Cheratoplastica lamellare (spessore parziale)	42
Cheratoplastica lamellare profonda	42
Cheratoplastica lamellare a diversi spessori	42
Cheratoplastica intra-lamellare	42
INTACS®	42
Cross-linking	43
Appendice C: Rilevamento del cheratocono con l'uso di Orbscan II	44
Appendice D: Applicazione di lenti Semi- e Mini-sclerali	45
Scelta della profondità sagittale centrale	45
Zona di raccordo nella media periferia o limbare	45
Zona di raccordo sclerale	46
Appendice E: Esempio di applicazioni	47
Esempio di applicazione: Cono centrato "nipple" (stadio iniziale)	47
Esempio di applicazione: Cono ovale (stadio avanzato)	51
Appendice F: Tabella di conversione delle letture cheratometriche	56
Appendice G: Tavole di conversione: Scale di Misura dell'Acuità Visiva per Lontano	57

1. Introduzione al cheratocono

Epidemiologia del cheratocono

Il cheratocono è un ectasia assiale della cornea, generalmente asimmetrica, non-infiammatoria (Figura 1). E' bilaterale nel 96% dei casi, si sviluppa in maniera asimmetrica, generalmente con la diagnosi della malattia ritardata nel secondo occhio di cinque anni rispetto al primo. Il decorso della malattia è altamente variabile, classicamente inizia dalla pubertà fino alla metà dei trenta anni e si sviluppa per 10–15 anni fino alla quarta o quinta decade di vita. L'inizio del cheratocono è generalmente seguito da un periodo di relativa stabilità o di progressione molto lenta, che può essere intervallato da episodi di evoluzione più rapida. La fine della progressione è anch'essa variabile: al momento della stabilizzazione della patologia può essere presente un astigmatismo irregolare che può essere compensato con occhiali lenti a contatto e un elevato assottigliamento, protrusione e cicatrici che possono essere trattati mediante cheratoplastica o mediante altre tecniche chirurgiche. Il paziente inizia con una cornea che è sia sferica o che presenta astigmatismo regolare. La progressione è inizialmente caratterizzata da un assottigliamento dello stroma corneale centrale, protrusione apicale che determina un incurvamento della curvatura centrale e una presenza variabile di cicatrici. L'apice assottigliato si decentra verso il basso, dando origine all'astigmatismo irregolare, una caratteristica della malattia che determina un'alterazione della qualità della visione che può risultare minima o elevata.

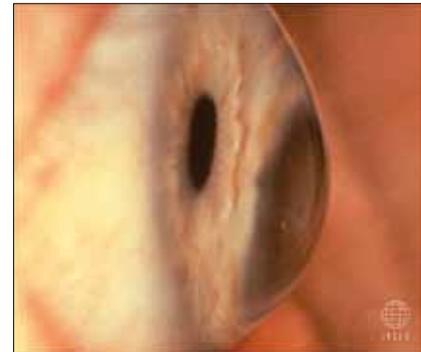


Figura 1. Visione di profilo di una cornea con cheratocono

L'incidenza del cheratocono varia da 50 a 230 considerando una popolazione di 100000 unità; che è pari ad uno ogni 2000 persone. La prevalenza del cheratocono in una popolazione normale è stata riportata non superiore allo 0,6% e non inferiore a 0,05%. In appendice A è riportata una rassegna relativa all'eziologia e alla genetica del cheratocono.

Condizioni associate

Il cheratocono è una condizione generalmente isolata, anche se in alcuni casi si trova associato alla sindrome di Down, alla sindrome di Ehlers-Danlos, osteogenesi imperfetta, prolasso della valvola mitralica e malattie atopiche. Può inoltre svilupparsi come risultato da traumi oculari dovuti all'utilizzo di lenti a contatto e continuo sfregamento degli occhi.

Metodi di correzione del cheratocono



Figura 2. Lente a contatto applicata in caso di cheratocono in luce bianca

Lenti a contatto

Al fine di garantire una visione ottimale le lenti a contatto si rendono necessarie in quasi tutti i casi di cheratocono (figura 2), e approssimativamente dal 10% al 26% dei pazienti necessita un intervento di chirurgia corneale.

E' possibile che l'utilizzo di lenti a contatto in caso di cheratocono possa portare alla formazione di cicatrici corneali, tuttavia la ragionevole evidenza indica che la cornea può sviluppare cicatrici con o senza lenti a contatto. La prognosi di questa condizione è imprevedibile e la sua

1 La trisomia 21 aumenta l'incidenza del cheratocono da 50- a 300-volte.

progressione è variabile; sono quindi consigliate visite di controllo annuali o più frequenti. La malattia non provoca cecità, ma potrebbe compromettere la qualità della vita, anche se i pazienti con cheratocono di solito possono ancora guidare e leggere durante la maggior parte della progressione della patologia.

La maggior parte dei pazienti con cheratocono (74% degli occhi) possono essere non-trattati chirurgicamente, mentre il restante (26%) sono trattati con cheratoplastica.

Lenti oftalmiche

Con la progressione del cheratocono, l'entità dell'astigmatismo irregolare aumenta a causa della deformazione causata dalla protrusione della cornea che è diventata ectasica. L'astigmatismo irregolare non è ortogonale (presentando più fuochi), rendendo difficile l'esecuzione di un'adeguata refrazione, sia oggettiva sia soggettiva. La prescrizione degli occhiali è quindi meno efficace e non fornisce adeguati risultati ottici, in particolare nelle fasi successive della malattia. Inoltre, anche se il cheratocono è una condizione bilaterale, in un occhio il cheratocono tende a progredire maggiormente rispetto all'occhio controlaterale; la condizione di anisometropia o antimetropia conseguente è un ulteriore elemento che rende l'occhiale difficilmente tollerabile.

Nel momento in cui aumenta la progressione del cheratocono diventa sempre più difficile la prescrizione degli occhiali e il ricorso alle lenti a contatto diventa essenziale. 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. Per i soggetti presbiti dovrà essere prescritto un occhiale da lettura da utilizzare durante l'utilizzo delle lenti a contatto.

La correzione chirurgica del cheratocono viene trattata nell' Appendice B.

Crews e al. (1994) hanno evidenziato che la maggior parte (53%) dei pazienti con cheratocono ottenevano la miglior correzione con lenti a contatto mentre il rimanente 21% (cheratoconi lievi) con occhiali o senza correzione in tutti e due gli occhi o almeno in uno.

2. Classificazione del cheratocono

Topografia corneale

Uno degli strumenti più importanti nella rilevazione e nella gestione cheratocono è il videocheratografo (VKE). Un errore comune nel rilevare i raggi di curvatura in caso di cheratocono del l'uso dell'algoritmo assiale (sagittale), piuttosto che l'utilizzo dell'algoritmo istantaneo (tangenziale o locale). L'algoritmo sagittale esamina in modo specifico l'ottica visuale della cornea, mentre l'algoritmo tangenziale valuta la forma della cornea.

I raggi ottenuti con l'algoritmo assiale distorcono la posizione apparente e la potenza di un apice corneale che si trova nella cornea periferica in quanto la misura è riferita all'asse del videocheratometro (VKE). Nelle figure 3a e 3b vengono illustrate le differenze tra una mappa realizzata con l'algoritmo assiale e con quello tangenziale.

Mappa assiale (sagittale)	Mappa tangenziale (istantanea)
Mostra l'area ottica di impatto sulla visione, ma non la dimensione reale e la forma del cono.	Mostra la localizzazione del cono, rispettando la forma evidenziata da un punto di vista clinico.
Media il potere corneale, sottovalutando i poteri più accentuati e sopravvalutando i poteri periferici più bassi.	Ricalcola il raggio corneale senza considerare l'asse del VKE, facendo apparire le zone più curve curve e quelle più piatte piatte.

Questa distorsione è ancora più marcata nel cheratocono, dove le regioni più curve al di fuori del centro della mappa presentano una sottostima dei raggi corneali, e una sovrastima dei raggi periferici più piatti. Rispetto al ricalcolo effettuato dall'algoritmo assiale l'utilizzo dell'algoritmo tangenziale aiuta ad avere una più accurata rappresentazione della posizione e della dimensione del cono perché fa riferimento ad anelli adiacenti invece di considerare l'asse del VKE. L'utilizzo di mappe altimetriche indica chiaramente la presenza e il posizionamento del cono, ma senza raggio di curvatura, non è utile per l'applicazione delle lenti a contatto.

L'uso del topografo Orbscan II, che per la rilevazione e la gestione del cheratocono consente sia la valutazione altimetrica sia il raggio di curvatura, è discusso in Appendice C.

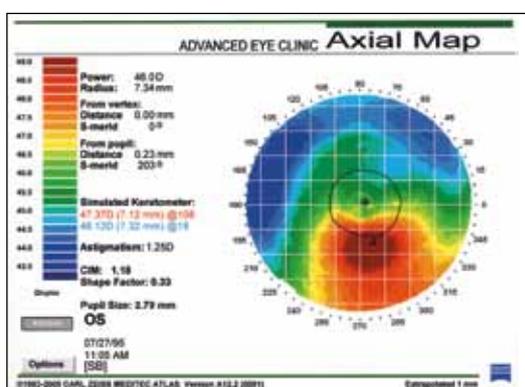


Figura 3a. Mappa assiale

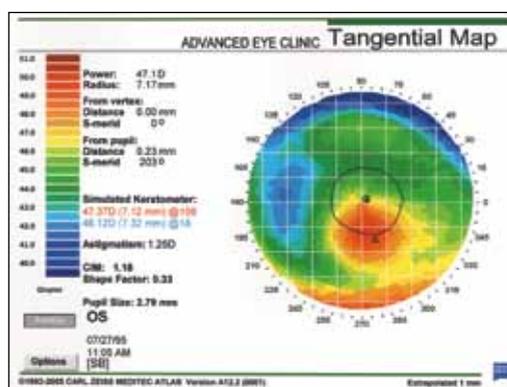


Figura 3b. Mappa tangenziale

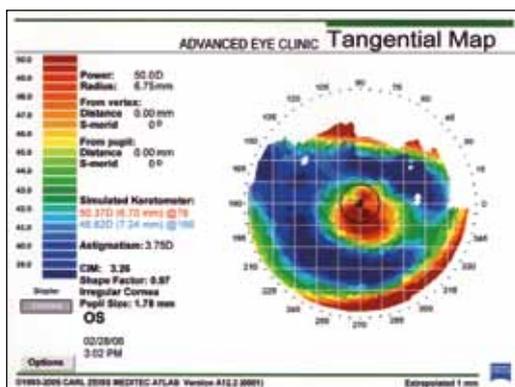


Figura 4a. Mappa corneale di un cheratocono centrale

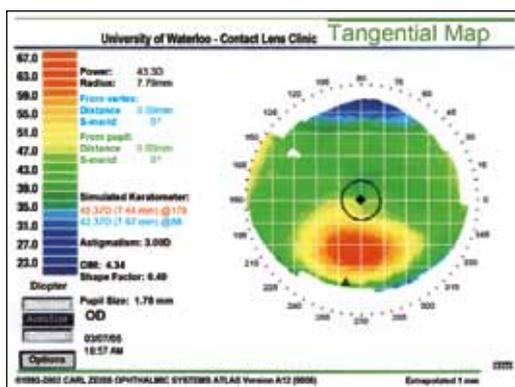


Figura 5b. Mappa corneale di un cheratocono ovale

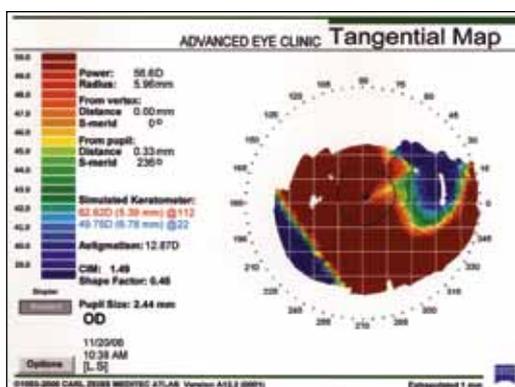


Figura 6c. Mappa corneale di un cheratocono globoso

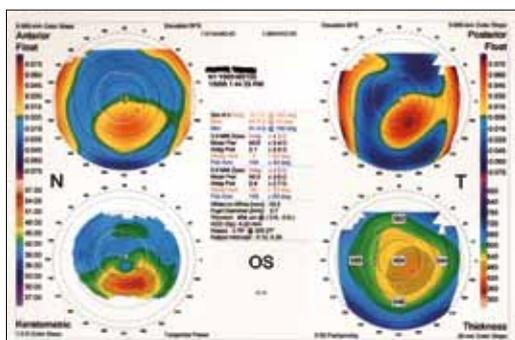


Figura 7a. Mappa corneale di una degenerazione marginale pellucida (PMD) (notare l'astigmatismo contro regola)

Tipi di cheratocono

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

Una comune classificazione della gravità è la seguente: se questa media è inferiore a 50,00D (6,75 millimetri), il cono è considerato nella sua fase iniziale, se è compresa fra 50,00 e 56,00D (da 6,75 a 6,03 millimetri), il cono è avanzato, e se oltre 56,00D (6,03 millimetri), il cono è considerato severo. In secondo luogo si può determinare la posizione o la forma del cono comunemente identificate, ad esempio, tipo "nipple" o centrale, di forma ovale, inferiore-temporale o nasale e tipo globoso o tipo classico (figure 4a, 5b e 6c). Un'altra condizione o variante del cheratocono è la degenerazione marginale pellucida (PMD), in cui l'assottigliamento e il cono si presentano inferiormente più vicino al limbus (figura 7a) come nel cheratocono di tipo ovale, a questa degenerazione è associato un astigmatismo contro-la-regola, che risulta segno distintivo nella diagnosi di questa variante. Spesso questa condizione viene evidenziata attraverso una mappa che presenta una forma a "farfalla" o a "colombe che si baciano".

Progressione della patologia

Con la progressione del cheratocono, si verifica l'assottigliamento della cornea centrale, soprattutto dello stroma e molto spesso anche dell'epitelio, creando a livello corneale la classica forma a cono. I metodi per ottenere la topografia della pachimetria corneale includono:

- tecnica della scansione a fessura come nell'Orbscan II (Bausch & Lomb, NY), Figura 8a
- telecamera di Scheimpflug ruotante come nel Pentacam (Oculus, Germany), Figura 8b
- tomografia a coerenza ottica come nell'OCT Visante (Zeiss Meditec, CA), Figura 8c
- pachimetria ad ultrasuoni come nello strumento Artemis (UltraLink, LLC)

Questi strumenti relativamente nuovi offrono una visione topografica dell'andamento dello spessore corneale che consente di identificare lo spessore (tra cui il punto più sottile) della cornea in qualsiasi punto e lungo ogni meridiano. La misurazione dello spessore topografico consente un attento

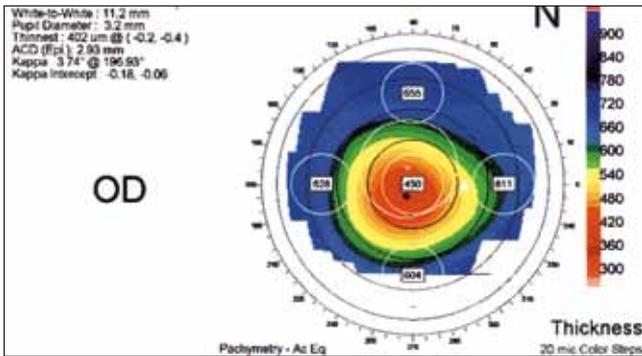


Figura 8a. Mappa pachimetrica utilizzando Orbscan II

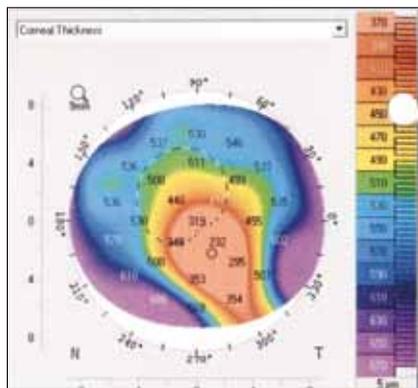


Figura 8b. Mappa pachimetrica utilizzando Pentacam

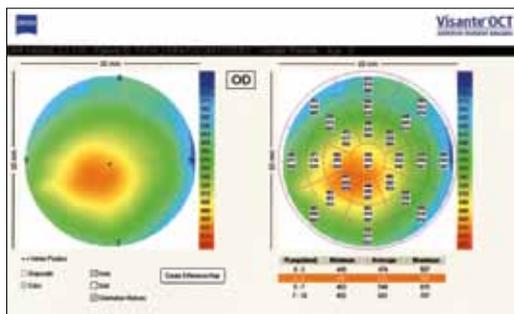


Figura 8c. Mappa pachimetrica utilizzando Visante OCT

Gli studi che utilizzano recenti tecnologie, come gli OCT indicano una differenza di spessore corneale tra l'occhio normale e quello con cheratocono, che va da 89 a 109µm. Benchè i pazienti con cheratocono possono avere lo spessore corneale all'apice del cono nel range di normalità, in uno studio lo spessore medio al centro minimo è $540 \pm 30\mu\text{m}$ per l'occhio normale e $443 \pm 64\mu\text{m}$ per l'occhio con cheratocono.



Figura 8d. OCT a dominio spettrale

monitoraggio della progressione della patologia, in quanto gli stessi punti e le stesse posizioni possono essere controllate nel tempo. Gli OCT "spectral domain" più recenti ad alta definizione possono aumentare la risoluzione di queste immagini in modo da ottenere una misura più precisa dello spessore epiteliale e di quello totale della cornea. Sebbene non vi siano mezzi specifici per classificare la gravità del cheratocono in base allo spessore della cornea, vi sono differenze significative nei valori misurati in occhi normali e in occhi con cheratocono (raggruppando insieme tutti i tipi e livelli di gravità).

E' generalmente accettato che quando gli spessori corneali si avvicinano a meno di $300 \mu\text{m}$, il paziente dovrebbe essere inviato dall'oftalmologo per una valutazione più approfondita.

3. Diagnosi e Segni



Figura 9. Strie di Vogt

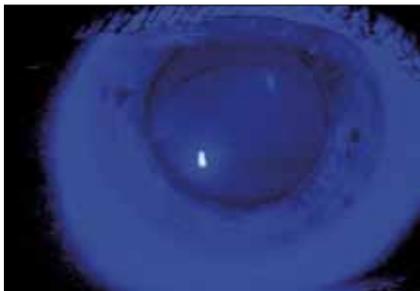


Figura 10. Anello di Fleischer



Figure 11. Cicatrici corneali

Anamnesi e sintomi

La diagnosi iniziale di cheratocono può essere fatta durante l'adolescenza o fino alla metà dei trent'anni. I sintomi includono mancanza di visione nitida, in particolare con bassa illuminazione (ad esempio, mentre si guida o si guarda la TV in una stanza buia).

Di seguito è riportato un elenco di sintomi e segni che sono associati alla diagnosi del cheratocono:

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

Biomicroscopia

La seguente lista di segni in lampada a fessura che identificano la presenza di cheratocono:

- Nervi corneali più evidenti
- Strie di Vogt, linee di stress localizzate nello stroma posteriore o a livello della membrana di Descemet, che scompaiono transitoriamente se sulla cornea viene praticata una leggera pressione con il dito (Figura 9)
- Anello di Fleischer (depositi ferrosi) che si verificano a livello della giunzione fra la parte assottigliata della cornea e quella inalterata (Figura 10)
- Cicatrici epiteliali apicali e subepiteliali (Figura 11)
- Segno di Munson, deformazione della palpebra inferiore con lo sguardo verso il basso (Figura 12)
- Idrope corneale (negli stadi più avanzati), alterazione della funzione endoteliale che provoca edema acuto dell'epitelio corneale seguito da cicatrici (Figura 13)

Oftalmoscopia e retinoscopia

Questi segni possono presentarsi nelle prime fasi della progressione della malattia e sono di aiuto nella diagnosi precoce:

- Visualizzazione del cono sul riflesso del fondo oculare nell'area pupillare (segno della goccia d'olio di Charleaux)
- Riflesso retinoscopico irregolare o a forbice
- Inizialmente variazione dell'asse dell'astigmatismo seguito dalla modificazione del potere del cilindro
- Nel cheratocono vizio refrattivo miopico e astigmatismi irregolari (generalmente secondo regola)
- Nelle PMD vizio refrattivo ipermetropico e astigmatismo contro regola



Figura 12. Segno di Munson



Figura 13. Idrope corneale

Topografia, cheratometria e pachimetria

Definizione del tipo e delle dimensioni del cono utilizzando il videocheratoscopio (VKE)

Il cono "nipple" o **centrato** è piccolo e paracentrale generalmente con un diametro inferiore a 5mm di diametro. Quando questo tipo di cono avanza il cono diventa più curvo e più piccolo e può essere visto nella mappa topografica di Figura 14a e 14b.

Nei coni ovali (nel meridiano orizzontale) l'apice del cono è spostato inferiormente e generalmente nel quadrante temporale rispetto all'asse ottico con un diametro medio di circa 5–6 mm. Con la progressione il cono diventa maggiormente decentrato e più grande di diametro con riduzione della curvatura (Figure 15a, 15b e 15c).

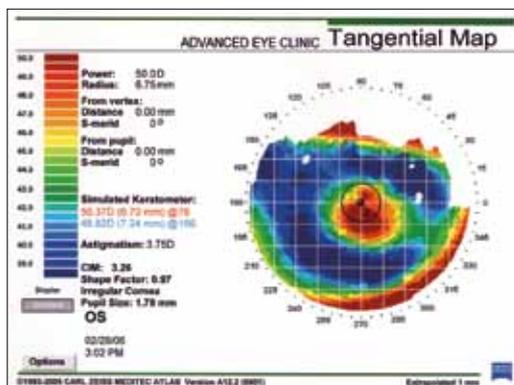


Figura 14a. Mappa corneale di un cono iniziale centrale

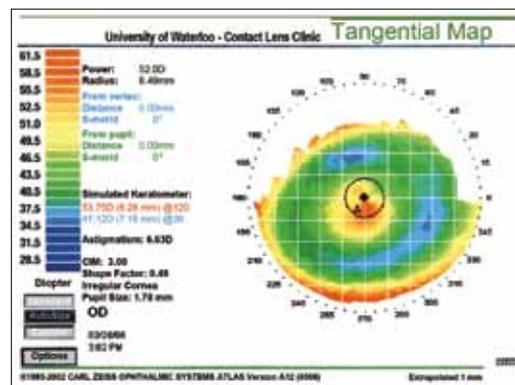


Figura 14b. Mappa corneale di un cono avanzato centrale

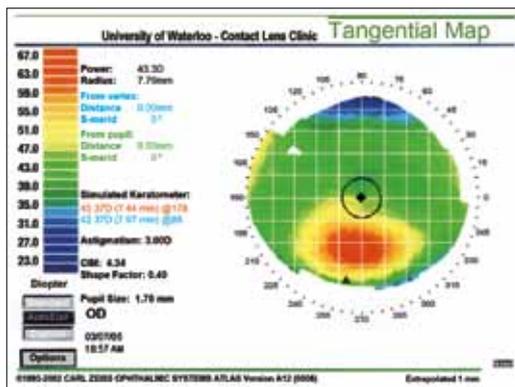


Figura 15a. Topografia corneale di un cono ovale iniziale

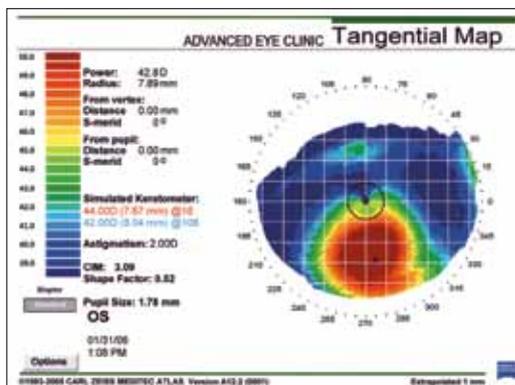


Figura 15b. Topografia corneale di un cono ovale moderato

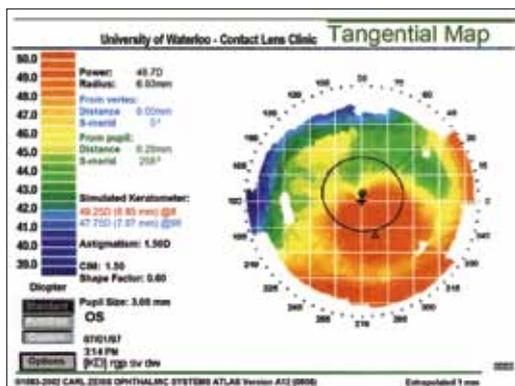


Figura 15c. Topografia corneale di un cono ovale avanzato

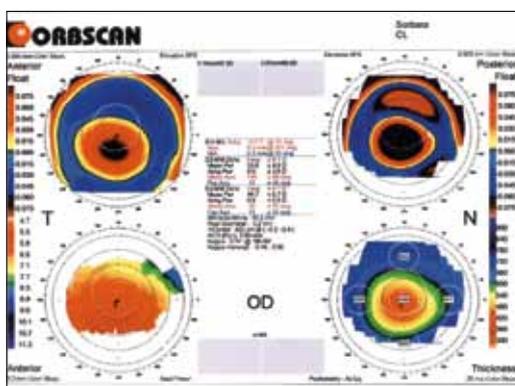


Figura 16. Topografia corneale di un cono globoso

Il cono globoso è il più grande dei tre tipi e spesso interessa quasi i tre quarti della superficie corneale (Figura 16).

Progressione e incurvamento corneale

Quando il cono centrato o “nipple” progredisce, l’apice si assottiglia al centro inducendo un incremento dell’irregolarità delle mire cheratometriche e un astigmatismo secondo regola o obliquo non ortogonale. Quando il cono ovale progredisce, si assottiglia paracentralmente e l’apice della cornea tende a incurvarsi inferiormente e temporalmente, inducendo mire cheratometriche irregolari, asimmetria della topografia corneale e anche astigmatismo secondo regola o obliquo non ortogonale. Entrambe le varianti presentano asimmetria interoculare (figura 15a, 15b e 15c). Nei casi di PMD, il cono si assottiglia inferiormente e vicino al limbus inferiore inducendo un astigmatismo contro regola non ortogonale (Figura 7a).

Refrazione e visione

Con la progressione di entrambi i coni centrale o ovale aumenta la miopia e l’astigmatismo da $-1,00D$ a più di $-10,00D$ (sfera e cilindro), con una progressiva riduzione dell’acuità visiva raggiunta con occhiale. Allo stesso modo, sono stati segnalati aumenti di astigmatismo contro regola fino a $20,00D$ in caso di PMD a causa dell’eccessivo incurvamento periferico. Il paziente diventa più ipermetrope, a causa della eccessivo appiattimento corneale a livello dell’area pupillare. Inoltre, un acuità alto e basso contrasto iniziale accettabile tende a diminuire con la sua progressione, in genere passando da 20/25 a 20/80 o oltre. l’Appendice G per la Tabella di conversione: Scale di Misura dell’Acuità Visiva per Lontano.

Diagnosi differenziale

La diagnosi differenziale può essere importante per differenziare il tipo di cono (verificare se il cheratocono è centrale o ovale o se è PMD), al fine di consigliare correttamente il paziente per una riguarda la prognosi della malattia e quali terapie chirurgiche e non chirurgiche possono essere indicate. Nell’applicazione di lenti a contatto è indispensabile che il tipo e la dimensione del cono siano identificati, al fine di scegliere la lente (compresi i parametri e la sua geometria) in modo più efficace.

4. Metodi di correzione con lenti a contatto

Lenti a contatto corneali gas permeabili

Le lenti con diametro totale (TD) tra 8 e 12,5 mm sono considerate lenti corneali. Con l'aumento del diametro del cono anche il diametro della zona ottica posteriore (BOZD), il raggio base e il diametro totale devono aumentare, determinando una miglior relazione fra la profondità sagittale del cono e la profondità sagittale della zona ottica della lente, come indicato dalle frecce sulle lenti e sulle mappe topografiche.

La determinazione della corrispondenza tra queste variabili può essere facilitata attraverso l'uso di un topografo corneale, con il quale può essere misurata la posizione, la dimensione e l'area del cono. La comunicazione con il vostro laboratorio è importante per la corretta applicazione di queste lenti, di cui è importante conoscere il comportamento del diametro della zona ottica posteriore al variare del raggio della zona ottica posteriore; diametro che può variare (BOZD variabile) o rimanere costante (BOZD fisso) e si modifica solo al variare di quello totale (figure da 17 a 25). Vedi pagina 13, tabelle 1 e 2.

Se la zona ottica è troppo grande rispetto al diametro del cono, la profondità della lente a contatto è maggiore rispetto a quella del cono, ed a causa della presenza di clearance intorno al cono si potranno formare bolle nel film lacrimale pre-lente,.

Queste condizioni possono influenzare le prestazioni visive.

Se il diametro della zona ottica della lente è troppo piccolo, la profondità della lente risulterà più piccola rispetto alla profondità sagittale del cono con conseguente instabilità e decentramento della lente (Figura 21),

Una volta calcolato il BOZD e TD della lente, la geometria della lente deve fare in modo che il raggio della zona ottica posteriore

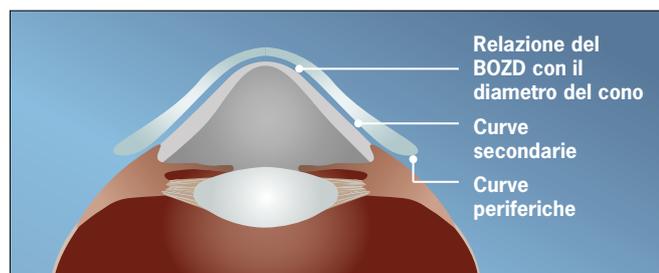


Figura 21. Illustrazione della relazione fra BOZD e diametro del cono

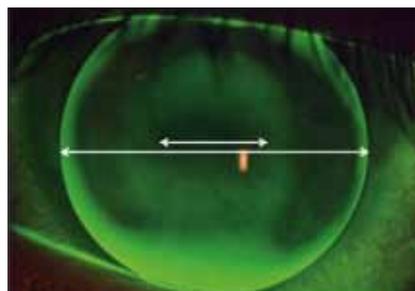


Figura 17. Cono centrato (BOZD variabile)

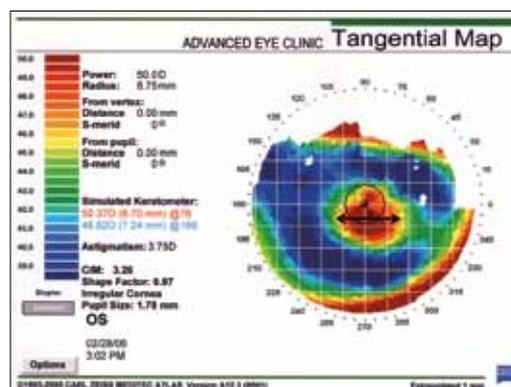


Figura 18. Topografia di un cono centrato

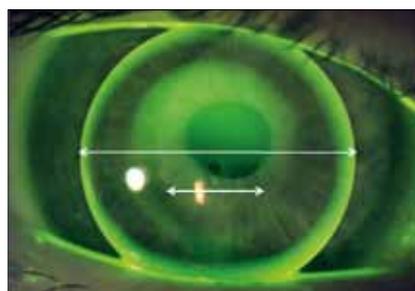


Figura 19. Cono ovale iniziale (BOZD fisso)

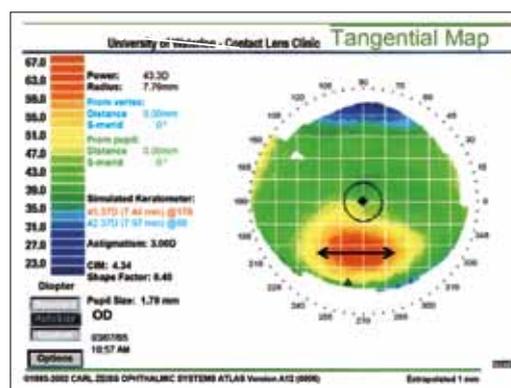


Figura 20. Cono ovale iniziale

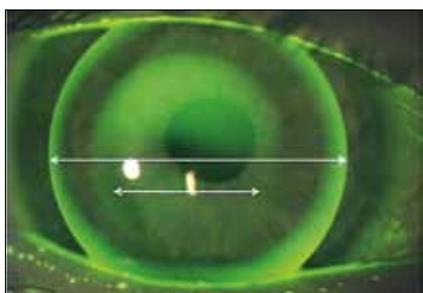


Figura 22. Cono ovale moderato (BOZD fisso)

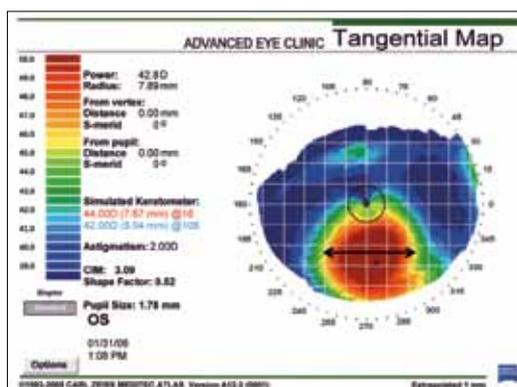


Figura 23. Topografia di un cono ovale moderato



Figura 24. Cono ovale severo (BOZD fisso)

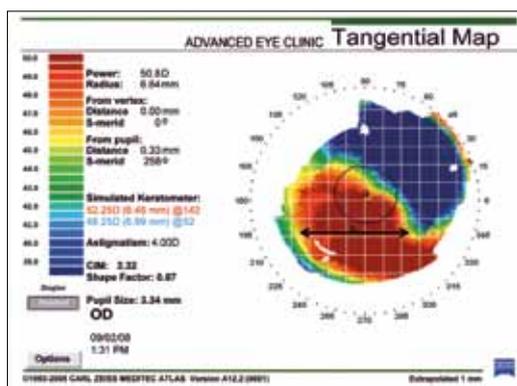


Figura 25. Topografia di un cono ovale severo

(BOZR) determini sul cono un lieve appoggio su tre punti (Figure da 17 a 25). Vedere le tabelle a pagina 13.

La zona periferica della lente deve appiattirsi di più rispetto all'appiattimento periferico della cornea e nel farlo, dovrà garantire un sollevamento assiale del bordo superiore rispetto a quello di una lente progettata per un occhio normale con un valore medio di eccentricità (0,5–0,6). I valori di eccentricità per gli occhi con cheratocono sono compresi in un intervallo che va da 0,65 e arriva a valori superiori a 1,0 nei casi avanzati.

Lenti a contatto gas permeabili corneo-sclerali e semi-sclerali

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

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

- La porzione corneale (BOZD/BOZR),
- La porzione medio-periferica che interessa la giunzione sclero-corneale (c-s)
- La porzione sclero-congiuntivale (s-c).

Le lenti corneo-sclerali sono applicate garantendo un appoggio centrale con una lieve clearance apicale o corneoconforme, garantendo una clearance sopra la giunzione corneo-sclerale e l'allineamento nella zona sclero-corneale. Lenti semi-sclerali sono applicate allo stesso modo, ma con una clearance centrale maggiore al fine di garantire un miglior ricambio di film lacrimale.



Figura 26. Illustrazione di una lente a geometria sclerale

Mappe topografiche corneali che evidenziano un cono molto grande e deformato (cheratogloba) che può essere spostato inferiormente (PMD) o di forma irregolare (oblato, come in caso di post-keratoplastica PKP), ognuno dei quali richiede per la sua gestione BOZD molto grandi che sono caratteristici di queste lenti.

Lenti GP mini-sclerali e sclerali

Lenti con diametri compresi tra 15,0 millimetri e 18,0 millimetri possono essere considerate mini-sclerali, e con diametri da 18,1 millimetri ad oltre 24 millimetri sono considerate sclerali. L'applicazione di queste lenti richiede la conoscenza del profilo della giunzione corneo-sclerale e la topografia sclerale.

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

Queste lenti sono progettate utilizzando per ottenere allineamento e stabilizzazione sulla congiuntiva sclerale e sollevamento sulla cornea, senza toccare il cono (Figura 26).

Al fine di garantire questo tipo relazione la profondità sagittale della lente deve essere maggiore rispetto a quella della cornea. Poiché con questo tipo di lenti il liquido lacrimale rimane sotto la lente possono avere un effetto terapeutico in caso di occhio secco (ad esempio, Malattia del Trapianto contro l'Ospite o la sindrome di Sjögren), oltre a mascherare aree molto ampie di irregolarità corneale.

Queste lenti offrono vantaggi per casi avanzati di PMD e cheratogloba e per trapianti di cornea con innesti sollevati o inclinati (o ogni altra deformazione dovuta a chirurgia

refrattiva), e inoltre offrono un comfort e un'ottica migliore. Per il successo di questa applicazione analogamente alla geometria semi-sclerale ciascuna delle tre zone della lente deve essere considerata singolarmente. Il ricambio di lacrime sotto la lente è garantito dall'azione di pompaggio dovuta all'azione della palpebra superiore su tutta la superficie delle lenti a contatto, che induce flessione (pressione positiva) del centro della lente e pressione negativa che richiama le lacrime sotto la lente dalla periferia della stessa (figure 27 a 28).

Applicazioni Piggyback

Il sistema piggyback tradizionale, prevede l'utilizzo di una lente morbida in cui è stata realizzata una svasatura (con diametro compreso fra 8,0 a 9,8 millimetri) come ad esempio la lente UltraVision KeraSoft[®], (con un diametro totale compreso fra 12,5 a 14,5 millimetri) in cui si inserisce lente rigida, con il vantaggio di garantire in casi di coni di forma ovale lievi o moderati la centratura della lente a la contatto sulla pupilla e un maggior comfort, ma ha lo svantaggio di ridurre la tensione di ossigeno sotto le due lenti a livelli molto bassi (figure da 29 a 30b). Con l'avvento dei materiali silicone idrogel c'è stata una ripresa di interesse nei confronti delle applicazioni piggybacking, con l'uso non convenzionale di queste lenti (solo le lenti Night and Day[™] CIBA, PureVision[®] Bausch & Lomb e Oasys[™] Vistakon sono dichiarate per uso terapeutico). Questi materiali aumentano la tensione di ossigeno sotto il sistema delle due lenti da 34 millimetri Hg (lenti in PMMA e a bassa idrofilia) a 95 millimetri Hg



Figura 27. Lente sclerale, in luce bianca

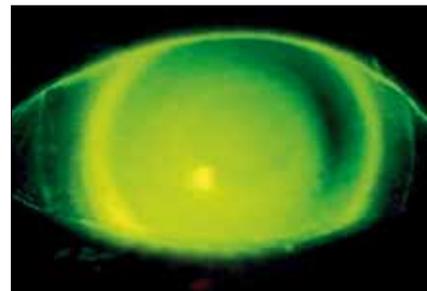


Figura 28. Lente sclerale, immagine fluoresceinica

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

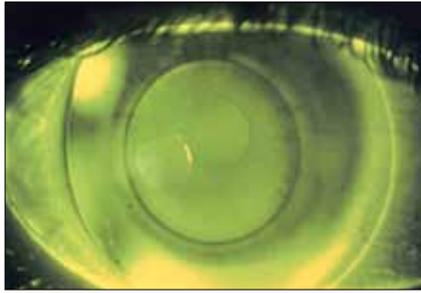


Figura 29. Piggyback, evidenziato con fluoresceina ad alto peso molecolare



Figura 30a. Piggyback, in luce bianca

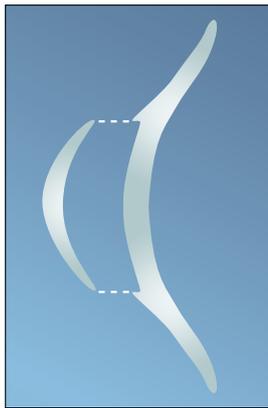


Figura 30b. Illustrazione di un piggyback

(con lenti GP e SCL), che si traduce in una trasmissibilità di 39×10^{-9} (cm/sec) (O_2 ml x mm Hg): ben al di sopra della soglia necessaria per evitare edema corneale (24×10^{-9} [cm/sec] [O_2 ml x mm Hg]) durante il porto giornaliero.

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

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

Lenti a contatto morbide

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

5. Geometria della lenti

Lenti a contatto corneali

Lenti sferiche multicurve

Centro sferico e periferia sferica: La geometria bicurve di Soper era la prima lente in PMMA utilizzata per cheratocono. Aveva un diametro piccolo e una zona ottica posteriore fissa, con una curva di base centrale stretta e una curva secondaria piatta (45,00D, 7,5mm) per compensare la cornea periferica normale. Le lenti ora possono essere realizzate in materiali GP e possono essere applicate modificando la profondità della lente al fine di eliminare il contatto apicale o avere la formazione di una piccola bolla d'aria.

Successivamente sono state utilizzate, lenti McGuire, con una zona centrale curva ed un graduale appiattimento verso la periferia. Il progressivo appiattimento si ottiene con una geometria pentacurve: quattro curve periferiche che sono 3, 6, 8, 10D più piatte rispetto alla curva base della lente. Il diametro della lente è scelto in base alle dimensioni del cono, aumentandolo all'aumentare del diametro del cono, cioè da 8,1 millimetri per un cono centrale nippa a 8,6 millimetri per un cono ovale.

Tabella 1. Esempio di un set di prova multicurve con BOZD fisso

9,4 TD																		
BOZR	7,99	7,90	7,80	7,67	7,50	7,34	7,18	7,11	7,03	6,96	6,89	6,82	6,75	6,68	6,62	6,55	6,49	6,37
BOZD	7,40																	
SC1	9,30	9,20	9,10	9,00	8,90	8,80	7,98	7,91	7,83	7,76	7,69	7,62	7,55	7,48	7,42	7,50	7,40	7,30
SCW1	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
SC2	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,80	8,98	8,91	8,83	8,76	8,69	8,62	8,55	8,48	8,42	8,55	8,40	8,30
SCW2	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
SC3	11,30	11,20	11,10	11,00	10,90	10,80	10,18	10,11	10,03	9,96	9,89	9,82	9,75	9,68	9,62	9,65	9,55	9,35
SCW3	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
PC	12,30	12,20	12,10	12,00	11,90	11,80	11,68	11,61	11,53	11,46	11,39	11,32	11,25	11,18	11,12	11,00	11,00	10,85
PCW	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
AEL	0,186	0,191	0,198	0,208	0,225	0,241	0,222	0,228	0,236	0,243	0,250	0,257	0,265	0,274	0,282	0,302	0,307	0,326

Tabella 2. Esempio di un set di prova multicurve con BOZD variabile

9,4 TD																		
BOZR	8,00	7,90	7,80	7,70	7,60	7,50	7,40	7,30	7,20	7,10	7,00	6,90	6,80	6,70	6,60	6,50	6,40	6,30
BOZD	7,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,00	5,00
SC1	9,00	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,40	8,30	8,20	8,10	8,00	7,90	7,80	7,70	7,60	7,50	7,40	7,30
SCW1	7,60	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	5,80	5,80
SC2	10,00	9,90	9,80	9,70	9,60	9,50	9,40	9,30	9,20	9,10	9,00	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,40	8,30
SCW2	8,20	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,90	6,90
SC3	11,00	10,90	10,80	10,70	10,60	10,50	10,40	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,80	9,70	9,60	9,50	9,40	9,30
SCW3	8,60	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,00	8,00
PC	12,00	11,90	11,80	11,70	11,60	11,50	11,40	11,30	11,20	11,10	11,00	10,90	10,80	10,70	10,60	10,50	10,40	10,30
PCW	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
AEL	0,213	0,262	0,270	0,279	0,288	0,298	0,350	0,362	0,375	0,389	0,403	0,455	0,473	0,492	0,513	0,535	0,606	0,633

Oggi le lenti corneali con curve sferiche possono essere progettate utilizzando un programma di calcolo del sollevamento assiale, con qualsiasi diametro totale e della zona ottica posteriore e con qualsiasi sollevamento determinato da molteplici curve periferiche (tabelle 1 e 2). L'obiettivo è garantire che il sollevamento assiale del bordo della lente risulti superiore a quello utilizzato nelle normali geometrie di lenti corneali in modo tale da garantire una clearance periferica sufficiente anche in caso di cornee con elevata eccentricità. Le diverse geometrie sono realizzate con BOZD fisso con ogni BOZR, sia con periferie multicurve standard con periferie più curve o più piatte. Allo stesso modo possono essere utilizzate con successo anche le geometrie con BOZD variabile anche in questo caso con periferie multicurve standard o con periferie più curve o più piatte.

Centro sferico e periferia asferica: Con i progressi fatti nella costruzione di lenti GP, le geometrie delle lenti sono cambiate, e ora sono disponibili lenti con periferia asferica. Queste geometrie offrono il vantaggio della zona ottica sferica e un miglior allineamento nella periferia della cornea. Queste geometrie consentono anche di ottenere un maggior sollevamento assiale, come risulta necessario, con l'avanzare del cheratocono. Il centro della lente e la periferia può essere modificato in modo indipendente.

Lenti a contatto asferiche

Geometrie completamente asferiche, in cui la lente si appiattisce progressivamente dal centro alla periferia, sono diventate facilmente disponibili. Inoltre, alcune geometrie offrono il controllo delle aberrazioni, in cui si aggiunge una superficie asferica sulla superficie anteriore della lente per ridurre l'aberrazione sferica. A causa di un maggiore allineamento con la cornea, soprattutto a livello centrale, queste lenti sono applicate più strette rispetto ad una lente sferica con lo stesso BOZD. Alcune geometrie permettono di scegliere il valore dell'eccentricità della superficie posteriore asferica in base alle esigenze dell'applicatore. Anche se la zona ottica e la periferia della lente possono essere modificate in modo indipendente, il laboratorio modificherà il BOZR e la potenza della lente quando la periferia della lente viene appiattita o incurvata, a causa dell'aumento o della diminuzione della profondità della lente. Al posto di avere una BOZD fissa, alcune lenti sono progettate con un BOZD variabile, cioè con la riduzione della curva base della lente, la BOZD diminuisce, questo comportamento consente un più facile adattamento della lente in caso di coni centrali avanzati.

Lenti a contatto semi- e mini-sclerali

L'applicazione e le geometrie di lenti semi- e mini-sclerali si sono evolute in modo significativo con l'avvento dei materiali GP a iper-Dk, che consentono un maggior passaggio di ossigeno. Queste lenti sono progettate per stabilizzarsi sulla sclera e alcune presentano una zona ottica sferica sulla superficie posteriore in zone multiple, mentre altre hanno una zona ottica asferica sulla superficie anteriore per ridurre l'aberrazione sferica. Possono avere una geometria pentacurve, in cui la curva base e la prima curva si trovano nella zona periferica della cornea, la curva periferica successiva scavalca la zona limbare e le due ultime curve periferiche sono tangenti alla sclera. Una presentazione più dettagliata di queste lenti può essere trovata nell'Appendice D.

Applicazioni piggyback

Per le applicazioni piggyback vengono utilizzate le lenti in silicone idrogel con la curva base più curva disponibile. Può evidenziarsi un sollevamento del bordo della lente se la lente è troppo piatta, mentre se la lente è curva si può formare una bolla d'aria al limbus. Anche se una lente più rigida può sembrare più adatta per mascherare le irregolarità, potrebbe non essere conforme alla cornea, provocando maggiori disturbi visivi dovuti alla deformazione della lente indotta dalla palpebra durante l'ammiccamento. La lente dovrebbe avere un basso potere positivo (0,50 D) per contribuire a migliorare il posizionamento della lente GP. Può essere necessario appiattare il BOZR di 0,10 millimetri della lente rigida utilizzata nel sistema piggyback. Anche il sollevamento assiale del bordo può richiedere un incremento.

6. Applicazione delle lenti

Scegliere la corretta geometria della lente

Considerazioni generali

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

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

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

Generalmente, quando la visione non può più essere adeguatamente corretta con gli occhiali si realizza l'indicazione principale all'utilizzo di lenti a contatto. E' fondamentale permettere al paziente una visione funzionale tale da permettere di soddisfare i suoi bisogni. Il protocollo applicativo dovrebbe includere i seguenti passaggi:

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

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

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

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

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

Scelta del BOZR

Per selezionare la BOZR della lente in funzione di un particolare BOZD e TD, ricordate che con l'incurvamento delle letture cheratometriche, la profondità della cornea aumenta. L'adeguata relazione fra lente e cornea viene mantenuta riducendo il BOZR all'aumentare dell'astigmatismo corneale e al ridursi dei parametri corneali.

Come punto di partenza del suo studio Edrington et al. (*Optom Vis Sci* 1996) hanno utilizzato il valore medio dei parametri corneali ottenuti mediante la cheratometria non trovando alcuna differenza significativa tra il raggio medio corneale e il BOZR ($p = 0,3907$). In questo studio non è stato considerato il BOZR finale corretto, ma invece è stato utilizzato il primo BOZR determinato.

È possibile prevedere con precisione il BOZR della lente a contatto in caso di cheratocono mediante l'utilizzo del topografo utilizzando le letture cheratometriche centrali simulate ed utilizzando il nomogramma di scelta descritto nella tabella 3 o utilizzando quello proposto dal costruttore della lente.

Evitare l'uso di BOZR troppo piatti, in quanto possono portare alla formazione di punteggiature corneali, cicatrici e deformazioni corneali che potranno essere associate ad una riduzione del comfort. Un eccessivo sollevamento apicale può portare alla formazione di un

impronta della lente a livello epiteliale dovuto ad una lente immobile associato ad effetti transitori, come edema e punteggiature corneali. E' stata inoltre riportata la presenza di cicatrici corneali, nonché riduzione dell'acuità visiva.

Sorbara e Luong (1999) hanno utilizzato per l'applicazione della lenti a contatto l'algoritmo istantaneo (o tangenziale) che permette di definire il decentramento dell'apice e la forma della cornea. I pazienti sono stati classificati in base all'entità dell'astigmatismo corneale (ΔK) ed è stato registrato il BOZR migliore. Le equazioni sono state calcolate in base al rapporto con la curva di base relativa al meridiano più piatto. In tabella 3 viene presentato il nomogramma che riassume i risultati derivati dallo studio e che considera il valore del BOZR in funzione dell'astigmatismo corneale (ΔK) e del meridiano più piatto (K). Ecco un esempio:

Se il soggetto 1 ha un K simulato più piatto di 48,00D (7,03 millimetri), misurato con il topografo corneale e $-3,00D$ di astigmatismo corneale, il BOZR della lente a contatto di prova sarà pari a 49,83D (6,77 mm) ottenuto nel seguente modo: $48,00 - (0,609 \times (-3,00))$.

Se il soggetto 2 ha un K simulato più piatto di 48,00D, ma con $-7,00D$ di astigmatismo corneale, il BOZR della lente a contatto di prova sarà pari a 50,93D (6,62 millimetri) ottenuto come segue: $48,00 - (0,419 \times (-7,00))$.

Per valori medi di astigmatismo (fra $-4,00$ e $-7,50 D$), il nomogramma indica approssimativamente la media dei Sim K come BOZD da scegliere, questo valore è giusto per una lente con diametro 9.4mm (0,419 approssimativamente uguale a 0,5,

Sempre più studi supportano l'utilizzo delle letture cheratometriche simulate ottenute con il videocheratografo per determinare la curva base delle lenti a contatto. Wasserman et al. (*CLAO J* 1992) trovarono, dopo l'applicazione ad 11 soggetti di una lente asferica, che il BOZR risulta più strettamente legato al meridiano più piatto determinato in corrispondenza della zona di 5 mm. Donshik et al. (*Trans Am Soc Ophthalmol* 1996) hanno evidenziato che il BOZR finale delle lenti GP è maggiormente correlato con la media dei due semi-meridiani più piatti centrali in corrispondenza della zona centrale di 3 millimetri. Szczotka (*CLAO J* 1998) ha rilevato che le letture cheratometriche simulate più strette ottenute con l'algoritmo assiale (ottenute dalla media valori ottenuti sul 5, 6, e 7° anello del videocheratoscopio) rappresenta il miglior BOZR medio sferico per le lenti GP.

Tabella 3. BOZR determinazione basata sull'astigmatismo corneale e un TD di 9,4 mm

ΔK (D)	BOZD (D) (DT = 9,4)
-0,25 D a -3,75 D	K più piatto (D) $- 0,61 \times (\Delta K)$
-4,00 D a -7,50 D	K più piatto (D) $- 0,50 \times (\Delta K)^*$
-7,75 D a -16,75 D	K più piatto (D) $- 0,35 \times (\Delta K)$

*Approssimativamente valori medi di parametri corneali e per una BOZD di 7,4mm

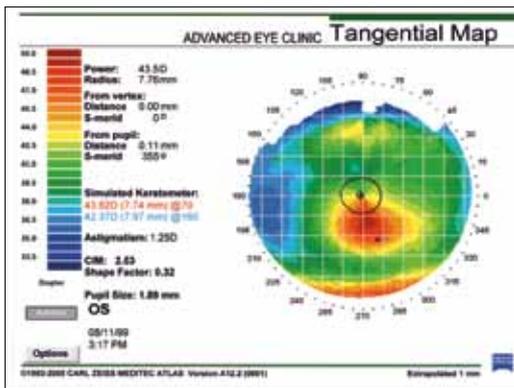


Figura 31. Mappa topografica di un cono ovale iniziale

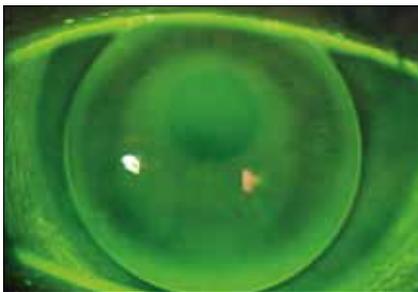


Figura 31a. Immagine fluoroscopica di un cono ovale iniziale

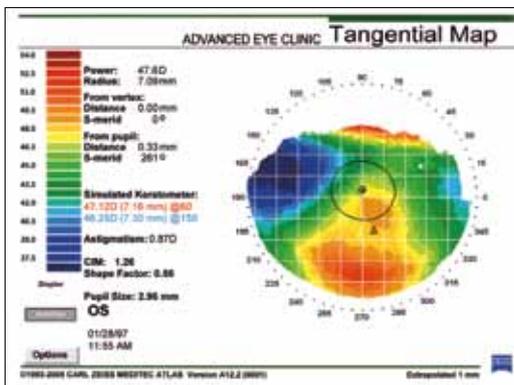


Figura 32. Mappa topografica di un cono ovale moderato



Figura 32a. Immagine fluoroscopica di un cono ovale moderato

cioè la media dei parametri oftalmometrici). Per diametri più piccoli (es. 8,7mm), è un buon punto d'inizio scegliere come BOZR la media delle letture cheratometriche più strette di 0,2mm e per diametri più grandi (es. 9,6 a 10,1mm), la media delle letture cheratometriche più piatte di 0,2mm, quando le BOZD sono rispettivamente più piccole o più grandi. La BOZR finale viene determinata giudicando il pattern fluoresceinico. È considerato ottimale un leggero appoggio secondo i tre punti di contatto. Un eccessivo appoggio secondo i tre punti di contatto può provocare cicatrici corneali, decentramento della lente, scarso comfort e deformazione corneale.

Queste stesse regole possono essere applicate alle lenti bi- asferiche, salvo che la curva base iniziale dovrebbe essere scelta più piatta di un valore pari a 0,1–0,2 millimetri rispetto a quella proposta dal nomogramma, a causa di un andamento più stretto tra la superficie posteriore della lente a contatto e la cornea.

Considerazioni sul potere

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

Procedure applicative: scelta del BOZD e del TD appropriato

In passato, le lenti di piccolo diametro totale e piccole zone ottiche venivano applicate tendenzialmente strette (a sollevamento apicale) mentre lenti più grandi di diametro venivano applicate secondo la tecnica del contatto apicale con controllo della lente da parte della palpebra superiore; benché molti esperti credono che quest'ultimo approccio applicativo dovrebbe essere evitato. Il criterio applicativo che considera

l'appoggio su tre punti di contatto non solo può migliorare il risultato visivo, ma può aiutare a mantenere a lungo termine l'integrità della cornea.

E' possibile prevedere il valore del BOZD (e quindi del TD) più adatto per un paziente con cheratocono da un attento esame delle mappe corneali effettuate tramite l'algoritmo tangenziale. Le mappe consentono di identificare se il paziente ha un cono "nipple", ovale o globoso, la dimensione dell'area più assottigliata e la posizione del cono. Ogni mappa topografica ha indicatori di dimensione, in cui ogni riferimento misura 1mm e aiuta la rapida valutazione delle dimensioni della zona più curva. Un attento confronto fra questa misura e quella del BOZD della lente a contatto aiuterà a prevedere l'aspetto dell'accumulo di fluoresceina attorno al cono e la centratura della lente. Entrambi questi parametri sono fondamentali per ottenere un'applicazione di successo in caso di pazienti con cheratocono.

Una stretta comunicazione con il vostro laboratorio di lenti a contatto vi aiuterà a capire le caratteristiche geometriche delle lenti diagnostiche, permettendovi di adattare meglio i parametri della lente in funzione del tipo e delle dimensioni del cono su cui andrete ad applicare le lenti.

Applicazione di lenti di piccolo diametro (da 8,5 a 9,3mm)

Dopo aver individuato la dimensione del cono e il tipo di cheratocono, può essere scelto il diametro della zona ottica posteriore della lente. Lenti di piccolo diametro sono adatte per i coni "nipple" o coni centrati e per i coni di forma ovale iniziali. Con la progressione del cono "nipple" l'utilizzo di lenti a contatto più piccole e con zone ottiche posteriori (BOZD) progressivamente più piccole consente di ottenere un miglior posizionamento ed evitare che attorno al cono si formino bolle d'aria.

Un cono centrale "nipple" occupa un'area di cornea più piccola che diventa più stretta e progressivamente più piccola con l'evoluzione della patologia (Figura 33 a e 33 b). Il BOZD e il BOZR dovrebbero diventare quindi sempre più piccoli con la progressione del cono, al fine di ridurre la distanza che separa la lente dalla cornea che viene riempita dalle lacrime. Questa scelta determinerà un miglior posizionamento della lente e un miglior appoggio (Figura 34).

Applicazione di lenti di diametro medio (da 9,4 a 9,9mm)

Le lenti a contatto con diametri della zona ottica più grandi sono adatte per i coni di forma ovale in evoluzione garantendo il posizionamento della lente con la progressione del cono ed evitando che si formino bolle d'aria attorno al cono. Nelle figure 31, 32, 35 e 36 si evidenzia che le cornee con cheratoconi

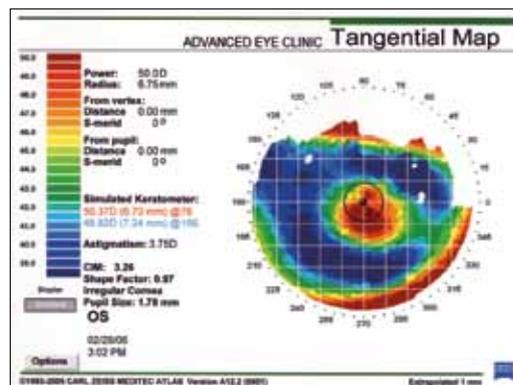


Figura 33a. Mappa topografica di un cono centrato (iniziale)

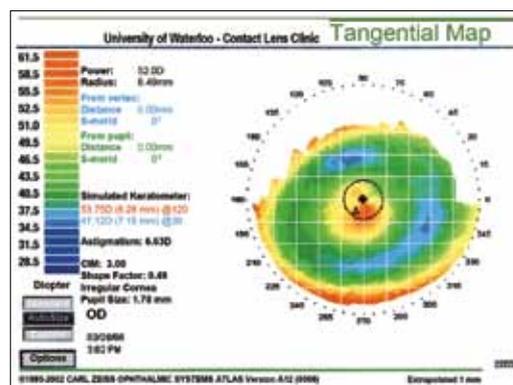


Figura 33b. Mappa topografica di un cono centrato (avanzato)

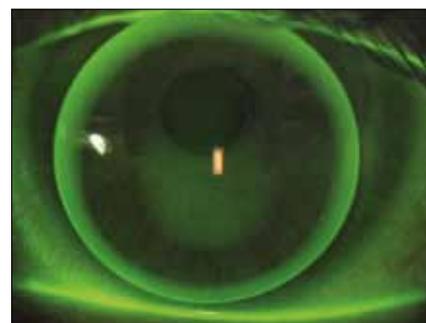


Figura 34. Pattern fluoresceinico di una lente di piccolo diametro su di un cono centrato

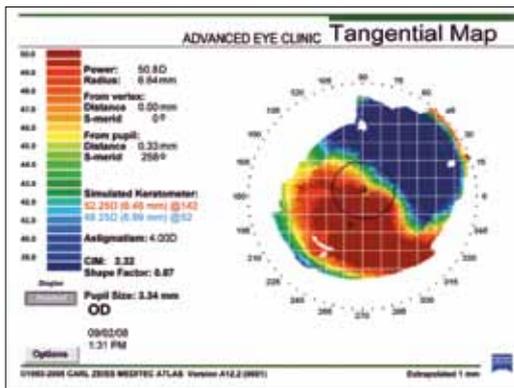


Figura 35. Mappa topografica di un cono ovale avanzato

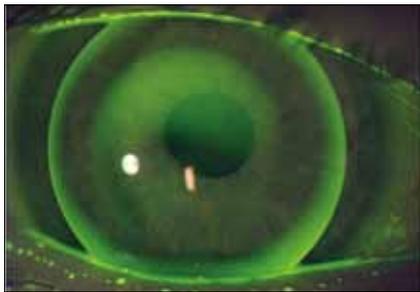


Figura 35a. Pattern fluoresceinico di una lente applicata su di un cono ovale avanzato

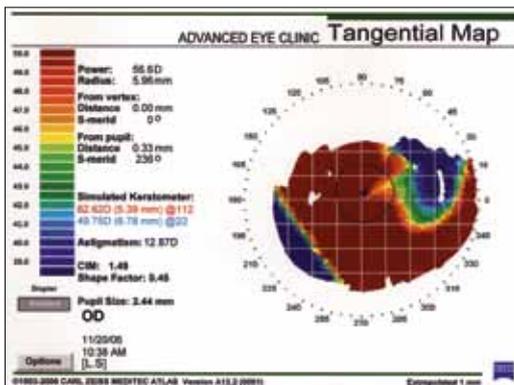


Figura 36. Mappa topografica di un cono globoso



Figura 36a. Pattern fluoresceinico di una lente applicata su di un cono globoso

meno avanzati possono presentare conici più piccoli mentre i cheratoconi più avanzati, se sono di tipo ovale, presentano conici più grandi. Per scegliere il BOZD (e quindi il diametro totale della lente [TD]) attraverso l'utilizzo del topografo corneale è necessario valutare la dimensione o l'area del cono.

E' necessario scegliere un BOZD e un TD più grande quando il cono è più grande (e di solito più curvo o avanzato).

Per questi conici di forma ovale avanzati le lenti a contatto che hanno un raggio base più curvo con BOZD più grandi garantiranno un miglior allineamento con il profilo corneale senza sollevamento all'apice. Il contatto apicale non dovrebbe comunque essere eccessivo.

Nelle Figure 31 a, 32 b, 35 a e 36 a viene evidenziato un leggero appoggio secondo i tre punti di contatto che consente di ridurre al minimo i traumi corneali sull'apice aiutando la "regolarizzazione" della superficie corneale irregolare garantendo il miglioramento dell'acuità visiva.

I set di prova realizzati sulla geometria multi curve di McGuire (disponibili nella maggior parte dei laboratori) o la geometria di Soper hanno un BOZD costante per ogni diametro della lente. Ad esempio può essere utilizzato: 5,75 millimetri BOZD/9,0 TD (per cheratoconi incipienti), 6,25 millimetri BOZD/9,6 TD (per cheratoconi moderati) e 7,0 millimetri BOZD/10,1 TD (per cheratoconi avanzati).

Applicazione di lenti di diametro grande (da 10,0 a 12,8mm) e lenti corneo sclerali (da 12,9 a 13,5mm)

Per garantire il posizionamento e ottenere una buona relazione fra la lente a contatto e conici avanzati, ed evitare eccessivi sollevamenti o eccessive zone di contatto, possono essere utilizzate le lenti di diametro grande, con ampie BOZD

In figura 36 a viene presentato un esempio di lente a contatto con BOZD e TD grandi su un cono di grandi dimensioni (globoso) che garantisce un buon posizionamento e un lieve appoggio secondo i tre punti di contatto. La lente è asferica, con un grande TD / BOZD (10,2mm/9,2mm). Un buon risultato può essere ottenuto anche con diametri maggiori (Figura 37) ad esempio 10,4 millimetri. Con i conici globosi potranno essere ottenuti buoni risultati utilizzando lenti più grandi (ad esempio 11,2 millimetri) (Figure 38 e 39) o lenti corneo sclerali con diametri totali da 12,9 a 13,5 mm (figura 40). In Tabella 4 vengono riassunte le relazioni esistenti fra BOZD e dimensioni del cono. In Tabella 5a e 5b vengono evidenziati i criteri di scelta del BOZD in funzione del BOZD.

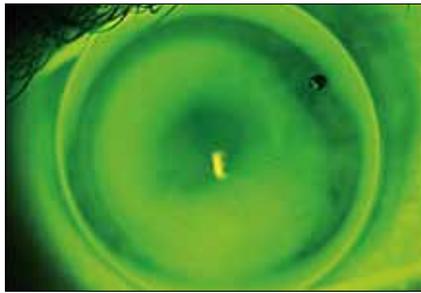


Figura 37. Diametro 10,4

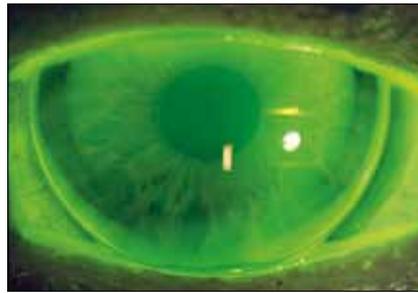


Figura 38. Diametro 11,2 (lente sferica)



Figura 39. Diametro 11,2mm (lente asferica)

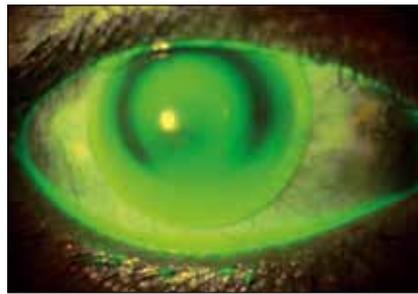


Figura 40. Diametro 13,5mm

Applicazione di lenti semi-sclerali (TD da 13,6 a 14,9mm) e mini-sclerali (TD da 15,0 a 18,0mm)

Dal momento in cui le lenti semi-sclerali sono state utilizzate per l'applicazione in caso di cornee estremamente irregolari, in caso di cheratoconi avanzati, cheratoplastiche PMD, post-traumi, ectasia post chirurgia refrattiva, post cheratoplastica perforante e post-RK, PRK e LASIK, è utile avere un'idea della profondità della cornea, al fine di selezionare la curva base appropriata o la profondità della lente a contatto. Al fine di garantire un costante serbatoio

di lacrime su tutta la superficie ed evitare sollevamenti eccessivi, che possono portare alla formazione di bolle d'aria sotto la lente, è fondamentale fare in modo che la profondità della lente a contatto risulti maggiore della profondità della cornea..

La profondità corneale può essere misurata direttamente con l'OCT Visante, che può fornirci la profondità della cornea per qualsiasi diametro della corda (Figura 41). L'Orbscan II può anche fornire una stima della profondità sagittale della cornea considerando il diametro dell'iride visibile (così detto "bianco / bianco") partendo dalla misura della profondità della camera anteriore a cui si aggiunge lo spessore della cornea . Altri topografi, come il Medmont, forniscono una misura diretta della profondità corneale. E' possibile misurare indicativamente la profondità della cornea utilizzando i risultati forniti da altri topografi che forniscono il valore di eccentricità (e). La profondità della cornea può essere calcolata usando la formula per ellissi prolate, che utilizza il fattore di forma ($p = 1 - e^2$), la lettura cheratometrica del meridiano più piatto e il diametro della semi-corda.

$$Sag = \frac{r - \sqrt{r^2 - p \left(\frac{corda}{2} \right)^2}}{p} \quad \text{Dove } r \text{ è il raggio e } p \text{ è il fattore di forma.}$$

Conoscendo la profondità della cornea, per garantire un serbatoio di lacrime può essere scelta una lente semi-sclerale con profondità leggermente superiore. Se delle lenti da provare si conosce il raggio di curvatura dovrebbe essere prima calcolata la profondità della cornea utilizzando come corda il BOZD della lente e successivamente il valore trovato convertito in raggio che potrà essere utilizzato per scegliere la curva base della lente.

$$r = \frac{\left(\frac{corda}{2} \right)^2 - p(sag)^2}{2(sag)}$$

Le guide all'applicazione fornite dai costruttori consentono di scegliere la prima lente di prova in funzione della progressione del cono.

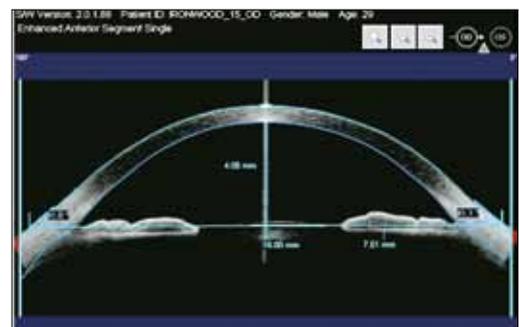


Figura 41. Profondità sagittale misurata con Visante

Tabella 4. Relazione tra il diametro del cono e i valori del BOZD e del TD

Tipo di cono	Diametri del cono	Intervalli di BOZD	Intervalli di TD
Cono centrale:			
iniziale	4,0 a 5,0 mm	7,40 a 8,10 mm	9,4 a 9,6 mm
moderato	2,8 a 3,9 mm	5,00 a 7,30 mm	8,8 a 9,3 mm
avanzato	2,0 a 2,7 mm	3,00 a 4,90 mm	8,0 a 8,7 mm
Cono ovale:			
iniziale	2,0 a 4,0 mm	5,25 a 7,50 mm	8,5 a 9,6 mm
moderato	4,2 a 5,0 mm	7,60 a 8,10 mm	9,8 a 10,1 mm
severo	5,2 a 7,0 mm	8,20 a 9,40 mm	10,2 a 11,4 mm
Cono globoso	>7,0 mm	9,20 a 9,60 mm	10,2 a 11,4 mm
PMD:			
iniziale	5,0 a 7,0 mm	8,20 a 9,40 mm	10,2 a 11,4 mm
avanzato	7,2 a 9,0 mm	9,40 a 10,50 mm	11,4 a 18,2 mm

Tabella 5a. Scelta del BOZR in funzione di un BOZD variabile

BOZD variabile	BOZR (mm)
3,3-4,3 mm	Media letture cheratometriche (mm) - 0,4mm
3,9-4,6 mm	Media letture cheratometriche (mm) - 0,35mm
5,1-6,1 mm	Media letture cheratometriche (mm) - 0,3mm
6,2-7,2 mm	Media letture cheratometriche (mm) - 0,2mm
7,4-8,0 mm	Media letture cheratometriche (mm)
BOZD > 8,1	Media letture cheratometriche (mm) + 0,2mm

Tabella 5b. Scelta del BOZR in funzione di un BOZD fisso

BOZD/TD fisso	BOZR (mm)
6,5-7,2/8,5-9,0 mm	Media letture cheratometriche (mm) - 0,2mm
7,3-7,5/9,2-9,6 mm	Media letture cheratometriche (mm)
7,6-8,1/9,8-10,1 mm	Media letture cheratometriche (mm) + 0,15mm
8,2-8,6/10,2-10,6 mm	Media letture cheratometriche (mm) + 0,2 a 0,3mm
8,7-9,4/10,8-11,4 mm	Media letture cheratometriche (mm) + 0,4

Al fine di garantire un corretto serbatoio di lacrime nella zona della media periferia le curve intermedie della lente a contatto (sia due o tre curve sferiche o una zona asferica) devono essere:

- appiattite (se non c'è sollevamento), o
- incurvate (se c'è un eccessivo sollevamento con la formazione di bolle d'aria)

La parte periferica della lente, la zona sclerale, può essere solo parzialmente valutata con i nuovi strumenti OCT come il RT-Vue (Clarion Medical Tech), il Visante (Zeiss Meditec, CA) e con la fotografia del profilo della sclera ottenuto in lampada a fessura. Valutare in luce bianca la zona sclerale in cui è presente allineamento con la lente al fine di evidenziare eventuali compressioni dei vasi sanguigni congiuntivali o la velocità del flusso del sangue e successivamente effettuare una valutazione in fluoresceina. Si vedano le figure 42, 42a, 42b e 43 per esempi di lenti semi-sclerali.

Geometria periferica della lente

Determinare il sollevamento assiale (AEL)

Il parametro finale rilevante per la performance della lente e per garantire il rispetto della fisiologia corneale è il sistema delle curve periferiche della lente descritto come sollevamento assiale del bordo (AEL) della lente. Il sollevamento della lente al bordo rispetto alla cornea prende il nome di “clearance” assiale del bordo (AEC) (Figura 44). La clearance assiale del bordo (AEC) può essere anche descritta come lo spessore dello strato di liquido lacrimale (TLT) al bordo tra la lente a contatto e la cornea.

Per cheratoconi incipienti, è consigliabile utilizzare lenti con un sollevamento assiale del bordo (AEL) di 120 micron (standard) o di lenti asferiche standard (per esempio Boston Envision™) con AEL leggermente più alto. Questo AEL è basato su un valore medio di e (eccentricità da 0,45 a 0,55).

Quando il cheratocono raggiunge uno stadio avanzato e la sua curvatura aumenta (e quindi aumenta la sua profondità), è necessario utilizzare geometrie multicurve che richiedono sia BOZD più grandi o più piccoli rispetto alla media e AEL maggiori (inizialmente da 200 a 350 micron), con un rapido appiattimento verso la periferia. Possono essere utilizzati, AEL fino a 650 micron o più alti se i valori di eccentricità della cornea con cheratocono aumentano (da 0,75 a $\approx 1,00$), con l'aumento della curvatura centrale.

I set con lenti di prova diagnostica hanno periferie di serie in funzione del profilo periferico utilizzato dal costruttore con valori di AEL superiore alla media. L'applicazione di queste lenti può determinare un pattern fluoresceinico con tre punti di contatto e sollevamento del bordo (AEC) insufficiente (condizione più comune) o eccessivo. Solo in questi casi il sollevamento periferico del bordo deve essere modificato. Fino a quando non si ottiene un appoggio centrale ideale l'AEL della lente non dovrebbe essere modificato poiché il comportamento periferico della lente può essere semplicemente il risultato di una lente troppo stretta o troppo piatta. Supponendo che la relazione fra la curvatura della cornea e la curva base della lente (BOZR) è ideale, la periferia può essere riordinata richiedendo un aumento o una riduzione rispetto al valore standard utilizzando una scala numerica (modificazione # 1, # 2 e # 3, ecc).

Quando vengono fatti degli aggiustamenti alla periferia di una lente con un diametro della zona ottica molto piccola (BOZD da 3,7 millimetri a 5,1 millimetri), potrà essere interessato l'appoggio centrale della lente. Una periferia più curva a causa dell'aumento della profondità della lente farà sembrare l'appoggio centrale stretto, per questo motivo il laboratorio dovrà automaticamente appiattire la BOZR (di 0,05 millimetri, in genere) per compensare questo effetto. Anche il potere

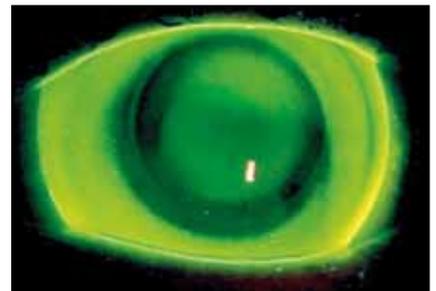
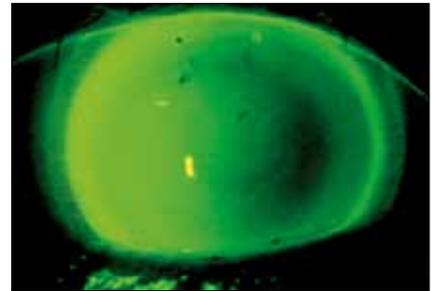


Figure 42, 42a e 42b. Diametro 15,8 mm

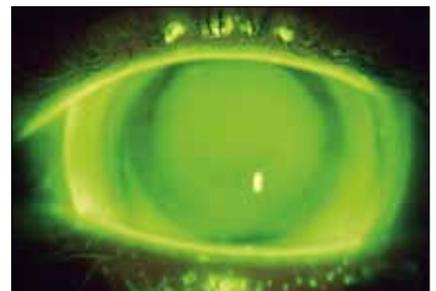


Figura 43. Diametro 18,2 mm

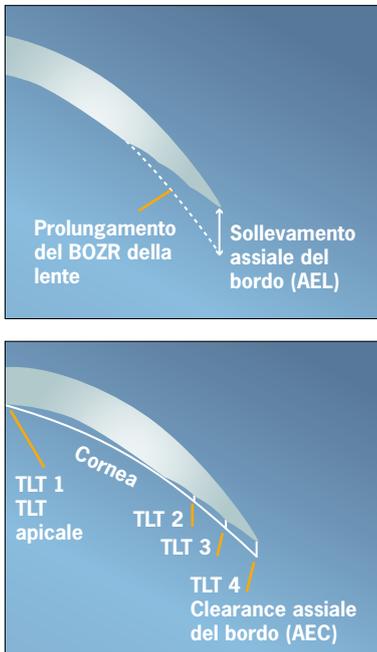


Figura 44. AEL e AEC della lente a contatto

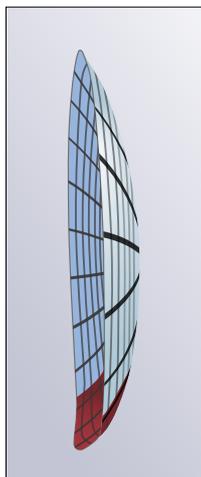


Figure 45. Periferia asimmetrica

della lente dovrà essere compensato di $-0,25D$. Una periferia più piatta si tradurrà in una riduzione della profondità della lente visibile durante l'esame del pattern fluoroscopico, a causa del BOZR piccolo analogamente a quanto visto precedentemente il BOZR sarà ridotto (di 0,05 mm) e il potere modificato di $+0,50 D$. Un eventuale riordino deve essere effettuato considerando questi nuovi parametri al fine di evitare di avere bisogno di un'ulteriore compensazione.

Generalmente le lenti con BOZD più grandi ($> 6,25$ millimetri): non hanno bisogno di essere compensate per effetto delle modificazioni della profondità sagittale, in quanto il pattern fluoroscopico può non essere alterato dalla variazione della profondità della lente causata da un aumento o da una diminuzione del sollevamento del bordo. Queste lenti possono essere ordinate con un sollevamento periferico ridotto o incrementato senza bisogno di modificare il BOZR. Quando questa nuova lente verrà applicata dovrà nuovamente essere valutato il pattern fluoroscopico al fine di capire se sarà necessario effettuare eventuali compensazioni.

Periferie toriche o asimmetriche

Le più recenti geometrie di lenti sono state progettate tenendo conto dei dati forniti dal topografo, strumento che permette di valutare se l'astigmatismo irregolare si estende fino alla periferia della cornea. Queste geometrie hanno periferie toriche o periferie in cui una sezione della lente può essere realizzata con un AEL inferiore rispetto al resto della lente. Una periferia torica può avere un'ampiezza di 1,0 millimetro, con una differenza di 0,8 millimetri tra i due meridiani. Il BOZR sarà ridotto di 0,05 millimetri e di conseguenza la potenza compensata con un valore pari a $-0,50D$.

Le geometrie a periferia "torica" sono indicate quando la topografia corneale indica che la cornea è molto più curva, provocando il sollevamento del bordo inferiore della lente e irritazione della palpebra inferiore. Le lenti possono essere progettate con una periferia standard a 90° e periferia più curva a 270° e per stabilizzare la lente in posizione viene realizzato un prisma di $1-1,25 \Delta$ a base 270° . Altre geometrie presentano una zona superiore, con una periferia standard, mentre il quadrante inferiore è realizzato più curvo con le zone nasale e temporale, considerate come zone di transizione con AEL intermedi.

Queste geometrie sono utili anche nei casi di degenerazione marginale pellucida, in cui l'assottigliamento della cornea si verifica inferiormente rispetto al cheratocono, che porta ad un eccessivo sollevamento del bordo della lente (Figura 45).



Figure 46. Filtro Wratten Boston

Valutazione dell'applicazione corretta

Pattern fluoroscopico

Tutte le valutazioni delle immagini fluoresceiniche devono essere effettuate utilizzando un filtro blu cobalto davanti al sistema illuminante della lampada a fessura, e con l'uso di un filtro giallo Wratten # 12 davanti all'obiettivo del biomicroscopio al fine di migliorare la visualizzazione della fluorescenza (Figura 46). La striscia di fluoresceina bagnata dovrebbe essere appoggiata alla congiuntiva bulbare per ridurre al minimo la quantità di fluoresceina che viene a contatto con la superficie anteriore della lente. Poiché la maggior parte delle periferie delle lenti di prova hanno sollevamenti del bordo standard nei cono più avanzati, con maggiori eccentricità, sono richieste periferie più piatte. Per questo motivo per il controllo delle lenti è necessario pompare il liquido lacrimale sotto il bordo inferiore poco sollevato delle lenti al fine di valutare il pattern fluoresceinico centrale. Prima di effettuare il controllo delle lenti è inoltre importante aspettare almeno da 5 a 20 minuti dall'applicazione, soprattutto per quelle lenti con supporto sclerale, dal momento che la lente con il tempo può flettere e avvicinarsi alla cornea.

Tre punti di contatto

E' generalmente accettato che nella porzione centrale della lente deve essere garantito a livello corneale un lieve appoggio su tre punti di contatto. La posizione di queste zone di appoggio dipende dalla posizione dell'apice del cono. La zona di appoggio centrale sarà posizionata centralmente con un cono "nipple", mentre con un cono ovale questa zona sarà decentrata inferiormente o in posizione infero-laterale. Le altre due aree di contatto sono in genere situate lungo il meridiano più piatto, di solito orizzontale nel cheratocono e indicativamente verticale nella PMD iniziale. Il sollevamento periferico, di larghezza 0,5 a 0,7 mm, può essere realizzato con periferie più piatte del normale (Figura 47).

Appoggio apicale

E' stato evidenziato che l'appoggio apicale indotto da una curva base troppo piatta (o da una profondità troppo bassa) può causare danni apicali compreso punteggiature a vortice e cicatrici. Lenti con grandi diametri non devono essere applicate piatte e con il controllo della palpebra superiore, come originariamente creduto: in caso di cono grandi è invece necessario usare lenti con profondità maggiori al fine di non ottenere un non eccessivo contatto apicale. In figura 48 viene mostrato l'effetto di una lente applicata piatta con danni all'apice corneale. Dovrebbe essere evitato questo tipo di applicazione.

Sollevamento apicale

Dovrebbe anche essere evitato un eccessivo sollevamento centrale della lente. Possono essere intrappolate bolle d'aria all'interno della zona ottica che possono interferire con il comfort e l'acuità visiva. La scarsa

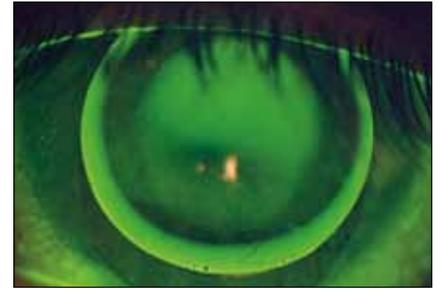


Figura 47. Pattern fluoroscopico di una lente applicata secondo i tre punti di contatto (appoggio suddiviso)

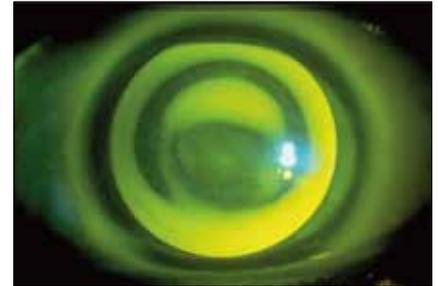


Figura 48. Pattern fluoroscopico di una lente applicata piatta (contatto centrale)

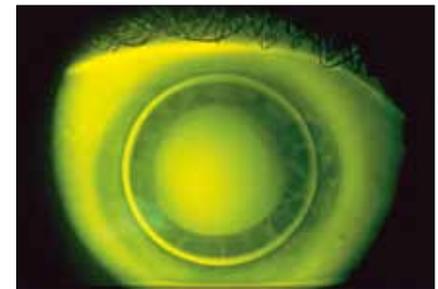


Figura 49. Pattern fluoroscopico di una lente applicata stretta (sollevamento centrale)

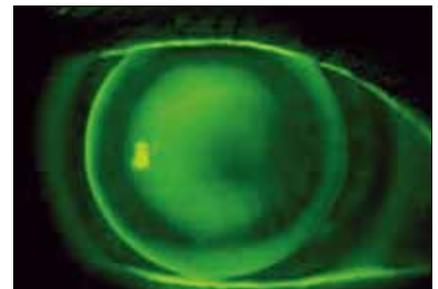


Figura 50. Sollevamento del bordo ideale (lente sferica)



Figura 51. Sollevamento del bordo ideale (lente asferica)

Evidenziare e analizzare l'eccentricità della cornea, che può essere rilevata utilizzando il topografo, e i suoi incrementi in caso di cheratocono, aiuta a spiegare le ragioni che portano ad un aumento o ad una riduzione del sollevamento assiale al fine di garantire l'adeguato sollevamento al bordo della lente applicata.

acuità visive possono essere anche attribuite alla flessione della lente, che determina una riduzione della sua capacità di correggere le irregolarità della cornea a causa dell'incremento dell'astigmatismo residuo (Figura 49). Con lenti eccessivamente strette, in particolare su cornee con elevati valori di astigmatismo, la curvatura corneale può diventare più curva a causa del modellamento corneale, portando ad un incremento della miopia..

Sollevamento del bordo (AEC) ideale

Una volta stabilito il corretto appoggio centrale in fluoresceina, è possibile valutare il comportamento della lente

a livello medio-periferico e periferico. Idealmente, la media periferia delle lenti a curve sferiche periferiche deve garantire allineamento con la cornea medio-periferica (Figura 50). Se le curve periferiche sono asferiche, questo allineamento è più evidente, con un sollevamento diffuso alla periferia lente (Figura 51). La periferia della lente a contatto dovrebbe avere 100–120 micron di sollevamento dalla cornea periferica. E' considerato accettabile un incremento del sollevamento periferico in lenti con diametri grandi e con curve periferiche più piatte (vale a dire con un sollevamento assiale maggiore), mentre con lenti di diametro più piccolo è necessario garantire un minor sollevamento al bordo (cioè utilizzare un sollevamento assiale minore). Il sollevamento al bordo ideale è necessario per garantire il movimento della lente, il ricambio del film lacrimale e la rimozione di detriti sotto la lente oltre al controllo del posizionamento.

E' ideale un sollevamento che forma un anello di 0,7 millimetri di larghezza uniforme in tutte le direzioni. Se il BOZD della lente e il TD sono abbastanza grandi e in presenza di coni grandi e poco profondi, il bordo inferiore della lente potrebbe scivolare sotto la palpebra inferiore; al fine di evitare questo effetto il sollevamento al bordo (AEL) dovrebbe essere aumentato. Al fine di ottenere un sollevamento uniforme al bordo può essere necessario modificare il suo valore solo in un unico quadrante della lente.

Sollevamento del bordo (AEC) ridotto

Non è accettabile un sollevamento al bordo assente o ridotto per lenti di qualsiasi diametro che può avere come conseguenza la formazione di un'indentazione a livello corneale, la formazione di punteggiature, una riduzione del movimento della lente, con conseguente ristagno di lacrime e detriti sotto la lente che possono portare ad edema e a risposte infiammatorie. Le lenti con sollevamento del bordo minimo tendono a centrarsi sopra l'apice del cono, che può essere spostato inferiormente e temporalmente o nasalmente (Figura 52).

Sollevamento del bordo (AEC) eccessivo

Un sollevamento del bordo eccessivo provoca irritazione e una sensazione di corpo estraneo. Il bordo inferiore lente può posizionarsi sopra la palpebra inferiore, con il rischio di rimozione o ripetuti spostamenti della lente dalla cornea nelle direzioni di

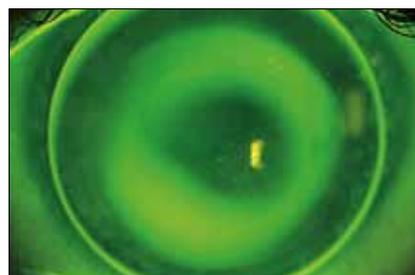


Figura 52. Sollevamento del bordo (AEC) ridotto

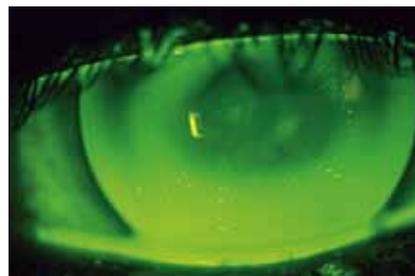


Figura 53. Sollevamento del bordo (AEC) eccessivo (appoggiata sulla palpebra inferiore)



Figura 54. Lente centrata

sguardo laterali (Figura 53). La palpebra superiore può spostare la lente in alto con conseguente appiattimento regionale dell'apice in coni decentrati in basso.

Posizionamento e movimento della lente

Con ogni applicazione di tipo interpalpebrale la lente dovrebbe idealmente centrarsi (Figura 54). L'adeguato posizionamento della lente può essere ottenuto con un appoggio ideale e con un diametro della lente scelto in modo che corrisponda al diametro del cono (es: diametro delle lenti più grandi con cono di diametro più grande). Il movimento della lente è necessario anche per garantire una normale fisiologia della cornea. Il movimento della lente dovrebbe essere di 2,0 mm per le lenti di diametro più piccolo e di 0,5 millimetri per le lenti di diametro molto grande. Le lenti corneo-sclerali e semi-sclerali avranno un movimento minimo o nessun movimento a seconda del ricambio di film lacrimale che la lente deve garantire per effetto dell'azione della palpebre sulla sua superficie anteriore che porta alla flessione della lente in presenza di un sollevamento centrale. Utilizzare il metodo del push-up per evidenziare se la lente non ha punti di contatto sulla sclera.

Sovrarefrazione

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

Simulazioni fluoroscopiche partendo dalle mappe topografiche

Utilizzando il videocheratoscopio, che definisce con maggiore precisione la forma della cornea, e utilizzando il nomogramma per la determinazione dei parametri della lente risulta più semplice arrivare rapidamente al BOZR, al BOZD e al TD finali. Attraverso il software del topografo, il professionista può inserire il proprio nomogramma applicativo all'interno di un modulo per la simulazione dell'applicazione di lenti a contatto insieme ad altri tipi di lenti già precaricati. Con una certa esperienza, questi nomogrammi possono essere personalizzati per geometrie multicurve da utilizzare in caso di cheratocono su qualsiasi topografo. Prevedere il comportamento della prima lente di prova o di quella definitiva utilizzando il topografo e questo nomogramma, rafforza il loro utilizzo nella pratica optometrica. I topografi possono fornire le simulazioni dei pattern fluoresceinici che possono essere manipolate per dimostrare un'applicazione ideale, stretta o piatta. Alcuni esempi sono illustrati nelle figure 55, 56 e 57 (simulazione fluoresceina con Focal Points).

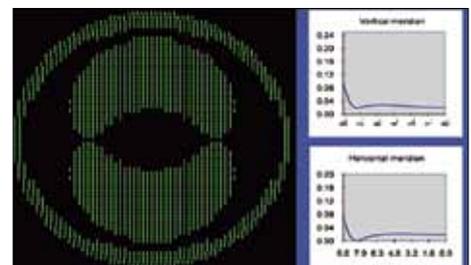


Figure 55. Pattern fluoresceinico simulato di una lente ideale

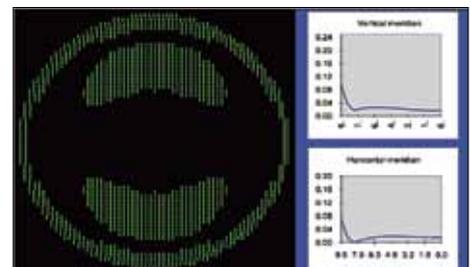


Figure 56. Pattern fluoresceinico simulato di una lente troppo piatta

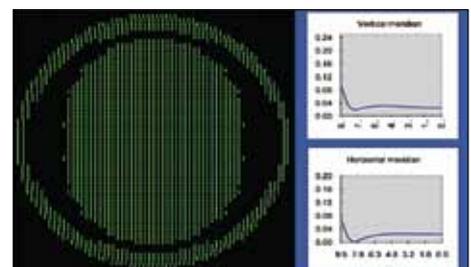


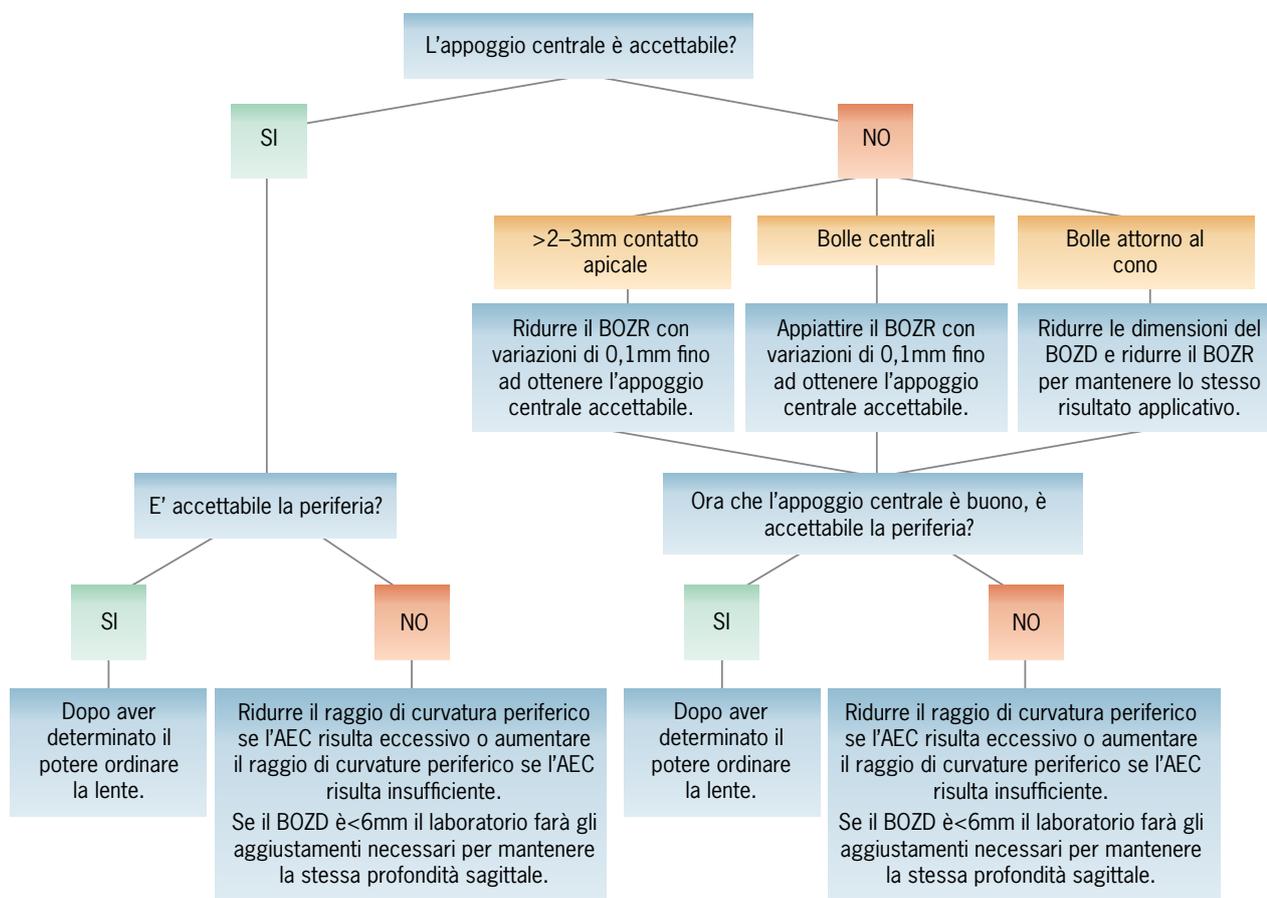
Figure 57. Pattern fluoresceinico simulato di una lente troppo stretta

7. Visite di controllo e strategie di gestione

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. Sono inoltre più fidelizzabili ed in grado di apprezzare le vostre attenzioni e parleranno di voi come di uno specialista. 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 dei tre mesi, devono essere valutata l'acuità visiva (ad alto e basso contrasto), sovra-rifrazione, esame della topografia corneale, controllo della superficie della lente, l'esame del pattern fluorescopico 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 una piccola quantità di lacrime fra apice del cono e lente e non essere eccessivamente marcato. Se l'appoggio della lente risulta modificato è necessario sostituire la lente: il BOZR può essere ridotto mantenendo inalterata la geometria oppure il TD aumentato, specialmente se la dimensione del cono è aumentata significativamente. Il seguente diagramma di flusso guida l'utente attraverso la procedura di modifica della lente in occasione della prima visita di controllo.



Eventuali episodi di intenso dolore devono essere segnalati immediatamente in quanto possono indicare la presenza di idrope che richiede un intervento immediato ed è necessario inviare il paziente da uno specialista della cornea. Per questi episodi, che possono associati ad un idrope corneale (alterazione della pompa endoteliale con conseguente edema marcato e dolore), la diagnosi precoce è fondamentale per una risoluzione più favorevole (Figura 58). La diagnosi precoce di un idrope corneale può essere trattata con la sospensione dell'utilizzo delle lenti e con l'instillazione di soluzioni ipertoniche come Muro 128 (B & L).



Figura 58. Idrope corneale

In funzione della sua risoluzione e dell'eventuale presenza di cicatrici corneali centrali non transitorie, può essere necessaria una cheratoplastica perforante. La sostituzione delle lenti, se non sono necessarie variazioni dei parametri prima, può essere effettuata su base annuale, al fine di evitare la presenza eccessiva di graffi o depositi..

Condizioni che necessitano modifiche della lente

La seguente tabella presenta una lista delle osservazioni cliniche che possono richiedere la sostituzione delle lenti:

Osservazioni	Possibile significato clinico (necessario modificare la lente)																			
	Aumento dell'assottigliamento corneale	Bordo della lente inadeguato	Aumento di depositi corneali	Eccessivo movimento della lente	Aumento della curvatura corneale	Periferia stretta	Periferia piatta	Aumento dell'eccentricità corneale	Lente piatta	Sollevamento del bordo eccessivo (AEC)	Aumento dell'astigmatismo irregolare	Aumento delle aberrazioni	Decentramento della lente	Diametro della lente troppo piccolo	Aumento della secchezza	BOZD grande	BOZD piccolo	Incremento delle cicatrici corneali	Edema corneale	
Aumento delle cicatrici corneali																				
Aumento del contatto apicale																				
Riduzione del sollevamento assiale																				
Aumento degli spostamenti della lente																				
Riduzione del movimento della lente																				
Aumento delle punteggiature ore 3 ore 9																				
Aumento delle punteggiature centrali																				
Aumento delle bolle d'aria centrali																				
Aumento delle bolle d'aria periferiche																				
Visione ridotta																				
Aumento di bagliori																				
Aumento di aloni																				
Aumento della fluttuazione della visione																				
Difficoltà nella rimozione della lente																				
Riduzione del confort o irritazione																				

Modifiche della geometria

Variazione del BOZR

- Quando il BOZR viene incurvato o appiattito, assicurarsi di avere convertito il raggio da millimetri a diottrie, al fine di regolare la potenza della lente a contatto per compensare il cambiamento dovuto alla variazione del menisco lacrimale.
- Apportare modifiche al BOZR in 0,1 millimetri per garantire che si evidenzino variazioni significative.
- Incurvare il BOZR quando l'appoggio centrale è inaccettabile e sono evidenti o possibili danni all'apice della cornea.
- Appiattare la BOZR quando sono presenti bolle centrali e non scompaiono con l'ammiccamento, interferendo con la visione, o quando la lente crea aderenza con la cornea.

Variazione del BOZD

- Quando il BOZD aumenta o diminuisce, per garantire lo stesso risultato applicativo assicurarsi di compensare le variazioni della profondità della lente sia appiattendolo che incurvando il BOZR, rispettivamente.
- Aumentare la BOZD (mantenendo lo stesso BOZR), quando il diametro del cono è aumentato, al fine di allineare meglio la lente con la topografia. Questo aumenta la profondità della lente.
- Diminuire il BOZD (mantenendo lo stesso BOZR) in presenza di bolle d'aria davanti alla pupilla, per ridurre il sollevamento intorno al cono e creare un miglior allineamento con le dimensioni del cono. In questi casi, modificare il potere della lente a causa del cambiamento della profondità della lente e quindi del film lacrimale.
- Incurvare il BOZR richiede un aumento del potere negativo della lente e viceversa.

Variazione del TD

- Aumentare o diminuire il diametro della lente senza fare una modifica del BOZD si tradurrà in aumento o diminuzione del sollevamento periferico, a meno che non si chiedi che l'AEL venga mantenuto.
- L'aumento del diametro della lente può essere utile quando
 - il diametro del cono è aumentato,
 - la lente comincia a decentrarsi,
 - c'è presenza di punteggiature a ore 3 e ore 9.
- Ridurre il diametro della lente se il bordo si avvicina al limbus, senza superarlo o per ridurre il peso della lente; un bordo che si trova direttamente sul limbus può causare irritazione.

Variazione del AEL

- Modificare l'AEL solo quando l'appoggio centrale è corretto. Aumentando o diminuendo l'AEL di una lente che ha un BOZD piccolo influisce notevolmente sulla sua profondità, che deve poi essere compensata e corretta.
- Con zone ottiche di piccolo diametro quando si aumenta l'AEL per migliorare il ricambio di lacrime alla periferia, il BOZR dovrebbe essere incurvato (di solito di 0,10 mm) e il potere della lente modificato di $-0,50$ D. Se l'AEL è ridotto (cioè, se il bordo della lente è troppo chiuso o crea irritazione), è vero il contrario.

Variazione del AEL a settori

- Di solito, le variazioni di AEL nel settore inferiore della lente a contatto non influiscono sull'applicazione della lente. Anche se l'aggiunta del prisma di stabilizzazione per garantire l'adeguata posizione della lente può influenzare il comfort.
- Le periferie toriche non incidono sull'applicazione ma possono aumentare il comfort della lente.

- Si consideri una lente con variazione di AEL in caso di PMD, in cui il cono decentrato inferiormente determina un eccessivo sollevamento del bordo della lente che può creare irritazione della palpebra inferiore e dove un TD/BOZD più grandi non consente al bordo inferiore della lente di andare sotto la palpebra inferiore.

Variazione dello spessore al centro

- Prendere in considerazione l'aumento dello spessore al centro della lente se c'è flessione della lente che non è dovuta ad un'applicazione troppo stretta ma piuttosto ad una lente troppo sottile. Di solito una variazione di 0,02 mm è sufficiente a ridurre di 0,75D la flessione della lente.
- Assicurarsi di utilizzare un materiale ad alta permeabilità all'ossigeno per evitare di ridurre in modo significativo la trasmissibilità all'ossigeno.

Variazione del potere della lente

- Quando il potere negativo della lente aumenta oltre le 4,00D, ordinare la lenticolazione della lente.
- Per correggere l'astigmatismo residuo, le geometrie a toro esterno possono non essere efficaci a causa della presenza dell'astigmatismo irregolare.

Modifica del tipo di lente o della sua geometria

Da una lente sferica ad una con BOZD asferico

- Quando si sostituisce una geometria a zona ottica sferica con una geometria a zona ottica asferica, appiattire il BOZR di 0,10 o 0,15 millimetri.
- Compensare il potere della lente aggiungendo un + 0,50 o +0,75D. È vero il contrario quando si passa da una lente con zona ottica asferica ad una sferica (Figure 59 a e b).

Da una lente sferica ad una con periferia asferica

- Quando si passa da una periferia multicurve sferica ad una a periferia asferica, potrebbe essere necessario aumentare il sollevamento assiale del bordo. La periferia asferica riduce il sollevamento periferico della lente e quindi può essere necessario un appiattimento (e viceversa quando si passa da una lente asferica ad una a geometria periferica sferica) (Figura 60 a e b).

Da un BOZD fisso a uno variabile

- Quando si cambia da una BOZD fisso ad una con BOZD variabile, può essere necessario aumentare o diminuire il BOZD in funzione del raggio della lente.
- Nelle geometrie a BOZD variabile le lenti con curve base più strette richiedono BOZD più piccoli.

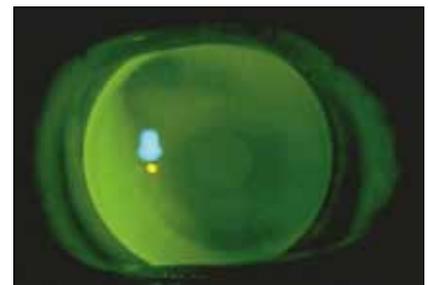
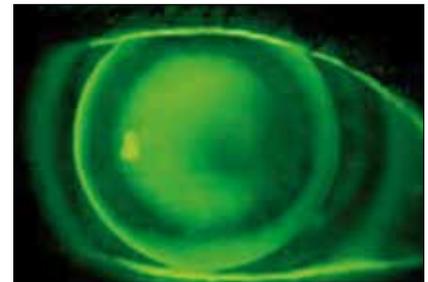


Figure 59a e 59b. Lente sferica e asferica centrale

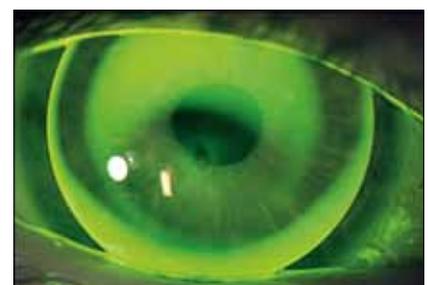


Figure 60a e 60b. Lente sferica e asferica periferica



Figure 61a e 61b. Fisso o variabile

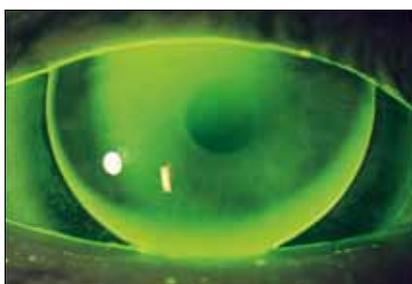


Figure 62a e 62b. Corneale a sclerale

- Per mantenere lo stesso risultato applicativo, può essere necessario modificare il BOZD per un aumento o una riduzione del BOZR (con un BOZD più grande o più piccolo rispettivamente) (Figure 61a e b).

Da una geometria corneale a una semisclerale

- Ricordare che la variazione del diametro della lente aumenta la profondità della lente considerevolmente, e sarà necessario compensare questo effetto utilizzando un BOZR molto più piatto. La lente viene applicata considerando la profondità della cornea piuttosto che la sua curvatura. Se la lente si stabilizza sulla sclera un'applicazione secondo i tre punti di contatto viene sostituita da una a modesto sollevamento apicale (62a Figure e b).

8. Complicanze



Figura 63. Tossicità alle soluzioni

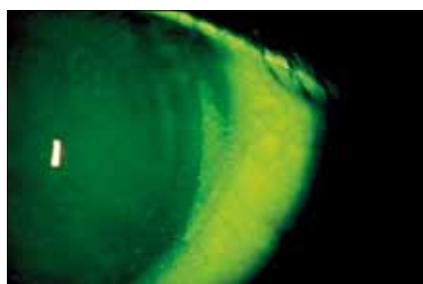


Figura 64. Punteggiature a ore 3 ore 9

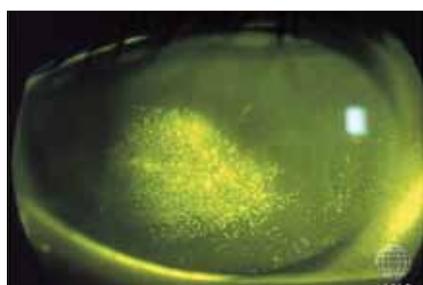


Figura 65. Punteggiature coalescenti

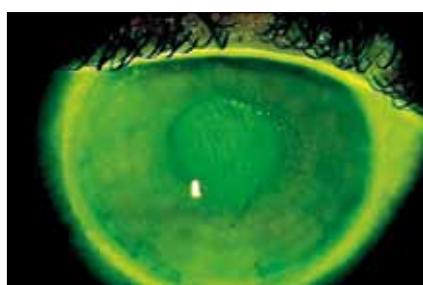


Figura 66. Punteggiature a vortice sul cono: dovuto a lente troppo curva e piccola (decentrata)

Punteggiature corneali

Con l'utilizzo di lenti a contatto GP possono essere evidenziate molte forme di punteggiature corneali incluse:

Punteggiature da tossicità alle soluzioni

La tossicità alle soluzioni è rara con lenti GP, ma può verificarsi con alcuni conservanti, tra cui la clorexidina, il thimerosal o, raramente con il polyhexanide e il polyquad. Questa reazione dipende dalla concentrazione di questi componenti e può provocare punteggiature corneali diffuse nell'area di cornea coperta dalla lente a contatto (Figura 63). La presenza di queste punteggiature indica che il sistema di manutenzione deve essere modificato e / o può essere necessario utilizzare la soluzione salina per risciacquare le lenti prima dell'inserimento. Si consideri inoltre che questa reazione può anche essere causata da soluzioni lubrificanti e da sostituti lacrimali, in questo caso è necessario sostituire questi prodotti con sistemi monodose privi di conservanti.

Punteggiature a ore tre ore nove

Le punteggiature a ore tre e ore nove sono dovute alla combinazione di molti fattori legati all'applicazione delle lenti e alla superficie oculare. Le punteggiature a ore quattro e ore otto sono comunemente evidenziate quando la lente è decentrata in basso ed è immobile, e in presenza di ammiccamenti incompleti (Figura 64). Se la lente ha uno spessore del bordo eccessivo o un elevato AEL, l'area adiacente alla periferia della lente si secca e causa punteggiature. Se la lente è troppo piccola, la cornea esposta si disidrata e anche in questo caso si formeranno punteggiature, in particolare in caso di occhio secco. Il paziente con cheratocono può avere occhio secco associato a malattie atopiche e disfunzione delle ghiandole di Meibomio, che contribuiscono alla formazione di punteggiature periferiche. Per gestire questa condizione è necessario:

- aumentare il diametro della lente
- far lenticolare la superficie anteriore della lente per ridurre lo spessore del bordo
- garantire il corretto sollevamento del bordo e il corretto posizionamento delle lenti

Al fine di garantire l'adeguato periodo di porto è fondamentale per il paziente l'igiene delle palpebre e la gestione dell'eventuale presenza di occhio secco.

Punteggiature a macchia o lineari dovute ad un'abrasione o a un corpo estraneo

Punteggiature a macchie coalescenti possono essere evidenziate quando la superficie posteriore della lente crea sfregamento o irritazione della superficie corneale, di solito come conseguenza di un'eccessivo contatto. In

associazione alla presenza di corpi estranei sotto la lente, queste condizioni possono compromettere l'epitelio (Figura 65). Per cercare di risolvere questo problema è necessario valutare sia la topografia corneale che la topografia della superficie posteriore della lente. Le soluzioni possono comprendere la pulizia della superficie posteriore della lente, la riduzione delle zone di transizione fra le curve di periferiche o l'utilizzo di una geometria asferica.

Punteggiature apicali

Le punteggiature apicali (di solito con andamento a spirale) si verificano quando la lente a contatto è troppo piatta, con contatto apicale ed un eccessivo movimento della lente (rotazione apicale) (Figura 66). Questa irritazione costante può portare a cicatrici (Figura 67) e può essere trattata riducendo la pressione della lente dall'apice del cono.

Indentazione dell'epitelio corneale

L'indentazione dell'epitelio corneale è causata dalla presenza di bolle d'aria sulla superficie della cornea. Questa condizione non ha alcun significato fisiologico a lungo termine, ma può essere associata alla riduzione del confort e se presente a livello centrale può interferire con la visione. Le impronte dovute alle bolle d'aria scompaiono dalla superficie della cornea entro una mezz'ora dalla rimozione della lente. Per risolvere questo problema, si può:

- diminuire il sollevamento al centro (se le bolle sono situate sopra il cono)
- ridurre il BOZD (se le bolle sono situati intorno al cono)
- ridurre l'AEC (se si trovano alla periferia lente) (Figura 68)

Visione

Lenti con BOZD eccessivamente grandi rispetto alle dimensioni del cono determineranno un eccessivo sollevamento apicale e potrebbe portare alla formazione di bolle d'aria sopra e intorno al cono che possono interferire con le prestazioni visive. Le lenti in cui il BOZD è troppo piccolo possono decentrarsi, portando alla formazione di riflessi e riduzione delle prestazioni visive. Per risolvere questi problemi visivi è necessario adattare il BOZD al diametro del cono.

Con un eccessivo sollevamento apicale, la lente flette sulla cornea causando sfuocamento intermittente con l'ammiccamento. La lente deve essere allineata con l'apice del cono e se c'è ancora flessione dopo aver modificato il BOZR, dovrebbe essere modificato lo spessore al centro della lente. Le lenti non devono presentare un eccessivo contatto apicale al fine di ottenere una adeguata visione (Zadnick (CLEK), Sorbara et al.). Il contatto apicale minimo probabilmente porterà alla migliore acuità visiva.

La cornea con cheratocono presenta elevati valori di aberrazioni di ordine superiore, in particolare aberrazione sferica e coma, che riducono la qualità visione. Alcuni pazienti possono trarre beneficio dalla compensazione di alcune aberrazioni ottiche tramite superficie anteriore asferica.



Figura 67. Cicatrici sul cono



Figura 68. Indentazione dell'epitelio corneale



Figura 69. Periferia della lente troppo piatta (decentrata)



Figura 70. Periferia della lente troppo stretta (decentrata in basso)

Decentramento della lente

Quando una lente con un BOZD piccolo è applicata su un cono grande, la sua ridotta profondità renderà più facile il loro decentramento. Allo stesso modo, le lenti con sollevamento elevato della periferia potrà decentrarsi verso l'alto per effetto del contributo della palpebra superiore (Figura 69). Questo tipo di applicazione influisce sulle prestazioni visive e può portare ad una alterazione della risposta fisiologica. Lenti con ridotto sollevamento periferico del bordo ed eccessivo sollevamento apicale spesso si decentrano verso il basso, verso la posizione dell'apice del cono, con conseguente ammiccamento incompleto e secchezza (Figura 70).

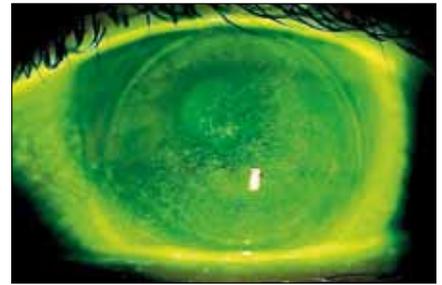


Figura 71. Impronta lasciata da una lente troppo aderente

Indentazione corneale

Una lente si decentra se la periferia troppo piatta della lente coincide con la periferia corneale più piatta o, al contrario, una periferia troppo stretta impedisce il movimento della lente (e, occasionalmente, aderenza della lente alla cornea). L'aderenza della lente di solito si verifica durante il porto notturno delle lenti, ma può verificarsi anche durante il porto diurno per la mancanza di un adeguato film lacrimale tra lente e cornea. Lo strato acquoso delle lacrime è "spinto" fuori e lo strato mucinico si comporta come un adesivo tra la lente e la cornea. In questi casi, l'applicazione della lente deve essere modificata e dovrebbero essere utilizzati sostituti lacrimali per migliorare la bagnabilità della lente e il suo movimento (Figura 71).

9. Bibliografia

- Al Mezaine HS, Al Amro SA, Kangave D, et al. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol* 2008;28:333–8.
- Aldave AJ, Yellore VS, Salem AK, et al. No VSX1 gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2820–2.
- Ang M, Mehta JS, Arundhati A, Tan DT. Anterior Lamellar Keratoplasty Over Penetrating Keratoplasty for Optical, Therapeutic, and Tectonic Indications: A Case Series. *Am J Ophthalmol* 2008.
- Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:222–8.
- Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, et al. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2008;146:905–12.
- Betts AM, Mitchell LG, Zadnik K. Visual performance and comfort with the Rose K lens for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2002;79:493–501.
- Bilgihan K, Ozdek SC, Sari A, Hasanreisoglu B. Microkeratome-assisted lamellar keratoplasty for keratoconus: stromal sandwich. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1267–72.
- Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, et al. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2035–8.
- Brancati F, Valente EM, Sarkozy A, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus maps to human chromosome 3p14–q13. *J Med Genet* 2004;41:188–92.
- Brennan NA, Efron N, Carney LG. Critical oxygen requirements to avoid oedema of the central and peripheral cornea. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1987;65:556–64.
- Burger D, Zadnik K. Keratoconus: Contact Lenses for Pre- and Post-Surgery. St. Louis, Missouri. Mosby, 1997;21-52.
- Cheng AC, Rao SK, Lau S, et al. Central corneal thickness measurements by ultrasound, Orbscan II, and Visante OCT after LASIK for myopia. *J Refract Surg* 2008;24:361–5.
- Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:379–86.
- Crews MJ, Driebe WT, Stern GA. The clinical management of keratoconus: a 6 year retrospective study. *CLAO J* 1994;20:194–7.
- Dao CL, Kok JH, Brinkman CJ, van M. Corneal eccentricity as a tool for the diagnosis of keratoconus. *Cornea* 1994;13:339–44.
- de Brabander, Chateau N, Marin G, et al. Simulated optical performance of custom wavefront soft contact lenses for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2003;80:637–43.
- DeNaeyer GW, Breece R. Fitting techniques for a scleral lens design. *Contact Lens Spectrum* 2009;34–7.
- Donshik P, et al. The Use of Computerized Videokeratography as an aid in Fitting Rigid Gas Permeable Contact Lenses. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1996;XCIV:135–45.
- Dupps WJ, Wilson SE. Biomechanics and wound healing in the cornea. *Exp Eye Res* 2006;83:709–20.
- Edrington TB, Barr JT, Zadnik K, et al. Standardized rigid contact lens fitting protocol for keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:369–75.
- Edrington TB, Szczotka LB, Barr JT, et al. Rigid contact lens fitting relationships in keratoconus. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study Group. *Optom Vis Sci* 1999;76:692–9.
- Edrington TB, Szczotka LB, Begley CG, et al. Repeatability and agreement of two corneal-curvature assessments in keratoconus: keratometry and the first definite apical clearance lens (FDACL). CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus. *Cornea* 1998;17:267–77.

- Ertan A, Kamburoglu G. INTACS implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1521–6.
- Galin M, Berger R. Atopy and Keratoconus. *Am J Ophthalmol* 1958;45:904–6.
- Gasset AR, Lobo L. Dura-T semiflexible lenses for keratoconus. *Ann Ophthalmol* 1975;7:1353–7.
- Gemoules G. A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography. *Eye Contact Lens* 2008;34:80–3.
- Giasson CJ, Perreault N, Brazeau D. Oxygen tension beneath piggyback contact lenses and clinical outcomes of users. *CLAO J* 2001;27:144–50.
- Girard LJ, Soper JW. Indications for contact lenses or keratoplasty in keratoconus. *Ophthalmologica* 1965;150:161–6.
- Gonzalez-Meijome JM, Jorge J, de A, Parafita MA. Soft contact lenses for keratoconus: case report. *Eye Contact Lens* 2006;32:143–7.
- Gundel RE, Libassi DP, Zadnik K, et al. Feasibility of fitting contact lenses with apical clearance in keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:729–32.
- Haque S, Jones L, Simpson T. Thickness mapping of the cornea and epithelium using optical coherence tomography. *Optom Vis Sci* 2008;85:E963–E976.
- Haque S, Simpson T, Jones L. Corneal and epithelial thickness in keratoconus: a comparison of ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2006;22:486–93.
- Hom MM. Another perspective on keratoconus contact lens fitting. *J Am Optom Assoc* 1986;57:886–8.
- Hood A. Advanced contact lens fitting: part 3 – hospital contact lens practice. *Optician* 1997;214:16–22.
- Hughes AE, Dash DP, Jackson AJ, et al. Familial keratoconus with cataract: linkage to the long arm of chromosome 15 and exclusion of candidate genes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:5063–6.
- Hutchings H, Ginisty H, Le G, et al. Identification of a new locus for isolated familial keratoconus at 2p24. *J Med Genet* 2005;42:88–94.
- Kaluzny BJ, Fojt W, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography in video-rate and 3D imaging of contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2007;84:1104–9.
- Kaluzny BJ, Kaluzny JJ, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography: a new imaging technique in contact lens practice. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26:127–32.
- Karabatsas CH, Cook SD. Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. *Eye* 1996;10 (Pt 4):451–5.
- Kayazawa F, Nishimura K, Kodama Y, et al. Keratoconus with pellucid marginal corneal degeneration. *Arch Ophthalmol* 1984;102:895–6.
- Kenney MC, Chwa M, Atilano SR, et al. Increased levels of catalase and cathepsin V/L2 but decreased TIMP-1 in keratoconus corneas: evidence that oxidative stress plays a role in this disorder. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:823–32.
- Kohlhaas M, Spoerl E, Schilde T, et al. Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:279–83.
- Kok JH, van M. Piggyback lenses in keratoconus. *Cornea* 1993;12:60–4.
- Korb DR, Finnemore VM, Herman JP. Apical changes and scarring in keratoconus as related to contact lens fitting techniques. *J Am Optom Assoc* 1982;53:199–205.
- Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* 1984;28:293–322.
- Krachmer JH. Eye rubbing can cause keratoconus. *Cornea* 2004;23:539–40.
- Kymionis G, Portaliou D. Corneal crosslinking with riboflavin and UVA for the treatment of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1143–4.

- Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, et al. Long-term follow-up of INTACS in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143:236–44.
- Lawless M, Coster DJ, Phillips AJ, Loane M. Keratoconus: diagnosis and management. *Aust NZ J Ophthalmol* 1989;17:33–60.
- Lee BW, Jurkunas UV, Harissi-Dagher M, et al. Ectatic disorders associated with a claw-shaped pattern on corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;144:154–6.
- Lee LR, Readshaw G, Hirst LW. Keratoconus: the clinical experience of a Brisbane ophthalmologist. *Ophthalmic Epidemiol* 1996;3:119–25.
- Lee R, Ahmed I. Anterior segment optical coherence tomography: Non-contact high resolution imaging of the anterior chamber. *Techniques in Ophthalmology* 2006;4:120–7.
- Leung KK. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clin Exp Optom* 1999;82:230–5.
- Li X, Rabinowitz YS, Tang YG, et al. Two-stage genome-wide linkage scan in keratoconus sib pair families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:3791–5.
- Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of keratoconus in Asians: role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;143:390–400.
- Lu F, Simpson T, Fonn D, et al. Validity of pachymetric measurements by manipulating the acoustic factor of Orbscan II. *Eye Contact Lens* 2006;32:78–83.
- Mackie IA. Management of keratoconus with hard corneal lenses: The lens lid attachment technique. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1977;97:131–5.
- Maguire LJ, Klyce SD, McDonald MB, Kaufman HE. Corneal topography of pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology* 1987;94:519–24.
- Mandell RB. Contemporary management of keratoconus. *Int Contact Lens Clin* 1997;24:43–58.
- Mannis MJ, Zadnik K. Contact lens fitting in keratoconus. *CLAO J* 1989;15:282–9.
- Marsack JD, Parker KE, Applegate RA. Performance of wavefront-guided soft lenses in three keratoconus subjects. *Optom Vis Sci* 2008;85:E1172–E1178.
- Matsuda J, Hieda O, Kinoshita S. Comparison of central corneal thickness measurements by Orbscan II and Pentacam after corneal refractive surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:245–9.
- Mazzotta C, Balestrazzi A, Traversi C, et al. Treatment of progressive keratoconus by riboflavin-UVA-induced cross-linking of corneal collagen: ultrastructural analysis by Heidelberg Retinal Tomograph II in vivo confocal microscopy in humans. *Cornea* 2007;26:390–7.
- McMonnies CW. Keratoconus fittings: apical clearance or apical support? *Eye Contact Lens* 2004;30:147–55.
- McMonnies CW. The evidentiary significance of case reports: eye rubbing and keratoconus. *Optom Vis Sci* 2008;85:262–9.
- Moezzi AM, Fonn D, Simpson TL, Sorbara L. Contact lens-induced corneal swelling and surface changes measured with the Orbscan II corneal topographer. *Optom Vis Sci* 2004;81:189–93.
- Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:623–31.
- Norman C, Caroline PJ. Step-by-step approach to managing keratoconus patients with RGPs. *Contact Lens Forum* 1986;11:25–31.
- O'Donnell C, Codina CM. A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus. *Eye Contact Lens* 2004;30:44–8.
- Owen H, Watters GA. An evaluation of the keratoconic cornea using computerised corneal mapping and ultrasonic measurements of corneal thickness. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16:115–23.
- Ozkurt YB, Sengor T, Kurna S, et al. Rose K contact lens fitting for keratoconus. *Int Ophthalmol* 2007.

- Paik DC, Wen Q, Braunstein RE, et al. Initial Studies Using Aliphatic Nitro Alcohols for Therapeutic Corneal Cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008.
- Parker J, Ko WW, Pavlopoulos G, et al. Videokeratography of keratoconus in monozygotic twins. *J Refract Surg* 1996;12:180–3.
- Paul T, Lim M, Starr CE, et al. Central corneal thickness measured by the Orbscan II system, contact ultrasound pachymetry, and the Artemis 2 system. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1906–12.
- Rabinowitz Y, Dong L, Wistow G. Gene expression profile studies in human keratoconus cornea for NEIBank. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1239–46.
- Rabinowitz YS, Garbus JJ, Garbus C, McDonnell PJ. Contact lens selection for keratoconus using a computer-assisted videophotokeratoscope. *CLAO J* 1991;17:88–93.
- Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H, Elashoff J. Accuracy of ultrasonic pachymetry and videokeratography in detecting keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:196–201.
- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297–319.
- Raiskup-Wolf F, Spoerl E. Reply: Long-term results of collagen crosslinking with riboflavin and UVA in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1617.
- Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115:37–50.
- Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642–6.
- Rose P. Improving a keratoconus lens design. *Contact Lens Spectrum* 2005;20:38–42.
- Shapiro MB, France TD. The ocular features of Down's syndrome. *Am J Ophthalmol* 1985;99:659–63.
- Shovlin JP. Primary Eyecare: Contact lens “fits” over problem eyes. Vol. 3. 1984;67–9.
- Sindt CW. Basic scleral lens fitting and design. *Contact Lens Spectrum* 2008;23:32–6.
- Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401–8.
- Sorbara L, Chong T, Fonn D. Visual acuity, lens flexure, and residual astigmatism of keratoconic eyes as a function of back optic zone radius of rigid lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2000;23:48–52.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part I. design parameters affecting vertical decentration. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:99–104.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part II. a comparison of the clinical performance. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:121–7.
- Sorbara L, Luong J. Contact lens fitting guidelines for the keratoconic patient using videokeratographic data. *Practical Optometry* 1999;10:238–43.
- Sridhar MS, Mahesh S, Bansal AK, et al. Pellucid marginal corneal degeneration. *Ophthalmology* 2004;111:1102–7.
- Steele C. Contact lens fitting today – fitting for the irregular cornea. *Optometry Today(UK)* 2005;45:32–9.
- Szczotka LB, Thomas J. Comparison of axial and instantaneous videokeratographic data in keratoconus and utility in contact lens curvature prediction. *CLAO J* 1998;24:22–8.
- Tabbara KE, Kotb AA. Risk factors for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2006;113:1618–22.
- Tan BU, Purcell TL, Torres LE, Schanzlin DJ. New surgical approaches to the management of keratoconus and post-LASIK ectasia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:212–20.
- Tang M, Shekhar R, Miranda D, Huang D. Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol* 2005;140:993–1001.
- Teng C. Electron microscope study of the pathology of Keratoconus: Part 1. *Am J Ophthalmol* 1963;55:18–47.

- Trimarchi F, Poppi E, Klersy C. [Deep lamellar keratoplasty]. *J Fr Ophthalmol* 2002;25:718–21.
- Tsubota K, Mashima Y, Murata H, Yamada M. A piggyback contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101:134–9.
- Tyynismaa H, Sistonen P, Tuupanen S, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus: linkage to 16q22.3–q23.1 in Finnish families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:3160–4.
- Visser ES, Visser R, van Lier HJJ, Otten HM. Modern scleral lenses, Part I: Clinical features. *Eye Contact Lens* 2007;33:13–20.
- Visser ES. Advanced contact lens fitting: part 5 – the scleral contact lens – clinical indications. *Optician* 1997;214:15–20.
- Wang Y, Rabinowitz YS, Rotter JL, Yang H. Genetic epidemiological study of keratoconus: evidence for major gene determination. *Am J Med Genet* 2000;93:403–9.
- Ward MA, Artunduaga G, Thompson KP, et al. Phototherapeutic keratectomy for the treatment of nodular subepithelial corneal scars in patients with keratoconus who are contact lens intolerant. *CLAO J* 1995;21:130–2.
- Wasserman D, Itzkowitz J, Kamenar T, Asbell P. Corneal topographic data: its use in fitting aspheric contact lenses. *CLAO J* 1992;18:83–5.
- Wei RH, Lim L, Chan WK, Tan DT. Evaluation of Orbscan II corneal topography in individuals with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:177–83.
- Winkler T. Corneo-scleral rigid gas permeable contact lens prescribed following penetrating keratoplasty. *Int Cont Lens Clin* 1998;25:86–8.
- Wollensak G, Sporn E, Reber F, et al. Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/UVA treatment in vitro. *Ophthalmic Res* 2003;35:324–8.
- Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356–60.
- Woodward E. The role of rigid contact lenses in the management of keratoconus. *J Brit Contact Lens Assoc* 1991;14:211–7.
- Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:2537–46.
- Zadnik K, Barr JT, Steger-May K, et al. Comparison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus. *Optom Vis Sci* 2005;82:1014–21.
- Zadnik K, Mutti DO. Contact lens fitting relation and visual acuity in keratoconus. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:698–702.
- Zadnik K. Meet the challenge of fitting the irregular cornea. *Rev Optom* 1994;131:77–83.

Eziologia e genetica

L'esatta relazione tra causa ed effetto è ancora sconosciuta. Molti fattori sono stati associati al cheratocono, tra cui:

- sfregamento degli occhi
- lenti a contatto
- allergie e / o malattia atopica
- sindrome di Down
- disturbi del tessuto connettivo
- familiarità

Rabinowitz (1998) ha rilevato che la maggior parte dei pazienti con cheratocono sono soggetti che si sfregano gli occhi: 80% contro il 58% rispetto alla popolazione normale. Lo stesso studio ha riportato che il 44% della popolazione con cheratocono e il 36% della popolazione normale soffrono di allergie. Allo stesso modo, il 15% dei pazienti con cheratocono e il 12% della popolazione normale ha avuto problemi con la mobilità articolare. Dieci per cento della popolazione con cheratocono ha avuto una storia familiare (uno o più membri), di cheratocono, rispetto allo 0,5% della popolazione normale.

Nove diversi cromosomi sono stati associati al cheratocono, e molte variabili indicano che la causa può essere genetica, tra cui:

- bilateralità (96% dei casi)
- quadri topografici corneali (evidenziati con il topografo)
- familiarità (percentuali riportate dal 10 al 23%)
- aggregazioni familiari
- studi sui gemelli concordano che i gemelli monozigoti hanno lo stesso gene
- analisi della segregazione (rapporto = frazione di individui in un gruppo di fratelli che, in media evidenzierà la malattia)
- legame genetico

Il gene LOX gioca un ruolo nel cross-linking del collagene, e se mutato può giocare un ruolo nel cheratocono. Uno studio di espressione genica ha portato alla scoperta dell' assenza dell'Aquaporina 5 (un gene di trasporto dell'acqua con un ruolo nella guarigione delle ferite) nell'epitelio della cornea dei pazienti con cheratocono. Questo è stato il primo difetto molecolare identificato nel cheratocono.

D'altra parte, alcuni studi indicano che i fattori ambientali possono essere responsabili per lo sviluppo di questa malattia.

Kenney et al. (*IOVS* 2005) ha dimostrato che lo stress ossidativo sulla cornea ne causa l'assottigliamento. Questo stress porta ad un aumento di apoptosi e instabilità meccanica. Attivazione di enzimi degradativi porta anche a regolazione anormale di guarigione con conseguente infiammazione eccessiva e opacizzazione stromale. Vi è un'ulteriore prova di questo percorso di studi sull'ectasia post-LASIK di Dupps, Randazzo, Binder e Rabinowitz e Tabbara, dove l'intervento è stato la fonte dello stress ossidativo sulla cornea, provocando l'accumulo di enzimi antiossidanti anormali come super-ossido, perossido e ossido di azoto, con conseguente funzione delle cellule anormali e assottigliamento della cornea.

Ci sono anche polemiche sul fatto che l'eziologia del cheratocono si trova in un difetto nello strato epiteliale (ectodermica) o stromale (mesenchimali o collagene) della cornea. Se il difetto si trova nell'epitelio basale si verifica prima nell'epitelio basale seguito da difetti stromali, o viceversa. Sembra comunque che alla fine entrambi i livelli siano interessati. E' più probabile che i geni multipli contribuiscano al cheratocono, essendo tutti collegati in un percorso comune finale quando si combinano con altri fattori meccanici che ne scatenano la malattia.

La correzione chirurgica del cheratocono

Cheratoplastica perforante (a tutto spessore)

Questo è l'intervento più frequentemente eseguito per il 26% dei pazienti con cheratocono. Con un successo dall'80 al 90%. La tecnica prevede la rimozione di un lembo di 8 mm (tutti gli strati della cornea) dal ricevente e un lembo di 8,25 millimetri dal donatore. L'intervento chirurgico viene eseguito con una tecnica di sutura a doppia esecuzione, inclusi i 4–8 punti ad interruzione (Figura 1). Dopo un periodo che va dalle sei settimane ai sei mesi al paziente viene applicata la lente a contatto per correggere l'astigmatismo che viene normalmente indotto da questa tecnica. La percentuale di rigetto del trapianto è del 18% dovuta principalmente alla neovascolarizzazione della cornea ospite prima dell'intervento (Figura 2).

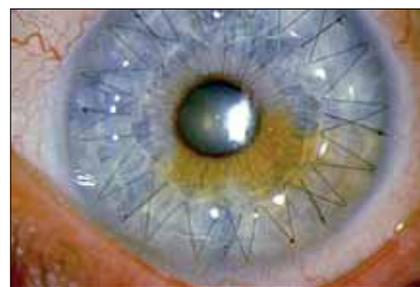


Figura 1. PKP con punti di sutura



Figura 2. Neovascolarizzazione e cheratocono

Cheratoplastica lamellare (spessore parziale)

Cheratoplastica lamellare profonda

Questa è una tecnica mediante la quale più del 90% dell'epitelio corneale e lo stroma ospite viene rimosso (dissezione lamellare) e sostituito da una cornea di donatore a pieno spessore con membrana di Descemet rimossa. Ciò si traduce in chirurgia senza perdita delle cellule endoteliali, e quindi nessun rigetto endoteliale. Essa sostiene inoltre l'integrità strutturale, riduce l'astigmatismo e permette la rimozione precoce della sutura. Purtroppo la cornea molto spesso provoca un edema posteriore e opacizzazione, che si traduce in una ridotta acuità visiva.

Cheratoplastica lamellare a diversi spessori

L'obiettivo di questa chirurgia è quello di ripristinare il normale spessore corneale. La cornea ospite è ridotta a 200 micron e quella del donatore a 400 micron, viene poi eseguita la stessa procedura della cheratoplastica lamellare profonda. I risultati finora pubblicati sono migliori rispetto alla tecnica lamellare profonda e molti autori ritengono questa tecnica una ragionevole alternativa alla cheratoplastica perforante (Tan et al, 2006).

Cheratoplastica intra-lamellare

Un microcheratomo viene usato per tagliare un lembo di 9 millimetri sulla cornea ospite e anche una sezione della cornea del donatore viene tagliata da 7,0 a 7,5 millimetri. Il lembo del donatore viene suturato sul letto stromale dell'ospite. Questo intervento viene descritto come un inserimento di tessuto intra-lamellare. Dopo sei mesi, per correggere l'astigmatismo residuo, vengono eseguite PRK o LASIK.

Un altro metodo prevede la creazione di una tasca lamellare di 10 millimetri nella cornea ospite, utilizzando un laser [®] Intralase. Un lembo del donatore di 9 mm da 200- a 300-micron viene inserito nella tasca stromale. Purtroppo, questa procedura lascia detriti nell'interfaccia e un lieve edema e un aumento dello spessore corneale da 100 a 200 micron.

INTACS[®]

Gli INTACS[®] sono archi precisi di polimetilmetacrilato (PMMA) di 150 gradi tagliati al tornio (Figura 3). Un laser Intralase[®] viene utilizzato per creare i canali in cui gli INTACS[®] sono inseriti. L'arco inferiore è più spesso (0,45

millimetri di diametro e raggio di 8,1 millimetri), creando un "lift", e l'arco superiore è più sottile (0,25 mm di raggio di diametro e 6,8 millimetri), provocando l'appiattimento corneale.

Gli INTACS® hanno più successo:

- con coni iniziali e moderati rispetto a quelli dislocati inferiormente (come degenerazione marginale pellucida (PMD))
- se le letture cheratometriche sono $< 54,00D$ (6,25 millimetri), con un equivalente sferico di $< -5,00D$
- se l'incisione si inserisce nel meridiano più curvo.
- se vi è una minima cicatrice sull'asse visivo

Essi sono rimovibili e sostituibili, la procedura è meno invasiva e l'entità di appiattimento corneale può migliorare l'acuità visiva. Lo svantaggio è che se lasciato in loco la distorsione residua della cornea e / o l'errore refrattivo non corretto rendono difficile l'applicazione delle lenti a contatto.

Cross-linking

Il cross-linking è una tecnica che tratta il collagene corneale con riboflavina fosfato 0,1% e il 20% di Dextran T 500 disponibile come trattamento per il cheratocono progressivo. La tecnica crea un aumento della rigidità e resistenza meccanica del collagene corneale stromale attraverso la foto-polimerizzazione delle fibre stromali utilizzando una sostanza fotosensibilizzante (C3-R®) e UV-A. Il trattamento della durata di circa un'ora viene utilizzato per pazienti con cheratocono lieve e moderato (spessore al centro minimo di 400 micron) viene eseguito in day hospital con l'uso di anestesia topica.

L'epitelio corneale viene rimosso in una zona di 9 mm di diametro, e la soluzione di riboflavina viene instillata cinque minuti prima dell'irradiazione UV-A ripetuta ogni cinque minuti, per 30 minuti.

La cornea (una zona 7mm) è quindi esposta a luce UV-A per 30 minuti. Dopo il trattamento, sono prescritti antibiotici e viene applicata una lente a contatto terapeutica in grado di proteggere la superficie della cornea fino alla completa guarigione.

Anche se questo è un trattamento permanente, è stato osservato che l'effetto di rafforzamento può regredire e quindi necessario un secondo trattamento. La maggior parte degli studi sono stati condotti su occhi di maiale o di coniglio, e concludono che l'effetto cross-linking non è distribuito in modo uniforme sulla cornea e che l'effetto di irrigidimento è concentrato nelle parte anteriore dei 200–300 micron della cornea, a causa dell'alto assorbimento della luce UV negli strati anteriori. I risultati a lungo termine su occhi umani mostrano qualche promessa, però dal 50 al 60% in soggetti trattati che hanno avuto un miglioramento dell'acuità visiva di più di una riga, solo il 20 e il 29% ha mantenuto una buona visione nel triennio.

Utilizzando il microscopio confocale, è stato dimostrato che ci vogliono da tre a sei mesi per cancellare l'edema stromale indotto e per ripopolare i cheratociti stromali. Lo stroma corneale oltre i 350 micron appare influenzato dal trattamento mentre la densità e la morfologia endoteliale restano invariati. Cornee di animali con meno di 400 micron di spessore hanno mostrato citotossicità endoteliale, questo indica che cornee troppo sottili non traggono beneficio da questa procedura.



Figura 3. INTACS, luce bianca

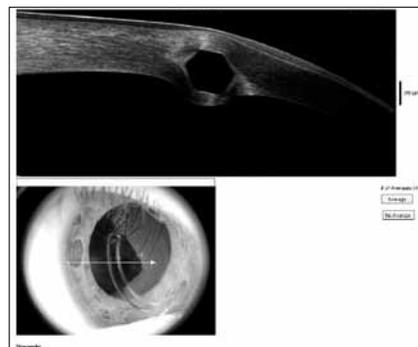


Figura 4. Immagine OCT di una sezione trasversale di un INTACS realizzata con lo strumento RTVue

Rilevamento del cheratocono con l'uso di Orbscan II

L'Orbscan II è uno strumento che utilizza le tecniche fotografiche a scansione per rilevare le superfici corneali anteriore e posteriore tramite processi matematici che coinvolgono l'analisi della triangolazione della luce. Si sceglie una sfera con un raggio che meglio si adatta alla superficie corneale nella media periferia (elevazione zero) e la misura considera le differenze in altezza (al di sopra o al di sotto) rispetto a questa miglior sfera di riferimento (BFS) misurate in micron o millimetri (Figura 1). Oltre all'utilizzo della BFS queste mappe ad elevazione vengono interpretate utilizzando i seguenti indici che sono stati proposti per categorizzare se le caratteristiche della cornea sono nella norma oppure no:

- Punto più sottile della pachimetria <470 micron
- Differenza nelle misure pachimetriche centrali in un diametro di 7 mm > 100 micron
- Punto più sottile della cornea oltre 2,5 millimetri di raggio dal centro della mappa
- Massimo potere cheratometrico medio (entro 7 millimetri centrali) > 45,50D (7,42 millimetri)
- Aspetto della mappa anteriore tangenziale irregolare / a farfalla asimmetrica
- Differenze di potenza anteriore assiale nei 3 millimetri centrali > 3,00D
- Migliore sfera di riferimento BFS (posteriore) raggio $\geq 55,00D$ (6,14 millimetri)
- Nei 5 millimetri centrali massima elevazione posteriore > 50 micron
- Mappe altimetriche anteriori e posteriori inclinate e deformate in maniera asimmetria
- La posizione della massima elevazione anteriore corrisponde (+/-1 mm) alla posizione della massima elevazione posteriore o al raggio più curvo tangenziale anteriore o al punto più sottile della cornea
- Posizione del punto di elevazione massima collocato inferiormente / temporalmente
- Rapporto tra i raggi delle BFS anteriori e posteriori > 1,2(mm)

Studi hanno dimostrato che il miglior indicatore del cheratocono incipiente è una elevazione posteriore della cornea centrale superiore a 40 a 50 micron.



Figura 1. Orbscan II mappa altimetrica con miglior sfera di riferimento (BFS)

Applicazione di lenti Semi- e Mini-sclerali

Le lenti di diametro grande, come ad esempio da 14,5 a 18,2 millimetri, vengono adattate meglio conoscendo la profondità sagittale della cornea. L'OCT Visante utilizza la tomografia a dominio spettrale per ottenere l'immagine del segmento anteriore dell'occhio che consente al professionista, attraverso il programma associato allo strumento, di misurare manualmente la profondità sagittale corneale per qualsiasi lunghezza della corda. Le modifiche effettuate ai topografi corneali attuali consentono di misurare la profondità della cornea. Questa misura aiuta nella scelta della lente di prova iniziale soprattutto nei cheratoconi avanzati (o nelle cornee che hanno subito un intervento di chirurgia refrattiva). La geometria MSD identifica le sue lenti con la misura della profondità facilitando l'accoppiamento della lente di prova con la profondità della cornea. Con altre lenti, in cui non è dichiarata la profondità, la profondità sagittale può essere calcolata manualmente considerando il diametro della lente, l'eccentricità "e" e il raggio centrale (formule fornite in precedenza) o tramite un nomogramma per l'applicazione sulla base delle letture cheratometriche centrali o dell'astigmatismo corneale. Nel valutare l'applicazione di queste lenti è necessario ricordarsi di inserire una goccia di fluoresceina sulla superficie posteriore della lente che viene riempita di soluzione fisiologica o di soluzioni per il risciacquo senza conservanti, prima dell'inserimento lente.

Scelta della profondità sagittale centrale

Quando la profondità sagittale della lente a contatto è inferiore a quello della cornea, le lenti risulano eccessivamente piatte (Figura 1). Lenti applicate eccessivamente piatte con elevato sollevamento periferico in zona limbo-sclerale comporteranno la comparsa di bolle in quella zona come mostrato nella Figura 2. Una profondità sagittale elevata rispetto a quella corneale presenta un sollevamento al centro con conseguente formazione di un'ampia bolla d'aria centrale, come in Figura 3. Ridurre la profondità sagittale della lente a contatto permette di eliminare la bolla che era presente a livello centrale. La corretta relazione fra la profondità della lente e quella della cornea porterà ad un appoggio leggermente stretto della lente sulla cornea (Figura 4).

Zona di raccordo nella media periferia o limbare

La lente dovrebbe garantire un sollevamento nella zona limbare che può essere evidenziato in fluoresceina. Ogni contatto della lente in

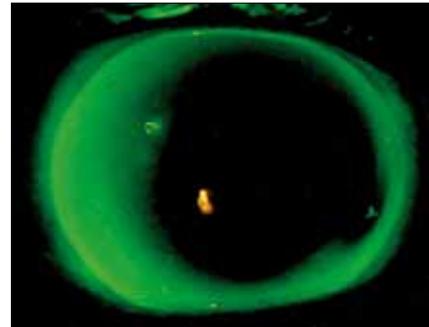


Figura 1. Lente piatta

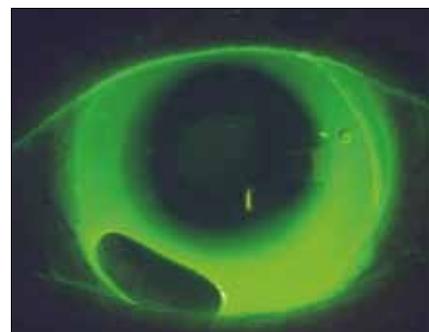


Figura 2. Lente piatta con la bolla periferica



Figura 3. Lente stretta con la bolla centrale

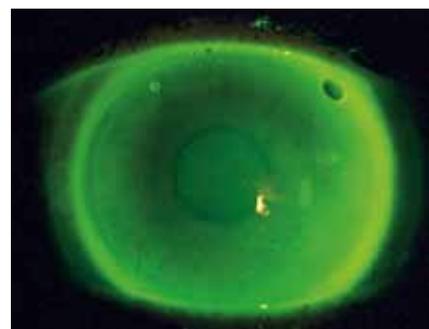


Figura 4. Appoggio ideale

questo settore potrebbe provocare abrasioni e ridurre il confort. Un sollevamento eccessivo in quell'area porterà alla formazione di bolle con possibile essiccazione corneale. La media periferia della lente può essere appiattita (quando c'è contatto eccessivo) o incurvata (in presenza di bolle) a seconda del caso. Inoltre quando più di un diametro è disponibile, il diametro della lente può essere aumentato (quando c'è eccessivo contatto) o ridotto (in presenza di bolle).

Zona di raccordo sclerale

La zona sclerale della lente dovrebbe allinearsi sulla congiuntiva senza interferire o avere eccessivo gioco per massimizzare il confort e la facilità di rimozione della lente (anche con l'uso di una ventosa per la rimozione di lenti a contatto, ad esempio DMV). Quando la zona sclerale è troppo curva e indenta la congiuntiva, i vasi sanguigni congiuntivali vengono schiacciati nel punto di contatto fra il bordo della lente e la congiuntiva. Ci può essere un rigonfiamento tra il limbus e il bordo lente che può essere evidente dopo la rimozione della lente. In questo caso è necessaria una lente con curve periferiche più piatte. Un appiattimento eccessivo in periferia può causare disagi e, eventualmente, spostamento della lente e quindi dovrebbe essere evitato.

Esempio di applicazioni

Esempio di applicazione: Cono centrato “nipple” (stadio iniziale)

Paziente SP, 17 anni, si è presentato lamentando una riduzione della visione, soprattutto di notte, nonostante una recente modifica nella prescrizione degli occhiali.

Questo paziente ha una storia di allergie e utilizza sostituti lacrimali saltuariamente per la gestione di sintomi di occhio secco. Anamnesi (oculare, personale e familiare) negativa, e non usa farmaci.

Risultati oculari

Diametro iride visibile (HVID): 11mm, PA = 10mm, PS (diametro pupillare in condizioni fotopiche) = 1,78mm

Tempo di rottura del film lacrimale (TBUT): 9 sec. (OO)

Retinoscopia: Retinoscopia con riflesso irregolare (movimento a forbice) con determinazione del punto neutro difficile a causa di un astigmatismo non ortogonale o irregolare e con la variazione dell’asse da secondo regola ad obliquo rispetto all’ ultima visita.

Acuità visiva: Corretta 6/7,5⁻²

Biomicroscopia: Cornea, congiuntiva, palpebre e ciglia:

Segni	Presente	Assente
Segno di Munson		■
Anello di Fleisher	■	
Strie di Vogt		■
Linee subepiteliali	■	
Nervi corneal evidenti	■	
Cicatrici corneali		■
Assottigliamento corneale	■	
Neovascolarizzazione		■
Iperemia congiuntivale	■	
Punteggiature corneal centrali		■
Punteggiature corneali periferiche		■
Blefarite	■	
Disfunzione delle ghiandole di Meibomio	■	

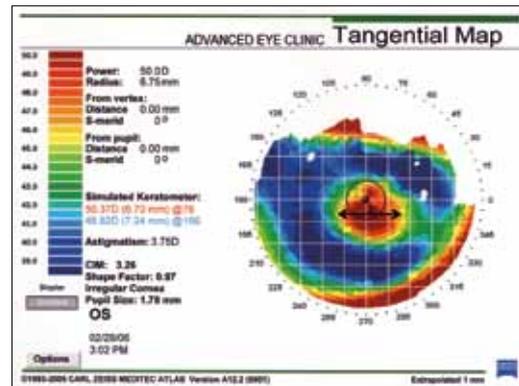


Figure 1: Topografia corneale

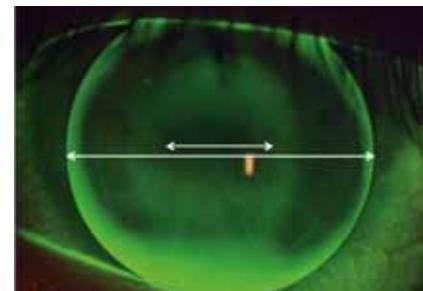


Figure 2: Pattern fluoroscopico

Topografia corneale:

Letture cheratometriche simulate (D, mm)	46,62 (7,24) @166 / 50,37 (6,7) @076
Astigmatismo corneale (D)	-3,75 x 166
Media delle letture cheratometriche	(D, mm) 48,50 (6,96)
Letture cheratometriche più stretta	(D) 50,00
Diametro della parte più curva del cono (mm)	2
Diametro del cono (mm)	4,5
Valori* "Q", "e" e "p"	0,97, 0,98, 0,03

*Q (asfericità) = e², e = eccentricità, p (fattore di forma) = 1-Q

Precedura applicativa

Primo passo: Determinazione della zona ottica posteriore/diametro totale (BOZD/LD)

Questo paziente presenta un cono iniziale centrale o "nipple". Con la progressione di questo cono (e con il suo aumento di curvatura), il diametro del cono diventerà più piccolo. Le lenti di prova che vengono scelte in questo caso presentano un BOZD variabile, dal momento che il BOZD è correlato al BOZR. La relazione fra il BOZD e il diametro del cono si tradurrà in una migliore corrispondenza tra la profondità della cornea e la profondità della lente misurata sulla corda della zona ottica.

Tipo di cono	Diametro del cono	Intervallo della BOZD	Intervallo del LD
Cono centrato: lieve	4,0 a 5,0mm	7,4 a 8,1mm	9,4 a 9,6mm

La seguente lente è stata scelta come lente di prova (Vedere Tabella 2, pagina 13).

Tipo di cono	Diametro del cono	Intervallo della BOZD	Intervallo del LD
Cono centrato: lieve	4,0mm	5,5mm	9,4mm

Secondo passo: Determinare il raggio della zona ottica posteriore (BOZR)

Il raggio della zona ottica posteriore è determinato prendendo in considerazione due parametri: in primo luogo, l'entità dell'astigmatismo corneale (tabella A) e in secondo luogo, la dimensione del BOZD (tabella B). Per convertire i millimetri (mm) in diottrie (D), utilizzare la seguente formula:

$$\frac{337,5}{\text{mm o D}} = D \text{ o mm}$$

(Vedere Appendice F: Tabella di conversione delle letture cheratometriche)

Tabella A: Astigmatismo corneale

ΔK (D)	BOZR (D) (TD 9,4 mm)
-0,25D a -3,75D	Meridiano più piatto (D) - 0,609 x (ΔK)
-4,00D a -7,50D	Meridiano più piatto (D) - 0,491 x (ΔK)*
-7,75D a -16,75D	Meridiano più piatto (D) - 0,354 x (ΔK)

*media dei parametri oftalmometrici per BOZD 7,4mm

Tabella B: Dimensione della BOZD

BOZD variabile	BOZR (mm)
3,0-3,7mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) - 0,4mm

3,8–4,9mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) – 0,35mm
5,0–6,1mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) – 0,3mm
6,2–7,3mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) – 0,2mm
7,4–8,0mm	media dei parametri oftalmometrici (mm)
> 8,1 BOZD	media dei parametri oftalmometrici (mm) + 0,2mm

Per questa geometria con zona centrale sferica TD di 9,4 mm e BOZD di 7,4 mm, il BOZR iniziale dovrebbe essere calcolato nel seguente modo:

ΔK (D)	BOZR (D) (TD 9,4/7,4 BOZD)
-3,75 D	media dei parametri oftalmometrici = 48,50D (6,96mm)

Terzo passo: Scelta della lente di prova

Vedere la Tabella 2, pagina 13 per visualizzare i parametri di lenti di prova in cui il diametro della zona ottica posteriore (BOZD) varia non solo con il diametro della lente (LD), ma anche con il raggio della zona ottica posteriore (BOZR). Quando il BOZR si riduce, il BOZD diminuisce di dimensione. La lente selezionata ha un BOZD più piccolo (5,5 invece di 7,4) e quindi il BOZR deve essere adeguato $(6,96 - 0,3\text{mm}) = 6,66$ millimetri. Fare riferimento alla Tabella B.

BOZR	BOZD	AEL periferico	Potere
6,66	5,50	"Standard"	-6,00D

Quarto passo: Controllare l'appoggio della lente

Il controllo del comportamento della lente deve prevedere la valutazione della posizione e del movimento con l'ammiccamento. L'immagine fluoroscopia viene valutata utilizzando un filtro blu cobalto e uno giallo Wratten # 12 che migliora la visibilità della fluorescenza. Vedere il diagramma di flusso, pagina 27. In questo caso, l'appoggio centrale era accettabile, ma l'appoggio periferico era troppo stretto. Ciò era dovuto all'elevata eccentricità di questa cornea e l'AEL della lente non garantiva un adeguato AEC.

	Iniziale	Modifiche
BOZR	6,66	nessuna
BOZD	5,50	nessuna
TD	9,40	nessuna
Periferia	(AEL) "Standard"	Piatto #2

Quinto passo: Sovrarefrazione/determinazione del potere

Eseguire una sovra rifrazione sulla lente di prova per prevedere il potere finale delle lenti a contatto. L'uso di un autorefrattometro può rivelarsi utile in questi casi, poiché vi è solitamente una piccola entità di astigmatismo residuo che è difficile da determinare con l'utilizzo del retinoscopio. L'autorefrattometro fornirà un punto di partenza abbastanza buono per effettuare la sovra rifrazione soggettiva. Il miglior valore sferico deve essere riportato al vertice corneale se il valore è $> -4,00D$ e il valore trovato aggiunto al potere delle lenti a contatto. Poiché gli eventuali astigmatismi residui sono

irregolari per la loro correzione non sono indicate geometrie toriche. Viene misurata l'acuità visiva ad alto contrasto.

Potere della lente	-6,00D
Sovrarefrazione (sfero-cil) (autorefrattometria)	-4,00/-1,25 x 152°
Miglior valore sferico	-5,00
Miglior valore sferico al vertice/acuità visiva	-4,75D 6/6 HCVA
Potere finale della lente = CL BVP + miglior valore sferico al vertice	-10,75D

Sesto passo: Ordinare la lente finale

L'ordine della lente dovrebbe includere:

Lente finale: rigide gas permeabili <input type="checkbox"/> sferiche <input type="checkbox"/> asferiche <input type="checkbox"/> multicurve								
Lab:				Nome della lente:				
	BOZR	SCR/W	PCR/W	Diametro	BOZD	Potere	CT	Colore
OD								
OS	6,66	Platto #2	Platto #2	9,4	5,5	-10,75	0,14	blu
Ulteriori informazioni: ___ lenticolare con un carrier positivo _____ raccordo flange ___ medio _____								
Commenti: _____ BOZR verrà ridotto di 0,1 mm a 6,55 mm e il potere sarà -11,25D previa verifica della lente per compensare la variazione della profondità della lente causata dalla periferia più piatta.								

Settimo passo: Consegna della lente e visite di controllo

Le lenti sono state ordinate con un materiale ad alto Dk per garantire la fisiologia della cornea e con il trattamento al plasma per migliorare la bagnabilità. Al paziente è stato detto di continuare ad utilizzare il sostituto lacrimale, mentre utilizza le lenti. Quando al paziente sono state fornite le lenti a contatto è stato verificato che le prestazioni visive corrispondevano a quelle trovate con le lenti di prova. Dopo due settimane la visita di controllo ha mostrato risultati eccellenti. I pazienti con cheratocono si vedono spesso nei primi tre mesi al fine di verificare se è necessario apportare modifiche ai parametri e al potere delle lenti. Sono consigliate visite regolari ogni di tre mesi al fine di controllare il comportamento della lente e la risposta fisiologica e ad intervalli di sei mesi per verificare la topografia corneale e la pachimetria.

Esempio di applicazione: Cono ovale (stadio avanzato)

Paziente JS, 49 anni, presentava sintomi di scarsa visione soprattutto di notte, in generale, non si sentiva in grado di vedere bene nonostante una recente modifica nella prescrizione per occhiali. Ha una storia di allergie e utilizza sostituti lacrimali saltuariamente per la gestione dei sintomi di occhio secco. Anamnesi (oculare, personale e familiare) negativa, e non usa farmaci.

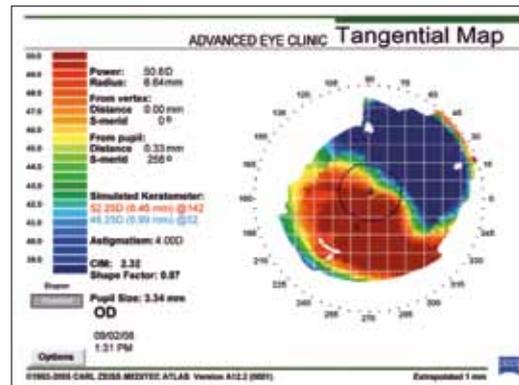


Figure 3: Topografia corneale

Parametri oculari

Diametro iride visibile (HIVD): 11,0mm, PA = 10mm, PS (diametro pupillare in condizioni fotopiche) = 3,34mm

Tempo di rottura del film lacrimale (TBUT): 8 sec. (OO)

Retinoscopia: Retinoscopia con riflesso Irregolare (movimento a forbice) con determinazione del punto neutro difficile a causa di un astigmatismo non ortogonale o irregolare e con la variazione dell'asse da secondo regola ad obliquo rispetto all'ultima visita.

Aciutà visiva: corretta 6/7,5⁻²

Biomicroscopia: Cornea, congiuntiva, palpebre e ciglia:

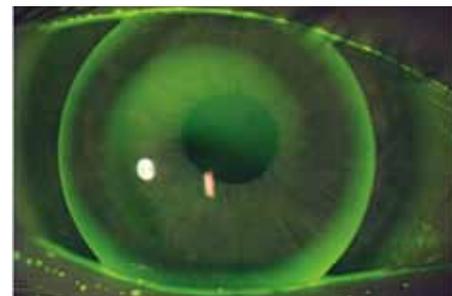


Figure 4: Pattern fluoroscopico

Segni	Presente	Assente
Segno di Munson	■	
Anello di Fleisher	■	
Strie di Vogt	■	
Linee subepiteliali	■	
Nervi corneal evidenti	■	
Cicatrici corneali		■
Assottigliamento corneale	■	
Neovascolarizzazione		■
Iperemia congiuntivale	■	
Punteggiature corneal centrali	■	
Punteggiature corneali periferiche		■
Blefarite		■
Disfunzione delle ghiandole di Meibomio	■	

Topografia corneale:

Letture cheratometriche simulate (D, mm)	48,25 (6,99) @052 / 52,25 (6,46) @142
Astigmatismo corneale (D)	-4,00 x 052
Media delle letture cheratometriche	(D, mm) 50,25 (6,7)
Lettura cheratométrica più stretta	(D) 54,00
Diametro della parte più curva del cono (mm)	5,5
Diametro del cono (mm)	6
Valori* "Q", "e" e "p"	0,87, 0,93, 0,07

*Q (asfericità) = e², e = eccentricità, p (fattore di forma) = 1-Q

Procedura applicativa

Primo passo: Determinazione della zona ottica posteriore/diametro totale (BOZD/LD)

Questo paziente ha un cono di tipo ovale avanzato. Con la progressione del cheratocono (e con il suo aumento di curvatura), il diametro del cono diventerà più grande. Le lenti di prova che vengono scelte in questo caso presentano un BOZD fisso, dal momento che il BOZD è più grande e non correlato al BOZR. La relazione fra il BOZD e il diametro del cono si tradurrà in una migliore corrispondenza tra la profondità della cornea e la profondità della lente misurata sulla corda della zona ottica.

Tipo di cono		Diametro del cono	Intervallo della BOZD	Intervallo del LD
Ovale	Avanzato	6,1 a 8,0mm	8,10 a 9,40mm	10,2a 11,2mm

E' stata scelta come prima lente di prova una lente multicurve con un TD di 10,4 millimetri e BOZD di 8,4 millimetri.

Secondo passo: Determinare il raggio della zona ottica posteriore (BOZR)

Il raggio della zona ottica posteriore è determinato prendendo in considerazione due parametri: in primo luogo, l'entità dell' astigmatismo corneale (tabella C) e in secondo luogo, la dimensione del BOZD (tabella D). Per convertire i millimetri (mm) in diottrie (D), utilizzare la seguente formula:

$$\frac{337,5}{\text{mm o D}} = \text{D o mm}$$

(Vedere Appendice F: Tabella di conversione delle letture cheratometriche)

Tabella C: Astigmatismo corneale

ΔK (D)	BOZD (D) (TD 9,4mm)
-0,25D a -3,75D	Meridiano più piatto (D) - 0,609 x (ΔK)
-4,00D a -7,50D	Meridiano più piatto (D) - 0,491 x (ΔK)*
-7,75D a -16,75D	Meridiano più piatto (D) - 0,354 x (ΔK)

*media dei parametri oftalmometrici per BOZD 7,4mm

Tabella D: Dimensione del BOZD

BOZD fisso/TD	BOZR (mm)
5,25–6,5/8,5–8,8mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) – 0,2mm
7,2–7,5/9,2–9,6mm	media dei parametri oftalmometrici (mm)
7,6–8,1/9,8–10,1mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) + 0,15mm
8,2–8,6/10,2–10,7mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) + 0,2 a 0,3mm
8,7–9,4/10,8–11,4mm	media dei parametri oftalmometrici (mm) + 0,4mm

Per questa geometria con zona centrale sferica TD di 9,4 mm e BOZD di 7,4 mm, il BOZR iniziale dovrebbe essere calcolato nel seguente modo:

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4LD/7,4 BOZD)
-4,00 D	media dei parametri oftalmometrici = 50,25D (6,7mm)

La lente scelta ha un BOZD più grande (8,4mm). Il BOZR dovrebbe essere modificato in:

ΔK (D)	BOZR (D) (TD 9,4 mm/ BOZD 7,4)	BOZR modificato
-4,00D	media dei parametri oftalmometrici = 50,25D (6,7mm)	media dei parametri oftalmometrici + 0,25mm (6,7 + 0,25) = 6,95mm

Terzo passo: Scelta della lente di prova

	TD 10,2–10,6																	
BOZR	7,94	7,76	7,58	7,42	7,18	7,11	7,03	6,96	6,89	6,82	6,75	6,68	6,62	6,55	6,49	6,37	6,25	6,14
BOZD	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
SC1	8,94	8,76	8,58	8,42	7,98	7,91	7,83	7,76	7,69	7,62	7,55	7,48	7,42	7,50	7,40	7,30	7,25	7,20
SCW1	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
SC2	10,15	10,10	10,00	9,80	8,98	8,91	8,83	8,76	8,69	8,62	8,55	8,48	8,42	8,55	8,40	8,30	8,25	8,20
SCW2	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
SC3	11,50	11,40	11,30	11,00	10,18	10,11	10,03	9,96	9,89	9,82	9,75	9,68	9,62	9,65	9,55	9,35	9,35	9,25
SCW3	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
PC	12,15	12,15	12,10	12,00	11,68	11,61	11,53	11,46	11,39	11,32	11,25	11,18	11,12	11,00	11,00	10,85	10,80	10,75
PCW	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60
AEL	0,245	0,266	0,287	0,303	0,310	0,319	0,349	0,361	0,373	0,386	0,400	0,415	0,457	0,486	0,501	0,538	0,591	0,644

Vedere la tabella superiore come un esempio di parametri di una lente multicurve con diametro della zona ottica posteriore (BOZD) fisso che varia solo con il diametro della lente (TD) (non con il raggio della zona ottica posteriore (BOZR). All'aumentare del diametro della lente, la BOZD aumenta . Si noti che il sollevamento assiale del bordo (AEL) aumenta con l'incremento della curvatura con conseguente incremento del valore dell'eccentricità. La lente di prova è.:

BOZR	BOZD/TD	AEL Periferico	Potere
6,95	8,4/10,4	0,36	-8,00D

Quarto passo: Controllare l'appoggio della lente

Il controllo del comportamento della lente deve prevedere la valutazione della posizione e del movimento con l'ammiccamento. L'immagine fluoroscopia viene valutata utilizzando un filtro blu cobalto e uno giallo Wratten # 12 che migliora la visibilità della fluorescenza. In questo caso, l'appoggio centrale era accettabile, ma l'appoggio periferico era troppo stretto. Ciò era dovuto all'elevata eccentricità di questa cornea e l'AEL della lente non garantiva un adeguato AEC. La lente sarà ordinata con un AEL periferico piatto di 0,2mm.

	Iniziale	Modifiche
BOZR	6,95	nessuna
BOZD	8,4	nessuna
TD	10,4	nessuna
(AEL) periferico	0,36	0,56

Quinto passo: Sovrarefrazione/determinazione del potere

Eeguire una sovra rifrazione sulla lente a contatto di prova per prevedere il potere finale delle lenti a contatto. L'uso di un autorefrattometro può rivelarsi utile in questi casi, poiché vi è solitamente una piccola entità di astigmatismo residuo che è difficile da determinare con l'utilizzo del retinoscopio. L'autorefrattometro fornirà un punto di partenza abbastanza buono per effettuare la sovra rifrazione soggettive. Il miglior valore sferico deve essere riportato al vertice corneale se il valore è $>-4,00D$ e il valore trovato aggiunto al potere delle lenti a contatto. Poiché gli eventuali astigmatismi residui sono irregolari per la loro correzione non sono indicate geometrie toriche. Viene misurata l'acuità visiva ad alto contrasto.

Potere della lente	-8,00D
Sovrarefrazione (sfero-cil) (autorefrattometria)	-6,00/-1,75 x 032
Miglior valore sferico	-7,00
Miglior valore sferico al vertice/acuità visiva	-6,25 6/6 acuità visiva ad alto contrasto
Potere finale della lente = CL BVP + miglior valore sferico al vertice	-14,25D

Sesto passo: Ordinare la lente finale

L'ordine della lente dovrebbe includere:

Lente finale: rigide gas permeabili <input type="checkbox"/> sferiche <input type="checkbox"/> asferiche <input type="checkbox"/> multicurve										
Lab:					Nome della lente:					
	BOZR	SCR/W			PCR/W	Diametro	BOZD	Potere	CT	Colore
OD	6,95	8,0/0,2, 9,76/0,2, 10,96/0,3			12,25/0,3	10,4	8,4	-14,25	0,16	blu
OS										
Ulteriori informazioni: ___ lenticolare con un carrier positivo _____ raccordo flange ___ medio _____ Aggiungere un segno identificativo alla lente destra _____										
Commenti: _____ AEL = 0,561 _____										

Settimo passo: Consegna della lente e visite di controllo

Le lenti sono state ordinate con un materiale ad alto Dk per garantire la fisiologia della cornea e con il trattamento al plasma per migliorare la bagnabilità. Al paziente è stato detto di continuare ad utilizzare il sostituto lacrimale, mentre utilizza le lenti. Quando al paziente sono state fornite le lenti a contatto è stato verificato che le prestazioni visive corrispondevano a quelle trovati con le lenti di prova. Dopo due settimane la visita di controllo ha mostrato risultati eccellenti. I pazienti con cheratocono si vedono spesso nei primi tre mesi al fine di verificare se è necessario apportare modifiche ai parametri e al potere delle lenti. Sono consigliate visite regolari ogni tre mesi al fine di controllare il comportamento della lente e la risposta fisiologica e ad intervalli di sei mesi per verificare la topografia corneale e la pachimetria.

Appendice F: Tabella di conversione delle letture cheratometriche

Per convertire il raggio da millimetri (mm) a diottrie (D), utilizzare la seguente formula: $\frac{337,5}{\text{mm o D}} = \text{D o mm}$

mm a D

mm	D	mm	D
4,70	71,81	6,65	50,75
4,75	71,05	6,70	50,37
4,80	70,31	6,75	50,00
4,85	69,59	6,80	49,63
4,90	68,88	6,85	49,27
4,95	68,18	6,90	48,91
4,75	71,05	6,95	48,56
4,80	70,31	7,00	48,21
4,85	69,59	7,05	47,87
4,90	68,88	7,10	47,54
4,95	68,18	7,15	47,20
5,00	67,50	7,20	46,88
5,05	66,83	7,25	46,55
5,10	66,18	7,30	46,23
5,15	65,53	7,35	45,92
5,20	64,90	7,40	45,61
5,25	64,29	7,45	45,30
5,30	63,68	7,50	45,00
5,35	63,08	7,55	44,70
5,40	62,50	7,60	44,41
5,45	61,93	7,65	44,12
5,50	61,36	7,70	43,83
5,55	60,81	7,75	43,55
5,60	60,27	7,80	43,27
5,65	59,73	7,85	42,99
5,70	59,21	7,90	42,72
5,75	58,70	7,95	42,45
5,80	58,19	8,00	42,19
5,85	57,69	8,05	41,93
5,90	57,20	8,10	41,67
5,95	56,72	8,15	41,41
6,00	56,25	8,20	41,16
6,05	55,79	8,25	40,91
6,10	55,33	8,30	40,66
6,15	54,88	8,35	40,42
6,20	54,44	8,40	40,18
6,25	54,00	8,45	39,94
6,30	53,57	8,50	39,71
6,35	53,15	8,55	39,47
6,40	52,73	8,60	39,24
6,45	52,33	8,65	39,02
6,50	51,92	8,70	38,79
6,55	51,53	8,75	38,57
6,60	51,14	8,80	38,35

D a mm

D	mm	D	mm	D	mm
38,00	8,88	49,00	6,89	60,00	5,63
38,25	8,82	49,25	6,85	60,25	5,60
38,50	8,77	49,50	6,82	60,50	5,58
38,75	8,71	49,75	6,78	60,75	5,56
39,00	8,65	50,00	6,75	61,00	5,53
39,25	8,60	50,25	6,72	61,25	5,51
39,50	8,54	50,50	6,68	61,50	5,49
39,75	8,49	50,75	6,65	61,75	5,47
40,00	8,44	51,00	6,62	62,00	5,44
40,25	8,39	51,25	6,59	62,25	5,42
40,50	8,33	51,50	6,55	62,50	5,40
40,75	8,28	51,75	6,52	62,75	5,38
41,00	8,23	52,00	6,49	63,00	5,36
41,25	8,18	52,25	6,46	63,25	5,34
41,50	8,13	52,50	6,43	63,50	5,31
41,75	8,08	52,75	6,40	63,75	5,29
42,00	8,04	53,00	6,37	64,00	5,27
42,25	7,99	53,25	6,34	64,25	5,25
42,50	7,94	53,50	6,31	64,50	5,23
42,75	7,89	53,75	6,28	64,75	5,21
43,00	7,85	54,00	6,25	65,00	5,19
43,25	7,80	54,25	6,22	65,25	5,17
43,50	7,76	54,50	6,19	65,50	5,15
43,75	7,71	54,75	6,16	65,75	5,13
44,00	7,67	55,00	6,14	66,00	5,11
44,25	7,63	55,25	6,11	66,25	5,09
44,50	7,58	55,50	6,08	66,50	5,08
44,75	7,54	55,75	6,05	66,75	5,06
45,00	7,50	56,00	6,03	67,00	5,04
45,25	7,46	56,25	6,00	67,25	5,02
45,50	7,42	56,50	5,97	67,50	5,00
45,75	7,38	56,75	5,95	67,75	4,98
46,00	7,34	57,00	5,92	68,00	4,96
46,25	7,30	57,25	5,90	68,25	4,95
46,50	7,26	57,50	5,87	68,50	4,93
46,75	7,22	57,75	5,84	68,75	4,91
47,00	7,18	58,00	5,82	69,00	4,89
47,25	7,14	58,25	5,79	69,25	4,87
47,50	7,11	58,50	5,77	69,50	4,86
47,75	7,07	58,75	5,74	69,75	4,84
48,00	7,03	59,00	5,72	70,00	4,82
48,25	6,99	59,25	5,70	70,25	4,80
48,50	6,96	59,50	5,67	70,50	4,79
48,75	6,92	59,75	5,65	70,75	4,77

Appendice G : Tavole di conversione:
Scale di Misura dell'Acuità Visiva per Lontano

Snellen (ft.)	Snellen (m.)	LogMar	minuti d'arco
20/200	6/60	1,0	0,1
20/160	6/48	0,9	0,125
20/100	6/30	0,8	0,2
20/80	6/24	0,7	0,25
20/70	6/23	0,6	0,28
20/63	6/18	0,5	0,32
20/50	6/15	0,4	0,4
20/40	6/12	0,3	0,5
20/32	6/9	0,2	0,64
20/25	6/7,5	0,1	0,8
20/20	6/6	0,0	1,0



Centre for Contact Lens Research

School of Optometry, University of Waterloo

200 University Avenue West

Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1

519 888-4742

<http://cclr.uwaterloo.ca>