

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

Adattamento di lenti a contatto rigide gas permeabili post-cheratoplastica

Relatori:

Prof. Stanislao Reppucci

Candidato:

Giuseppe Palmieri
M44000474

A.A. 2018/2019

Indice

Introduzione	5
1. ANATOMIA DELLA SUPERFICIE OCULARE ANTERIORE	6
1.1 Cornea	6
1.3 Sclera	9
1.3 Congiuntiva	9
1.4 Patologie corneali	9
1.4.1 Distrofie corneali	9
1.4.2 Cheratopatia bollosa	11
1.4.3 Cheratocono	12
1.4.4 Cheratiti	13
2. CHERATOPLASTICA	15
2.1 Cheratoplastica perforante (PK)	16
2.2 Cheratoplastica lamellare (LK)	17
2.2.1 Tecniche chirurgiche	17
3. STRUMENTAZIONE	19
3.1. Biomicroscopio	19
3.2. Topografo corneale	20
4. ANALISI PRE-APPLICATIVE	22
4.1. Anamnesi	22
4.2. Refrazione	22
4.3. Valutazione del film lacrimale	23
4.4. Parametri corneali	24
4.5. Decorso post-operatorio	24
5. LENTI A CONTATTO SPECIALI	25
5.1. Principali materiali rgp	25
5.2. Geometria lente a contatto	27
5.3. Geometrie speciali	28
5.3.1. Lenti KA4-Reverse	28
5.3.2. Lenti Quadro	29
5.3.3. Lenti sclerali	30
5.4. Tecniche applicative	31
5.4.1. Adattamento Contour	31
5.4.2. Adattamento Contour modificato	31
5.4.3. Adattamento con lenti KA4-Reverse	32

5.4.4.	Adattamento con lenti QUADRO	33
5.4.5.	Adattamento con lenti sclerali	33
5.4.6.	Adattamento Piggyback	35
5.4.7.	Adattamento con lenti ibride	35
5.4.8.	Adattamento su cornea prolata	36
5.5.	Valutazioni post-adattamento	36
5.6.	Complicanze post-adattamento	37
5.6.1.	Neovascolarizzazione	37
5.6.2.	Abrasioni corneali	38
5.6.3.	Warpage corneale	39
5.6.4.	Dellen	39
6.	CASE REPORTS	40
	Case report 1	40
	Case report 2	42
	Case report 3	44
	Conclusioni	46
	Bibliografia	47
	Sitografia	48

Introduzione

Questo lavoro di tesi nasce dalla voglia di approfondire l'adattamento di lenti a contatto speciali su cornee chirurgicamente modificate. Tutte le patologie che provocano una grave alterazione della trasparenza della cornea e conducono alla riduzione del visus richiedono l'intervento di cheratoplastica che consiste nella sostituzione parziale della cornea danneggiata. Spesso dopo l'intervento chirurgico il medico oculista per il recupero della completa funzionalità visiva, con la stretta collaborazione del contattologo, prescrive lenti a contatto su cornee trapiantate. In questi casi il contattologo, nonostante le difficoltà applicative, usufruisce oggi di nuove geometrie di lenti a contatto, materiali altamente gas permeabili, e nuove tecniche costruttive grazie ai moderni torni a controllo numerico che consentono di affrontare i casi più complessi. L'obiettivo finale è quello di ottenere il massimo visus possibile, il rispetto dei tessuti corneali e il confort prolungato nel tempo. Di seguito affronteremo tutti gli aspetti che ci aiutano a comprendere la struttura corneale, le patologie che portano al trapianto di cornea e l'applicazione di lenti a contatto speciali post-cheratoplastica. Vedremo alcuni casi da me trattati in collaborazione di esperti nel centro di applicazione Ascon di Avellino, dove ho avuto la possibilità di effettuare l'adattamento di lenti a contatto su portatori reali. Tale esperienza ha reso possibile la stesura di questo lavoro.

Il lavoro di tesi è suddiviso in 6 capitoli.

Nel **1° Capitolo** introduciamo la struttura della superficie oculare anteriore e le patologie che portano all'opacità o perforazione della cornea e quindi ad un quasi obbligato trapianto.

Nel **2° Capitolo** classifichiamo i due principali tipi di cheratoplastica, specificando nel caso della cheratoplastica lamellare le differenti tecniche chirurgiche adoperate nella moderna medicina.

Nel **3° Capitolo** presentiamo gli strumenti ottici che ci saranno utili per effettuare i test pre e post applicativi. Il primo è il biomicroscopio utile ad osservare il segmento anteriore e ad analizzare il film lacrimare, oltre a valutare le immagini in fluoresceina post-adattamento. Il secondo è il topografo corneale, fondamentale per rilevare i parametri corneali post-cheratoplastica.

Nel **4° Capitolo** elenchiamo una serie di valutazioni pre-applicative effettuate mediante l'utilizzo della strumentazione presentata nel capitolo precedente.

Nel **5° Capitolo** introduciamo le lenti a contatto speciali da utilizzare in caso di cheratoplastica, indicando le tecniche di adattamento possibili a seconda del caso.

Nel **6° Capitolo** illustriamo tre *case reports* studiati durante la stesura del lavoro di tesi, per approfondire la tematica e dimostrare che quanto detto è applicabile a casi reali.

1. ANATOMIA DELLA SUPERFICIE OCULARE ANTERIORE

1.1 Cornea

La cornea è il mezzo diottrico più potente del **sistema ottico visivo** ed ha un diametro totale di circa 11,5 mm in verticale e 12 mm in orizzontale. Il suo potere totale convergente si aggira intorno alle **43 diottrie** ed è in funzione della sua struttura e del suo raggio di curvatura. La sua faccia posteriore ha un raggio di curvatura medio di circa 7,8 mm con un potere di circa +48 diottrie, mentre la sua faccia anteriore ha un raggio di curvatura di circa 6,5 mm con un potere diottrico di circa -5 diottrie. Questi raggi di curvatura non sono uguali su tutti i meridiani nella sua parte periferica, mentre nella zona ottica centrale, che risulta essere di un diametro di circa 4 mm e spessa tra i 520-540 μm , dovrebbe risultare perfettamente sferica. Il suo indice di rifrazione è 1,376.

La cornea rappresenta il segmento anteriore della **tonaca fibrosa** del bulbo oculare ed è separata dalla sclera da una piccola area di transizione chiamata **limbus sclerocorneale**, dove raggiunge il suo massimo spessore di circa 1 mm. Essa è una membrana trasparente ed è priva di vasi sanguigni, trae nutrimento dall'umor acqueo che è a diretto contatto con la faccia posteriore della cornea, che insieme al corpo ciliare e all'iride delimita la camera anteriore del bulbo oculare. Anteriormente la cornea è bagnata dal **film lacrimale**, fluido prodotto dalle ghiandole lacrimali necessario per il nutrimento e il ricambio dei prodotti metabolici che si depositano su di essa, inoltre conferisce specularità alla superficie corneale e la protegge dalle abrasioni.

È il tessuto più densamente innervato di tutto il corpo umano e questo comporta una forte sensibilità, specialmente in condizioni patologiche come abrasioni e cheratopatia bollosa dove sono presenti fenomeni come dolore intenso, fotofobia e lacrimazione riflessa.

La cornea è formata da cinque strati principali sovrapposti, negli ultimi anni è stato individuato un sesto strato situato tra lo stroma e la membrana di Descemet chiamato strato di Dua o strato pre-Descemet. Prende il suo nome dal Prof. **Harminder Singh Dua**, che a capo di un team di ricerca presso l'Università di Nottingham lo ha scoperto nel 2013 durante una ricerca sulle nuove tecniche di trapianto corneale. Questa nuova scoperta ha un'importante rilevanza nell'ambito della chirurgia oculare in caso di trapianto di tipo lamellare. Descriviamo ora gli strati corneali, che dal più esterno a quello più interno sono:

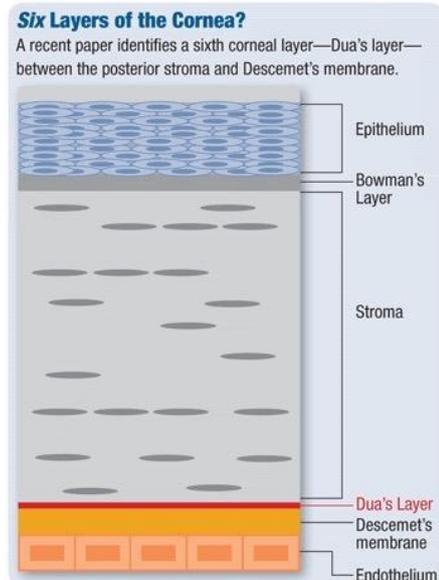


Figura 1: rappresentazione degli strati della cornea, compreso lo strato di Dua recentemente scoperto.

- 1. Epitelio corneale:** è lo strato più superficiale della cornea con uno spessore di circa 50 μm , costituito da cellule pavimentose stratificate, in superficie appiattite, unite tra loro da zonulae occludens, provviste di microvilli e di sistemi di creste apicali; nel citoplasma vi sono mitocondri, scarso reticolo endoplasmatico rugoso e una matrice con filamenti intermedi. L'epitelio corneale è molto sensibile (riflesso corneale), infatti è provvisto di numerose terminazioni nervose libere della branca oftalmica del nervo trigemino, scarsamente mielinizzate per non ostacolare il percorso dei raggi luminosi. In caso di lesione, sono le cellule basali che vanno incontro a mitosi e che colmano le soluzioni di continuo, oltre che provvedere al permanente rinnovamento cellulare.
- 2. Membrana di Bowman (lamina elastica anteriore):** spessa circa 12 μm forma il secondo strato della cornea, molto resistente è posto sotto l'epitelio, da cui si separa difficilmente. È formata da fibre collagene di tipo 1 e 3, immerse in una matrice di proteoglicani e disposte in maniera casuale in continuazione con quelle dello stroma anteriore. A differenza dell'epitelio, la membrana di Bowman non ha la proprietà di rigenerarsi in seguito ad un trauma, questo può provocare una cicatrice da fibrosi dopo una lesione.

- 3. Stroma (sostanza propria):** è lo strato più spesso della cornea con i suoi 500 μm , è un tessuto connettivo i cui fasci di fibre di collagene formano strati di lamelle disposte su più piani e in ogni piano i fasci cambiano direzione. Le lamelle sono unite da uno scambio di fibre e a tenere insieme le formazioni fibrillari provvede la sostanza fondamentale con proteoglicani e cheratansolfato; si trovano anche fibroblasti e linfociti che provengono dalla vascolarizzazione periferica della cornea.
- 4. Strato di Dua (strato pre-Descemet):** è uno strato acellulare che misura tra i 6-15 μm di spessore, formato da sottili fasci di collagene saldamente legati tra loro che lo rendono impermeabile all'aria ed estremamente resistente.
- 5. Membrana di Descemet (lamina elastica posteriore):** con uno spessore variabile tra 8-10 μm è la membrana basale dell'epitelio corneale, tende ad ispessirsi proporzionalmente all'età. Aderisce lassamente alla sostanza propria, ha una struttura amorfa formata da un reticolo sottile ed è priva di cellule. La sua elasticità è dovuta alla particolare disposizione delle sue fibre di collagene e glicoproteine. È uno strato duro che resiste alla degradazione enzimatica.
- 6. Endotelio corneale:** è il sesto e più profondo strato della cornea, composto da un singolo strato di cellule esagonali che guardano verso la camera anteriore, sono cellule endoteliali, pavimentose, tenute insieme da zonulae occludens in modo discontinuo, tale da consentire il continuo scambio nutritizio con la camera anteriore attraverso il liquido da essa contenuto, l'umor aqueo. La sua principale funzione è quella di mantenere la cornea trasparente tenendo costante il livello di disidratazione dello stroma.

1.3 Sclera

La sclera rappresenta la parte più estesa della **tonaca fibrosa**, e come abbiamo precedente scritto, è separata dalla cornea dal limbus sclero-corneale. Il suo è un tessuto opaco spesso circa 0,8 mm al limbus fino ad arrivare a circa 1,0 mm in prossimità del nervo ottico. In media il raggio della sclera misura 13,0 mm, tenendo presente che non è uguale su tutti i meridiani. La sclera risulta essere relativamente inattiva metabolicamente, provvista di pochi vasi sanguigni e nervi, presenta una minore sensibilità rispetto alla cornea. Il suo strato più spesso è lo stroma sclerale, formato da fibre di collagene intrecciate, ciò permette alla sclera di essere estremamente resistente.

1.3 Congiuntiva

La congiuntiva è una **membrana trasparente mucosa** costituita da tessuto connettivo vascolare lasso, per questo motivo è priva di una struttura propria e segue il profilo sclerale. La sua struttura lassa le consente di muoversi liberamente rispetto al bulbo oculare. È costituita dallo strato epiteliale e quello stromale, infatti a livello del limbus, i molteplici strati corneali si continuano nei 10-15 strati epiteliali della congiuntiva che si spingono fino alla superficie interna delle palpebre. La congiuntiva inoltre si divide in congiuntiva bulbare e congiuntiva palpebrale a seconda del tessuto che riveste.

1.4 Patologie corneali

Le patologie corneali che tratteremo sono quelle che provocano una **opacità** o una **perforazione** della cornea impedendo il normale passaggio di luce e costringendo il soggetto a sottoporsi ad un trattamento chirurgico come il trapianto di cornea. Le principali patologie che conducono a cheratoplastica sono le distrofie corneali, la cheratopatia bollosa e il cheratocono in stadio avanzato, oltre alle patologie di tipo infettivo.

1.4.1 Distrofie corneali

La distrofia corneale è una patologia della cornea principalmente ereditaria con tratti autosomici dominanti. Solitamente è bilaterale, simmetrica e localizzata il più delle volte nella zona centrale della cornea. È una malattia precoce, si presenta tra i 10 e i 20 anni, e ha uno sviluppo lento e stabile nel tempo. La maggior parte delle distrofie corneali colpisce principalmente un solo strato della cornea, sono dolorose e non in tutti i casi portano ad un'acuità visiva debilitante. La diagnosi si effettua con una topografia corneale ed un accurato esame in lampada a fessura valutando attentamente i vari strati della cornea.

La **distrofia della membrana basale dell'epitelio (EBMD)**, nota anche come distrofia di **Cogan**, genera delle lesioni localizzate generalmente al centro e possono avere varie forme. È possibile osservarle in lampada a fessura con la tecnica della retroilluminazione. L'erosione corneale che si verifica provoca un dolore acuto, fotofobia e perdita di acuità visiva causata dall'insorgenza di un astigmatismo irregolare. La maggior parte dei soggetti mantiene una buona visione, mentre nei casi più gravi il visus può scendere al di sotto dei 4/10. L'EBMD oltre ad essere ereditaria può anche presentarsi a seguito di un'infezione o di un intervento chirurgico. Nel caso in cui il trattamento farmacologico dovesse fallire, si prende in considerazione l'intervento di cheratectomia fotorefrattiva (PTK).

La **distrofia anteriore a mosaico** della membrana di Bowman è tra le più lievi rispetto a quelle che colpiscono gli altri strati della cornea, dovuta all'utilizzo di lenti a contatto e non ad una vera e propria distrofia, crea delle erosioni che ricordano la pelle di cocodrillo e non è consigliato alcun trattamento.

La **distrofia di Reis-Buckler** si presenta con un'opacizzazione dello stroma superficiale. È una condizione bilaterale a cui sono associate ricorrenti erosioni epiteliali accompagnate da forti dolori. La cornea diventa ruvida e irregolare a seguito delle cicatrizzazioni del tessuto della membrana di Bowman. Nei casi più gravi dove si ha una forte perdita di visus, la cheratectomia del tessuto cicatrizzato è considerata risolutiva insieme alla cheratoplastica.

Nel caso di **distrofia stromale** ereditaria congenita, che provoca un'opacità nella zona centrale dello stroma non progressiva, è necessario ricorrere a cheratoplastica entro i primi due mesi di vita, consentendo così il naturale sviluppo delle abilità visive del neonato.

La **distrofia granulare** colpisce anch'essa lo stroma ed è caratterizzata da macchie bianche traslucide, di diametro tra i 0,2 e i 0,4 mm, posizionate in maniera casuale. Si presenta durante il primo decennio di vita e progredisce nel corso del tempo fino a raggiungere altri strati della cornea, facendo calare drasticamente il visus sotto 1/10. Anche in questo caso è opportuno intervenire con cheratoplastica.

La **distrofia corneale di Fher** presenta delle opacità stromali di colore grigio e bianco che partono dalla zona centrale dello stroma superficiale per poi estendersi fino all'endotelio all'altezza del limbus entro i primi 20 anni di vita. Questa patologia è correlata alla presenza di erosioni secondarie e alla distrofia di Fuchs. Nei casi più gravi è necessaria una cheratoplastica.

La **distrofia dello strato di Dua** si manifesta con opacità punteggiate o filamentose di colore grigio, è spesso correlata a casi di cheratocono e si presenta tra i 40 e i 70 anni.

La **cornea guttata** consiste nell'accumulo di collagene nella parte posteriore della membrana di Descemet. Nei casi più gravi è accompagnata da edema con una progressiva perdita di cellule endoteliali. Le cellule restanti possono diventare

cinque volte più grandi delle loro normali dimensioni. I soggetti che non presentano edema corneale sono asintomatici e non vanno trattati.

La **distrofia endoteliale di Fuchs** è caratterizzata da cornea guttata. È inoltre associata ad edema stromale ed epiteliale variabile che può provocare bolle e microcisti. Si verifica solitamente dopo i 50 anni e l'aumento progressivo di edema corneale provoca un forte calo dell'acuità visiva, in questo caso la cheratoplastica lamellare profonda può essere un'ottima alternativa alla cheratoplastica perforante a tutto spessore.

1.4.2 Cheratopatia bollosa

La cheratopatia bollosa è una patologia corneale causata da un precedente edema della cornea avanzato, derivante dall'incapacità dell'endotelio corneale di mantenere lo stato stromale normalmente disidratato. La maggior parte delle volte è dovuta alla **distrofia endoteliale di Fuchs**, rendendola sintomatica entro l'età di 50-60 anni, o a un trauma endoteliale corneale, che può verificarsi nel corso di chirurgia intraoculare (asportazione di cataratta) oppure dopo l'inserimento di una lente intraoculare mal progettata o mal posizionata. Le **bolle**, che periodicamente si rompono e si riformano, insieme alla tumefazione dello stroma corneale possono essere osservati all'esame con lampada a fessura. È una patologia estremamente dolorosa anche nei casi più moderati. Il trapianto di cornea, nei casi più gravi dove c'è perdita di trasparenza, è in genere risolutivo.

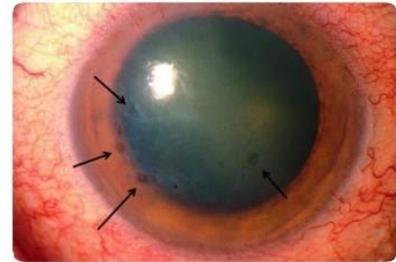


Figura 2: immagine al biomicroscopio di bolle provocate da cheratopatia bollosa

1.4.3 Cheratocono



Figura 3: profilo corneale affetto da cheratocono.

Viene definito come una **distrofia corneale ectasica**, non infiammatoria, caratterizzata da un lento e progressivo assottigliamento e sfiancamento della porzione centrale della cornea che tende ad aumentare di curvatura. La prima struttura ad essere interessata sembra essere la membrana basale dell'epitelio, successivamente coinvolge la

membrana di Bowman e lo stroma con la presenza di idrope acuta, mentre lo strato più profondo, l'endotelio, rimane inalterato fino al raggiungimento degli stadi finali della patologia. Si presenta solitamente in età adolescenziale, secondo alcuni studi con un'incidenza dello 0,06% della popolazione, inizialmente appare molto evidente in un solo occhio ma di solito è bilaterale.

È una patologia progressiva e tende a stabilizzarsi nell'arco di 1-2 decenni. La sua diagnosi avviene mediante oftalmometria dove le mire riflesse appaiono a forma di **"forbice"** oppure con l'utilizzo di strumenti più sofisticati come il topografo corneale che evidenzia la tipica forma a cono che assume la cornea accompagnata da alti valori di eccentricità. Il cheratocono viene classificato generalmente in quattro stadi sia secondo aspetti topografici e sia per la morfologia del cono osservata in lampada a fessura, prenderemo in considerazione la classificazione secondo Krumeich, che sembra essere la più completa:

Classificazione secondo **Krumeich**:

I STADIO

- Sfiancamento della cornea
- Miopia ed astigmatismo indotti < 5 diottrie
- Raggio medio corneale < 48 diottrie
- Strie di Vogts
- Assenza di cicatrici corneali

II STADIO

- Miopia e/o astigmatismo indotti compresi fra 5 e 8 diottrie
- Raggio medio corneale < 53 diottrie
- Assenza di cicatrici corneali centrali
- Spessore corneale > 400 μm

III STADIO

- Miopia e/o astigmatismo indotti compresi fra 8 e 10 diottrie
- Raggio medio corneale > 53 diottrie
- Assenza di cicatrici corneali
- Spessore corneale compreso tra 200-400 μm

IV STADIO

- Refrazione non determinabile
- Raggio medio corneale > 55 diottrie
- Presenza di cicatrici corneali; perforazione
- Spessore centrale < 200 μm

La correzione dei difetti visivi che si verificano si basano sull'utilizzo di lenti a tempiale per i primi stadi, qualora non si dovesse più raggiungere un buon visus con questa soluzione è opportuno passare all'utilizzo di lenti a contatto rigide gas permeabili con geometrie dedicate. Nei casi più gravi laddove la patologia raggiunge gli ultimi stadi sopraelencati, c'è una sostanziale perdita di trasparenza e un forte rischio di perforazione che costringe ad un immediato trapianto di cornea.

1.4.4 Cheratiti

Oltre alle patologie genetiche ed ereditarie, esistono patologie causate da un cattivo utilizzo e manutenzione delle lenti a contatto oppure innescate da agenti patogeni come virus, batteri e funghi. Tra di esse sono molto comuni le cheratiti, consistono in un'**infiammazione della cornea** che provocano arrossamento, generato dalla ramificazione dei vasi sanguigni che dal limbus si spingono fino all'interno dei tessuti della cornea, accompagnato dalla formazione di tessuto fibroso negli strati al di sotto dell'epitelio (condizione definita "**panno corneale**")

con conseguente perdita di trasparenza, abbassamento del visus, dolore e fotofobia. Spesso associata alla presenza di edema corneale, mentre nei casi più gravi è possibile constatare una perdita di tessuto a forma di cratere (ulcera corneale con alto rischio di perforazione), successivamente le cicatrizzazioni di queste lesioni potrebbero compromettere gravemente il naturale passaggio di luce, costringendo il soggetto a sottoporsi al trapianto corneale.

L'infezione da virus dell'**Herpes simplex (HSV)** rappresenta una delle cause più frequenti che generano cheratite. Seguono le infezioni corneali di tipo batterico che possono essere causate da uno svariato numero di microrganismi Gram positivi e Gram negativi. Le cheratiti micotiche, invece, si presentano molto raramente con una percentuale che varia dal 15 al 25 % nei casi in cui c'è la presenza di ulcere corneali.



Figura 4: immagine al biomicroscopio di una cheratite in atto.

2. CHERATOPLASTICA

Per cheratoplastica o trapianto corneale si intende l'intervento chirurgico che consiste nella sostituzione del tessuto di cornea malato con una cornea sana proveniente da un donatore. Il tessuto del donatore deve essere rimosso entro 12-24 ore dal decesso e successivamente le cornee vengono conservate in apposite **"banche degli occhi"**. Il trapianto trova indicazioni in tutte quelle situazioni nelle quali la cornea perde la sua trasparenza.



Figura 5: immagine al biomicroscopio del profilo di una cornea trapiantata.

Esistono principalmente due tecniche utilizzate in casi diversi, la **cheratoplastica perforante (PK)** che prevede l'asportazione e l'inserimento di un innesto corneale nella sua totalità, ovvero a tutto spessore corneale, mentre nella **cheratoplastica lamellare (LK)**, che a sua volta si divide in numerose tecniche chirurgiche, prevede l'asportazione di uno o più strati della cornea inserendo un innesto che sostituisce gli strati rimossi. La totale assenza di vasi sanguigni nel tessuto corneale abbassa notevolmente le possibilità di rigetto. La stragrande maggioranza delle complicanze post-operatorie riguardano l'elevato astigmatismo residuo che si genera.

Dopo aver osservato attentamente le cause più frequenti che portano al trapianto di cornea in generale, ora osserviamo nello specifico quale dei due trattamenti chirurgici prevedono le varie patologie corneali.

Cheratoplastica perforante:

- Cheratocono
- Distrofie corneali
- Cicatrici estese
- Causticazioni
- Traumi perforanti
- Scompensi corneali post-chirurgia
- Opacità congenite
- Retrapianto
- Ulcerazioni croniche
- Cheratiti virali e interstiziali

Cheratoplastica lamellare:

- Distrofie corneali superficiali
- Cicatrici traumatiche superficiali
- Assottigliamento corneale con rischio perforazione
- Tumori superficiali
- Lesioni congenite

2.1 Cheratoplastica perforante (PK)

La cheratoplastica perforante è la più antica tecnica di trapianto corneale, introdotta per la prima volta dall'oftalmologo polacco **Eduard Zirm** nel 1905, da allora questo intervento ha subito notevoli sviluppi. Ancora oggi è la tecnica più utilizzata e consiste nella sostituzione in toto della cornea. È la procedura appropriata per quelle malattie che coinvolgono tutti gli strati della cornea, compresi quelli più profondi.

Il chirurgo utilizza tecniche di incisione manuali a guida meccanica o automatizzata (con l'utilizzo di appositi laser).

Il diametro dell'innesto del donatore misura circa 7,5 mm di diametro che dovrà essere circa 0,25 mm più grande rispetto al diametro della cornea rimossa. Innesti più piccoli possono dare un ancor più elevato astigmatismo residuo, mentre innesti più grandi possono provocare un aumento della IOP¹.

L'innesto può essere fissato sia con **tecniche di sutura interrotte** e sia con **tecniche di sutura continue** o, nel caso fosse necessario, con una combinazione di entrambe le tecniche. La rimozione di queste suture è prevista dopo un lasso di tempo non inferiore ai **12-18 mesi**, tempo che occorre alla cornea donatrice per assestarsi completamente, nel caso di soggetti anziani può essere richiesto maggior tempo prima di rimuovere le suture. Invece nel caso in cui dovesse esserci una rottura di singole o più suture prima del tempo previsto vanno

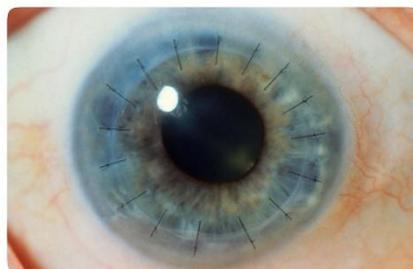


Figura 6: tecniche di sutura a confronto. In alto una tecnica di sutura interrotta. In basso una tecnica di sutura continua.

¹ IOP: pressione intra oculare.

immediatamente rimosse, non appena vengono identificate, per evitare il rischio di **rigetto**.

La terapia post-operatoria prevede l'instillazione di steroidi topici ogni 2 ore, con progressiva diminuzione della frequenza di applicazione a seconda dell'evoluzione del quadro clinico e dei rischi di rigetto previsti. Bisogna inoltre controllare periodicamente la IOP che può variare a seguito di cheratoplastica.

Le complicanze possono essere molteplici e possono presentarsi in momenti differenti, quelle visibili immediatamente dopo l'operazione sono correlate a difetti epiteliali persistenti, suture allentate o sporgenti, uveite, aumento della IOP e rottura traumatica dell'innesto. Quelle che si presentano durante il decorso post-operatorio possono essere presenza di **elevato astigmatismo**, recidiva della patologia pre-operatoria, deiscenza della ferita, formazione della membrana retrocorneale, glaucoma e rigetto.

2.2 Cheratoplastica lamellare (LK)

È la più moderna tecnica di cheratoplastica, consente il trapianto selettivo degli strati malati della cornea preservando il tessuto sano. Per questo motivo non è applicabile per tutte le patologie corneali come abbiamo già visto. Negli ultimi decenni questa tecnica ha subito una forte evoluzione rivelandosi molto utile guadagnando l'attenzione della stragrande maggioranza degli oftalmologi.

A sua volta la cheratoplastica lamellare si suddivide in numerose tecniche, più o meno nuove, che hanno rivoluzionato il trattamento di patologie superficiali migliorando i tempi di recupero e i risultati visivi. Con questa tecnica è possibile conservare intatte la maggior parte delle terminazioni nervose della cornea, questo implica l'utilizzo di un minor numero di suture che a loro volta generano un minore astigmatismo residuo e riducono il rischio di rottura traumatica.

2.2.1 Tecniche chirurgiche

La suddivisione dei vari tipi di chirurgia lamellare varia a seconda degli strati interessati e delle tecniche utilizzate.

Le tecniche più utilizzate in ordine temporale sono: la **cheratoplastica endoteliale (EK)** consigliata in casi di distrofia di Fuchs e cheratopatia bollosa che erano precedentemente trattate solo con cheratoplastica perforante (PK). Per adoperare questa tecnica bisogna utilizzare un laser di tipo lasik e suture multiple che non riducono i problemi legati all'astigmatismo elevato post-operatorio. È stata poi introdotta la **cheratoplastica lamellare posteriore (PLK)**, che in poco tempo ha subito degli sviluppi e cambiato nome in **cheratoplastica endoteliale**

lamellare profonda (DLEK), questa tecnica ha notevolmente migliorato il recupero di acuità visiva.

Un ulteriore passo in avanti si è avuto con l'introduzione della **DSEK** poi perfezionata in **DSAEK** (acronimo inglese di **Descemet Stripping Endothelial Automated Keratoplasty**) dimostrando di avere un più rapido recupero visivo e un astigmatismo post-operatorio ancor più basso. Successivamente è stata testata una nuova procedura dal nome **cheratoplastica endoteliale della membrana di**

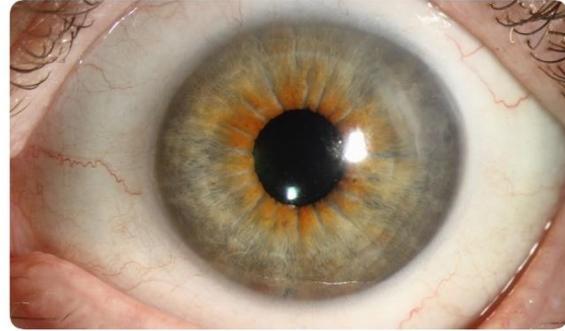


Figura 7: immagine al biomicroscopio della superficie anteriore oculare post-Dmek, da notare la minore evidenza delle giunture.

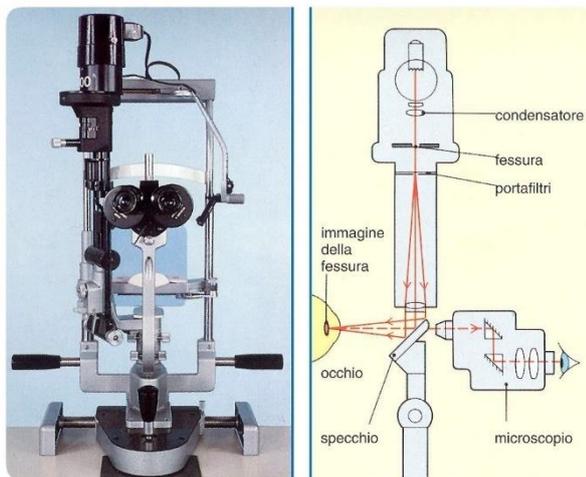
Descemet (DMEK), questa tecnica risulta più semplice con risultati visivi incoraggianti, migliori di quelli ottenuti con la DSEK, poiché quest'ultima non intacca lo strato di stroma centrale.

Data la recente scoperta dello strato pre-Descemet o strato di Dua, è stata individuata un'ulteriore tecnica chiamata **cheratoplastica endoteliale pre-Descemet (PDEK)**, che per i risultati ottenuti è paragonabile alla DMEK. A differenza la PDEK presenta un innesto molto più resistente, che riduce i problemi legati alla manipolazione dei tessuti in sala operatoria, e che può essere prelevato da donatori di tutte le età.

3. STRUMENTAZIONE

3.1. Biomicroscopio

È uno strumento ottico composto da un sistema di osservazione, spesso associato ad un sistema di acquisizione video, e da un sistema di illuminazione che prende il nome di **lampada a fessura**. È utilizzato per l'osservazione del segmento anteriore dell'occhio, cioè della cornea, del cristallino, della camera anteriore e posteriore e della parte anteriore del vitreo.



È un microscopio stereoscopico, con due sistemi ottici separati che convergono sullo stesso punto di osservazione con un angolo compreso tra i due di circa 5°-15° inducendo così una sensazione di tridimensionalità. Hanno un ingrandimento che varia da 6x a 40x mediante l'utilizzo di **sistemi telescopici galileiani**.

Figura 8: a sinistra foto rappresentativa di un biomicroscopio. A destra schema ottico di un biomicroscopio

Il biomicroscopio e la lampada a fessura sono tarati in modo da ottenere lo stesso piano di focalizzazione. Attraverso l'uso dell'apposito joystick è possibile orientare il biomicroscopio nelle tre generiche direzioni (verticale, orizzontale e avanti-indietro), mentre è possibile regolare il sistema di illuminazione, variando le dimensioni verticali e orizzontali del fascio luminoso, l'orientamento del fascio (cosiddetto **tilting** o inclinazione) e l'intensità luminosa, è possibile inoltre modificare la forma del fascio (da circolare a fessura).

Con l'utilizzo dei **filtri colorati** è possibile esaltare alcuni dettagli. Usando il **filtro verde** è possibile valutare attentamente la neovascolarizzazione mettendo in risalto i vasi sanguigni, quello **grigio** (chiamato anche antitermico) è consigliato per i test lacrimali. Mentre il **filtro giallo** combinato con l'utilizzo di fluoresceina in illuminazione a luce blu serve a mettere in risalto la struttura del film lacrimale per l'osservazione mediante sistemi di acquisizione video.

Le principali **tecniche di illuminazione** sono:

ILLUMINAZIONE DIRETTA: il fascio luminoso, posto lateralmente, e la direzione di osservazione convergono nello stesso punto, formando tra di loro un angolo di circa 30°-45°. Utile all'osservazione generale dei tessuti.

ILLUMINAZIONE DIFFUSA: utilizzata per un controllo generale, mediante l'uso di un diffusore, minimizza i contrasti e la riflessione della luce, consente una buona valutazione dei colori e diminuisce la brillantezza della fluoresceina.

ILLUMINAZIONE INDIRETTA: il gruppo di osservazione è disallineato rispetto alla direzione del fascio di luce, che è posto lateralmente rispetto alla zona osservata. Utile per evidenziare alterazioni e irregolarità di superficie.

RETROILLUMINAZIONE: questa tecnica sfrutta la riflessione del fascio da parte dell'iride che consente di mettere in risalto la superficie corneale in trasparenza o la presenza di depositi su lenti a contatto.

3.2. Topografo corneale



Figura 9: Topografo corneale prodotto dall'azienda Oculus.

Il topografo è considerato l'evoluzione del cheratometro che è in grado di misurare unicamente i valori dei raggi corneali principali all'interno della zona ottica centrale.

Il funzionamento dei moderni topografi si basa sul principio fisico della riflessione dei cosiddetti dischi di Placido, che consistono in una serie di anelli concentrici compresi tra i 16 e i 32, sulla superficie anteriore della cornea, resa speculare dallo strato di film lacrimale che la ricopre. A differenza del cheratometro, il topografo esamina una porzione più estesa della cornea arrivando fino alla periferia.

Per riuscire a dare una valutazione quantitativa della superficie corneale sono stati messi a punto degli algoritmi in grado di convertire i dati raccolti dall'acquisizione topografica in parametri corneali. Bibliograficamente è descritto l'algoritmo di van Saarloos, denominato **"arc-step"**, basato su un principio di ricostruzione punto per punto (questi algoritmi possono valutare dai 5000 ai 10000 punti) dell'immagine bidimensionale acquisita degli anelli del disco di Placido riflessi sulla cornea. Gli algoritmi dei più moderni topografi sono basati su principi simili, ma sono informazioni che le aziende costruttrici tendono a secretare, sappiamo però che le moderne tecnologie si basano su ricostruzioni tridimensionali e non più bidimensionali.

Oggi in tutti i topografi corneali è integrato un software di calcolo in grado di simulare l'immagine fluoresceinica ideale per determinare correttamente i parametri definitivi delle lenti a contatto.

Le mappe topografiche che otteniamo da questi algoritmi descrivono varie caratteristiche della superficie corneale:

MAPPA ALTIMETRICA O DI ELEVAZIONE:

questa mappa rappresenta la distanza di ogni punto della superficie corneale in esame da una superficie idealmente sferica di riferimento. Tutti i punti che si trovano più in alto rispetto a questa superficie vengono rappresentati con colori caldi, mentre quelli che si trovano più in basso con colori freddi. Queste distanze sono espresse in micron.

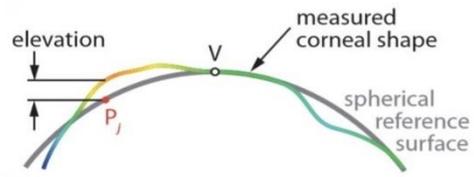


Figura 10: rappresentazione grafica dell'algoritmo per la ricostruzione di una mappa altimetrica.

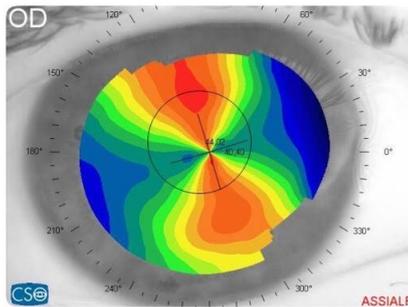


Figura 11: esempio di mappa assiale.

MAPPA ASSIALE: questa mappa rappresenta i raggi di curvatura assiali, che consistono nella distanza di ciascun punto della cornea dall'asse ottico del topografo passante per il vertice della cornea stessa.

MAPPA ISTANTANEA: è la mappa più fedele alla reale struttura corneale poiché descrive il suo incurvamento per ogni punto in una determinata direzione. Il centro di curvatura

istantaneo non giace necessariamente sull'asse del topografo, generando immagini meno regolari e uniformi. È la mappa più indicata per l'applicazione di lenti a contatto.

MAPPA GAUSSIANA: questa mappa rappresenta dei raggi di curvatura ricavati dalla media geometrica tra quelli assiali e quelli istantanei.

È possibile ottenere una lettura di queste mappe con scale colorimetriche diverse a seconda delle nostre esigenze:

SCALA ASSOLUTA: è una scala presente in tutti i diversi modelli di topografi, utilizza 26 colori, dove il nero rappresenta il colore diottrico più basso (circa 9 diottrie) e il bianco quello più alto (circa 100 diottrie). Nel range dei parametri che interessano in media la cornea umana, ovvero tra le 35 e le 50 diottrie, tra un colore e l'altro il salto è di circa 1,50 diottrie.

SCALA NORMALIZZATA: è la scala che meglio rappresenta il quadro topografico del soggetto analizzato, il range diottrico e colorimetrico non è settabile dall'operatore ma è il software che associa al nero il potere minimo e al bianco il potere massimo dell'occhio esaminato. Questo tipo di scala non è utilizzabile per effettuare dei confronti.

SCALA AGGIUSTABILE: è la scala personalizzabile, dove è l'operatore a stabilire i massimi e i minimi insieme agli scalini diottrici tra un colore e l'altro in base a particolari esigenze.

4. ANALISI PRE-APPLICATIVE

L'intervento chirurgico di cheratoplastica comporta un approccio completamente diverso rispetto ad una qualsiasi applicazione di lenti a contatto standard, alterando notevolmente i parametri su cui siamo abituati a lavorare. Per questo motivo è necessaria un'attenta analisi pre-applicativa che tiene conto di tutte le problematiche che andremo ad affrontare.

4.1. Anamnesi

È importante capire l'età del soggetto in questione per comprendere maggiormente quali saranno le problematiche da affrontare. Un soggetto giovane sarà spinto dalla volontà di tornare a vedere nel miglior modo possibile, quindi risulterà maggiormente collaborativo e avrà più facilità nel comprendere le procedure di manutenzione. Mentre nel caso in cui abbiamo a che fare con persone anziane riscontreremo maggiori problematiche legate ad esempio ad una minore collaborazione, ad una maggiore alterazione dei tessuti oculari e ad una difficoltà nel comprendere le procedure di manutenzione.

È importante, in seguito, capire che tipo di intervento ha subito e qual è il motivo (patologia) che lo ha portato a sottoporsi ad esso, essendo a conoscenza del fatto che ogni tecnica chirurgica porta con sé complicanze post-operatorie specifiche. Importante sarà valutare il decorso post-operatorio dopo accurate visite mediche, la presenza o meno di punti di sutura, le esigenze e le aspettative del futuro portatore di lenti a contatto.

Per considerare un soggetto idoneo al porto delle lenti a contatto non basta un'attenta anamnesi, per questo motivo l'indagine prosegue con l'osservazione di ulteriori indicazioni e controindicazioni all'applicazione di lenti a contatto.

4.2. Refrazione

È importante capire qual è l'acuità visiva post-cheratoplastica, e qual è la compensazione diottrica del difetto visivo che si viene a creare.

Questa valutazione, nel caso venisse effettuata quando ancora sono presenti i punti di sutura, va ripetuta successivamente alla loro rimozione.

Se dovessimo raggiungere con una correzione a tempiale una adeguata performance visiva, questa sarebbe considerata come una controindicazione al porto delle lenti a contatto date le innumerevoli complicanze ad esse correlate. Mentre nel caso in cui dovessimo riscontrare una notevole anisometropia tra un occhio e l'altro o un forte deficit di acuità visiva dalla valutazione optometrica è fortemente indicato l'utilizzo della lente a contatto, previo un consulto con il medico oculista.

4.3. Valutazione del film lacrimale

In seguito al trapianto di cornea si ha un sostanziale peggioramento della quantità e della qualità del film lacrimale.

Il tipo di cheratoplastica a cui si è sottoposto il soggetto influisce sulla gravità della disfunzione lacrimale post-operatoria, più invasiva è la tecnica utilizzata, maggiori sono i danni subiti dalle fibre nervose della cornea e minore sarà il riflesso lacrimare che può portare ad una forte secchezza oculare. Maggiori danni a queste fibre si hanno con cheratoplastiche di tipo perforante, mentre la situazione risulta più lieve per cheratoplastiche di tipo lamellare. La rottura delle fibre nervose genera una minore sensibilità della cornea che di conseguenza provoca una minore risposta lacrimale. Una secchezza oculare di tipo patologico può addirittura compromettere la riuscita della guarigione totale dell'innesto trapiantato.

L'analisi del film lacrimale va effettuata con il test del **BUT (Break-up time)** invasivo e non.

Il BUT non invasivo può essere effettuato mediante l'utilizzo di un cheratometro o di un topografo corneale, il test consiste nell'osservazione dell'immagine riflessa sulla superficie corneale anteriore, valutando il tempo di rottura di quest'immagine dall'ultimo ammiccamento.

Il BUT invasivo prevede l'utilizzo di un biomicroscopio e si esegue inserendo nell'occhio da valutare della fluoresceina. La procedura è la stessa di quella non invasiva, si invita il soggetto ad ammiccare e si osserva, con l'ausilio dell'illuminazione a luce blu, il tempo che impiega il film lacrimale a rompersi. I valori normali di BUT si ottengono con rottura in tempi che variano dai 10 ai 45 secondi, mentre tutti i valori al di sotto dei **10 secondi** sono considerati anomali. Importante è la valutazione della minima presenza di film lacrimale, in assenza è impossibile procedere all'applicazione di lenti a contatto.

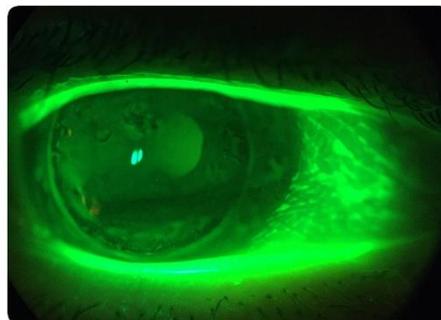


Figura 12: immagine al biomicroscopio della distribuzione del film lacrimale durante un BUT.

4.4. Parametri corneali

Una delle problematiche principali legate alla cheratoplastica è l'elevato astigmatismo regolare o irregolare che può presentarsi nel decorso post-operatorio. Necessario per la sua valutazione è l'utilizzo di un topografo corneale.

I profili corneali post-operatori possono essere molto differenti. Potremo avere una cornea con un **profilo prolato** (ovvero curva al centro e più piatta in periferia) molto simile all'aspetto di una cornea cheratoconica, che rappresenta il caso più semplice da

trattare. Questa condizione si presenta in genere dopo un trapianto dovuto alla distrofia di Fuchs. Nella maggior parte dei casi una cornea trapiantata è caratterizzata da un **profilo oblato** (ovvero piatta al centro e più curva in periferia). È inoltre possibile trovarsi in una situazione con un **profilo corneale misto**, in questi casi l'applicazione sarà più difficoltosa. Particolare attenzione va data ai valori di eccentricità rilevati dal topografo che ci consentono di stabilire con precisione il profilo corneale. Nel caso di cornea prolata avremo valori di eccentricità positivi mentre in presenza di cornea oblata, avremo valori di eccentricità negativi. Come nel caso della refrazione, se questa misura viene effettuata mentre sono ancora presenti le suture, va poi ripetuta una volta rimosse queste ultime.

A seconda dello strumento utilizzato, può variare il tipo di coefficiente che indica l'asfericità corneale. Generalmente il valore di asfericità è indicato con il **coefficiente di eccentricità (e)**, gli altri coefficienti che esprimono questo valore sono:

- Valore p $= 1 - e^2$
- Shape Factor (SF) $= e^2$
- Indice di asfericità (Q) $= p - 1$

4.5. Decorso post-operatorio

È molto utile, ai fini dell'applicazione di lenti a contatto, dare particolare importanza al periodo trascorso dopo il trapianto corneale. Alcuni autori suggeriscono di applicare lenti a contatto solo dopo la rimozione di tutte le suture, ciò accade senza ulteriori complicanze dopo circa dodici mesi dall'intervento.

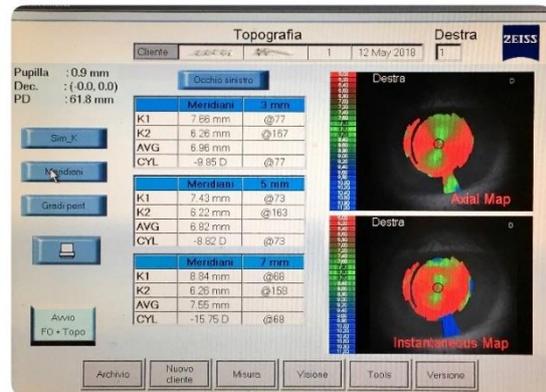


Figura 13: parametri corneali rilevati da un topografo corneale Zeiss, modello i-profiler.

Questo concetto oggi appare di difficile applicazione poiché alcune suture non vengono rimosse se non per problematiche legate alla rottura o al cedimento.

È obbligatorio sottoporsi ad un'attenta **analisi oftalmologica** effettuata dal medico oculista che stabilisca la completa guarigione dell'innesto trapiantato.

La quasi completa guarigione dell'innesto trapiantato avviene circa dopo 3-6 mesi dal trapianto, in questo periodo l'innesto si presenta con una o più suture rimanenti. Sarà quindi l'oftalmologo a prescrivere un uso più o meno prolungato delle lenti a contatto e successivamente il soggetto dovrà essere continuamente monitorato con controlli periodici sia dal medico che dal contattologo.

Tutte le complicanze legate al porto di lenti a contatto post-cheratoplastica possono inoltre amplificare il rischio di rigetto, risulterà quindi di fondamentale importanza un controllo periodico in biomicroscopio, strumento capace di evidenziare eventuali sintomi di rigetto, sia a livello epiteliale che a livello dello stroma, la presenza di infiltrati subepiteliali o addirittura di un rigetto endoteliale che tende a manifestarsi con edema corneale e ispessimento dello stroma.

5. LENTI A CONTATTO SPECIALI

Le lenti a contatto che utilizzeremo in caso di cheratoplastica sono principalmente delle lenti a contatto rigide gas-permeabili, poiché risulta alquanto difficile trovare il giusto adattamento con lenti a contatto morbide, data la presenza di profili corneali molto irregolari e dalla presenza di elevati astigmatismi corneali post-chirurgici.

5.1. Principali materiali rgp

In passato le lenti a contatto utilizzate erano in **polimetilmetacrilato (PMMA)**, materiale rigido con Dk^2 uguale a 0. Con il passare del tempo e data l'esigenza di un maggiore apporto di ossigeno alla cornea, per evitare problemi di edema, sono stati introdotti nuovi materiali gas permeabili.

L'ossigenazione necessaria al metabolismo corneale avviene sia per diffusione del gas attraverso la lente a contatto, sia attraverso il fluido lacrimale mediante il ricambio che avviene ad ogni ammiccamento al di sotto della lente a contatto applicata. Questo meccanismo garantisce il 20% della quantità totale di ossigeno necessaria per non alterare i tessuti corneali.

Storicamente il primo materiale gas-permeabile utilizzato in contattologia è il **CAB (acetato butirato di cellulosa)**, composto da acetile, butirile e una piccola

² Dk: coefficiente di permeabilità, nel caso delle lenti a contatto è legato all'ossigeno.

percentuale di gruppi OH. Essendo di prima generazione conta un Dk pari a 4. Oltre ad avere una ridotta permeabilità all'ossigeno, ha una bassa resistenza ai depositi e ridotta stabilità dimensionale.

Furono poi introdotti i **silossano-metacrilati**, tali materiali sono formati da componenti diversi tra cui i monomeri di silossano-metacrilati, caratterizzati da legami silossanici, maggiori sono questi legami più alto risulterà il valore di Dk e la flessibilità del polimero, riducendo però la bagnabilità. A questi monomeri è prevista l'aggiunta di metil metacrilato per aumentare la stabilità dimensionale e la durezza del polimero, rendendo più semplice la sua lavorazione. La stabilità dimensionale viene ulteriormente aumentata mediante l'utilizzo di crossificante. Mentre una componente umettante come l'acido metacrilico è utilizzata per massimizzare la bagnabilità del polimero.

In un secondo momento sono stati aggiunti componenti fluorati ai copolimeri di silossano-metacrilato con l'intento di aumentare la loro permeabilità all'ossigeno e la resistenza alla formazione di depositi. Polimeri con alti valori di Dk possono presentare però alcune complicanze, come la tendenza a formare depositi di tipo proteico, possibilità di produrre lenti con diverse caratteristiche chimico-fisiche dovuto a inomogeneità del polimero stesso e instabilità dimensionale.

I moderni materiali rigidi gas-permeabili principalmente utilizzati sono il **Boston Equalens®**, il **Boston XO2®** e il **Paragon HDS®**, di seguito è riportata una tabella che riassume le principali caratteristiche dei materiali: come indice di rifrazione, valore di Dk e angolo di bagnabilità, ricordando che minore è l'angolo maggiore sarà la bagnabilità della superficie. Per l'applicazione di lenti a contatto post-cheratoplastica è opportuno scegliere un materiale con alta permeabilità all'ossigeno.

Materiale	Indice di rifrazione (n)	Dk	Angolo di bagnabilità
Boston ES®	1,443	18	52°
Boston Equalens®	1,439	47	30°
Boston Equalens II®	1,423	85	30°
Boston XO2®	1,424	141	38°
Paragon HDS®	1,449	40	15°

5.2. Geometria lente a contatto

Il principio su cui si basa la progettazione della superficie posteriore delle lenti a contatto è quello di seguire l'andamento della superficie anteriore della cornea, che in condizioni fisiologiche presenta una superficie asferica.

I parametri principali di una lente a contatto sono il design della superficie posteriore e di quella anteriore, dal diametro della **zona ottica interna** e da quello totale, dallo spessore al centro e dalla forma al bordo.

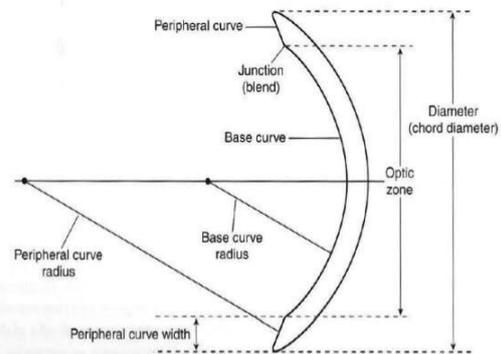


Figura 14: schema rappresentativo dei parametri geometrici principali di una lente a contatto.

Il design della superficie posteriore viene raggruppato in due categorie, lenti sferiche e lenti asferiche.

Le lenti sferiche sono caratterizzate dalla presenza di una o più **flangie**, anche dette curve periferiche, solitamente sono più piatte di quella centrale e in base al loro numero otteniamo lenti bicurve, tricurve o multicurve. Le flangie costituiscono l'area di svincolo di una lente a contatto che consente il passaggio del fluido lacrimale oltre a rendere più confortevole l'appoggio della lente a contatto in periferia. L'estensione lineare delle flangie viene espressa in millimetri e spesso si aggira su valori di 0,5 mm.

Le lenti asferiche sono invece caratterizzate da un graduale appiattimento della curvatura dalla zona centrale verso la periferia, e quindi dall'assenza delle flangie. Per la loro costruzione vengono utilizzate superfici asferiche come quelle ellittiche, che si differenziano tra loro a seconda del coefficiente di eccentricità³ che indica l'appiattimento nella zona periferia.

Il design della superficie posteriore può essere assosimmetrico, torico o a periferia torica per un corretto allineamento corneale e risulta essere l'aspetto più importante nell'adattamento di una lente a contatto ed influenza il posizionamento e la dinamica.

A differenza di quello posteriore, il design della superficie anteriore di una lente a contatto può essere sferico o torico a seconda della correzione diottrica residua a seguito di una sovrarefrazione effettuata con lente a contatto applicata.

Altra caratteristica delle lenti a contatto è la profondità sagittale, ovvero la misura dell'altezza di una lente, indicata in millimetri, che va dalla corda della semisfera dell'ultima curva all'apice della curva della zona ottica. Per effettuare una corretta

³ Coefficiente di eccentricità: misura quanto una sezione conica è lontana dall'essere una circonferenza.

applicazione questo valore deve risultare simile a quello del segmento anteriore su cui stiamo applicando.

Per una maggiore tolleranza della lente a contatto, inoltre, bisogna prestare particolare attenzione al bordo della lente a contatto che può assumere caratteristiche geometriche individuali.

Termine	Abbreviazione
Diametro totale	TD
Diametro della zona ottica posteriore	BOZD
Diametro della zona periferica posteriore	BPZD
Diametro della zona ottica anteriore	FOZD
Diametro della zona periferica anteriore	FPZD
Raggio della zona ottica posteriore	BOZR
Raggio della zona ottica anteriore	FOZR
Raggio periferico posteriore	BPR
Raggio periferico anteriore	FPR

5.3. Geometrie speciali

5.3.1. Lenti KA4-Reverse

La lente a contatto KA4-Reverse ha una **geometria definita inversa**, è una lente a contatto rigida gas-permeabile ed è utilizzata per l'adattamento su cornee trapiantate. Il design della superficie posteriore delle KA4-Reverse è simile al nuovo profilo corneale formatosi in seguito alla cheratoplastica, ed è caratterizzato da un'ampia zona centrale piatta e da una zona periferica più curva. Tecnicamente la geometria è una **tetracurva** con il primo raggio periferico r_1 più piccolo rispetto al raggio centrale r_0 , con un'inversione pari a **0,40 mm**.

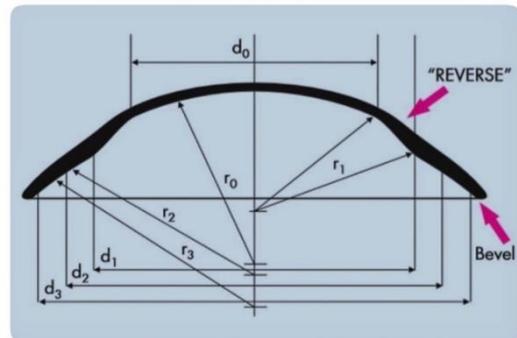


Figura 15: rappresentazione geometrica di una lente a contatto KA4-Reverse.

$$r_1 = r_0 - 0,40 \text{ mm}$$

Il diametro totale della lente a contatto varia tra i 10,20 e 10,80 mm a seconda del diametro del lembo trapiantato in modo da ricoprirlo interamente e per garantire un'ottima stabilità ed una buona centratura della lente. Il bordo della lente

presenta un **bevel**⁴ asferico con un'estensione lineare pari a 0,35 mm. Questa geometria è completamente personalizzabile per permettere all'applicatore di utilizzare la tecnica "**contour modificata**" grazie alla sua ampia gamma di produzione. È infatti possibile avere lenti a geometria inversa con toricità interna, toricità esterna o bitoriche. È possibile, inoltre, variare il raggio base e i raggi periferici (r_1, r_2, r_3) con intervalli di 0,05 mm e variare il diametro della zona ottica insieme all'estensione delle aree periferiche, incluso il bevel, con intervalli di 0,10 mm all'interno di range prestabiliti dall'azienda costruttrice.

5.3.2. Lenti Quadro

Le lenti a contatto QUADRO sono nate per soddisfare le esigenze di chi, a seguito di cheratoplastica, presenta una cornea con un profilo misto, dove su alcuni meridiani abbiamo un profilo oblatto mentre su altri un profilo prolato. Spesso

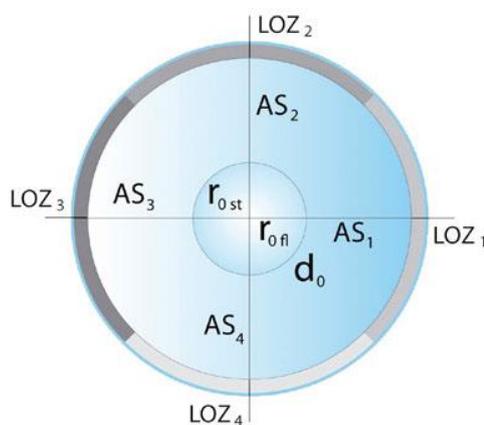


Figura 16: rappresentazione grafica dei quattro quadranti di una lente QUADRO.

questa condizione in cui abbiamo zone più curve miste a zone più piatte è associata ad elevati astigmatismi centrali che variano di grandezza e direzione. In queste condizioni, fortemente irregolari, non esiste alcuna geometria standard della superficie posteriore che garantisca un adattamento soddisfacente. Per questo motivo è stata ideata la lente a contatto QUADRO, realizzata con una geometria posteriore divisa in quattro quadranti. La zona centrale può essere sferica o torica e la zona ottica interna (d_0) può essere modificata a partire da

circa 3 mm in poi fino al 80% del valore del raggio di curvatura centrale (r_0). Andando verso la periferia, nella successiva zona asferica, l'eccentricità (indicata con il valore **AS di asfericità**) può essere personalizzata separatamente per ogni quadrante con valori che vanno da -9 a +15 a seconda del profilo corneale sottostante. La zona periferica più esterna è denominata **zona lit-off** e rappresenta la terza curva sferica subito dopo la zona asferica, può essere modificata in ognuno dei quattro settori con un'estensione lineare che varia da 0 a 2 mm. Questa zona lit-off è stata studiata per garantire un adeguato ricambio del film lacrimale. Essendo le lenti a contatto QUADRO costruite completamente su misura, non esistono set di prova. Considerando le notevoli difficoltà nella selezione dei parametri di progettazione è consigliabile l'utilizzo del topografo corneale **Oculus Keratograph** dotato di un software integrato, in grado di simulare fedelmente l'immagine fluoresceinica e di determinare i parametri geometrici della prima lente a contatto da applicare.

⁴ Bevel: ultima curva periferica della superficie posteriore della lente a contatto.

5.3.3. Lenti sclerali

Le lenti sclerali sono lenti a contatto di grande diametro, compreso tra 15,0 e 25,0 mm, in questo modo la lente prende diretto contatto con la sclera scavalcando completamente la cornea. Vengono utilizzate principalmente su cornee fortemente irregolari, come nel caso del post-cheratoplastica, con lo scopo di preservare l'integrità dei tessuti corneali. Le lenti sclerali si suddividono in lenti sclerali grandi e lenti mini-sclerali. Le lenti mini-sclerali hanno diametri che oscillano tra i 15,0 e i 18,0 mm, mentre le lenti sclerali grandi hanno diametri compresi tra i 18,0 e i 25,0 mm. La sostanziale differenza tra queste due categorie sono le diverse zone di appoggio meccanico su sclera e congiuntiva, definite anche **“zone di atterraggio”**, e nelle diverse geometrie. Differente sarà anche il sollevamento della lente in zona centrale che determina la quantità di serbatoio lacrimale a disposizione della lente sclerale, che è inevitabilmente più limitato nel caso delle lenti mini-sclerali. Le geometrie delle lenti sclerali possono essere sferiche, toriche, bifocali e a quadranti specifici. Altro importante parametro di una lente sclerale è la sua

profondità sagittale, caratteristica sulla quale sono sviluppati la maggior parte dei set di applicazione. La geometria delle lenti sclerali è suddivisa in tre zone principali, la zona ottica, la zona di transizione e la zona di appoggio. La **zona ottica** è importante per ripristinare la funzione visiva, determinando il potere diottrico desiderato.

Solitamente è una zona molto ampia in grado di mantenere alte performance nonostante la presenza di piccoli decentramenti. Tra la zona ottica e quella di appoggio troviamo la **zona di transizione**, anche detta zona limbare, determinante per la variazione dell'altezza sagittale della lente e per il sollevamento dalla cornea e dal limbus. Nella parte più esterna troviamo la **zona di appoggio**, importante per distribuire la pressione meccanica in maniera più uniforme possibile e fondamentale per un adeguato sollevamento corneale. Per garantire un buon confort la zona di appoggio deve avere un'estensione lineare di almeno 3 mm, maggiore è la sua estensione maggiore sarà il confort della lente. La zona di appoggio presenta una serie di curve piate, ma è anche possibile modificare i suoi raggi di curvatura stringendoli o appiattendoli. Alcune aziende, attenendosi a studi che hanno dimostrato che la morfologia del profilo corneale è tangente piuttosto che curva, hanno progettato delle zone di appoggio di tipo tangenziale e, per consentire di modificare queste aree, si utilizzano i parametri degli **“angoli di apertura”**. Quando parliamo di superficie interna torica, ci riferiamo ad una zona di appoggio torica e questo non include le zone centrali della lente sclerale. Alcune

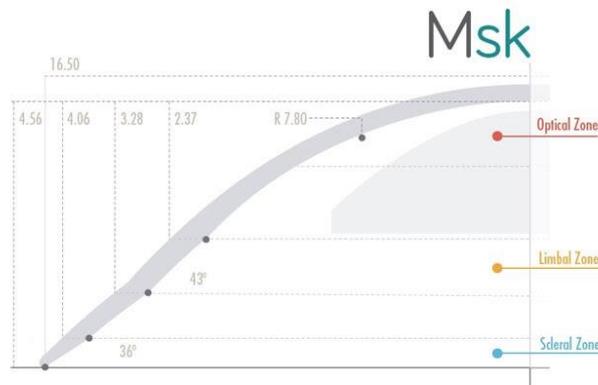


Figura 17: angoli di apertura delle tre zone principali della lente Msk prodotta dalla Hecht.

aziende costruttrici utilizzano lenti sclerali da impronta, sono lenti la cui geometria è ricavata dal calco della superficie oculare anteriore, con un raggio centrale leggermente più piatto in modo da consentire il sollevamento dalla cornea.

5.4. Tecniche applicative

Le tecniche applicative da adottare in seguito all'intervento di cheratoplastica variano a seconda del profilo corneale post-chirurgico e dallo stato di guarigione dell'innesto trapiantato. Prima di eseguire un'attenta anamnesi accompagnata dai test pre-applicativi, c'è bisogno che il soggetto in questione abbia effettuato precedentemente un'approfondita visita oculistica. In questo modo l'oftalmologo ci indicherà la necessità o meno di applicare lenti a contatto, e nel caso di gravi complicanze, potrà suggerire anche la tecnica più idonea.

Le tecniche applicative si dividono in due principali categorie, tecniche applicative su cornee con presenza di suture e tecniche applicative su cornee prive di suture. Laddove non dovessero esserci punti di sutura, avremo altre sottocategorie legate al profilo corneale rilevato in topografia.

Indipendentemente dalla tecnica che utilizzeremo è quasi impossibile ottenere un adattamento corneoconforme dato il mancato allineamento tra superficie posteriore della lente e la superficie anteriore della cornea. In queste condizioni non otterremo mai un'immagine fluoresceinica ideale. Le maggiori difficoltà sono rappresentate da astigmatismi centrali che raggiungono le 20 diottrie, scalini, infossamenti, innesti decentrati e astigmatismi periferici.

5.4.1. Adattamento Contour

Questo tipo di adattamento è utile nei casi in cui perdiamo i punti di appoggio generalmente utilizzati per l'applicazione di lenti rgp. Consiste nel distribuire la pressione sulla zona più ampia possibile. Questa tecnica è utilizzata su cornee con valori di eccentricità fino a 0,3 ovvero che presentano un basso appiattimento periferico. Per questa tecnica è previsto l'utilizzo di lenti multicurve, nel caso di cheratoplastica si utilizzano lenti solitamente tetracurve. Effettuare l'adattamento contour senza apportare delle modifiche alla lente applicata su cornee fortemente irregolari è quasi impossibile e per questo motivo è una tecnica poco utilizzata.

5.4.2. Adattamento Contour modificato

Con questa tecnica è possibile apportare innumerevoli modifiche alla lente applicata con la possibilità di variare le ampiezze e le progressioni dei raggi di curvatura a seconda della nostra esigenza. Anche in questo caso bisogna distribuire la pressione su una zona molto estesa in maniera uniforme utilizzando

sia la zona centrale sia la media periferia, zona subito dopo lo scalino provocato dall'innesto trapiantato, e allo stesso tempo bisogna assicurare la giusta dinamicità alla lente applicata evitando che si blocchi sulla cornea provocando uno scarso ricambio lacrimale.

5.4.3. Adattamento con lenti KA4-Reverse

Le lenti a contatto KA4-Reverse sono indicate nel caso in cui a seguito di cheratoplastica ci troviamo di fronte ad una cornea con un profilo oblato, provocato spesso da un innesto trapiantato più piatto di quello ricevente. In topografia riconosciamo questo tipo di cornea sia dalla mappa altimetrica che dai valori di eccentricità corneale. Il profilo corneale oblato rende il centraggio della lente una sfida molto difficile, per semplificare l'applicazione selezioniamo lenti a contatto con diametri totali molto ampi, partendo da 10,20 mm per arrivare a circa 1 mm in meno rispetto al diametro totale della cornea. È importante valutare anche il posizionamento e la pressione delle palpebre che possono decentrare la lente. Purtroppo, però, questo decentramento non è prevedibile data la mancanza della periferia piatta. Particolare attenzione va data alla dinamica della lente a contatto, pertanto bisogna evitare adattamenti troppo stretti che limitano il movimento e riducono il ricambio lacrimale. Per appiattire la lente a contatto, oltre ad agire sul raggio base, è possibile aumentare il diametro della zona ottica, producendo un allontanamento della zona di inversione e una diminuzione della profondità sagittale. Nel caso in cui dovessimo applicare una lente su una cornea trapiantata con un astigmatismo centrale regolare, è consigliabile l'utilizzo di una KA4-Reverse-T, dove la T sta per torica interna. Questo tipo di adattamento, nel caso di un astigmatismo regolare secondo regola, evita un posizionamento basso della lente a contatto. Per eliminare eventuali bolle che si presentano nella zona centrale o nella zona di inversione, è possibile effettuare un foro di ventilazione sulla lente a contatto. Per migliorare il posizionamento della lente sulla zona centrale è possibile inoltre inserire un prisma di bilanciamento o, nel caso fosse necessario, effettuare una troncatura nella zona periferica. Nel caso in cui dovesse esserci un eccessivo sollevamento periferico è possibile modificare la forma della zona ottica, da sferica ad ovale, ridando stabilità alla lente e impedendone la fuoriuscita a causa dell'ammiccamento. Per la scelta della prima lente di prova selezioniamo dal set, quando possibile, una lente con il raggio base dello stesso valore del meridiano corneale piatto in modo che il profilo periferico della lente sia quanto più vicino al profilo corneale.



Figura 18: immagine fluoresceinica ideale di un adattamento su cornea trapiantata di una KA4-Reverse

5.4.4. Adattamento con lenti QUADRO

Le lenti a contatto QUADRO vengono utilizzate quando il profilo corneale è misto, ovvero presenta eccentricità diverse. Grazie a questa nuova tecnologia è possibile effettuare applicazioni che in passato ci sembravano impossibili. Il limite di questo adattamento è dovuto al vincolo di utilizzo del topografo Oculus unico ad incorporare il software che permette la difficile progettazione della lente a contatto QUADRO, in grado di simulare fedelmente il pattern fluoresceinico che otterremo in seguito

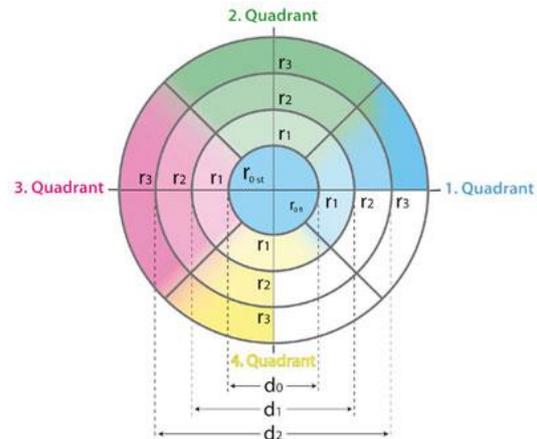


Figura 19: rappresentazione grafica di una lente QUADRO e dei vari raggi di curvatura modificabili.

all'applicazione. Il ruolo del contattologo in questo caso non passa in secondo piano, ma è di fondamentale importanza poiché deve essere in grado di leggere l'immagine fluoresceinica e, nel caso fosse necessario, apportare eventuali modifiche. Le principali modifiche si effettuano sulla zona centrale che può essere sferica o torica e la zona ottica interna (d_0) che può essere modificata a partire da circa 3 mm in poi fino al 80% del valore del raggio di curvatura della zona stessa. Nella successiva zona asferica l'eccentricità può essere modificata, ottenendo valori di asfericità diversi per ogni settore da -9 a +15 secondo le proprie necessità applicative. La zona periferica della lente quadro, denominata zona lift-off, rappresenta la terza curva sferica e può essere modificata in ognuno dei quattro settori con un'ampiezza che va da 0 a 2 mm in modo da consentire un adeguato ricambio lacrimale. Per verificare il corretto orientamento della lente QUADRO viene inciso un punto di riferimento nella zona bassa sulla linea che divide il 3° e 4° quadrante a 270°.

5.4.5. Adattamento con lenti sclerali

Le lenti sclerali, o mini-sclerali, vengono utilizzate nel caso in cui ci trovassimo in un occhio trapiantato dove sono ancora presenti uno o più punti di sutura. Vengono utilizzate queste lenti dai grandi diametri in modo da bypassare la giunzione corneale evitando di sollecitare i punti di sutura e provocare un eventuale rigetto corneale.

Il primo passo per applicare lenti sclerali consiste nell'osservare attentamente il **profilo limbare**. Il profilo limbare ci aiuta a comprendere la morfologia oculare e

indica in che modo avviene la transizione dalla cornea alla sclera. L'oculista Meier

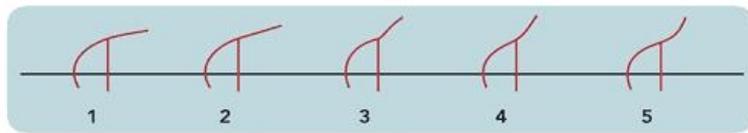


Figura 20: rappresentazione grafica dei profili limbari di Meier.

descrisse cinque tipi di profili limbari, e partendo dal profilo 1 la profondità sagittale diminuisce fino ad arrivare al profilo 5.

Importanti ai fini dell'adattamento di lenti sclerali sono gli angoli limbo-sclerali, che possono essere rilevati con strumenti più sofisticati, ad esempio un OCT⁵ utilizzato dai medici oculisti per effettuare la scansione dei tessuti corneali fino ad arrivare alla retina. L'angolo limbare viene rilevato tra i 10,0 e i 15,0 mm di diametro, mentre quello sclerale dai 15,0 ai 20,0 mm. Da recenti studi è possibile comprendere che gli angoli limbari non variano molto a seconda della sezione osservata, mentre quelli sclerali risultano maggiori nella zona nasale e minori in quella temporale.

Trovandoci in situazioni molto irregolari è consigliabile applicare lenti con diametri totali molto grandi evitando il contatto dove sono presenti le suture e creando un serbatoio lacrimale maggiore. Molte lenti sclerali non danno la possibilità di variare il diametro della zona ottica che risulta essere fisso. Di fondamentale importanza è il **sollevamento corneale**, non esiste una regola ma si ritiene che non si debba andare al di sotto dei 100 µm, ritenendo ottimale un valore compreso tra 200-300 µm. La profondità sagittale è un parametro importante che varia a seconda del caso da gestire, in soggetti con trapianto di cornea è opportuno utilizzare una profondità minore.

Per valutare l'adattamento va inserita la lente sclerale come da procedura inserendo soluzione fisiologica nella parte concava della lente a contatto per evitare la formazione di bolle (nel caso di lenti sprovviste di foro di ventilazione) e aggiungendo della fluoresceina per l'esame al biomicroscopio.

Ultimo passo è quello di osservare l'appoggio periferico e il bordo della lente, per una corretta valutazione dell'adattamento. Il contattologo è invitato ad osservare la presenza di sbiancamento dei vasi congiuntivali indice di un'eccessiva pressione della curva periferica della lente sulla sclera. Nel caso in cui fosse presente questa problematica, si può agire aumentando il diametro della lente, parametro che spesso aiuta anche ad ottenere una maggiore dinamica della lente a contatto, distribuendo la pressione su una zona maggiore. Per quanto riguarda il bordo è utile osservare quanto "affonda" nella congiuntiva, condizione che può creare delle punteggiature congiuntivali o se è presente un sollevamento, può ridurre il comfort della lente.

⁵ OCT: Tomografia ottica computerizzata.

5.4.6. Adattamento Piggyback

Si ricorre all'adattamento piggyback nei casi in cui, a seguito di cheratoplastica, non è possibile ottenere un buon centraggio con lenti rgp, o in caso di eventuale erosione epiteliale provocata dall'eccessiva pressione meccanica esercitata dalla lente rgp sulla cornea. Questa tecnica consiste nell'applicare una lente a contatto morbida, preferibilmente in **silicone hydrogel**, a diretto contatto con la cornea che agisce da cuscinetto per la lente a contatto rgp che viene applicata su di essa. Chi utilizza questa tecnica è consapevole delle complicanze ad essa correlate, come la scarsa ossigenazione dei tessuti corneali e per questo motivo è utile utilizzare lenti con altissimi valori di Dk, ad esempio lenti morbide costruite per il porto notturno come le **Air Optix Night & Day (Dk/t = 175)**. Altra complicanza legata all'ipossia è la presenza di edema corneale per questo motivo il soggetto va controllato periodicamente. La lente a contatto morbida serve a diminuire l'irregolarità della superficie corneale, dando alla lente rgp una più ampia zona di ancoraggio. Per la scelta del potere della lente morbida è importante valutare caso per caso, alcuni consigliano lenti positive (circa 2,00 diottrie) in modo da distanziare maggiormente la lente rgp con la cornea sfruttando il maggiore spessore centrale, questo però diminuisce l'apporto di ossigeno, altri consigliano l'utilizzo di poteri negativi per il minore spessore centrale, aumentando in questo caso l'apporto di ossigeno, e per attenuare la ripida inversione nella periferia corneale. Il potere della lente rgp viene poi stabilito a seguito di una sovrarefrazione, tenendo in considerazione che con questo sistema il risultato visivo risulterà più scadente rispetto alle altre tecniche applicative.



Figura 21: immagine al biomicroscopio di un adattamento piggyback. Da notare la lente morbida di grande diametro che fa da appoggio alla lente rgp.

5.4.7. Adattamento con lenti ibride

Le indicazioni di utilizzo per queste lenti a contatto sono simili a quelle per il piggyback, si ricorre in caso di eccessivo decentramento della lente rgp o in caso di intolleranza alle lenti rigide. Il sistema è costituito da una zona centrale in materiale rigido gas permeabile, con valori di Dk medio-bassi, e una zona periferica in materiale morbido idrofilo. Questa tecnica peggiora l'ossigenazione dei tessuti corneali, provocando ipossia e conseguenti edemi corneali, per questo motivo il contattologo è tenuto a monitorare periodicamente il soggetto. Rispetto ad una lente rgp l'ibrida è molto più confortevole e si posiziona molto più facilmente in zona centrale. Risulta difficile la manutenzione e la disinfezione di queste lenti a contatto, essendo sia rigide che morbide, il portatore potrebbe inoltre avere difficoltà nella rimozione della lente dall'occhio. La scelta della prima lente da applicare va fatta individuando il raggio medio corneale e selezionando un raggio

base della zona ottica della parte rigida leggermente più curva, si valuta poi l'adattamento attraverso l'utilizzo di fluoresceina macromolecolare, data la presenza di una componente morbida.

5.4.8. Adattamento su cornea prolata

Qualora dovessimo trovarci nel raro caso in cui la cornea, in seguito a cheratoplastica, assuma un profilo di tipo prolato, ovvero con valori di eccentricità positivi e in alcuni casi molto elevati, bisogna utilizzare la medesima tecnica di adattamento che usiamo in caso di cheratocono. Questo tipo di adattamento è senz'altro più semplice. Per cornee con bassi valori di eccentricità è possibile utilizzare delle classiche lenti sferiche tricurve, come ad esempio le lenti a contatto Ascon KA3. In caso di elevata eccentricità, invece, è possibile usare lenti specifiche per cheratocono, come ad esempio le lenti a contatto Ascon KAKC. Solitamente il centraggio di questa lente si ottiene già nelle prime prove grazie alla zona più curva situata all'interno del lembo trapiantato.

5.5. Valutazioni post-adattamento

Per valutare un adattamento di lenti a contatto è consigliabile osservare il quadro fluoresceinico attraverso un biomicroscopio dopo circa 30 minuti dall'inserimento della lente.

Bisogna controllare il posizionamento della lente che deve risultare ben centrata rispetto alla cornea. La lente dovrà scavalcare la zona di giunzione dell'innesto trapiantato, se si rilevano eventuali zone di contatto, apportare modifiche alla geometria. È inoltre importante verificare la presenza di zone di compressione dovute all'indentazione dei bordi della lente sulla zona perilibare e sclerale.

Particolare attenzione va data alla dinamicità della lente che può essere verificata con un semplice test di push-up, forzando il decentramento della lente spostandola verso l'altro tramite una leggera pressione sulla palpebra inferiore, la lente dovrà poi riposizionarsi in zona centrale dopo pochi secondi. Se dovessimo avere difficoltà nel decentrare la lente ci troviamo di fronte ad un'applicazione stretta. In caso di forte decentramento e facile fuoriuscita della lente durante l'ammiccamento per via dei bordi sollevati ci troviamo di fronte ad una applicazione piatta. Osservare inoltre che la lente, nelle varie posizioni di sguardo, abbia un leggero movimento di scorrimento di circa 1 mm.

Una volta giudicato positivamente l'adattamento, va effettuata una sovrarefrazione sia monolare che binolare definendo il potere che consenta il massimo confort visivo e ricordando che, in caso di diottrie superiori a +/- 4,00, va effettuata la compensazione della distanza apice corneale-lente.

La consegna delle lenti definitive va effettuata solo dopo aver correttamente istruito il soggetto sulle corrette tecniche di inserimento e rimozione e sui sistemi di manutenzione.

È consigliabile fissare periodici controlli post-applicativi per verificare l'effetto del porto delle lenti a contatto. Il primo controllo può essere fissato già dopo una settimana dalla consegna, in mancanza di complicanze è possibile fissare il secondo controllo circa un mese dopo l'ultimo controllo. Eventuali controlli successivi verranno stabiliti in base alla qualità dell'adattamento ottenuto, nel caso di adattamento ideale è possibile rimandare un ulteriore controllo a circa 6 mesi, salvo complicanze secondarie, mentre in casi di adattamenti al limite è necessario aumentare la frequenza di controlli nel corso del tempo.

In seguito ad un porto più o meno prolungato della lente a contatto consegnata è di fondamentale importanza osservare la superficie del segmento anteriore dell'occhio senza lente a contatto applicata per valutare lo stato di salute dei tessuti corneali in risposta all'usura generata dall'adattamento.

5.6. Complicanze post-adattamento

Le complicanze correlate all'utilizzo di lenti a contatto sono numerose, approfondiamo quelle che incontriamo facilmente durante l'adattamento su cornee trapiantate.

5.6.1. Neovascolarizzazione



Figura 22: immagine al biomicroscopio di una formazione di neovasi che si spingono in direzione della cornea.

La neovascolarizzazione consiste in una formazione di neovasi individuati principalmente nella zona limbare della cornea. Generalmente è un fenomeno bilaterale dovuto ad un'insufficiente ossigenazione dei tessuti corneali, meglio nota come **ipossia**. Questa ipossia è provocata da uno scarso ricambio del film lacrimale o ad un basso Dk della lente in uso. È un fenomeno che rileviamo spesso in adattamenti con lenti a contatto di grande diametro, principalmente nel caso di lenti sclerali, o anche

con l'utilizzo di tecniche come il piggy back che riduce drasticamente il valore di Dk.

Solitamente questi neovasi si presentano a livello superficiale con l'assenza di sintomi, mentre nel caso in cui penetrino negli strati più profondi, come lo stroma, si ha una perdita di trasparenza e di conseguenza un calo del visus.

In questo caso è opportuno aumentare il Dk della lente in uso, o agire su aspetti secondari che migliorano l'apporto di ossigeno come spessori e geometria della lente.

5.6.2. Abrasioni corneali

È una complicanza di tipo meccanico, dovuta a zone di contatto tra cornea e lente applicata che nel corso del tempo causano una **rottura dello strato epiteliale superficiale**, in questo caso è asintomatica, mentre nel caso di abrasioni più profonde può presentarsi con forte dolore, fotofobia e sensazione di corpo estraneo. Avviene più facilmente in presenza di ipossia cronica, che aumenta la fragilità dello strato epiteliale.

È possibile osservare la presenza di abrasioni con l'utilizzo del biomicroscopio mediante l'instillazione di fluoresceina, che evidenzia la colorazione delle componenti danneggiate della cornea, questo fenomeno prende il nome di "staining corneale". Lo staining si presenta con una punteggiatura a livello superficiale nei casi più semplici fino a presentarsi con strie e aree ben precise e delimitate nei casi più gravi.

Per migliorare la condizione corneale è preferibile modificare la geometria della lente in uso aumentando le aree di contatto in modo da distribuire uniformemente la pressione meccanica sulla cornea.

È possibile, inoltre, interrompere l'utilizzo delle lenti a contatto per un periodo che varia da 24 ore a 1 settimana.

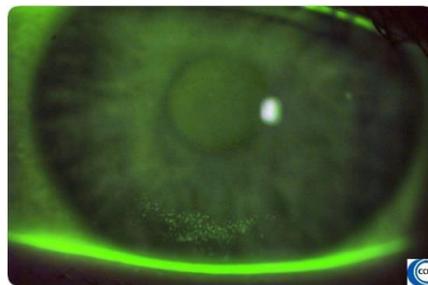


Figura 23: punteggiatura corneale, forma lieve di abrasione corneale.



Figura 24: abrasione localizzata con area ben precisa, forma più grave.

5.6.3. Warpage corneale

Il warpage corneale definito anche **impronta corneale**, è una distorsione della cornea generata dall'appoggio meccanico della lente rigida gas permeabile che risulta essere immobile sulla cornea e geometricamente inadatta.

Osservando il segmento anteriore al biomicroscopio dopo aver instillato la fluoresceina, notiamo un accumulo di quest'ultima nel solco provocato dal bordo della lente che affonda nei pressi del limbus. Poiché in caso di cheratoplastica siamo già di fronte ad una cornea fortemente irregolare e ad un quadro topografico altrettanto irregolare, è possibile riconoscere la presenza di warpage corneale mettendo a confronto le topografie pre e post adattamento. In questo caso il soggetto è completamente asintomatico. Per risolvere questa problematica è utile agire sulla geometria, specialmente al bordo, e sui materiali. È possibile, inoltre, nel caso di adattamento con lenti a contatto rgp passare ad un adattamento piggy back per regolarizzare il profilo corneale.

5.6.4. Dellen

Consiste in una **depressione o assottigliamento locale della cornea**. Questo fenomeno è principalmente causato dalla disidratazione della superficie anteriore dell'occhio e come ben sappiamo in caso di cheratoplastica abbiamo a che fare con occhi che soffrono di un'acuta secchezza oculare.

Può presentarsi inizialmente come una **disepitelizzazione ore 3-9**, molto comune quando si applicano lenti a contatto rgp, che provoca una colorazione positiva in fluoresceina nei margini temporali e nasali della cornea, in prossimità delle zone di appoggio della lente a contatto applicata.

La Dellen può essere accompagnata da neovascolarizzazione, e spesso la depressione presente nella zona periferica può cicatrizzarsi mentre l'epitelio risulta essere intatto. Questa condizione può essere migliorata agendo sulla geometria e sui bordi della lente in uso, può risolversi nel giro di qualche giorno mentre le cicatrizzazioni sono permanenti. Se persiste è opportuno ridurre il tempo di porto della lente a contatto.

6. CASE REPORTS

Di seguito analizzeremo tre casi di adattamento di lenti a contatto post-cheratoplastica.

A disposizione abbiamo la seguente strumentazione:

- Topografo corneale Oculus keratograph
- Biomicroscopio CSO con sistema di acquisizione video HR elite
- Occhialino di prova Oculus con cassetta lenti.
- Ottotipo digitale
- Set lenti a contatto di prova KA4-Reverse

Case report 1

Soggetto: B.M.

Età: 57

Sesso: M

Osservazioni: Cheratoplastica lamellare occhio destro. Cheratoplastica perforante occhio sinistro.

Storia: Il soggetto B.M. ha subito un intervento di cheratoplastica lamellare all'occhio destro in seguito ad un cheratocono avanzato al IV stadio. Una volta rimossi i punti di sutura si è presentato un elevato astigmatismo residuo che ha ridotto notevolmente l'acuità visiva.

Il suo medico oculista, dopo un'accurata analisi del decorso post-operatorio, gli ha prescritto l'utilizzo delle lenti a contatto, principalmente per gli scarsi risultati visivi riscontrati durante la refrazione.

Il segmento anteriore del bulbo oculare appare integro dopo un'accurata analisi al biomicroscopio, il BUT è ai limiti della secchezza oculare.

Successivamente effettuiamo una topografia corneale per rilevare i principali parametri oculari dell'occhio destro.

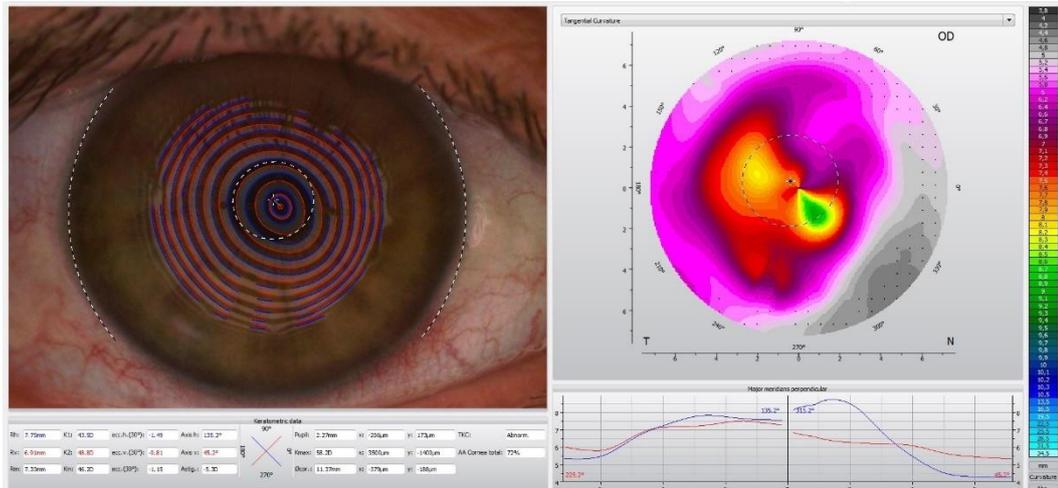


Figura 25: topografia corneale occhio destro (B.M.)

Dall'analisi topografica si evince un astigmatismo corneale post-chirurgico di **5,3** diottrie con un'eccentricità media a 30° di **-1,15**. Questo ci fa capire che il profilo corneale è di tipo oblato. Un dato da non sottovalutare durante l'adattamento è la differente eccentricità verticale e orizzontale di 0,68 che ci indica la presenza di un profilo completamente irregolare su tutta la superficie corneale. Per questo motivo potremo non ottenere un appoggio ottimale con lenti assosimmetriche. I raggi corneali centrali sono: Rh **7,75** mm e Rv **6,91** mm.

Come prima lente di prova applichiamo una lente a geometria inversa di set KA4-Reverse con raggio base parallelo al raggio piatto corneale: BOZR 7.70 TD 10.20 Dt -3.00 Boston-Es-Uv. Dopo circa 20-30 minuti controlliamo l'adattamento al biomicroscopio, la lente a contatto risulta piatta con un appoggio centrale marcato e un sollevamento periferico al bordo eccessivo.

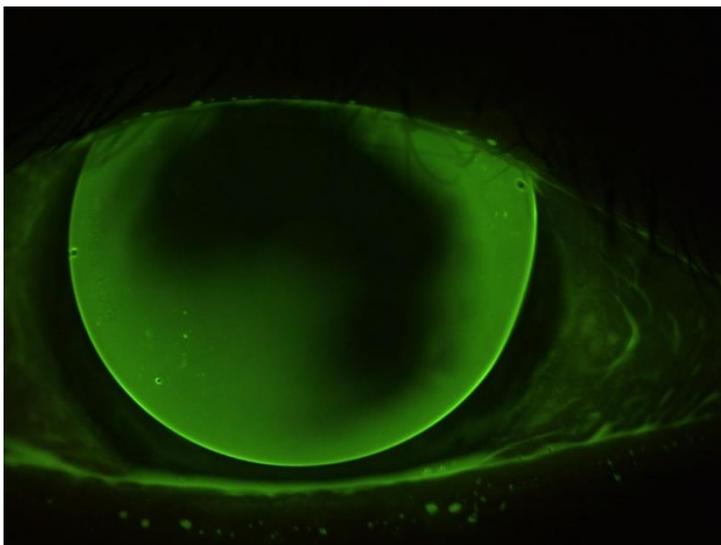


Figura 26: immagine fluoresceinica occhio destro con lente definitiva (B.M.)

Otteniamo un buon compromesso applicativo con la lente a contatto KA4-Reverse avente i seguenti parametri: BOZR 7.50 TD 10.20 Dt -3,00 Boston-Es-Uv.

Effettuiamo una sovrarefrazione con lente a contatto applicata e rileviamo per l'occhio destro un miglioramento del visus con una addizione di sf. **+1.00**.

I parametri della lente definitiva sono i seguenti: **BOZR 7.50 TD 10.20 Dt -2.00 Boston XO2.**

Visus occhio destro con lente a contatto: **8-9/10.**

Case report 2

Soggetto: D.M

Età: 52

Sesso: F

Osservazioni: Cheratoplastica perforante occhio destro. Cheratoplastica perforante occhio sinistro.

Storia: il soggetto D.M. ha subito un trapianto corneale perforante all'occhio destro a causa di un cheratocono di IV stadio. Dopo un lungo periodo di recupero post-operatorio e la rimozione delle suture il visus con correzione da occhiali non risultava soddisfacente. L'oculista, dopo aver effettuato un'attenta analisi della superficie anteriore del bulbo oculare e dopo aver verificato il pieno recupero post-operatorio, ha prescritto l'utilizzo delle lenti a contatto per migliorare le prestazioni visive.

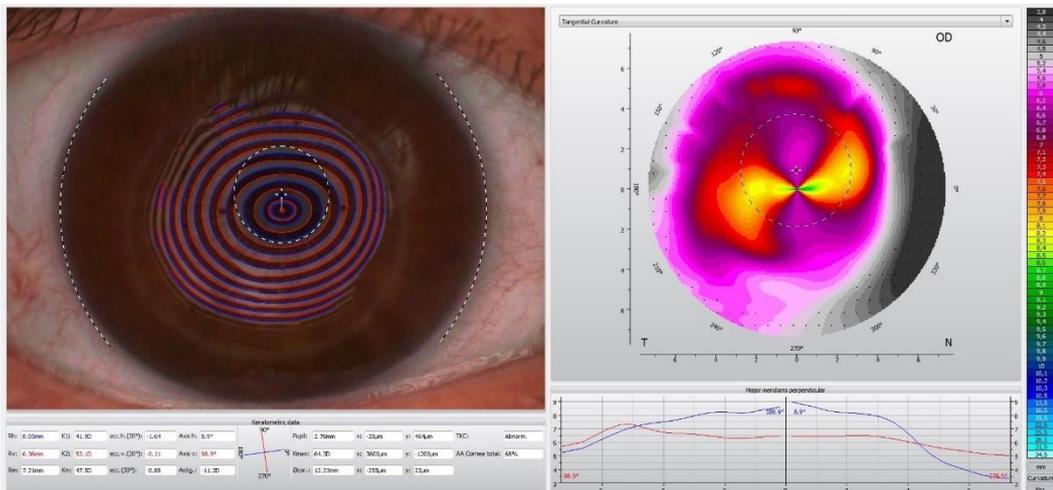


Figura 27: topografia corneale occhio destro (D.M.)

Dalla topografia rileviamo un astigmatismo corneale post-chirurgico di **11,2** diottrie. L'eccentricità a 30° orizzontale e verticale risulta essere non omogenea, quella orizzontale è **-1,64** mentre quella verticale è di **-0,11**. L'elevato astigmatismo centrale insieme al profilo corneale di tipo oblato mostra una

superficie corneale completamente irregolare nei diversi settori corneali. I raggi corneali centrali sono: Rh **8,05** mm e Rv **6,36** mm.

Procediamo quindi con l'adattamento di lenti a contatto a geometria inversa prendendo in considerazione i parametri corneali centrali.

Come prima prova applichiamo una lente a contatto di set KA4-Reverse con i seguenti parametri: BOZR 8.00 TD 10.20 Dt -3.00 Boston-Es-Uv.

Dopo aver applicato le lenti a contatto aspettiamo circa 20-30 min prima di instillare la fluoresceina e controllare l'adattamento al biomicroscopio.

Al biomicroscopio osserviamo che la lente applicata presenta un'eccessiva instabilità e risulta molto piatta. Successivamente applichiamo una lente di set variando il raggio base da 8,00 a 7,70. Notiamo anche in questo caso che la lente a contatto risulta ancora piatta e presenta un leggero decentramento quindi applichiamo una nuova lente modificando raggio base e diametro totale.

Otteniamo un buon compromesso applicativo, nonostante l'elevato astigmatismo centrale, con una lente KA4-Reverse con i seguenti parametri: **BOZR 7.40 TD 10.40 Dt -3.50 Acuity 200**.

Effettuiamo una sovrarefrazione e raggiungiamo il massimo visus senza l'aggiunta di ulteriore potere diottrico.

Visus occhio destro con lente a contatto: **10/10**.

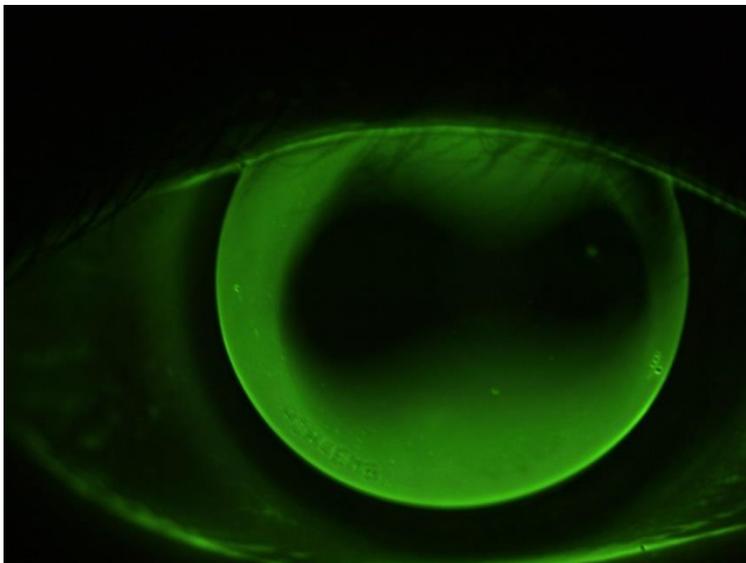


Figura 28: immagine fluoresceinica con lente definitiva (D.M.)

Case report 3

Soggetto: S.R.

Età: 36

Sesso: M

Osservazioni: Cheratoplastica perforante occhio destro. Cheratocono III stadio occhio sinistro.

Storia: Al soggetto S.R. è stato diagnosticato un cheratocono bilaterale all'età di 15 anni. In seguito alla degenerazione al IV stadio del cheratocono su occhio destro e alla presenza di idrope acuta, è stato sottoposto a cheratoplastica perforante nel 2018. Durante il decorso post-operatorio e in seguito alla rimozione dei punti di sutura, si è generato un astigmatismo corneale molto elevato. Circa 9 mesi fa il suo medico oculista lo ha sottoposto ad un intervento di cheratotomia curva per ridurre la quantità di astigmatismo corneale residuo. Successivamente ha tentato un adattamento con lenti a contatto morbide annuali sull'occhio trapiantato, raggiungendo un visus massimo in binoculare di 6/10, tenendo conto che sull'occhio sinistro indossava lenti a contatto per cheratocono. L'oculista, date le numerose complicanze insorte in seguito all'adattamento con lenti a contatto morbide, ha prescritto l'utilizzo di lenti a contatto rigide gas permeabili, cercando di ottimizzare sia il risultato visivo sia quello fisiopatologico. Dall'ultimo referto medico la struttura del segmento anteriore appare nei limiti della norma e il lembo trapiantato risulta trasparente. In più è stata diagnosticata una esodeviazione all'occhio destro, per correggerla è stato prescritto un occhiale con lenti neutre su cui applicare in occhio destro un prisma press-on di 30 Dtp base interna e in occhio sinistro un prisma press-on di 6 Dtp base superiore. Bisogna tenere conto di questo tipo di correzione in fase di valutazione dell'acuità visiva post-adattamento, poiché l'applicazione di questo tipo di prismi tende a ridurla notevolmente.

Dopo un'attenta anamnesi procediamo con la rilevazione topografica.

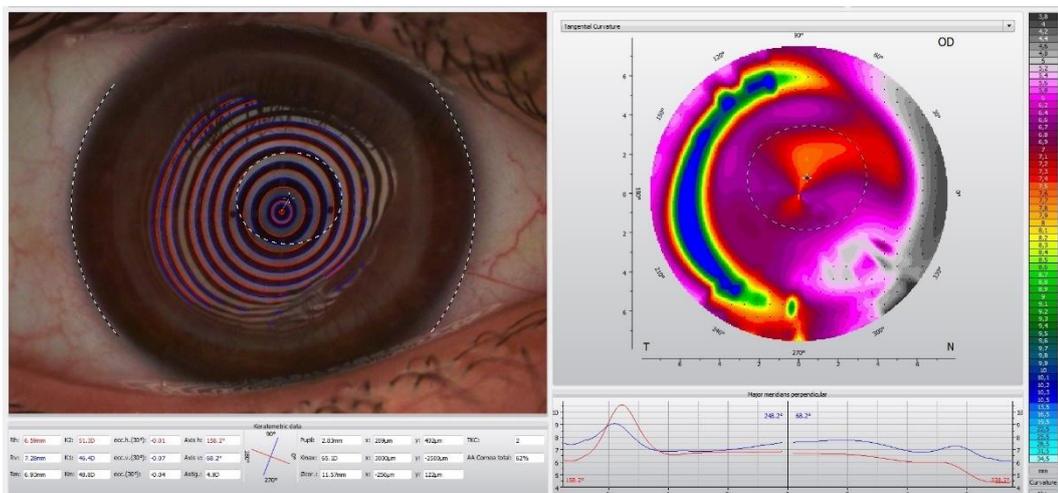


Figura 29: topografia corneale occhio destro (S.R.)

I parametri rilevati differiscono leggermente da quelli che incontriamo solitamente dopo una cheratoplastica perforante, questo è dovuto principalmente all'intervento di cheratotomia successivamente eseguito sull'occhio del soggetto. Nonostante ciò notiamo che l'astigmatismo corneale è pari a **4,9** diottrie. L'eccentricità corneale essendo vicinissima allo zero ci indica la presenza di un profilo oblato. Il diametro del lembo trapiantato risulta essere molto maggiore rispetto a quelli che si incontrano solitamente, in questo caso è necessario adoperare lenti a contatto a geometria inversa di grande diametro. I raggi corneali centrali sono: Rh **6,59** mm e Rv **7,28** mm.

Come prima lente utilizziamo una lente di set KA4-Reverse con i seguenti parametri: BOZR 7.20 TD 10.20 Dt -3.00 Boston-Es-Uv.

Dopo circa 20-30 minuti dall'applicazione valutiamo il quadro fluoresceinico al biomicroscopio e notiamo un eccessivo sollevamento al bordo e la lente risulta essere instabile e decentrata.

Per ottenere un adattamento ben centrato è necessario aumentare il diametro della lente e ridurre il raggio base.

Otteniamo un buon compromesso applicativo con una lente KA4-Reverse avente i seguenti parametri: BOZR 6.90 TD 10.60 Dt -4.00 Acuity 200.

Successivamente effettuiamo una sovrarefrazione riscontrando il massimo visus con l'aggiunta di una lente sf. -1,50.

La lente definitiva ha i seguenti parametri: **BOZR 6.90 TD 10.60 Dt -5.50 Acuity 200.**

Visus occhio destro con lente a contatto: **7-8/10.**

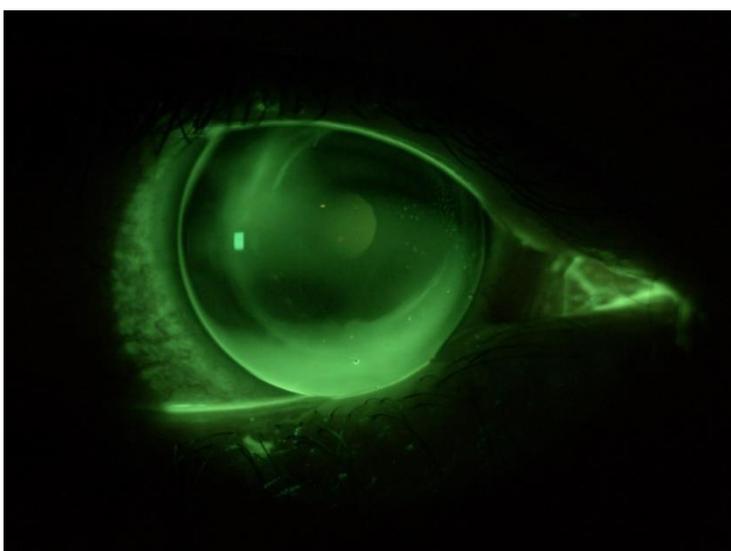


Figura 30: immagine fluoresceinica con lente definitiva (S.R.)

Conclusioni

Al termine di questo lavoro di ricerca, accompagnato da tre case reports che mi hanno permesso di toccare con mano le sfide che tutti i contattologi affrontano in ogni adattamento post-cheratoplastica, posso ora confermare le reali difficoltà che si presentano caso per caso.

È importante fare affidamento ai vari protocolli di adattamento e alle diverse tecniche applicative, ma solo l'esperienza maturata dopo numerose applicazioni può rendere tutto più semplice.

Grazie all'ausilio di nuove tecnologie e strumentazioni all'avanguardia, che ci permettono di stare al passo coi tempi, potremo risolvere casi che in passato ci hanno dato non pochi grattacapi.

Anche le nuove tecniche chirurgiche ci stanno agevolando, laddove è possibile applicarle generano cornee con minori irregolarità e questo semplifica il compito del contattologo.

La gestione ottimale dei soggetti che desiderano o necessitano di un adattamento post-cheratoplastica può raggiungere i suoi massimi livelli seguendo i portatori di lenti a contatto per tutto il loro percorso e collaborando con la figura del medico oculista per poter rispondere al meglio a tutte le esigenze visive e fisiopatologiche, e a tutte le complicanze che si presentano puntualmente dopo lunghi periodi di porto delle lenti a contatto.

Abbiamo avuto modo di constatare che l'adattamento post-cheratoplastica con lenti rgp ristabilisce un'ottima acuità visiva, in alcuni casi trattati l'occhio controlaterale a quello trapiantato presentava un cheratocono corretto con lenti a contatto con un visus minore rispetto a quello ottenuto nei casi di cheratoplastica. Risulta quindi di vitale importanza riuscire a portare a termine l'adattamento su cornee trapiantate per restituire il giusto comfort visivo ai soggetti che non godono di altissime prestazioni visive nell'occhio controlaterale.

Laddove è possibile è quindi consigliabile adoperare lenti rigide gas permeabili per i soddisfacenti risultati visivi e le ridotte complicanze ad esse correlate.

Bibliografia

1. "Citologia e Istologia funzionale" - di Auto vari. Milano, Edi ermes (2005).
2. "Appunti di anatomia oculare" – Università degli studi di Trieste.
3. "Kanski's Clinical Ophthalmology. A systematic approach" – di B.Bowling. Elsevier. (2016)
4. "Manual of contact lens prescribing and fitting" – di Milton M.Hom. Elsevier. (2006)
5. "Oftalmologia" – di G.Bucci. Universo (1993)
6. "Occhio e Lenti a contatto" – di L.Buttaro, C.Giordano. Fabiano Editore. (2011)
7. "Contattologia una guida clinica" – di L.Lupelli. R.Fletcher, A.L.Rossi. Medical Books. (2004)
8. "Mastering Endothelial Keratoplasty" – di S.Jacob. India, Springer. (2016)
9. "Manuale di optometria e contattologia" – di A.Rossetti, P.Gheller. Bologna, Zanichelli (2003)
10. "Contact Lens Pratiche" – di N.Efron. Elsevier. (2010)
11. "Guida all'applicazione di lenti sclerali" – di E.Van der Wrop.
12. "Contact lenses in ophthalmic practice" – di M.J.Mannis, K.Zadnik. Springer. (2003)
13. "Clinical analysis of tear film after lamellar keratoplasty" – di Wan-Rong Huang, Qiu-Lian Chen, Jin-Hong Cai, Yue Zhang. (2012).
14. "Endothelial keratoplasty: From DLEK to DMEK" – di Mark M.Fernandez, Natalie A.Afshari. (2010).
15. Dispense del corso di Strumentazioni ottiche della Prof.ssa G.Rusciano.
16. Dispense del corso di Contattologia del Prof. L.De Luca.
17. Appunti del corso di Contattologia del Prof. S.Reppucci.
18. "Corso di optometria per ottici. Strumenti optometrici" – di G.Migliori, L. Parenti. IRSOO, Fabiano Editore.
19. "Materials & Solution. Product Guide" – di Baush & Lomb Boston.
20. "High Dk piggyback contact lens system for contact lens-intolerant keratoconus patients" – di T.Sengor, S. A.Kurna, S.Aki, Y.Özkurt. Istanbul. (2011)
21. "Lenti a contatto: aspetti clinico-pratici. Segni, sintomi, diagnosi e suggerimenti" – di N.A.Brennan, A.S.Bruce. Ciba Vision, Gruppo Novartis.
22. "Clinical Manual of Contact lenses" – di E.S.Bennett, V.A.Henry. Wolters Kluwer. (2015)
23. "KA4-Reverse lente a contatto Ascon a geometria inversa" di Ascon.

24. "Oltre l'immaginazione. L'adattamento di lenti a contatto Ascon dopo cheratoplastica" di Ascon.
25. "Optical devices in Ophthalmology and Optometry" – di M.Kaschke, K. Donnerhacke, M.S.Rill. Wiley-Vch. (2014)
26. "Contact lens complications" – di N.Efron. Butterworth-Heinemann. (1999)

Sitografia

1. <https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/index.htm>
2. <https://www.reviewofoptometry.com/article/more-details-on-duaand8217s-layer-of-the-cornea-41849>
3. <https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/disturbi-oculari/patologie-corneali/cheratopatia-bollosa>
4. <https://www.iapb.it/cheratiti/>
5. <https://www.eyeworld.org/article-pre-descemet-s-endothelial-keratoplasty--pdek>
6. <https://docplayer.it/16548062-Parametri-delle-lenti-a-contatto-2-proprietà-dei-materiali-2-materiali-2-materiali-rigidi-2-materiali-morbidi-3-classificazione-dei.html>
7. <https://www.paragonvision.com/ecp/products/gp-materials>