

Università degli studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

Sistemi piggyback e lenti sclerali: soluzioni a confronto

(Piggyback systems and scleral lenses: solutions compared)

Relatore: Prof. Renzo Colombo

Laureanda: Anna Chiminello

Matricola: 1118653

Anno accademico 2019/2020

Indice

Abstract.....	1
Introduzione.....	3
Capitolo 1: La cornea.....	5
1.1 Cenni di anatomia corneale.....	5
1.2 Irregolarità corneali.....	7
1.2.1 Cheratocono.....	8
1.2.2 Degenerazione marginale pellucida.....	13
1.2.3 Irregolarità post chirurgia.....	19
1.2.4 Superfici corneali danneggiate.....	23
Capitolo 2: Le due soluzioni.....	27
2.1 Il sistema piggyback.....	27
2.1.1 Indicazioni.....	29
2.1.2 Applicazione di un sistema piggyback classico.....	30
2.1.3 Applicazione di un sistema piggyback con inserto.....	33
2.1.4 Scelta dei materiali.....	34
2.1.5 Scelta del potere.....	34
2.2 Le lenti sclerali.....	36
2.2.1 Indicazioni.....	37
2.2.2 Applicazione di una lente sclerale.....	40
2.2.3 Applicazione di una lente minisclerale.....	43
2.2.4 Selezione del potere.....	43
Capitolo 3: Il confronto: uno sguardo alla letteratura.....	45
3.1 Trasmissibilità all'ossigeno.....	45
3.2 Ricambio lacrimale.....	48
Capitolo 4: lo studio.....	51
4.1 Il questionario.....	51

4.2 Analisi dei dati.....	52
Capitolo 5: Discussione e conclusioni.....	63
5.1 Discussione.....	63
5.2 Conclusioni.....	66
Bibliografia.....	68
Appendice.....	75

Abstract

Obiettivi:

Comprendere l'opinione odierna dei contattologi italiani sull'uso delle lenti sclerali e dei sistemi piggyback.

Metodo:

È stato strutturato un questionario sulla piattaforma *google forms* diffuso dalle associazioni AILAC, AILeS, ALOeO, Federottica e SOPTI. È stata rilevata la frequenza delle due applicazioni negli ultimi cinque anni. Sono stati esaminati poi i tipi di irregolarità corneali e la frequenza di applicazione delle soluzioni in esame in relazione ad essi. Infine, sono state raccolte le opinioni personali dei professionisti riguardo la complessità delle due applicazioni, la difficoltà di gestione delle lenti per il soggetto, i pro e i contro delle due applicazioni e la loro preferenza personale.

Risultati:

Sono state selezionate 31 risposte. Per tutte le applicazioni è stata espressa una preferenza per il cheratocono (58,0% per piggyback classico, 32,3% per piggyback con inserto, 38,7% per lenti sclerali, 41,9% per lenti minisclerali), in particolare per la morfologia nipple/round, con l'eccezione delle lenti sclerali, in cui è favorita la tipologia avvallamento/ovoidale. L'applicazione più frequente è stata quella delle lenti sclerali, seguita da minisclerali, piggyback classico e con inserto. L'applicazione più complessa risulta essere la lente sclerale (2,7), anche per difficoltà di gestione per il soggetto (3,3 contro i 2,9 del piggyback). I vantaggi principali di una lente sclerale sembrano essere la stabilità, l'idratazione e la qualità ottica; quelli di un sistema piggyback la maggiore semplicità di applicazione, il costo inferiore, la possibilità di un porto più prolungato.

Introduzione

Il sistema piggyback nasce come soluzione ingegnosa a un problema complesso: si trattava di raggiungere una correzione adeguata dell'astigmatismo irregolare cercando però di mantenere il comfort di una lente morbida in situazioni in cui altre applicazioni, ad esempio di lenti sclerali, hanno fallito. Le lenti sclerali sono state le prime lenti a contatto ad essere state mai utilizzate; da sempre offrono possibilità uniche all'applicatore: il serbatoio lacrimale costante dietro la lente, il contatto quasi nullo con la cornea, il grande comfort con la qualità ottica tipica di una lente rigida.

Sia i sistemi piggyback che le lenti sclerali sono applicazioni molto complesse che richiedono esperienza ed attenzione, soprattutto dal momento che nella maggior parte delle occasioni queste soluzioni sono richieste in caso di patologie oculari. Inoltre, entrambe le soluzioni sono state associate a complicanze di varia natura, in particolare dovute allo stress ipossico. Per questi motivi sono spesso considerate al giorno d'oggi l'ultima risorsa, la soluzione da usare quando nient'altro ha funzionato.

Negli ultimi anni abbiamo visto una notevole quantità di innovazioni nel campo della contattologia che hanno portato all'introduzione nel mercato di nuovi design e materiali che hanno portato a una diminuzione dei rischi di complicanze e di conseguenza a un rinnovato interesse per le caratteristiche e le possibilità legate a queste applicazioni.

Soprattutto le lenti sclerali negli ultimi anni sono state oggetto di numerose discussioni e ricerche.

È interessante vedere come queste applicazioni abbiano ottenuto attenzioni così diverse: i risultati che si ottengono da una ricerca sulla piattaforma *Pubmed* usando le parole "Piggyback contact lens", dagli anni '70 a oggi, sono intorno alla sessantina, mentre ricercando "Scleral contact lens" con gli stessi filtri emergono circa ottocento risultati. La netta differenza nell'interesse degli specialisti per queste due soluzioni è uno dei punti chiave da cui è nata questa ricerca.

Lo scopo di questa tesi è indagare sulle differenze tra queste due applicazioni così particolari, in particolare sull'opinione dei professionisti italiani sulle loro indicazioni e sulle possibili complicanze, sulle preferenze applicative, le difficoltà nel fitting e sugli elementi determinanti per la scelta tra queste due soluzioni.

Per questo motivo è stato strutturato un questionario pensato per raccogliere le opinioni dei contattologi italiani riguardanti la scelta tra l'applicazione di un sistema piggyback o di una lente sclerale.

È doveroso un ringraziamento a AILAC, AILeS, ALOeO, Federottica, SOPTI e i loro associati, il cui aiuto nella diffusione del questionario è stato fondamentale.

La cornea

Cenni di anatomia corneale

La cornea costituisce la porzione anteriore della tunica esterna dell'occhio, continuandosi a livello del limbus sclerocorneale con la porzione posteriore, detta sclera. Avendo un raggio di curvatura inferiore a quest'ultima (circa 7,8 mm contro i 12,0 mm di media della sclera), la cornea sporge in avanti rispetto al resto del bulbo oculare (Bucci, 1993). Nell'adulto medio, il raggio di curvatura orizzontale è di circa 7,8 mm mentre il raggio verticale è di 7,7 mm. Questa configurazione ellittica è detta *astigmatismo fisiologico*. La forma della cornea anteriore è *ellittica prolata*, ovvero una curva più stretta al centro che man mano diminuisce verso la periferia, e ciò crea un sistema ottico asferico (DelMonte & Kim, 2011).

Lo spessore di una cornea sana varia tra circa 1,0 mm nella porzione periferica e 0,5 mm nella porzione centrale.

La superficie posteriore è bagnata dall'umor acqueo, mentre quella anteriore si interfaccia con il film lacrimale, interfaccia fondamentale per il potere refrattivo dell'occhio: è la superficie con maggior potere diottrico del sistema visivo, di circa 43 diottrie.



Fig. 1. Fessura ottica su una cornea normale

La cornea umana consta di cinque strati riconosciuti: tre cellulari, ovvero epitelio, stroma ed endotelio, e due interfacce, cioè la membrana di Bowman e la membrana di Descemet.

L'epitelio è la struttura più esterna della cornea. È in continuazione con l'epitelio congiuntivale ed è di tipo pavimentoso composto, non cheratinizzato squamoso caratterizzato dalla sua uniformità da limbus a limbus. Lo spessore di questo strato varia tra circa 40 e 50 μm . È costituito da 6-7 strati di cellule, suddivise, dalle più profonde alle più superficiali, in basali, poligonali e superficiali, i cui legami intercellulari attraverso desmosomi e tight-gap junctions sono fondamentali per la normale fisiologia corneale: questi infatti impediscono al fluido lacrimale di penetrare negli spazi intercellulari, prevenendo edema ed altre complicanze che andrebbero ad intaccare la trasparenza corneale. Questa barriera, inoltre, protegge gli strati più profondi dall'entrata di tossine e microorganismi (Bucci, 1993).

Lo strato mucinico del film lacrimale prodotto dalle cellule caliciformi congiuntivali si distribuisce sui microvilli e sulle micropliche presenti sulla superficie dell'epitelio e interagisce intimamente con il glicocalice, che contribuisce alla bagnabilità corneale, in modo che ad ogni ammiccamento il film si distribuisca uniformemente. Una perdita del glicocalice per un trauma o una patologia risulta nella perdita della stabilità del film lacrimale con conseguenti danni all'intero sistema ottico: il film lacrimale è il protettore primario della superficie oculare da invasioni microbiche, agenti chimici e corpi estranei; fornisce fattori immunologici e di crescita indispensabili per la salute, la proliferazione e la riparazione corneale (Cameron, 2005).

La membrana di Bowman si continua perifericamente con la membrana basale dell'epitelio congiuntivale. Non è una vera e propria membrana, bensì un condensato della porzione più anteriore dello stroma, ed è costituito da fibrille collagene immerse in una sostanza amorfa. Nel complesso ha uno spessore di circa 12 μm .

Lo stroma rappresenta la struttura più spessa e consistente dell'intero tessuto corneale, con uno spessore di circa 500 μm , ovvero tra l'80 e l'85% della cornea.

Istologicamente si distinguono le lamelle e i cheratociti stromali. Le lamelle sono composte da fibre di collagene disposte parallelamente tra loro e rispetto alla superficie corneale. Le lamelle, a loro volta, sono disposte in modo che le fibre al loro interno

formino un angolo retto. È questa peculiare disposizione e la piccola distanza tra le fibre a conferire a questo tessuto la sua trasparenza grazie al fenomeno dell'interferenza.

Anche la membrana di Descemet misura 12 μm . Ha una struttura fibrillare collagena, acellulare, con una configurazione multilamellare.

Un endotelio umano sano è costituito da un unico strato di cellule che appare come un mosaico di cellule esagonali di dimensione e disposizione uniforme. Nell'adulto si stabilizza attorno ai 4 μm di spessore.

Lo strato endoteliale garantisce trasparenza alla cornea assicurando che rimanga in uno stato di parziale *deturgenza*: in condizioni normali la cornea ha un contenuto d'acqua pari al 75-80%. Minime variazioni di tale percentuale possono condurre a una sua imbibizione con conseguente perdita della trasparenza.

La stretta relazione tra cellule adiacenti nell'endotelio è fondamentale per l'omeostasi della cornea. La coesione tra queste cellule è data dalle interdigitazioni laterali, gap-junctions, tight-junctions e adhesion-junctions. Le membrane cellulari possiedono un'alta densità di pompe sodio-potassio ATP dipendenti, di cruciale importanza per garantire il controllo dell'idratazione corneale. A questo livello troviamo anche le zonule occludens, fitte reti di actina che determinano un addensamento citoplasmatico intracellulare per maggiore adesione tra le cellule, fungendo così da barriera parzialmente permeabile: è infatti l'umor acqueo che fornisce gran parte del glucosio necessario al metabolismo corneale. L'ossigeno, invece, vede come fonte principale il film lacrimale, attraverso l'epitelio.

Irregolarità corneali

Le lenti a contatto sono la primaria forma di correzione visiva per soggetti con superfici corneali irregolari. Un'irregolarità nella topografia risulta otticamente in astigmatismi irregolari e aberrazioni di alto ordine. (Rico-Del-Viejo, et al., 2017)

Quando si parla di astigmatismo della superficie corneale ci si aspetta che i due meridiani principali siano ortogonali tra loro, condizione molto semplice da correggere. Nel caso di un astigmatismo irregolare i due meridiani principali non sono ortogonali e/o i poteri dei meridiani principali in una delle metà della cornea differiscono da quelli dei meridiani corrispondenti nell'altra metà. (Alpins, Maggio 1998) La correzione con

gli occhiali diventa approssimativa e bisogna ricorrere alle lenti a contatto rigide. (Rossetti & Gheller, 2003)

Si dovrebbe iniziare ad avere sospetti riguardo un eventuale astigmatismo irregolare quando risulti difficile raggiungere un'acuità visiva di 10/10 in concomitanza di un aumento di astigmatismo contro regola. Anche la presenza di un'ombra a “forbice” nell'eseguire una retinoscopia suggerisce lo sviluppo di un astigmatismo irregolare. (Borish, 1970)

Cheratocono

È la più comune ectasia primaria. Si tratta di una degenerazione corneale bilaterale asimmetrica che può presentarsi come un assottigliamento stromale corneale localizzato che porta eventualmente alla protrusione della zona indebolita: il cono [Fig. 2]. Questa protrusione causa una forte miopia e un astigmatismo irregolare, intaccando di conseguenza la qualità visiva (Mohammadpour, Heidari, & Hashemi, 2018) (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010).

Si manifesta in genere nella seconda decade di vita e progredisce fino alla quarta, quando in genere si stabilizza.

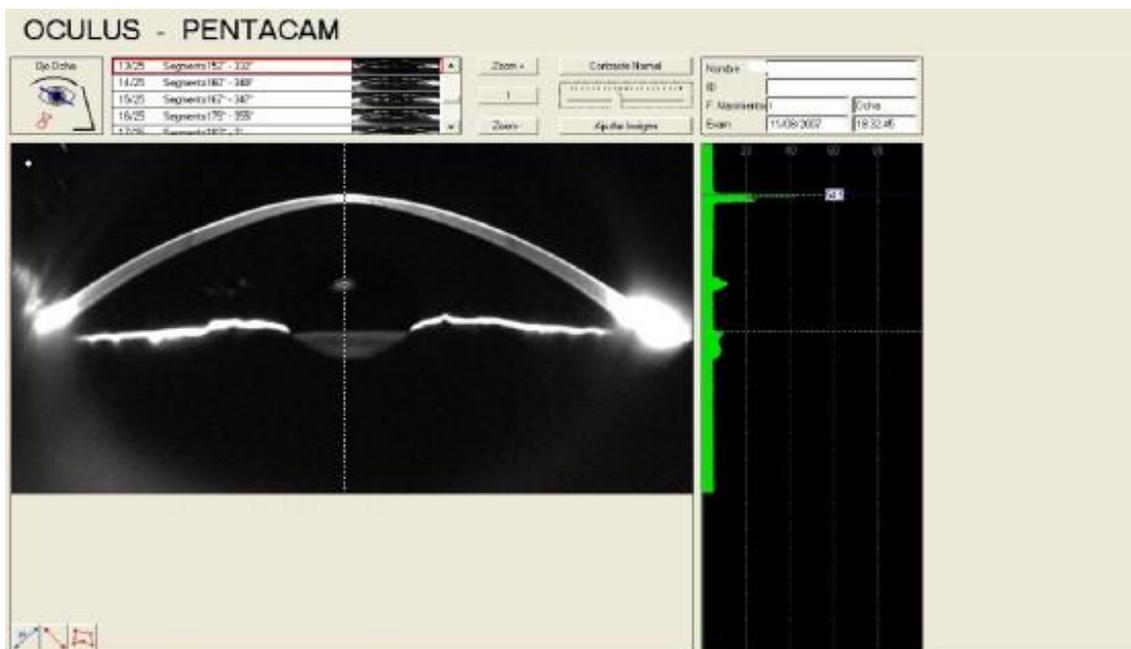


Fig. 2. Immagine tramite Scheimpflug di un cheratocono in stadio avanzato. È apprezzabile un notevole assottigliamento della cornea centrale.

Segni clinici

I segni che caratterizzano questa patologia possono variare a seconda della sua gravità. Nei primi stadi, nei quali viene detto *Frusto*, ad esempio, il cheratocono risulta asintomatico e può passare inosservato sia al soggetto che al professionista, a meno che questo non metta in atto dei test specifici, come la topografia corneale (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010).

La progressione della malattia si manifesta con un cospicuo calo di acuità visiva non compensabile con gli occhiali (Ferdin, et al., 2019).

Nei casi moderati ed avanzati di cheratocono è possibile trovare un arco o un circolo di emosiderina, comunemente conosciuto con il nome di *Anello di Fleischer*, attorno la base del cono. È stato suggerito che questa linea possa essere un accumulo di depositi di ferro derivanti dal film lacrimale sulla cornea dovuto alla brusca variazione di curvatura corneale dovuta dalla patologia e/o dall'alterazione del normale sistema di scorrimento delle cellule epiteliali.

Un altro segno caratteristico sono le *Strie di Vogt*, ovvero delle sottili linee verticali dovute alla compressione della membrana di Descemet. Queste tendono a scomparire esercitando della pressione, con le dita o con il porto di lenti RGP.

Anche l'aumento della visibilità dei nervi corneali e l'osservazione di opacità corneali profonde e superficiali sono segni comuni della patologia che si possono manifestare a diversi stadi della malattia.

La maggior parte dei pazienti portatori di lenti a contatto con il tempo sviluppano cicatrici corneali.

Sono osservati frequentemente il *Segno di Munson*, una deformazione della palpebra inferiore a forma di V osservabile quando il soggetto guarda verso il basso, e il *Segno di Rizzuti*, un luminoso riflesso della zona nasale del limbus quando la luce è diretta alla zona temporale.

In casi gravi di Cheratocono possono verificarsi rotture nella membrana di Descemet, causando un edema stromale acuto, l'*Idrope*, perdita improvvisa di visione e dolore significativo (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010).

Classificazione

Esistono diversi metodi per classificare il cheratocono. Uno dei più importanti è il metodo Amsler-Krumeich, che si basa sull'evoluzione, sull'entità di miopia e astigmatismo, spessore corneale, cicatrici e cheratometria centrale. (Mohammadpour, Heidari, & Hashemi, 2018) Sono identificati quattro stadi [Tabella I].

Stadio	Descrizione
1	Frusto o forma subclinica; diagnosticato con topografia corneale; acuità di 10/10 raggiungibile con la correzione oftalmica.
2	Forma lieve, iniziale; leggero assottigliamento corneale; cicatrici corneali assenti.
3	Forma moderata; assenti cicatrici e opacità corneali; presenza di striae di Vogt, anello di Fleischer; non sono raggiunti i 10/10 con gli occhiali, ma è possibile con le lenti a contatto; astigmatismo irregolare tra 2,00D e 8,00D; assottigliamento corneale significativo.
4	Forma grave; curvatura corneale superiore a 55,0D; cicatrici corneali; marcato assottigliamento corneale; segno di Munson.

Tab. I. I quattro stadi del cheratocono secondo Amsler-Krumeich.

Nel 2015, il “*Global consensus on keratoconus and ectatic diseases*” ha cercato di stabilire una classificazione universale per il cheratocono: è stato concordato che al momento non esiste un sistema adeguato e che nemmeno lo storico Amsler-Krumeich sopra riportato è adatto a descrivere le informazioni a cui possiamo accedere con la tecnologia moderna: sarebbe necessario apportare cambiamenti almeno nell'ambito della curvatura corneale anteriore, posteriore, e/o assottigliamento o cambiamenti nel tasso di variazione pachimetrico (Gomes, et al., 2015).

Comunemente è utilizzata la morfologia del cono per classificare il cheratocono. Nella pratica questa è interessante sia nel predire l'acuità visiva sia nel selezionare il tipo di lente da applicare (Armitage, Bruce, Phillips, & Lindsay, 1998).

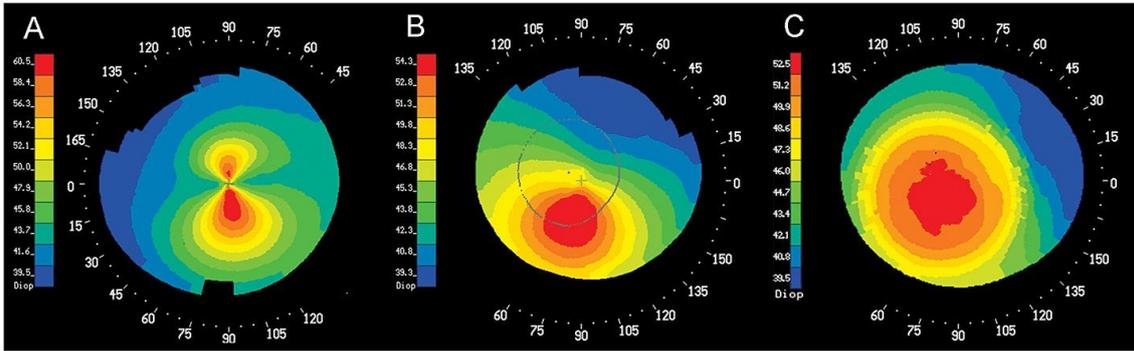


Fig. 3. Mappe topografiche assiali con scale di potere normalizzate in diottrie delle tre principali categorie morfologiche del cheratocono. A: un cono di tipo nipple, con un'incurvatura localizzata all'apice del cono. B: Un cono ovalare con un'incurvatura decentrata inferiormente rispetto all'asse visivo. C: Un cheratoglobolo.

Nipple: Il cono ha diametro minore o uguale a 5 mm è genericamente di forma tonda ed è localizzato nella cornea centrale o paracentrale, più comunemente nel quadrante infero-nasale. Il fitting di una lente a contatto è generalmente relativamente semplice, in quanto vengono prodotte delle distorsioni simmetriche e anche delle lenti di piccolo diametro si appoggiano bene su questo tipo di cornea.

Ovalare: il cono ha diametro superiore a 5 mm e può essere localizzato dalla cornea paracentrale alla cornea periferica, più comunemente nel quadrante infero-temporale, influenzando così sull'asse visivo in modo asimmetrico. Il fitting risulta più complesso, sono necessarie lenti di diametro più ampio. (Rabinowitz, 1998)

Cheratoglobolo: il cono coinvolge più del 75% della cornea. L'applicazione di lenti a contatto è molto complessa, con rare eccezioni. (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010)

Il cheratoglobolo viene considerato in modi diversi a seconda dello studio: a volte viene considerato un tipo di cheratocono, una forma morfologica molto grave, altre volte viene considerato una patologia a sé stante. (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010) Nel 2015 ne *Global consensus on keratoconus and ectatic diseases* è stato per l'appunto raggiunto il consenso sull'espressione "*keratoglobus and keratoconus are different clinical entities*", che porrebbe una conclusione alla questione. (Gomes, et al., 2015) In questa tesi tuttavia è stato scelto di considerarlo come una forma di cheratocono in quanto in Italia resta una classificazione comune.

Il cheratoglobulo è una rara patologia ectasica caratterizzata da un assottigliamento da limbus a limbus della cornea che assume il tipico profilo globulare. In questo caso, infatti, si ha un assottigliamento diffuso in tutta la cornea, in particolare nella periferia, che può arrivare a uno spessore di un quinto di quello di una cornea sana. La curvatura corneale può raggiungere le 60-70 D. (Martínez-Abad & Pinero, 2019)

Management

Il management del cheratocono varia a seconda della gravità. Agli stadi iniziali si possono usare gli occhiali, negli stadi lievi e moderati si usano le lenti a contatto e negli stadi più gravi si deve ricorrere alla cheratoplastica. Altri trattamenti chirurgici includono anelli intraoculari, cross linking corneale, procedure laser, impianti di lenti intraoculari o combinazioni di queste.

Lenti a contatto

Il cheratocono frusto o comunque le forme iniziali alle volte possono essere corrette usando lenti a contatto morbide. Al momento sono disponibili in commercio diversi design di lenti morbide pensate per il cheratocono. Alcune caratteristiche del silicone hydrogel, come il modulo di rigidità e l'alta permeabilità all'ossigeno, lo rendono un materiale più adatto all'applicazione sul cheratocono rispetto all'hydrogel convenzionale.

Recentemente sono state sviluppate delle lenti a contatto morbide a controllo aberrometrico utili in casi lievi e moderati.

Sono ampiamente utilizzate nella correzione del cheratocono le lenti RGP corneali, i cui numerosi design pensati per la patologia includono multicurve, asferiche e anche lenti a geometria inversa.

Nel fitting di queste lenti ci si basa classicamente su tre filosofie applicative: clearance apicale, che consiste nel fare in modo che la lente appoggi sulla cornea paracentrale, proteggendo così il cono ma non garantendo il controllo della sua progressione e una buona acuità visiva; sfioro apicale, in cui si ha l'appoggio primario della zona ottica della lente sulla cornea centrale, ottenendo una buona acuità visiva e un controllo della progressione del cono con il rischio però maggiormente di sviluppare cicatrici corneali; e "sfioro a tre punti", in cui la lente si appoggia su diversi punti, con un leggero tocco

sull'apice del cono e un appoggio più importante sulla cornea paracentrale, e in questo caso si ottiene una buona acuità visiva.

È stato riportato anche l'uso con relativo successo di lenti ibride, che tuttavia non vengono molto utilizzate dal momento che non forniscono un'acuità visiva o un comfort migliori di ciò che si può ottenere da una lente RGP corneale.

Abbiamo poi i sistemi piggyback, in cui la lente morbida ha la funzione di proteggere il cono e creare un'area di appoggio più regolare per la lente RGP, che in questo caso serve a raggiungere un'acuità visiva adeguata (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010) (Downie & Lindsay, 2015).

Può essere necessario applicare una lente minisclerale o sclerale qualora la stabilità della lente tradizionale fosse precaria.

Degenerazione marginale Pellucida

La degenerazione marginale pellucida è una rara patologia corneale ectasica non infiammatoria e progressiva caratterizzata da una sottile banda di assottigliamento corneale separata dal limbus da un'area relativamente non coinvolta di circa 1-2mm di larghezza. Questa condizione in genere coinvolge la parte inferiore della cornea, con un assottigliamento che si estende dalle ore 4 alle ore 8; tuttavia, ci sono molti report che descrivono casi di coinvolgimento superiore, temporale e nasale. (Martínez-Abad & Pinero, 2019) (Maharana, et al., 2016) Si trova poi un appiattimento del meridiano verticale al di sopra della banda di assottigliamento che genera un marcato astigmatismo contro regola. Frequentemente la cornea presenta un'area di incremento della curvatura al di sotto di questa banda. La protrusione corneale nella degenerazione marginale pellucida, quindi, si trova inferiormente all'area di assottigliamento, mentre lo spessore dell'area centrale si mantiene generalmente in un range normale.

Lo stadio di assottigliamento periferico è spesso grave, con una perdita di tessuto stromale circa dell'80%. Ciononostante, l'area tra la banda assottigliata e il limbus rimane trasparente: non si presentano infatti cicatrici, depositi lipidici o neovascolarizzazioni. (Martínez-Abad & Pinero, 2019) Il termine *Pellucida* significa, infatti, *trasparente*. (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnell, 2011)

Topografia

Le caratteristiche morfologiche di questa patologia generano la tipica mappa topografica detta *a chela di granchio*, *a farfalla* oppure *due colombe che si baciano*, osservabile nella figura 4.

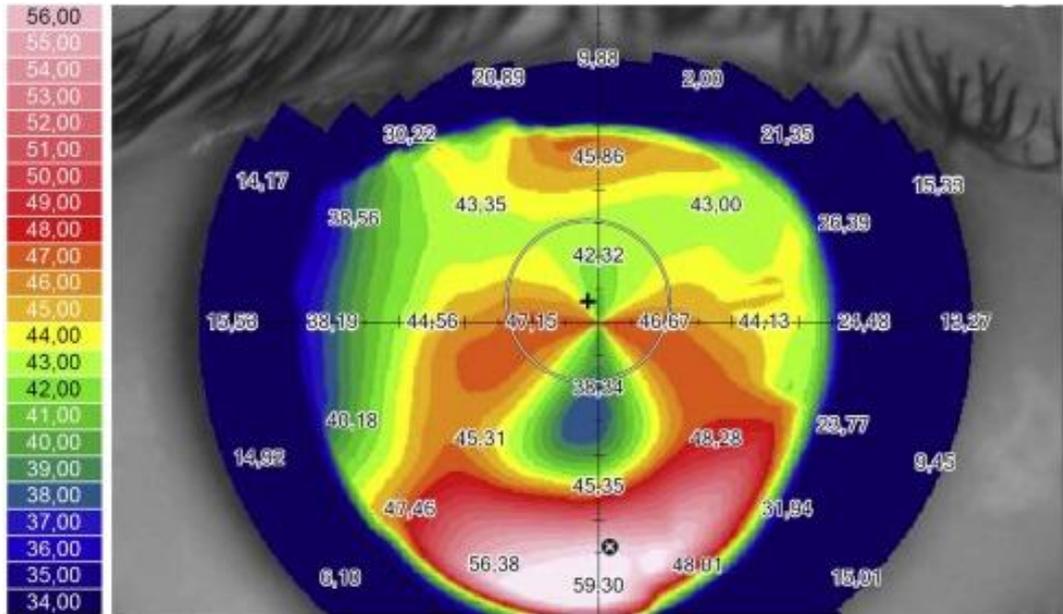


Fig. 4. Mappa topografica tangenziale anteriore di un caso di degenerazione marginale pellucida ottenuta con una Scheimpflug camera. Si evidenzia il classico pattern a chela di granchio (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

Questo tipo di topografia non è un segno diagnostico della degenerazione marginale pellucida, in quanto anche altre patologie ectasiche, come il cheratocono, possono sviluppare mappe simili.

Segni

I segni tipici della degenerazione marginale pellucida si trovano nella topografia: nella zona di assottigliamento si ha un disturbo nella mappa topografica, un evidente appiattimento lungo il meridiano verticale e l'astigmatismo contro regola, come già descritto. Vista di lato, la cornea infero-centrale potrebbe assumere un profilo tipico (*beer-belly*) che tuttavia non è sufficiente per diagnosticare questa patologia: può essere utile però se affiancato a topografia, pachimetria e osservazione in lampada a fessura.

Nei casi avanzati di pellucida si ha un brusco aumento di curvatura presso la zona ectasica fino a 20 D, visibile in lampada a fessura.

Come nel cheratocono possiamo trovare il segno di Munson, il fenomeno di Rizzuti e anche pieghe nella membrana di Descemet, che in genere si sviluppano concentricamente attorno al limbus inferiore.

I pazienti affetti da pellucida spesso lamentano un graduale peggioramento della visione oppure una costante scarsa acuità visiva; entrambi i sintomi sono dovuti all'alto astigmatismo contro regola.

Altri sintomi, più rari, sono improvvisa iniezione sclerale, dolore acuto, fotofobia e improvvisa diminuzione visiva dovuti a idrope acuta e/o ad una perforazione corneale spontanea, eventi che rappresentano una risposta corneale all'assottigliamento stromale progressivo. Sono state riportate neovascolarizzazioni e cicatrici corneali nei soggetti affetti da pellucida durante la guarigione dopo un idrope (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011).

Management

La gestione di una degenerazione marginale pellucida varia a seconda dello stadio di gravità della patologia. L'88% dei casi è gestita con lenti a contatto o con occhiali mentre nell'altro 12% si deve ricorrere ad una soluzione chirurgica.

Inizialmente, prima dello sviluppo dell'astigmatismo irregolare, è possibile raggiungere una buona acuità visiva con l'uso di occhiali o di lenti a contatto morbide toriche.

Alcuni autori descrivono l'applicazione riuscita di lenti ibride, tuttavia riportano difficoltà legate alla bassa permeabilità all'ossigeno, al fatto che alcuni tipi di lenti ibride tendessero a stringersi con il tempo o a strapparsi lungo la giunzione tra porzione rigida e morbida. Sono state riportate complicanze quali edema corneale, neovascolarizzazione e congiuntivite papillare gigante.

I casi moderati di pellucida spesso richiedono l'applicazione di lenti RGP corneali. Il problema più comune nei casi in cui sia stata applicata una lente di diametro standard risulta il rialzamento del bordo inferiore; questo avviene principalmente a causa dell'elevato astigmatismo contro regola che porta ad una centratura della lente instabile.

Per questo motivo si preferisce applicare lenti di diametro più grande, che conferiscono una maggiore stabilità all'applicazione.

Sono state applicate con successo anche lenti corneali bitoriche.

Per ottenere un migliore allineamento della lente sulla periferia, dove la cornea è più curva, sono state utilizzate anche lenti a geometria inversa, tuttavia queste sono più utili su cornee con un'eccentricità negativa: nel caso della pellucida generalmente si ha un'eccentricità negativa solo nel quadrante inferiore, quindi una lente a geometria inversa potrebbe causare problemi di adesione della lente nel quadrante superiore, portando poi ad un insufficiente scambio lacrimale e a danni epiteliali persistenti.

Con l'ulteriore avanzare della degenerazione diventa più complesso ottenere una centratura soddisfacente di una lente RGP in quanto con l'aumento della curvatura è facile che avvenga uno spostamento della lente durante l'ammiccamento. Diventano così molto utili le lenti sclerali: avendo l'appoggio sulla sclera sono più stabili anche con poteri più alti, la cornea non viene toccata rendendo l'irregolarità più semplice da gestire, c'è un minore rischio di intrusione di un corpo estraneo al di sotto della lente. Lo svantaggio principale di questa soluzione è rappresentato dalla bassa trasmissione di ossigeno e dallo scarso ricambio lacrimale. (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011)

La letteratura sul fitting di sistemi piggyback su una degenerazione marginale pellucida è a dir poco scarsa.

Diagnosi differenziale

Bisogna tenere in considerazione che non tutti i casi di pellucida presentano le caratteristiche sopra descritte, e che altri disordini ectasici, come il cheratocono e il cheratoglobulo, invece potrebbero. Per questo motivo la degenerazione marginale può essere confusa con altre patologie.

Al momento l'eziologia esatta della degenerazione marginale pellucida non è chiara e non è chiaro nemmeno se pellucida, cheratocono e cheratoglobulo siano patologie distinte o se siano diverse manifestazioni di una stessa malattia originaria. È stato suggerito che la pellucida possa essere una forma periferica di cheratocono e che possa portare al cheratoglobulo tramite un'estensione dello sfiancamento corneale periferico.

L'occorrenza di due diverse forme cliniche di ectasia nello stesso soggetto potrebbe riflettere un processo fisiopatologico originario comune (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

Rimane comunque fondamentale distinguere queste diverse forme cliniche per un management adeguato (Lee, et al., 2007).

Pellucida e cheratocono

La principale differenza tra degenerazione marginale pellucida e cheratocono si trova nella localizzazione dell'assottigliamento corneale e della conseguente ectasia: nella pellucida la protrusione è localizzata superiormente rispetto all'area di spessore più ridotto, e nella cornea centrale lo spessore è in genere normale; nei casi avanzati questo si può apprezzare nella mappa pachimetrica con il tipico pattern *a campana*. Nel cheratocono, invece, l'ectasia si verifica in corrispondenza all'assottigliamento. Secondo Rabinowitz sarebbe quindi possibile distinguere queste due patologie in stadi moderati con una valutazione in lampada a fessura; negli stadi iniziali ciò risulterebbe complesso perché la cornea potrebbe sembrare apparentemente normale, negli stadi avanzati l'assottigliamento in entrambe patologie potrebbe coinvolgere la maggior parte se non tutta la cornea inferiore. Queste differenze nelle mappe pachimetriche sono lo strumento principale nella distinzione tra cheratocono e pellucida, specialmente quando la mappa topografica presenta un pattern a chela di granchio (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011) (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

È interessante infatti la valutazione topografica. Studi recenti hanno analizzato le caratteristiche pachimetriche di cornee ectasiche con una topografia a chela di granchio, dimostrando che questo pattern può presentarsi sia nella degenerazione marginale pellucida sia nel cheratocono: considerare la mappa topografica come unico indice diagnostico può quindi portare a errori e conseguentemente a una gestione inappropriata (Lee, et al., 2007) (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

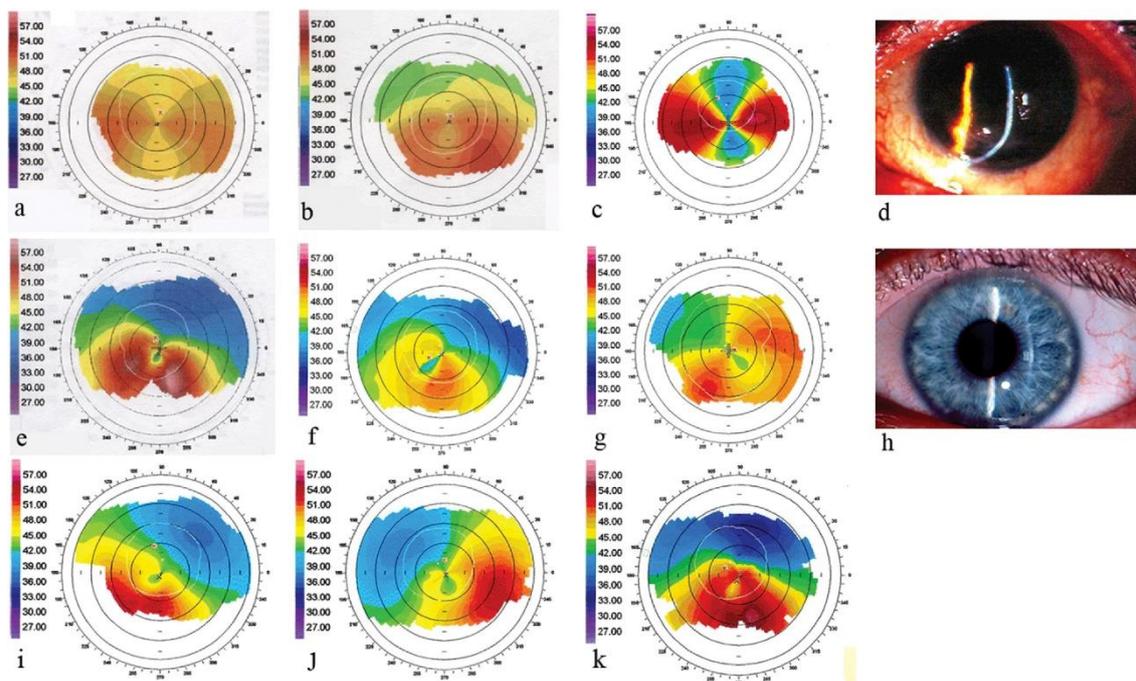


Fig. 5. Mappe topografiche assiali ottenute con un pattern a chela di granchio ottenute con Orbscan II. Mappe a-c: degenerazione marginale pellucida, d: tipico profilo di pellucida osservabile con una fessura ottica; e-g: cheratocono, h: assottigliamento corneale causato dal cheratocono; i-k: ectasia post-operatoria (Lee, et al., 2007).

Un'altra differenza tra pellucida e cheratocono si può trovare nell'età di insorgenza: il cheratocono compare tipicamente tra la pubertà e la terza decade di vita, mentre la pellucida si manifesta più tardi, tra la seconda e la quinta decade. Sono stati riportati casi di diagnosi di degenerazione marginale pellucida dopo i 60 anni e anche dopo gli 80 (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

La degenerazione marginale pellucida sembra progredire più lentamente rispetto al cheratocono, presentando alterazioni visive minori nel tempo e sembra avere una minore incidenza di eventi quali idrope. Nella maggior parte dei casi la presenza di una perforazione corneale è associata allo strofinio degli occhi e/o a un potenziale trauma della superficie corneale (Rabinowitz, 1998).

Pellucida e cheratogloba

Nel cheratogloba, come nella pellucida, è raro trovare le strie di Vogt, cicatrici subepiteliali, l'anello di Fleischer, depositi lipidici o vascolarizzazioni corneali; tuttavia, è

possibile che la cornea si opacizzi e diventi edematosa a causa di rotture nella membrana di Descemet (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011).

A differenza di pellucida e cheratocono, una cornea affetta da cheratoglobolo è più delicata: è molto facile che si rompa, con un trauma di minima entità o anche spontaneamente. Per questo sono controindicate le lenti a contatto rigide e sono invece molto consigliati gli occhiali protettivi (Rabinowitz, 1998) (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

La diagnosi differenziale si basa principalmente sullo studio della localizzazione delle aree di assottigliamento: questo è possibile in lampada a fessura, specialmente in casi avanzati, oppure osservando le mappe pachimetriche (Martínez-Abad & Pinero, 2019).

Irregolarità post chirurgia

La chirurgia refrattiva corneale è progredita rapidamente dalla cheratotomia radiale nel 1980 all'evoluzione della moderna cheratomileusi laser assistita in situ (LASIK) nel 1990: oggi la LASIK è la più popolare tecnica di chirurgia refrattiva per la correzione di miopia, ipermetropia ed astigmatismo. Con questa popolarità sono state osservate delle nuove complicanze, tra le quali troviamo l'astigmatismo irregolare. (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002) A volte diventa necessaria l'applicazione di lenti a contatto per raggiungere una visione adeguata.

Una delle difficoltà principali in questi casi è rappresentata dalla motivazione del soggetto, che si trova a dover portare delle lenti a contatto dopo essere ricorso alla chirurgia refrattiva per liberarsi da lenti e occhiali. (Bufidis, Konstas, Karabatsas, Economides, & Georgiadis, 2005) (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002) Il soggetto inoltre potrebbe aver sviluppato un'intolleranza rispetto alle lenti a contatto a seguito di un'alterazione della sensibilità corneale, o potrebbe presentare delle anomalie nel breakup time e nel test di Schirmer, rendendo l'applicazione ancora più complessa. (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011)

Nel caso di LASIK l'occorrenza di un astigmatismo irregolare può essere causata dallo strappo o dallo spostamento del lembo, dalla crescita interna di epitelio presso l'interfaccia, dalla cicatrizzazione irregolare a seguito di una infezione o cheratite

lamellare diffusa, dall'ablazione decentrata o irregolare, e dalla presenza di isole centrali (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002).

Le isole centrali sono state riportate in seguito a cheratoplastica lamellare automatizzata (ALK), cheratectomia fotorefrattiva (PRK) e LASIK. Le preoccupazioni principali nell'applicazione di lenti a contatto su isole centrali sono l'irregolarità corneale indotta e la difficoltà nell'ottenere un follow up preciso: una lente RGP potrebbe appoggiarsi sull'isola centrale modificandone i parametri di curvatura ed elevazione (Johnson & Azar, 2001).

Nei soggetti sottoposti a cheratotomia radiale l'astigmatismo irregolare può essere indotto dall'intersezione delle incisioni con l'asse visivo o dall'eccentricità della zona ottica (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002).

L'applicazione di lenti a contatto a seguito di chirurgia refrattiva rappresenta una sfida a causa della struttura anormale assunta dalla cornea: si intende un appiattimento centrale in caso di trattamento miopico e un aumento della curvatura nel caso di un trattamento ipermetropico. Ciò può causare un decentramento della lente con un movimento eccessivo. Nel caso del trattamento della miopia l'applicazione risulta forse più semplice grazie al menisco lacrimale che si forma sulla cornea centrale più piatta; bisogna tuttavia tenere in considerazione il potere della lacrima per determinare quello della lente. Nel caso di ipermetropia la topografia corneale mostra un'elevazione centrale che simula la topografia di un cheratocono: il metodo per il fitting è simile a quello usato per il cheratocono (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002).

Il diametro della lente RGP corneale nei soggetti sottoposti a LASIK e cheratectomia fotorefrattiva (PRK) è determinato in relazione al diametro del flap: il diametro si ritiene adeguato quando l'appoggio avviene sulla periferia corneale, zona su cui la chirurgia non ha influito.

Nel caso di PK si preferiscono lenti di diametro più ampio, cosicché l'appoggio avvenga sulla sclera, evitando la periferia corneale che è solitamente affetta dall'incisione: le lenti sulla periferia corneale sono instabili (Alió, Belda, Artola, García-Lledó, & Osman, 2002).

Nonostante l'elevata percentuale di successo dell'intervento di trapianto di cornea, rimane circa il 50% di probabilità che il soggetto abbia bisogno di lenti a contatto, sia per un'eventuale residuo miopico (specialmente nei soggetti con miopia assiale) o per

un astigmatismo post-operatorio. Potrebbe anche presentarsi un cheratocono post-operatorio (Rabinowitz, 1998) (Daniel, 1976).

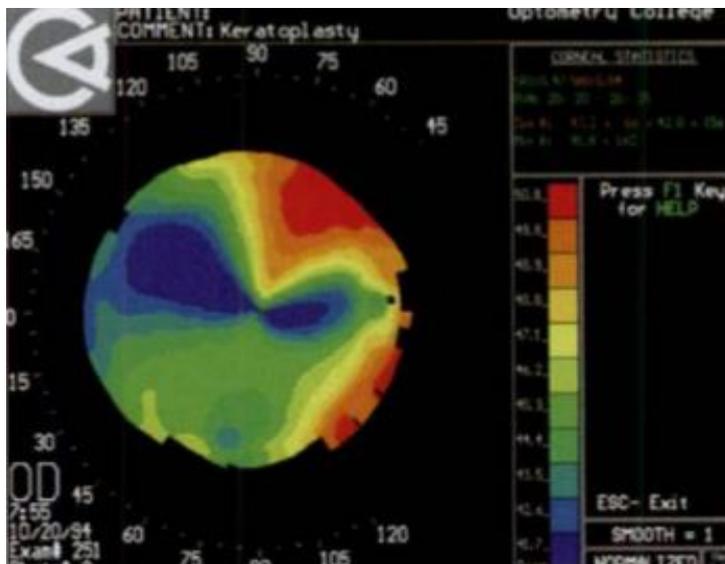


Fig. 6. Mappa topografica di un trapianto di cornea con notevole astigmatismo irregolare. Si nota la superficie oblata attorno al trapianto (Szczotka & Lindsay, 2003).

In genere i soggetti affetti da pellucida non sono buoni candidati per la cheratoplastica perforante (PK), in quanto l'assottigliamento avviene vicino al limbus; sono necessari innesti di grandi dimensioni ed eccentrici, con i quali aumenta la probabilità di rigetti di trapianto e di astigmatismo post-operatorio, (Lee, et al., 2007) che è già molto probabile con questo tipo di intervento (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnel, 2011).

Le indicazioni per il fitting di lenti a contatto in seguito a PK sono multifattoriali e includono astigmatismo irregolare, anisometropia sferica e astigmatica. Secondo Wietharn e Driebe il tipo più comunemente utilizzato di lente sarebbe la RGP corneale sferica, e l'applicazione avverrebbe non prima di 18,2 mesi dall'intervento (Wietharn & Driebe, 2004).

Altre complicanze che possono presentarsi nel follow-up del trapianto di cornea sono l'aumento della pressione intraoculare e problemi relativi alla sutura (Fasolo, et al., 2011).

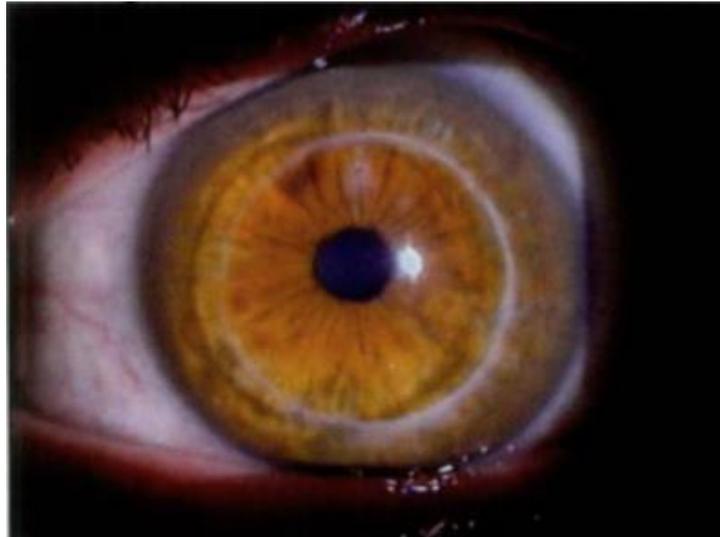


Fig. 7. Una fotografia in lampada a fessura di un trapianto di cornea con una sutura protrudente alle ore 12 (Szczotka & Lindsay, 2003).

Nonostante l'inserimento di un anello intracorneale (ICRS) (Mandathara, et al., 2019) possa ritardare o addirittura eliminare il bisogno di una cheratoplastica e può essere necessaria una lente a contatto per ottenere un buon risultato visivo. Come in altri casi, a causa delle variazioni topografiche la centratura della lente risulta complessa, nonostante, come riportano Jinabhai, Radhakrishnan e O'Donnell, nell'81% degli occhi in cui è stato impiantato un anello intra-stromale la tolleranza alle lenti a contatto migliori (Jinabhai, Radhakrishnan, & O'Donnell, 2011). Le ricerche dimostrano che gli anelli intra-stromali inducono un certo appiattimento nella cornea centrale nel cheratocono, che si mostra in modo maggiore nella media-periferia, proprio al di sopra dell'inserimento. Di conseguenza viene generato un aumento della curvatura nella periferia (Dalton & Sorbara, 2011). Possono essere usate lenti morbide, lenti RGP corneali, sistemi piggyback e lenti sclerali (Smith & Carrell, 2008).

Il fitting di una lente sclerale su una cornea con ICRS è simile a quello descritto in letteratura per altri casi, fintantoché la lente non tocchi l'inserimento nella zona medio-periferica (Rathia, Mandatharab, Dumpati, & Sangwan, 2018).

Superfici corneali danneggiate

Traumi

La cornea va incontro frequentemente ad affezioni di tipo traumatico, soprattutto nei soggetti che per la loro attività lavorativa sono esposti a polvere o alla possibilità di essere colpiti da piccoli frammenti. La più frequente lesione traumatica è l'abrasione corneale: si tratta di un'area più o meno estesa della superficie corneale rimasta priva del normale epitelio. L'abrasione corneale guarisce spontaneamente in 12-24 ore, a meno che non vada incontro a una sovrainfezione batterica secondaria. I corpi estranei superficiali sono facilmente visibili con un modesto ingrandimento (Midena, 2006). A volte il trauma può essere molto più grave, arrivando alla perforazione corneale. I trattamenti di una lesione del genere sono diversi e spaziano dal trattamento chirurgico al trapianto di cornea, anche se non è sempre necessario un trattamento chirurgico urgente. I soggetti che si sono sottoposti precedentemente a chirurgia refrattiva o al trattamento della cataratta sono predisposti ai danni corneali e colliquazione corneale in seguito a un trauma contusivo, soprattutto se associato a sindrome dell'occhio secco (Jhanji, et al., 2011).

Le cicatrici corneali risultanti da una perforazione corneale traumatica causano una riduzione visiva significativa, principalmente per l'opacità, ma anche per l'irregolarità corneale risultante. In alcuni soggetti è possibile applicare una lente RGP dopo la guarigione della ferita per sopperire all'astigmatismo irregolare, in altri è necessario il trapianto di cornea; la cornea post-trapianto può essere gestita come descritto precedentemente (Titiyal, Sinha, Sharma, Sreenivas, & Vajpayee, 2006). Sono stati riportati diversi casi, anche pediatrici, di perforazione corneale gestiti efficacemente con l'uso di sistemi piggyback (Cromelin, Russell, & Lambert, 2007).

Lesioni chimiche

La cornea può andare incontro ad alcune delle lesioni più gravi entrando in contatto con delle sostanze chimiche, quali acidi o alcali, subendo quindi ustioni che possono anche portare a una colliquazione corneale e quindi a una perforazione (Jhanji, et al., 2011).

Le ustioni da alcali sono più comuni di quelle da acido, essendo i primi più comuni: ammoniaca, idrossido di potassio, idrossido di magnesio, soda caustica e calce viva si possono trovare in fertilizzanti, articoli per la pulizia, disgorganti per lavandini e molti altri prodotti utilizzati nella vita di tutti i giorni.

Gli alcali generalmente causano danni più gravi rispetto agli acidi in quanto posseggono proprietà sia idrofiliche che lipofile: ciò conferisce a queste sostanze la capacità di penetrare l'occhio, cosicché sono in grado di provocare danni ben oltre l'endotelio. Gli effetti tipici di queste lesioni includono opacità corneale, aumento della pressione intraoculare a causa dei danni alla struttura trabecolare (Bunker, George, Kleinschmidt, Kumar, & Maitz, 2014).

Anche questi traumi di tipo chimico possono necessitare una soluzione chirurgica o un trapianto di cornea.

Nonostante le cure, a seguito della guarigione di una lesione di questo tipo può rimanere un forte astigmatismo irregolare oltre ad altre alterazioni della normale anatomofisiologia oculare. (Randleman, Ward, & Stulting, 2003)

Sono stati riportati diversi di questi casi gestiti con lenti a contatto RGP o anche con sistemi piggyback usando la lente morbida come una lente terapeutica (Randleman, Ward, & Stulting, 2003).

Occhio secco

La sindrome dell'occhio secco, conosciuta anche come cheratocongiuntivite secca, è una patologia multifattoriale della lacrima e della superficie oculare, che risulta in sintomi quali discomfort, disturbi visivi e instabilità del film lacrimale con un potenziale danno della superficie oculare. (Lemp, et al., 2007). I pazienti lamentano sensazione di corpo estraneo, bruciori, lacrimazione e a volte difficoltà nell'aprire gli occhi. I segni tipici sono lieve iperemia congiuntivale, cheratite punctata epiteliale, filamenti mucosi nel fornice inferiore, a volte una leggera schiuma sui margini palpebrali. Nei casi più gravi può succedere che compaiano dei filamenti, come frange della superficie corneale, che altro non sono che lembi epiteliali tenuti insieme da conglomerati di muco (cheratite filamentosa).

La terapia in genere consiste in sostituti lacrimali, ciclosporine, mucolitici e corticosteroidi topici, o addirittura in interventi chirurgici. L'occhio secco rappresenta

una controindicazione all'intervento di cheratoplastica e all'uso di lenti a contatto (Midea, 2006); in alcuni casi avanzati, tuttavia, una lente sclerale può risultare utile: la maggior parte dei case report sull'argomento descrivono un miglioramento nella performance visiva e un sollievo dai sintomi (Bavinger, DeLoss, & Mian, 2015).

Le due soluzioni

Il sistema piggyback

Il sistema cosiddetto *Piggyback*, o a lenti gemellate, rappresenta un'efficace soluzione applicativa nel caso in cui la cornea presa in considerazione abbia un profilo irregolare: le lenti rigide e semirigide possono risultare in un'applicazione instabile e fastidiosa in cornee altamente astigmatiche (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011). Si tratta dell'accoppiamento di una lente a contatto morbida, in genere giornaliera, e di una lente rigida, in genere corneale, ma anche sclerocorneale, applicata al di sopra della morbida [Fig. 8]. Il piggyback offre la qualità visiva di una lente RGP con il comfort di una lente morbida (Rossetti & Gheller, 2003) (Veys, Meyler, & Davies, 2001).

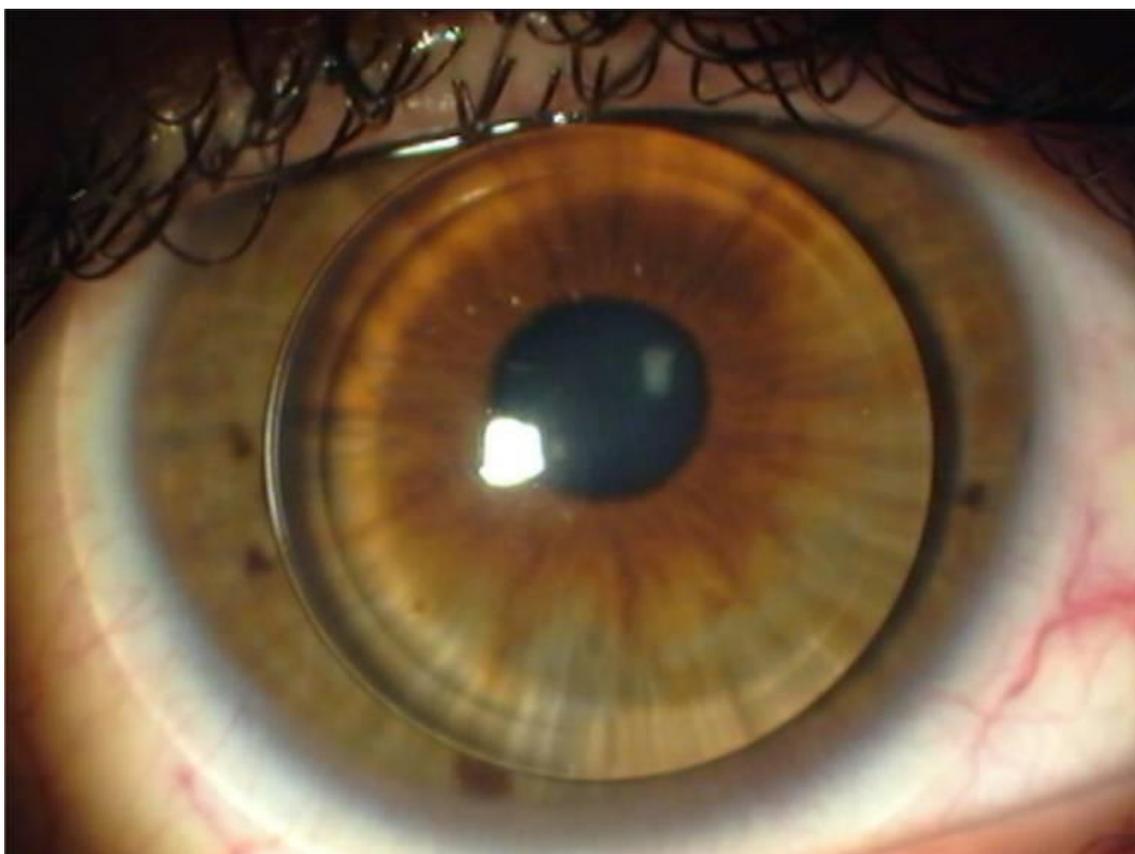


Fig. 8. Esempio di sistema piggyback (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

L'uso di questa combinazione ha origine nei primi anni '70 come soluzione in caso di intolleranza delle lenti corneali rigide: il bordo della lente RGP provoca sensibilità

palpebrale e potrebbe causare abrasioni corneali, dato l'attrito della lente sull'epitelio (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

I primi tentativi registrati di questa tecnica sono avvenuti nel 1964 per mano di Westerhout, pubblicati nel 1973, con cui sono stati applicati con successo cinque piggyback su pazienti con cheratocono risultanti in 14-16 ore di porto con buon comfort e visione. Si trattava tuttavia di un compromesso: i materiali usati in quegli anni, infatti, non erano dotati di una permeabilità all'ossigeno sufficientemente alta e dal momento che con questo sistema si hanno due barriere al suo passaggio l'uso del piggyback era fortemente correlato a complicanze legate all'ipossia corneale (Manal, 2015) (Westerhout, 1985).

Anche oggi è spesso espressa preoccupazione per quanto riguarda la trasmissione di ossigeno attraverso un sistema piggyback; Weissman e Ye hanno calcolato che in condizioni di occhio aperto fornitura di ossigeno è sufficiente quando sia la rigida che la morbida hanno una permeabilità all'ossigeno più alta di 60 Barrer. I sistemi piggyback stanno acquisendo sempre maggiore popolarità da quando sono state introdotte sul mercato lenti RGP ad elevato Dk e le lenti in silicone hydrogel (Downie & Lindsay, 2015).

Ciò che ha permesso a questo sistema di rimanere utilizzato nonostante questi difetti sono stati i tanti pregi: miglioramento del comfort, maggiore stabilità e protezione del cono in casi di cheratocono (Manal, 2015).

Esiste anche un altro tipo di sistema piggyback che coinvolge, invece di una classica lente morbida, una lente customizzata.

Le lenti piggyback customizzate sono lenti morbide tagliate al tornio in cui è introdotta una scanalatura; in questa scanalatura sarà inserita la lente RGP, che in questo caso dovrà essere di diametro di 1 mm inferiore a quello della scanalatura stessa. Questo permette alla lente RGP di centrarsi adeguatamente nel solco apposito. Questa soluzione permette, inoltre, di avere una RGP con un bordo meno spesso, migliorando così il comfort grazie alla minimizzazione della sua interazione con le palpebre (Rossetti & Gheller, 2003) (Manal, 2015). Il fatto che ci sia una sede per la lente RGP intagliata nello spessore della lente morbida va a ridurre lo spessore totale del sistema. Ciò riduce la ricorrenza delle complicanze riguardanti l'ipossia dei sistemi piggyback tradizionali.

Si riportano dei casi, seppur rari, in cui è stata applicata una lente RGP corneosclerale invece di una classica rigida corneale: Porcar et al. descrivono un caso in cui è stato scelto questo tipo di applicazione per migliorare il comfort mantenendo le lenti corneosclerali già portate dal soggetto [Fig. 9] (Porcar, Montalta, España-Gregori, & Peris-Martínez, 2017)..

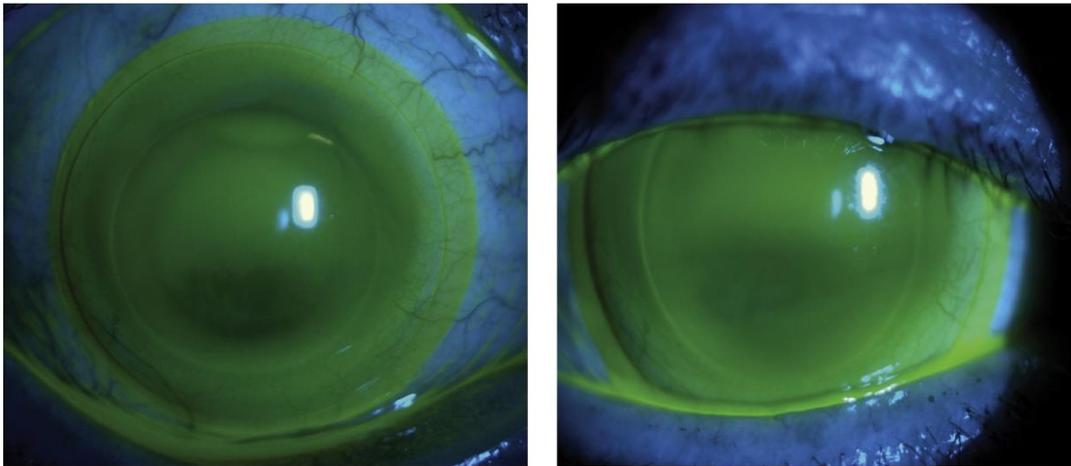


Fig. 9. I due sistemi piggyback consistenti in lenti corneosclerali con una geometria multi-asferica (MAGD) su lenti giornaliere in silicone hydrogel (Porcar, Montalta, España-Gregori, & Peris-Martínez, 2017).

Indicazioni

L'obiettivo nella correzione per un soggetto con una cornea distorta è quello di ottenere una visione soddisfacente senza danneggiare ulteriormente la superficie oculare già compromessa. Le lenti rigide corneali offrono una performance ottica molto migliore di occhiali e lenti in silicone hydrogel grazie alla superficie anteriore che riproduce una superficie refrattiva sferica e regolare. Tuttavia, su cornee con irregolarità molto pronunciate tendono a stare decentrate verso l'apice dell'irregolarità, a rimanerci senza movimento e ad aderire alla superficie a causa della pressione esercitata dalle palpebre durante l'ammiccamento. Il comfort risente in modo importante di questa instabilità, per questo motivo alcuni soggetti con un astigmatismo irregolare, specialmente se dovuto ad un cheratocono, non sono soddisfatti e tendono ad abbandonare le lenti RGP prima ancora di adattarsi e cercano soluzioni chirurgiche più radicali per la loro condizione (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

I sistemi piggyback sono generalmente adottati in questi casi, quando applicare una lente RGP indossata singolarmente non risulti stabile e non sia possibile ottenere una centratura accettabile: ciò potrebbe provocare infatti aree di lesioni corneali significative dovute alla patologia della superficie oculare o alla grande irregolarità corneale. Porre una lente morbida al di sotto della lente rigida ha lo scopo di aiutare a proteggere la cornea da un qualsiasi appoggio eccessivo e a stabilizzarne l'applicazione (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, & Wolffsohn, 2010).

Le indicazioni sono quindi cornee irregolari in cui il fitting di comuni lenti RGP corneali non è possibile, casi come cheratocono, pellucida, ectasia post trapianto di cornea o post chirurgia refrattiva (O'Donnell, Welham, & Doyle, 2004). Il piggyback è indicato in pazienti che dimostrano persistente consapevolezza della lente, intolleranza o discomfort nel porto di lenti RGP, appoggio instabile della RGP sull'occhio, caduta della lente, staining a ore 3 e ore 9 con lenti RGP e presenza di cicatrici (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

È stato anche suggerito che usare una lente morbida con un potere positivo relativamente alto (maggiore di +4,00D) possa aiutare a migliorare il centraggio della rigida su un cono marcatamente basso (Downie & Lindsay, 2015).

Un soggetto a cui viene applicato un sistema piggyback deve dimostrare motivazione e capacità di gestione delle lenti a contatto. Con questo sistema, infatti, il soggetto si trova a dover gestire due lenti per occhio, dovendo peraltro ricordare le differenze nella manutenzione tra lenti RGP e lenti morbide. Per questo motivo spesso si preferisce porre la lente RGP su una morbida giornaliera (Manal, 2015).

Applicazione di un sistema piggyback classico

Viene eseguita una visita dallo specialista per tutti i soggetti prima e dopo il fitting di un sistema piggyback: questa visita deve includere acuità visiva e osservazione in biomicroscopia della cornea, controllo di eventuale staining, lettura cheratometrica, topografia corneale (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

Per quanto riguarda il fitting della lente morbida, è stato suggerito di scegliere il raggio base più stretto possibile perché si adatti al meglio alla cornea ectasica (Manal, 2015) (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

È stato spesso riportato l'uso di poteri positivi relativamente alti per la lente morbida perché avendo una superficie anteriore più curva risulterebbe più facile ottenere una centratura adeguata della lente RGP; nel caso il soggetto usasse già una lente RGP, è applicata una lente di +0,50 D o neutra. Sono state applicate anche lenti morbide di potere negativo nel caso il soggetto volesse essere in grado di utilizzare solo la lente morbida.

Viene dapprima determinata la migliore lente morbida fino ad ottenere un centraggio ottimale. Viene quindi inserita, e vengono rilevati i dati cheratometrici sopra la lente. La lente RGP viene applicata sul raggio più piatto della lettura al di sopra della lente morbida.

Il fitting viene considerato ottimale nel momento in cui le due lenti si possono muovere indipendentemente l'una dall'altra e correttamente ad ogni ammiccamento, come determinato dall'esame in lampada a fessura, affinché sia assicurata una trasmissione di ossigeno adeguata nell'interfaccia tra le due lenti, (Manal, 2015) e quando si presenta un disegno fluoresceinico accettabile (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

Una delle difficoltà nell'applicazione di un sistema piggyback è trovare l'equilibrio tra un potere più positivo per la lente morbida per ottenere una centratura migliore, grazie alla superficie anteriore più convessa, e un potere più negativo che risulti in una trasmissione di ossigeno più efficace, grazie allo spessore centrale inferiore.

Per aumentare il comfort, e di conseguenza la tolleranza alle lenti, è importante ottenere una clearance periferica adeguata, cosa non semplice su una cornea cheratoconica in cui il cono decentrato può aggiungersi alle difficoltà (Manal, 2015).

Il numero di ore di porto giornaliero varia tra le 3 e le 16 ore, con una media di $11,7 \pm 2,8$ ore (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011).

Il soggetto viene istruito sulla gestione delle due lenti. È necessario un management adatto alle due tipologie lenti: può risultare complesso per il soggetto svolgere giornalmente una adeguata pulizia e conservazione con due metodologie diverse per la lente morbida e per la lente rigida. Alcuni applicatori suggeriscono l'uso di lenti morbide giornaliere per semplificare la gestione, tuttavia ciò potrebbe aumentare il costo notevolmente per il soggetto. Per quanto riguarda la pulizia può essere suggerito

l'uso di una soluzione per entrambe le lenti (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011), tuttavia la soluzione deve essere scelta con attenzione in quanto il silicone hydrogel notoriamente tende ad assorbire i conservanti per poi rilasciarli successivamente (Manal, 2015).

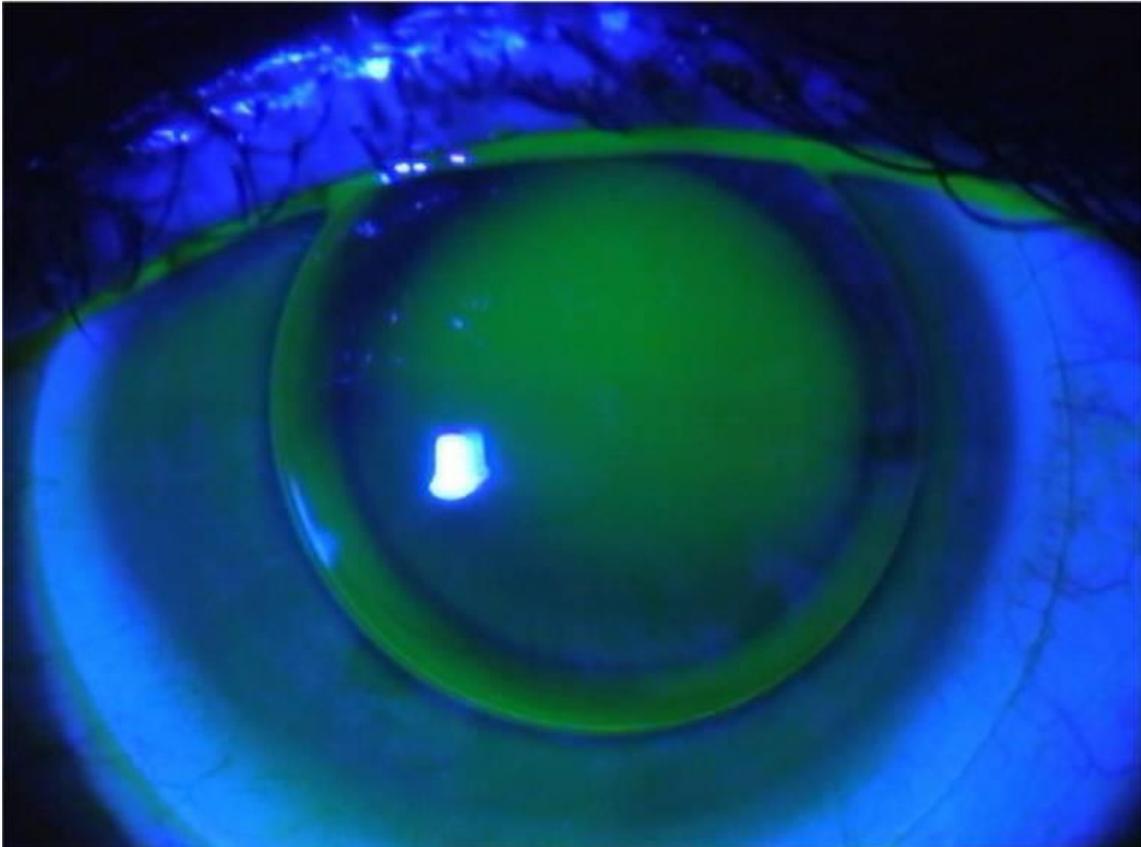


Fig. 10. Disegno fluoresceinico di un'applicazione ottimale di un sistema piggyback classico

Applicazione di un sistema piggyback con inserto

Come menzionato precedentemente, esiste la possibilità di costruire una lente morbida con una sede centrale sulla sua superficie anteriore per la lente RGP. Si tratta di una soluzione che va a migliorare ulteriormente il comfort già offerto dal sistema piggyback classico, oltre alla trasmissione di ossigeno che spesso causa perplessità, e rende più semplice ottenere una centratura soddisfacente della lente RGP. Può risultare più costoso (Rathi, Mandathara, & Dumpati, Contact lens in keratoconus, 2013).

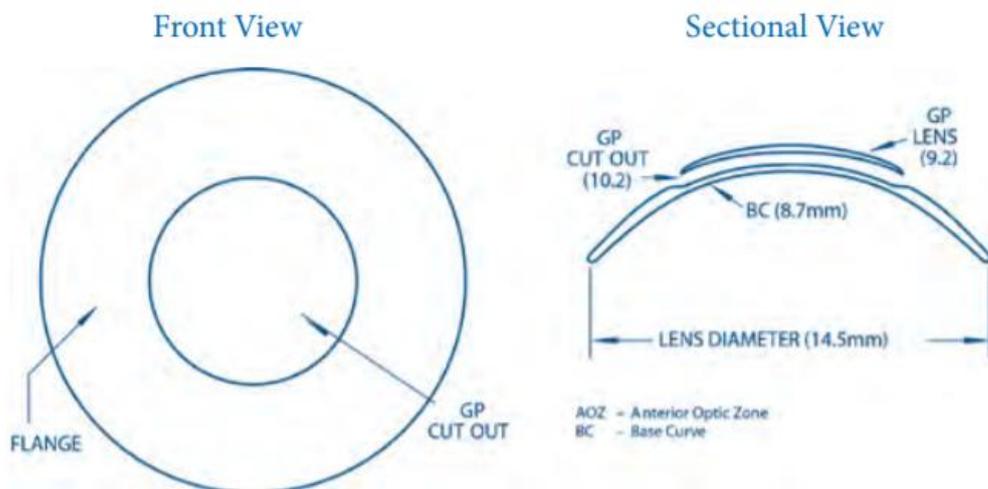


Fig. 11. Struttura di una lente Flexlens

Prendiamo come esempio le lenti Flexlens piggyback di X-Cel Contacts: la sede centrale consiste in una depressione circolare che coinvolge i due terzi anteriori della lente morbida; ciò significa che quando la lente RGP verrà inserita, specialmente se ha un bordo abbastanza sottile, registrerà un'interazione con le palpebre inferiore a quella che ci si aspetta da un sistema piggyback classico e soprattutto molto inferiore a quella di una lente RGP sola. Inoltre, essendo la lente rigida limitata alla sua sede, il rischio che venga dislocata durante l'ammiccamento è minimo. Grazie allo spessore complessivo ridotto migliora la trasmissibilità di ossigeno.

Le indicazioni per l'applicazione di questa lente morbida sono identiche a quelle di quelle di qualsiasi altra lente: il raggio base dovrebbe essere circa 1mm più piatto del valore cheratometrico più piatto. La lente deve essere centrata e coprire il limbus per circa 1-1,5mm. Il movimento dovrebbe essere di circa 0,25-0,5mm in posizione primaria con un normale ammiccamento.

Nel momento in cui il fitting della lente morbida è soddisfacente si procede applicando una lente RGP che abbia un diametro di circa 1mm minore di quello della sede, per permettere movimento e ricambio lacrimale. Gli altri parametri vengono scelti eseguendo una lettura dei dati cheratometrici al di sopra della lente morbida.

Flexlens suggerisce di utilizzare questa soluzione in caso di degenerazione marginale pellucida, cheratocono di tipo nipple centrale o ovalare inferiore, a seguito di un trauma, cheratotomia radiale o cheratoplastica penetrativa (X-Cel Contact Product and Fitting Guide, 2011).

Scelta dei materiali

Un'altra considerazione da fare nella scelta della lente morbida è il fatto che con materiali con un modulo elastico più alto è più probabile che si presentino delle impronte corneali in corrispondenza del bordo della lente; queste sono responsabili di una riduzione della tolleranza alle lenti a contatto a causa dei danni che provocano alla superficie oculare. Tuttavia, altri danni meccanici sono meno probabili con queste lenti. Le lenti con un modulo elastico inferiore hanno il vantaggio di essere più semplici da maneggiare e di poter compensare più facilmente le irregolarità corneali.

È chiaro che è d'obbligo l'uso di materiali con un Dk/t alto per promuovere una trasmissione di ossigeno sufficiente attraverso la lente, tenendo a mente che con l'aumento di Dk e del modulo di elasticità aumenta anche la frequenza della necessità di sostituzione della lente (Manal, 2015).

Scelta del potere

Abbiamo già visto come sia comunemente raccomandato l'uso di una lente morbida dal basso potere positivo per ottenere una centratura più stabile della lente rigida sulla cornea (Manal, 2015). Ci sono anche studi, tuttavia, in cui si attesta la maggiore idoneità a questa funzione di poteri negativi: Romero-Jiménez et al. descrivono una diminuzione dei valori cheratometrici e della curvatura tangenziale massima nelle mappe topografiche rilevate al di sopra della lente morbida in soggetti cheratoconici. Gli autori sostengono che questo aiuti a regolarizzare la superficie su cui applicare la lente RGP, in particolare diminuendo la differenza altimetrica tra apice corneale e periferia, che potrà avere un potere meno negativo ed essere di conseguenza più leggera e stabile. Inoltre, un potere più negativo permette di avere uno spessore centrale più ridotto, aumentando la trasmissione di ossigeno. Questo studio tuttavia ha la limitazione di essere teorico (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, Flores-Rodríguez, & González-Méijome, 2012). Gli stessi autori in uno studio successivo, quest'ultimo

sperimentale, riscontrano una maggiore facilità nel fitting della lente RGP su una morbida positiva. Questo sarebbe dovuto al fatto che la lente positiva prende la forma del cono, però allargandolo, creando una superficie molto simile a quella della faccia posteriore di una RGP (nel caso dello studio, una Rose K2). Ciò confermerebbe la teoria iniziale secondo cui dare un certo potere positivo alla morbida ottenere una centratura sarebbe più facile (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, González-Meijóme, Flores-Rodriguez, & Villa-Collare, 2015). L'uso di lenti negative porterebbe a dover ripetere l'applicazione nel 30% dei casi, mentre con lenti positive sarebbe necessario solo nel 6-7% (Michaud, Brazeau, Corbeil, Forcier, & Bernard, 2013). È chiaro che in questo caso il potere finale della lente RGP dovrà essere più negativo: Michaud et al. (Michaud, Brazeau, Corbeil, Forcier, & Bernard, 2013) sono andati a studiare la differenza refrattiva che si ottiene con una morbida positiva o una morbida negativa. Sembra che la lente morbida contribuisca al potere totale con il 10-30% del suo potere. Per questo motivo Romero-Jiménez et al. continuano a sostenere la tesi iniziale, secondo cui una lente negativa sarebbe più adatta per la compensazione di un alto potere refrattivo, come quello che si presenta in concomitanza a un'ectasia corneale (Romero-Jiménez, Santodomingo-Rubido, González-Meijóme, Flores-Rodriguez, & Villa-Collare, 2015). Michaud et al. nel loro studio continuano però a sostenere l'uso di un basso potere positivo, ritenendo il potere negativo inappropriato: può portare a decentramenti persistenti della lente, con conseguente discomfort, effetti prismatici, aloni, doppie immagini, e problemi fisiologici (Michaud, Brazeau, Corbeil, Forcier, & Bernard, 2013).

Le lenti sclerali

Per lente sclerale si intende una lente a contatto rigida di grande diametro che trova appoggio sulla sclera, avvolgendo la cornea in un guscio protettivo che permette di raggiungere una correzione ottica ottimale senza toccare la cornea. Sono storicamente le prime lenti ad essere state applicate: è stato A. E. Fick, nel 1888, ad enunciare il principio della correzione con un *vetro a contatto* illustrando la prima applicazione su un occhio umano; ricavò la curvatura di una cornea e di una sclera, fece costruire due sfere su questi parametri e le fece fondere, creando così la prima lente sclerale. Provò la lente su sé stesso e sui suoi collaboratori e riportò le prime osservazioni sulle alterazioni fisiopatologiche della cornea, del film lacrimale e l'iniezione pericheratica (Rossetti & Gheller, 2003).

Con l'invenzione di altre soluzioni più pratiche e semplici, come lenti corneali e morbide, l'uso delle lenti sclerali è diventato quasi obsoleto per molto tempo. È stato solo negli ultimi anni che è stato scoperto un rinnovato interesse per le proprietà terapeutiche di questa applicazione grazie alle nuove informazioni sulla giunzione corneo-sclerale e sulla forma della sclera oltre alle innovazioni introdotte nel mercato che permettono di avere design e materiali migliori, una maggiore riproducibilità con costi ridotti (Worp, et al., 2014).



Fig. 12. Lente sclerale applicata su una cornea affetta da degenerazione marginale pellucida (Rathi, Dumpati, Mandathara, Taneja, & Sangwan, 2016).

Le caratteristiche principali di queste lenti, ovvero l'appoggio sulla sclera invece della cornea e la riserva lacrimale che si va a creare tra la superficie posteriore della lente e la cornea, le rendono indicate per casi in cui il soggetto non tolleri altri tipi di lenti o in casi particolari come alti astigmatismi irregolari, ectasie avanzate, occhi traumatizzati o che abbiano subito interventi chirurgici, microftalmo, usi sportivi o terapeutici, come in caso di trichiasi e occhio secco (Rossetti & Gheller, 2003). Una lente sclerale può fornire una correzione ottica ottimale, protezione meccanica, sollievo da eventuali sintomi e facilitazione per riabilitazione visiva e guarigione (Visser, Visser, Lier, & Otten, Modern Scleral Lenses Part I: Clinical Features, 2007).

Sono considerate una delle migliori soluzioni per la correzione ottica delle cornee irregolari: permettono di posticipare o anche evitare l'intervento chirurgico e riducono il rischio di incorrere in cicatrici corneali (Worp, et al., 2014).

Quando si pensa alle lenti sclerali, la prima cosa che viene in mente è la lente di grande diametro; esistono però opzioni con diametri più ridotti.

Sono state pensate diverse classificazioni. Alcune, come quelle di Van der Worp e Jedlicka, si basano sul diametro: sono considerate lenti minisclerali quelle di diametro compreso tra i 15,00 e i 18,00 mm e lenti sclerali di grande diametro o sclerali propriamente dette quelle di diametro tra i 18,00 e 25,00 mm e oltre; manca la classificazione in questo senso di quelle più piccole. La *Scleral Lens Education Society* ha stilato nel 2013 una classificazione basata sulle caratteristiche di fitting di queste lenti, che possono variare a seconda del soggetto su cui sono applicate: viene considerata lente corneale una lente che rimanga interamente sulla cornea, sclerocorneale una lente che appoggi in parte sulla cornea e in parte sulla sclera. Le lenti che appoggiano completamente sulla sclera sono dette tutte sclerali, con la distinzione delle minisclerali, che qui sono considerate quelle che siano fino a 6,00 mm più grandi del diametro corneale, e le lenti sclerali di grande diametro, più di 6,00 mm in più (Worp, et al., 2014).

Indicazioni

L'applicazione di una lente sclerale non è molto comune, ed è indicata in un numero limitato di casi. Si applica nei casi in cui il soggetto non riesca a tollerare altri tipi di

lenti a contatto. Visser et al. (Visser, Visser, Lier, & Otten, Modern Scleral Lenses Part I: Clinical Features, 2007) nel loro studio compiuto nel tra il 2002 e il 2003 su 178 soggetti riportano che sono state applicate lenti sclerali nel 50,4% su occhi cheratoconici, nel 19,7% su occhi sottoposti cheratoplastica penetrativa, nel 12,7% su occhi con astigmatismo irregolare primario o secondario, nel 5,3% in casi di cheratocongiuntivite secca e nel rimanente 12% in occhi con distrofie corneali o diagnosi multiple (rispettivamente, il 3,5% e l'8,5%). Altri autori includono nelle indicazioni anche i casi di afachia e di alta miopia (Pullum & Buckley, 1997).

Le motivazioni per applicare le lenti sclerali si dividono in genere in correzione ottica, protezione e supporto oculare, e raramente motivazioni sportive o estetiche (Worp, et al., 2014).

Per quanto riguarda la correzione ottica sono spesso riportati come indicazioni primarie alle lenti sclerali di grande diametro i casi avanzati di disturbi ectasici corneali come cheratocono e degenerazione marginale pellucida, seguiti dai casi post-cheratoplastica penetrativa (Worp, et al., 2014).

Molti studi indicano che i casi in cui si presentano delle anomalie nella topografia corneale sono in genere gli stessi che mostrano maggiori miglioramenti nell'acuità visiva dopo l'applicazione di una lente sclerale (Visser, Visser, Lier, & Otten, 2007), ciononostante questa risulta essere la soluzione meno utilizzata nel cheratocono: Shneur et al. nel loro studio mostrano che nel loro campione di pazienti cheratoconici solo il 4,2% porta lenti sclerali (Worp, et al., 2014).

Le lenti sclerali offrono un'alta qualità ottica. Contribuiscono alla compensazione delle aberrazioni di alto ordine delle cornee irregolari di varie eziologie, sia cheratocono, post-trapianto di cornea o post chirurgia refrattiva. Sembrano migliorare anche in casi di patologie della superficie oculare, tuttavia il miglioramento sembra inferiore, anche a causa delle minori aberrazioni associate a queste patologie rispetto alle prime. È possibile la compensazione delle aberrazioni di alto ordine anche con altri tipi di applicazioni, ma la stabilità e il difficile decentramento rendono le sclerali le lenti ideali per questo scopo: il grande diametro permette di incorporare ottiche complesse come la correzione multifocale o aberrometrica. Queste qualità hanno fatto sì che alcuni studiosi suggerissero che le lenti sclerali potessero essere usate anche in occhi sani, in quanto il

grande diametro risulta in un comfort maggiore delle normali lenti corneali; tuttavia, il rapporto tra rischi e benefici sarebbe forse troppo alto (Worp, et al., 2014).

Un altro gruppo di indicazioni per una lente sclerale sono quelle che riguardano la protezione della superficie oculare. Questo perché la superficie non viene toccata dalla lente grazie al suo grande diametro e alla grande sagitta, e perché si crea una sorta di riserva di liquido lacrimale che mantiene la cornea idratata e previene la disidratazione. Le principali indicazioni sono quindi la sindrome di Sjögren, abrasioni epiteliali persistenti, erosioni corneali ricorrenti, la sindrome di Steven-Johnson, rigetto dopo il trapianto di cornea, cheratopatia neurotrofica, pemfigoide oculare cicatriziale, cheratocongiuntivite atopica e danni corneali causati da ustioni chimiche o termiche (Visser, Visser, Lier, & Otten, 2007) (Kok & Visser, 1992).

Con questa applicazione si possono prevenire disturbi della superficie oculare da esposizione in caso di chiusura parziale delle palpebre, ad esempio per esoftalmo, coloboma palpebrale, ectropion o paralisi, o disturbi meccanici a causa di trichiasi o entropion.

Le lenti sclerali sono state anche usate per somministrare farmaci direttamente alla superficie oculare (Worp, et al., 2014) e per neutralizzare la neovascolarizzazione corneale dopo il porto di una lente morbida (Visser, Visser, Lier, & Otten, 2007).

Abbiamo infine indicazioni di tipo cosmetico e sportivo. In caso di aniridia, albinismo o ptosi sono state usate lenti sclerali colorate, con la doppia funzione di limitare i bagliori e di dare un aspetto più gradevole all'occhio.

Vengono usate anche nel cinema per ottenere effetti particolari.

Per quanto riguarda invece il campo dello sport, le lenti sclerali sono state usate in attività acquatiche, come il canottaggio, o particolarmente vigorosi, in cui una lente di diametro inferiore potrebbe fuoriuscire dall'occhio, o nel caso il soggetto passasse del tempo in ambienti polverosi (Worp, et al., 2014).

Come nel caso del piggyback, i soggetti devono essere motivati, in quanto inserzione e rimozione di queste lenti sono più complesse rispetto ad altri tipi e possono essere necessari diversi tentativi prima di riuscire ad applicarla adeguatamente. Inoltre, durante il porto giornaliero possono essere necessarie delle pause in cui la lente viene rimossa, pulita e riapplicata (Visser, Visser, Lier, & Otten, 2007).

Applicazione di una lente sclerale

L'applicazione delle lenti sclerali è sicuramente tra le più complesse in quanto richiede un approccio completamente diverso dalle altre: la topografia corneale infatti perde di importanza, mentre ne assume la forma della sclera, del limbus e della giunzione corneo-sclerale.

Quest'ultima non è sempre una superficie simmetrica dal punto di vista rotazionale, anzi, il più delle volte non lo è e la porzione nasale della sclera in genere è più piatta. Inoltre, la giunzione corneo-sclerale e la parte anteriore della sclera attorno al limbus non sempre sono curve come si potrebbe pensare, ma sono spesso più facilmente descritte con una linea dritta tangenziale alla curva della cornea periferica.

Meier nel 1992 descrive cinque modelli dei diversi profili che la giunzione sclero-corneale può assumere [Fig. 13]: i primi due presentano una graduale transizione da cornea a sclera, in cui la porzione sclerale può essere convessa, nel tipo 1, o tangenziale, nel tipo 2; i tipi 3 e 4 presentano una transizione più marcata, rispettivamente con una porzione sclerale convessa e tangenziale; il tipo 5 presenta un profilo sclerale concavo.

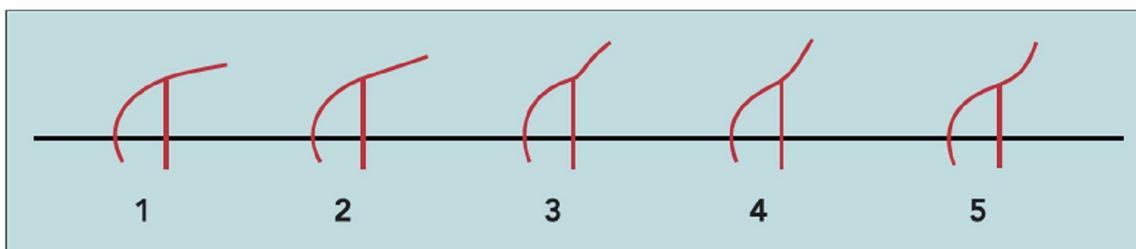


Fig. 13. I cinque profili della giunzione corneo-sclerale secondo Meier

Applicazione con set di prova

Al momento l'approccio più comune all'applicazione è tramite l'utilizzo di un set di prova. Bisognerà fare diverse prove per selezionare diametro, raggio, potere e sollevamento.

Le prime lenti sclerali sono con design cosiddetto sferico concentrico, con una superficie posteriore non torica. La geometria di una lente sferica concentrica standard si può suddividere in tre zone: la zona ottica, la zona di transizione, la zona di appoggio. La zona ottica è, come nelle altre lenti, la zona centrale che dà il potere desiderato alla lente attraverso potere e raggio. La superficie posteriore della zona ottica dovrebbe

seguire il profilo corneale in modo da avere una clearance uniforme su tutta la cornea. Questo è quasi impossibile da ottenere in cornee irregolari, in cui vedremo una clearance minima all'apice dell'ectasia che va ad aumentare verso la periferia. La zona di transizione, detta anche zona medio-periferica, zona intermedia o limbare, unisce la porzione corneale e sclerale della lente. L'importanza di questa zona è legata all'altezza sagittale complessiva della lente: se, applicando con un set di prova, si vuole modificare l'altezza sagittale, bisogna modificare i parametri di questa zona. Infine, abbiamo la zona di appoggio, in una applicazione ideale l'unica zona a contatto con l'occhio del soggetto. Deve allinearsi al meglio con la forma della sclera, in modo tale che la pressione esercitata dalla lente sia uniformemente distribuita.

Dato il profilo asimmetrico della sclera, una lente con design sferico concentrico spesso non può dare risultati soddisfacenti; sono state quindi sviluppate lenti sclerali con la superficie posteriore torica o anche con design specifici per ogni quadrante. In questo modo la lente è più stabile, la pressione della lente meglio distribuita e diminuisce il rischio di sviluppare bolle d'aria al di sotto della lente. (Worp, et al., 2014) è stato riportato che la soddisfazione dei soggetti è maggiore se è stata applicata una lente con un design di questo tipo (Visser, Visser, Lier, & Otten, 2007).

Tecniche ad impressione

Anche se non molto comuni, le tecniche ad impressione sono state utilizzate con successo per molti anni, nonostante fossero considerate tecniche molto invasive, complesse e richiedessero molto tempo. Consistono nel ricavare uno stampo dalla superficie oculare anteriore, dopo aver instillato dell'anestetico, per poi mandarlo in laboratorio per riprodurre una lente che seguisse fedelmente il profilo oculare del soggetto. In passato il maggiore aspetto negativo era rappresentato dal fatto che fosse necessario il calore per riprodurre la lente, quindi le opzioni per i materiali erano limitate al PMMA. Negli ultimi anni le tecniche si sono aggiornate, permettendo di digitalizzare lo stampo per poi produrre la lente con il materiale desiderato. È chiaramente necessario un training specifico per l'uso di questo metodo, che resta comunque piuttosto invasivo.

Applicazione e rimozione della lente

Anche l'effettiva applicazione è piuttosto complessa e richiede pratica, quindi il soggetto avrà bisogno di istruzioni precise e di diverse sessioni per acquisire la giusta manualità.

La lente viene riempita con della soluzione salina prima dell'inserzione. Il soggetto si posiziona con il viso orizzontale, mentre mantiene bene aperte le palpebre. La lente viene inserita facendo molta attenzione a evitare bolle d'aria. Se si presentano bolle d'aria, la lente va rimossa e poi reinserita.

Il fitting viene verificato immediatamente, dopo un'ora e dopo quattro ore. Devono essere studiati sovrarefrazione, clearance, eventuale presenza di indentazione congiuntivale o edge lift (Rathia, Mandatharab, Dumpati, & Sangwan, 2018) (Worp, 2015).

La rimozione della lente può avvenire manualmente o attraverso l'uso di una ventosa; i metodi sono simili a quelli utilizzati per altri tipi di lenti RGP. Nel caso della rimozione manuale, il soggetto dovrà guardare verso il basso e spingere il bordo della lente attraverso la rima palpebrale; può aiutarsi con una ventosa appoggiandola sulla metà inferiore della lente e spostandola verso l'alto.

Un'ulteriore scelta da fare nell'applicazione di una lente sclerale è l'eventuale scelta di avere una fenestrazione. Questa permette un minimo scambio di fluido lacrimale ossigenato dal film anteriore alla lente alla riserva precorneale. Spesso questa soluzione è causa della presenza di bolle d'aria al di sotto della lente, ma in altri casi può invece aiutare nell'inserzione: inserire una lente non fenestrata senza permettere l'ingresso a bolle d'aria richiede molta manualità; inoltre se la sclera è irregolare è molto facile che si formino bolle l'aria durante il porto, se la lente non è fenestrata è necessario rimuovere e reinserire la lente. Se la lente non è fenestrata ed è sigillata sulla cornea le bolle d'aria sono escluse dal fluido precorneale nella maggior parte dei casi; inoltre la pressione idrostatica del fluido precorneale è mantenuta, minimizzando così l'eventualità del blocco della lente. Al momento l'uso di fenestrazioni è poco comune (Pullum, Whiting, & Buckley, 2005).

Applicazione di una lente minisclerale

L'applicazione di una lente minisclerale è molto simile a quella di una sclerale di grande diametro.

Al giorno d'oggi la prescrizione di lenti minisclerali sembra di maggiore estensione rispetto alle sclerali di grande diametro. I motivi per scegliere queste lenti rispetto ad altre di grande diametro sono molteplici, a partire dallo spessore minore, una minore necessità di clearance elevata, una minore interazione con l'asimmetria della sclera.

Il minore spessore è dovuto al fatto che con la diminuzione del diametro aumenta la rigidità della lente; il Dk/t , con uno spessore inferiore, risulta maggiore. La clearance è minore per ragioni geometriche: all'aumentare del diametro aumenta la sagitta e viceversa. Per quanto riguarda l'interazione con l'asimmetria della sclera, ciò è direttamente correlato al piccolo diametro. Una lente minisclerale può evitare l'interazione irregolarità sclerali quali pinguecola, simblefaron, cicatrici e elevazioni congiuntivali che renderebbero complesso il fitting di una lente sclerale. La lente risulta più stabile, prevenendo la formazione di bolle d'aria, decentramento, blanching settoriale, prolasso congiuntivale, distorsione della lente (Fadel, 2017).

La minore clearance e la maggiore stabilità diminuisce la probabilità di comparsa di bolle d'aria durante il porto, tuttavia è più difficile applicarle senza provocarne la formazione (Fadel, 2017).

Selezione del potere

In teoria le formule ottiche usate per le lenti corneali RGP possono essere applicate alle lenti sclerali, ovvero che il potere del fluido lacrimale post lente si possa variare secondo la regola per cui ad una variazione di 0,10mm di raggio base corrisponde una variazione di circa 0,5D. Questa tuttavia è una regola valida per l'ottica delle lenti sottili, mentre nel caso delle lenti sclerali sarebbe meglio considerare l'ottica delle lenti spesse. Schornack et al. hanno calcolato che in tutti i casi il potere della lacrima sarebbe più positivo di quanto previsto secondo le suddette condizioni. Oltretutto, queste regole teoriche possono non essere valide in quanto il menisco lacrimale spesso non è uniforme a causa delle irregolarità corneali.

Nell'applicazione di una lente sclerale il potere non è la principale preoccupazione, quindi la sua valutazione avviene successivamente: si trova innanzitutto il fitting ottimale, per poi effettuare una sovrarefrazione una volta che la lente si è stabilizzata (Worp, 2015).

Il confronto: uno sguardo alla letteratura

Trasmissibilità all'ossigeno

La trasmissibilità di ossigeno e il suo assorbimento da parte della cornea è un argomento molto discusso sia per quanto riguarda i sistemi piggyback sia per le lenti sclerali. La cornea umana sotto condizioni normali riceve ossigeno anteriormente dalle lacrime, con l'occhio aperto dall'atmosfera e con l'occhio chiuso dalla congiuntiva tarsale, e posteriormente dalla camera anteriore dell'occhio. Nell'applicazione di una lente su una cornea non sana lo stress ipossico è una delle maggiori preoccupazioni, trattandosi di un fattore primario nello sviluppo di neovascolarizzazione in cornee cheratoconiche e post cheratotomia radiale. (Lòpez-Alemaný, Gonzàlez-Méijome, Almeida, Parafita, & Refojo, 2006)

I sistemi piggyback e le lenti sclerali hanno in comune la caratteristica di essere rappresentabili come modelli di resistori in serie quando si parla di trasmissione di ossigeno. In una lente sclerale, l'ossigeno per raggiungere la cornea anteriormente deve diffondere attraverso due strati come in un sistema di resistori in serie, ovvero attraverso lo spessore della lente e attraverso la riserva di fluido lacrimale, similmente ai sistemi piggyback, in cui i resistori sono rappresentati dalle due lenti. (Florkey, Fink, Mitchell, & Hill, Corneal Oxygen Uptake Associated With Piggyback Contact Lens Systems, 2007) (Weissman & Ye, 2006)

È stato dimostrato che le lenti a contatto sclerali interferiscono con la fornitura di ossigeno anteriore, ovviamente in misura maggiore nei casi passati in cui si avevano materiali non gas permeabili, portando ad un certo numero di complicanze, tra cui edema stromale acuto, assottigliamento stromale cronico, microcisti epiteliali e fragilità, perdita della sensibilità corneale ed eventuale vascolarizzazione corneale. (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017) (Weissman & Ye, 2006) (Vincent, et al., Hypoxic Corneal Changes Following Eight Hours of Scleral Contact Lens Wear, 2016)

La costruzione di una lente sclerale richiede uno spessore generalmente non inferiore a 300µm, per ridurre il rischio di flessione, (Skidmore, Walker, Marsack, Bergmanson, & Miller, 2019) e viene applicata con una clearance di almeno 200 µm. Prendendo in considerazione una lente con Dk di 100 e spessore 400µm con una clearance di 200µm,

quest'ultima con Dk di 80, il modello di Weissman e Ye prevede una tensione di ossigeno ad occhi aperti presso la superficie oculare di circa 60 mmHg, assumendo che non avvenga ricambio lacrimale al di sotto della lente (tear mixing), eventualità che probabilmente incrementerebbe il risultato. Gli stessi Weissman e Ye indicano nello stesso studio come valore per la tensione di ossigeno minima per mantenere conservare la normale fisiologia corneale 100mmHg; ciò significa che, con qualche eccezione, l'applicazione di una lente sclerale sarebbe al di sotto del limite (Weissman & Ye, 2006) (Vincent, et al., 2016). Lo spessore dello strato fluido al di sotto della lente varia durante il porto. Courey ha mostrato come dopo 6 ore di porto la riserva di fluido si assottigli di circa 70 micron e che metà di questo assottigliamento è raggiunto a mezz'ora dall'inserzione della lente. Una riduzione di 70 micron su una clearance iniziale di 400 micron non è sufficiente per evitare l'ipossia (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017).

Ci sono però anche molti altri autori che ritengono accettabile la trasmissione di ossigeno delle lenti sclerali, oltre a molti casi di pazienti affetti sia da malattie della superficie oculare sia da ectasie corneali che portano le lenti sclerali confortevolmente e senza segni di edema corneale pur con una grande clearance (600-1000µm centralmente) (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017) (Vincent, et al., 2016).

Vincent et al. trovano che le lenti sclerali dovrebbero essere applicate con la minore clearance centrale e limbale possibile, rispettivamente non superiori a 200µm e 50-60µm (Vincent, Alonso-Caneiro, & Collins, 2019). Secondo questo studio di Vincent et al., se un COT si 100 mmHg è considerato accettabile, similmente ad altri studi, le lenti sclerali gas permeabili per la maggior parte delle combinazioni di spessore di film lacrimale considerate difficilmente forniscono una pO₂ maggiore o uguale a 100 mmHg, a parte forse la clearance più sottile considerata (50µm). Sia la tensione ossigeno che il flusso sarebbero clinicamente molto più sensibili alle variazioni della clearance che a quelle del Dk della lente (Vincent, et al., 2016).

La manifestazione dell'edema corneale durante il porto di una lente sclerale può essere diversa da quella che si ha con altri tipi di lenti: sembra che la riserva di fluido lacrimale, anche se il ricambio lacrimale è minimo, possa immagazzinare l'ossigeno potendo così rifornire la cornea per un'ora dopo l'inserzione della lente. Sarebbe a

seguito di quest'ora che iniziano a comparire i primi segni di edema (Vincent, Alonso-Caneiro, & Collins, 2019).

Nell'area medio-periferica e al di sopra del limbus la clearance è ridotta rispetto a quella centrale, fino ad un minimo di 40-50 μ m. Finché la clearance rimane al di sotto dei 200 μ m ci si aspetta che l'area considerata non soffra di ipossia. Questo è il motivo per cui in genere i soggetti su cui sono state applicate lenti sclerali non presentano neovascolarizzazioni nell'area limbale (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017). Quindi, se si accetta una COT di 100 mmHg la maggior parte delle lenti sclerali gas permeabili moderne dovrebbe produrre un qualche livello di ipossia corneale sotto condizioni di occhio aperto a prescindere da modelli di consumo corneale di ossigeno. Nonostante le contraddizioni che possiamo trovare nella letteratura su questo argomento, la maggior parte degli autori giungono ad una conclusione comune: i contattologi dovrebbero prestare attenzione a prescrivere lenti sclerali con il Dk più alto possibile e con un fitting con la clearance minore possibile.

Il calcolo della tensione di ossigeno al di sotto di un sistema piggyback è molto complesso e dipende oltre che dai Dk dei materiali delle due lenti anche dai diversi spessori, sia tra le due lenti che tra le diverse zone del sistema. Molti autori assumono che le lenti abbiano uno spessore uniforme, ma questo succede solo per lenti con un basso potere negativo (intorno a -0.75D) (Weissman & Ye, 2006), mentre abbiamo già visto che spesso vengono applicate lenti morbide con potere positivo nel piggyback. Autori come Morris e Fatt suggeriscono però che queste differenze di spessori siano trascurabili se il potere della lente è nel range di $\pm 1,50$ D, mentre Huang et al. riportano che lo spessore in toto potrebbe essere trascurato se il Dk del materiale è maggiore o uguale a 100 in condizioni di occhi aperti.

Weissman e Ye ritengono che una tensione di ossigeno di 100 mmHg in condizioni di occhio aperto sia sufficiente nella maggior parte dei casi per mantenere una fisiologia corneale adeguata. Dal loro studio risulta che, con eccezione delle lenti con un Dk/t ridotto, la maggior parte dei sistemi piggyback soddisfa questa condizione e dovrebbero essere quindi ben tollerati fisiologicamente dai soggetti. Ciò è stato confermato da numerosi altri studi (Lòpez-Aleman, González-Méijome, Almeida, Parafita, & Refojo, 2006) (Yeung, Eghbali, & Weissman, 1995) (Manal, 2015) (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011). Le misure sperimentali della trasmissibilità al di sotto di un sistema

piggyback in condizioni statiche mostrano che la performance del sistema dipende sia dal materiale della lente rigida sia da quello della morbida, ed è necessario scegliere le lenti con il più alto Dk/t possibile. Per la lente morbida, il silicone hydrogel è la scelta ideale, soprattutto se la cornea è già compromessa o ha già segni di stress ipossico (Sengor, Kurna, Aki, & Ozkurt, 2011) (Lòpez-Aleman, González-Méijome, Almeida, Parafita, & Refojo, 2006).

Il porto esteso di questa soluzione resta sconsigliato (Weissman & Ye, 2006).

Ricambio lacrimale

Definiamo ricambio lacrimale il flusso del fluido dal film lacrimale scoperto alla riserva al di sotto della lente e viceversa (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017).

Anche l'importanza dello scambio lacrimale è un argomento molto discusso. Allo scambio lacrimale è stato associato il ruolo della fornitura di ossigeno alla cornea dove la permeabilità della lente a contatto applicata non sia sufficiente. Nella maggior parte delle applicazioni i materiali moderni permettono una maggiore tranquillità per quanto riguarda lo stress ipossico, quindi l'importanza del ruolo dello scambio lacrimale si è spostata sulla riduzione di depositi al di sotto della lente quali metaboliti corneali, detriti cellulari, mediatori infiammatori (Paugh, et al., 2018), che possono alterare la funzionalità della barriera epiteliale portando poi a complicanze da non sottovalutare. (Muntz, Subbaraman, Sorbara, & Jones, 2015) in applicazioni come quelle che andiamo a considerare in questa tesi è comunque importante esaminare questo argomento anche nel suo ruolo di rifornimento di ossigeno.

È stato mostrato da diversi autori come il ricambio lacrimale al di sotto di lenti corneali RGP sia più veloce rispetto a quello al di sotto di una convenzionale lente morbida (Skidmore, Walker, Marsack, Bergmanson, & Miller, 2019) (Paugh, et al., 2018) (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017) Ciò sarebbe dovuto al movimento più ampio che si verifica ad ogni ammiccamento (1-2mm per la lente RGP, 0,3-0,5 per la lente morbida) (Tse, Tan, Kim, Zhou, & Lin, 2019) (Muntz, Subbaraman, Sorbara, & Jones, 2015). Un altro responsabile di questo divario sarebbe il diametro inferiore della lente RGP (Muntz, Subbaraman, Sorbara, & Jones, 2015).

Possiamo trovare nella letteratura molti esempi di come le lenti a contatto morbide convenzionali provochino un qualche grado di stagnazione lacrimale, che potrebbe portare a diverse complicanze tra cui cheratite microbica, cheratite infiltrativa, ulcera periferica, CLARE, “mucin balls” (Paugh, et al., 2018) (Muntz, Subbaraman, Sorbara, & Jones, 2015).

Abbiamo già visto come i sistemi piggyback rappresentino una doppia barriera al passaggio di ossigeno: è quindi fondamentale, oltre a materiali con alto Dk come già discusso, che le due lenti siano in grado di muoversi indipendentemente l’una dall’altra (Lòpez-Aleman, González-Méijome, Almeida, Parafita, & Refojo, 2006); ciò è dimostrato dalla differenza di risultati sperimentali tra gli studi che sono andati a valutare la tensione di ossigeno in condizioni statiche (Lòpez-Aleman, González-Méijome, Almeida, Parafita, & Refojo, 2006) e quelli che l’hanno valutata in condizioni dinamiche (Tsubota, Mashima, Murata, & Yamada, 1994).

Visto il minore ricambio lacrimale è facile che si formino dei depositi al di sotto della lente morbida ed è quindi fondamentale la pulizia di quest’ultima. Alcuni contattologi preferiscono l’uso di una lente giornaliera per ovviare alla complessa gestione delle due lenti (Manal, 2015).

Il tema del ricambio lacrimale nell’applicazione di una lente sclerale è probabilmente ancora più controversa: troviamo autori che negano la possibilità che possa avvenire, altri che ammettono in piccolo scambio, altri ancora che esprimono la propria perplessità al riguardo (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017) (Skidmore, Walker, Marsack, Bergmanson, & Miller, 2019) (Vincent, et al., 2016) (Tse, Tan, Kim, Zhou, & Lin, 2019). È comune la nozione che, ammesso che avvenga un ricambio lacrimale, una clearance piuttosto spessa rappresenti un rischio di indurre ipossia corneale e potenzialmente complicanze di natura infiammatoria a causa dell’accumulo di prodotti metabolici (Skidmore, Walker, Marsack, Bergmanson, & Miller, 2019).

Durante il porto di una lente sclerale o minisclerale ci si aspetta che avvengano dei cambiamenti a livello della clearance e della zona di appoggio. La lente, infatti, in circa un’ora dall’inserzione, affonda nel morbido tessuto congiuntivale, stabilizzandosi (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017) (Otchere, Jones, & Sorbara, 2017). Diminuisce così la clearance, ma anche il ricambio lacrimale: soprattutto se la forma

della lente si adatta perfettamente alla forma della sclera, si può andare incontro al seal-off (bloccaggio della lente). Questo fenomeno consiste in una forza di suzione che si crea tra la superficie oculare e la lente, rendendone la rimozione difficoltosa e pressoché azzerando il già scarso ricambio lacrimale (Walker, Bergmanson, Miller, Marsack, & Johnson, 2016). Una conseguenza del seal-off, che tuttavia può avvenire indipendentemente, è il mid-day fogging (Walker, Bergmanson, Miller, Marsack, & Johnson, 2016). Si tratta dell'accumulo di prodotti metabolici nella riserva lacrimale che si manifesta con un annebbiamento visivo con conseguente calo dell'acuità visiva e del comfort (Paugh, et al., 2018) (Walker, Bergmanson, Miller, Marsack, & Johnson, 2016). In concomitanza al mid-day fogging è stato rilevato staining epiteliale. Per ovviare ai fastidi del mid-day fogging può essere necessario rimuovere, pulire e riapplicare la lente anche più volte al giorno (Walker, Bergmanson, Miller, Marsack, & Johnson, 2016). Il mid-day fogging risulta essere un problema per il 20-33% dei portatori di lenti sclerali, limitando il porto giornaliero a una media di 4,45 ore consecutive (Skidmore, Walker, Marsack, Bergmanson, & Miller, 2019).

Parlando di lenti sclerali entra in gioco con una certa importanza anche il concetto di tear mixing. Questo può avvenire anche senza un vero e proprio ricambio lacrimale, e contribuisce alla fisiologia corneale compensandone la mancanza (Tse, Tan, Kim, Zhou, & Lin, 2019) (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017).

Sembra che il tear mixing sia influenzato dalla quantità di clearance: è ridotto nei livelli di clearance eccessivi (Giasson, Morency, Melillo, & Michaud, 2017).

Il ricambio lacrimale e il tear mixing al di sotto di una lente sclerale sembra nel complesso più lento rispetto a quello che si ha con una lente morbida, tuttavia una comparazione diretta di questo tipo dovrebbe essere approcciata con cautela (Tse, Tan, Kim, Zhou, & Lin, 2019).

Lo studio

Il questionario

Scopo dello studio

Questo studio nasce dalla volontà di comprendere l'opinione odierna dei contattologi italiani sull'uso delle lenti sclerali e dei sistemi piggyback. In particolare, si sofferma sulla frequenza di queste applicazioni negli ultimi cinque anni in relazione all'esperienza dei soggetti secondo gli anni di esperienza, i tipi di applicazioni portate a termine con successo e i tipi di irregolarità corneali che hanno incontrato durante la loro carriera. Sono stati esaminati poi i tipi di irregolarità corneali e la frequenza di applicazione delle soluzioni in esame in relazione ad essi. Infine, sono state raccolte le opinioni personali dei professionisti riguardo la complessità delle due applicazioni, la difficoltà di gestione delle lenti per il soggetto, i pro e i contro delle due applicazioni e la loro preferenza personale.

Metodo

È stato costruito un questionario pensato per raccogliere le opinioni dei contattologi italiani riguardanti la scelta tra l'applicazione di un sistema piggyback o di una lente sclerale [Appendice].

Per questo questionario è stata utilizzata la piattaforma *Google forms*. È stata scelta una modalità online per poter raggiungere il maggior numero possibile di professionisti. Un grande aiuto da questo versante è stato fornito da AILAC, AILeS, ALOeO, Federottica, SOPTI e i loro associati, che hanno contribuito a diffonderlo.

La raccolta delle risposte è avvenuta dal 17 gennaio 2020 al 29 febbraio 2020.

Le risposte sono state raccolte dalla piattaforma stessa. Sono state successivamente analizzate in un foglio excel.

Analisi dei dati

Selezione del campione

Sono state registrate un totale di 36 risposte. Di queste, sono state selezionate 31 risposte. I criteri discriminativi sono stati quelli degli anni di esperienza, paese di provenienza e di tipi di applicazioni effettuati con successo: sono stati infatti esclusi i soggetti con meno di tre anni di esperienza, quelli che svolgono la propria professione fuori dall'Italia e quelli che nella loro carriera non hanno mai applicato una delle due soluzioni in esame.

Del campione selezionato, il 67,7% si definisce Ottico Optometrista, il 29,0% Optometrista e solo il 3,2% Ottico. Nessun Medico Oculista ha risposto al questionario.

Il 67,7% di questi soggetti applica lenti a contatto su cornee irregolari da più di dieci anni, il 16,1% in un tempo compreso tra cinque e otto anni, il 12,9% tra tre e cinque anni e il 3,2% tra otto e dieci anni. Alla domanda “Negli ultimi cinque anni, quali tipi di applicazioni su cornee irregolari ha portato a termine con successo?”, com'era prevedibile, il 96,8% ha selezionato la risposta “Lenti RGP corneali”. In ordine di popolarità abbiamo poi il sistema piggyback classico, con 71,0%, lenti sclerali, 67,7%, lenti minisclerali, 64,5%, lenti ibride, 41,9%, e per ultimo il sistema piggyback con inserto, il 9,7%.

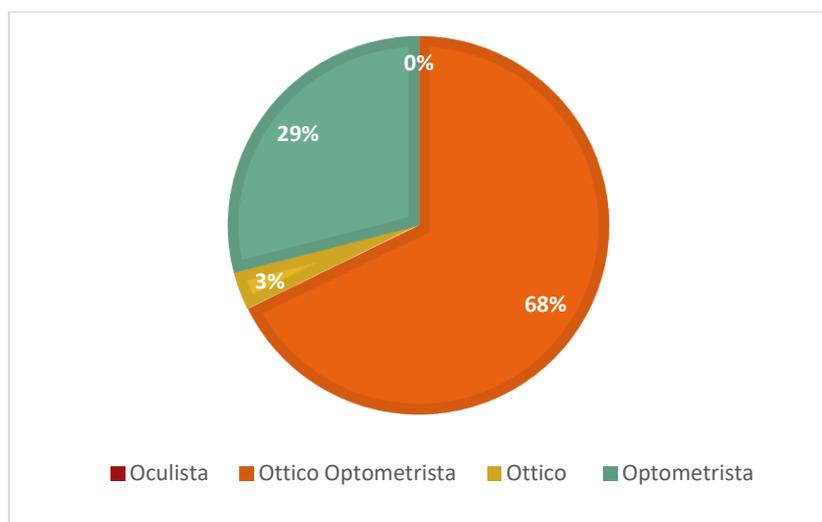


Fig. 14. Le professioni dei soggetti.

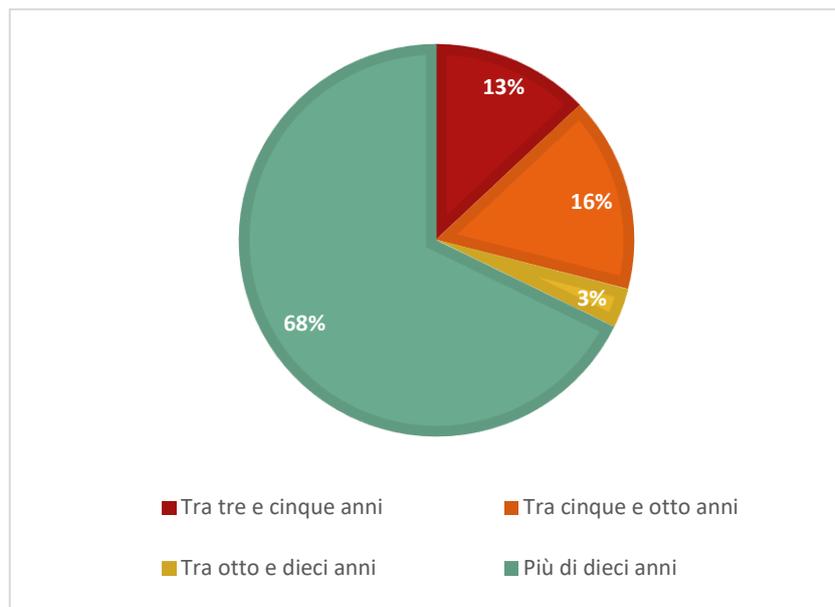


Fig. 15. Distribuzione delle risposte alla domanda “Da quanto tempo applica lenti a contatto su cornee irregolari?”

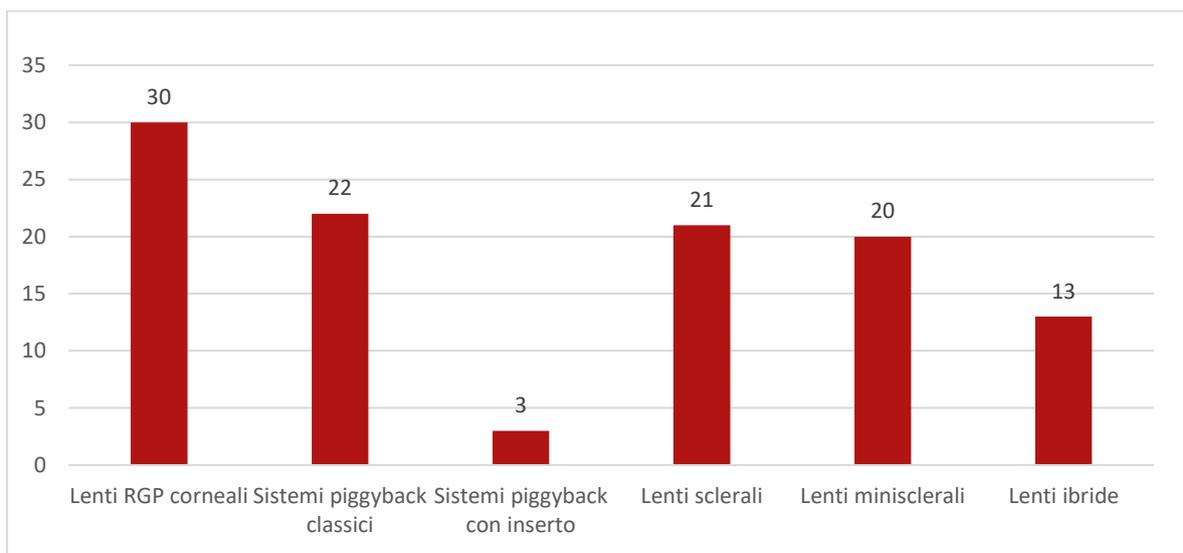


Fig. 16. Frequenze assolute delle risposte alla domanda “Negli ultimi cinque anni, quali tipi di applicazioni su cornee irregolari ha portato a termine con successo?”.

È stato poi chiesto di selezionare la tipologia di irregolarità corneale su cui i contattologi hanno applicato lenti a contatto negli ultimi cinque anni. Ne è risultato che tutti hanno effettuato un'applicazione su un cheratocono. La seconda risposta più frequente è stata “cicatrici post chirurgia”, con 25 selezioni; abbiamo poi “degenerazione marginale pellucida”, con 24 selezioni e infine “superfici corneali danneggiate”, con 20 selezioni.

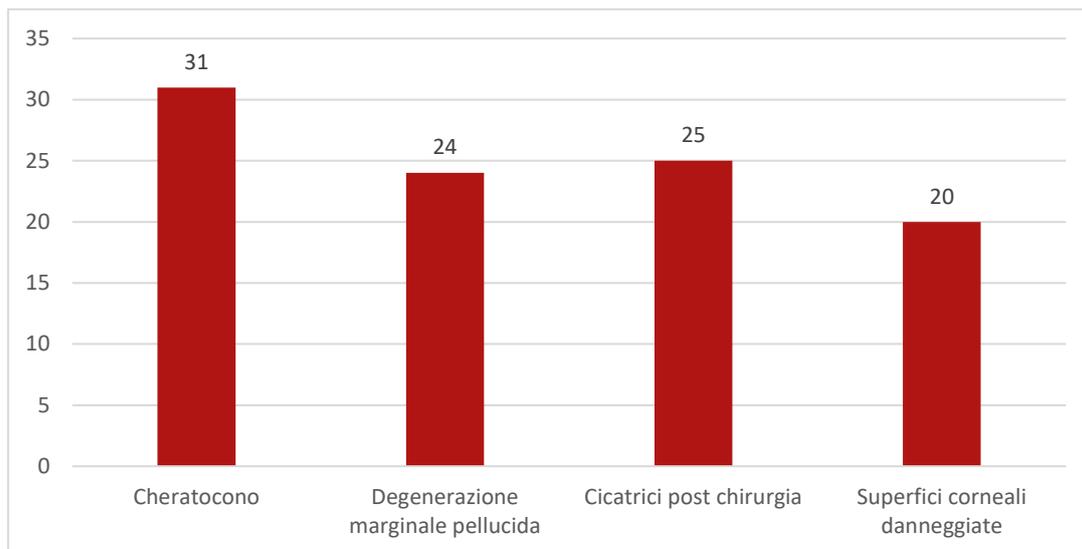


Fig. 16. Frequenze assolute delle risposte alla domanda “Su che tipi di cornee irregolari ha applicato lenti a contatto?”

Il questionario passava a questo punto a esaminare le preferenze dei contattologi riguardo le soluzioni applicative in relazione al tipo di problema incontrato.

Sono state proposte quattro soluzioni, ovvero sistema piggyback classico, sistema piggyback con inserto, lente sclerale, lente minisclerale, e poi è stato chiesto loro di abbinare ognuna di queste con un tipo di irregolarità corneale a scelta tra cheratocono, degenerazione marginale pellucida, cicatrici post chirurgia e superfici corneali danneggiate su cui preferiscono la soluzione in questione rispetto alle altre. A chi ha selezionato “cheratocono” è stato poi chiesto di specificare la morfologia di quest’ultimo su cui preferiscono applicare la soluzione.

Partiamo dal sistema piggyback classico. Nel 58,0% dei casi è stato selezionato il cheratocono, seguito da “superfici corneali danneggiate” (22,6%) e “cicatrici post chirurgia” (12,9%). Il rimanente 6,5% ha scelto di non rispondere. Nessuno ha selezionato “degenerazione marginale pellucida”.

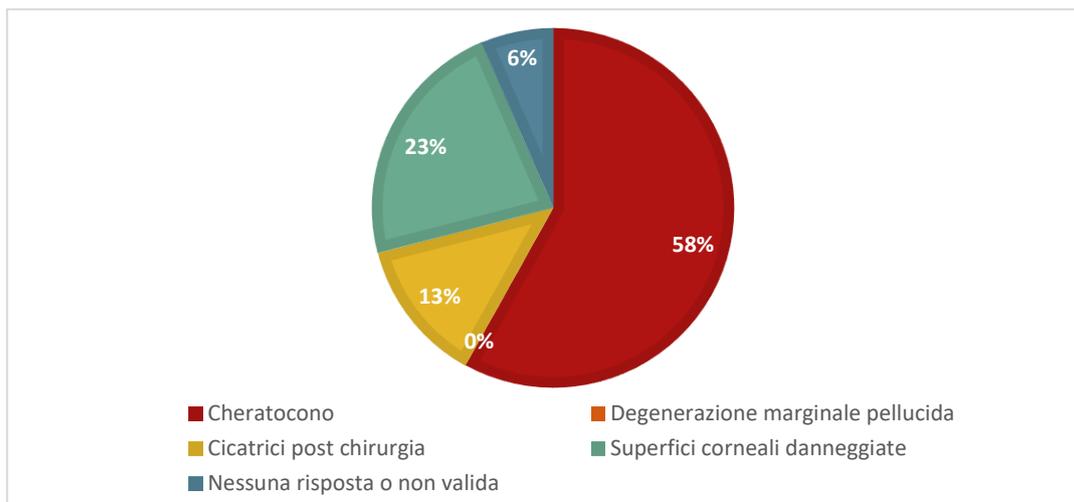


Fig. 17. Percentuale di risposte alla domanda “In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare un sistema piggyback classico rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?”.

Tra i professionisti che preferiscono applicare un sistema piggyback classico rispetto ad altre soluzioni su un cheratocono, 10 preferiscono applicarlo su un cheratocono di tipo “nipple/round”, 3 sul tipo “avvallamento/ovoidale” e solo 1 su cheratoglobolo. Quattro persone hanno selezionato sia “nipple/round” sia “avvallamento/ovoidale” [Fig. 18].

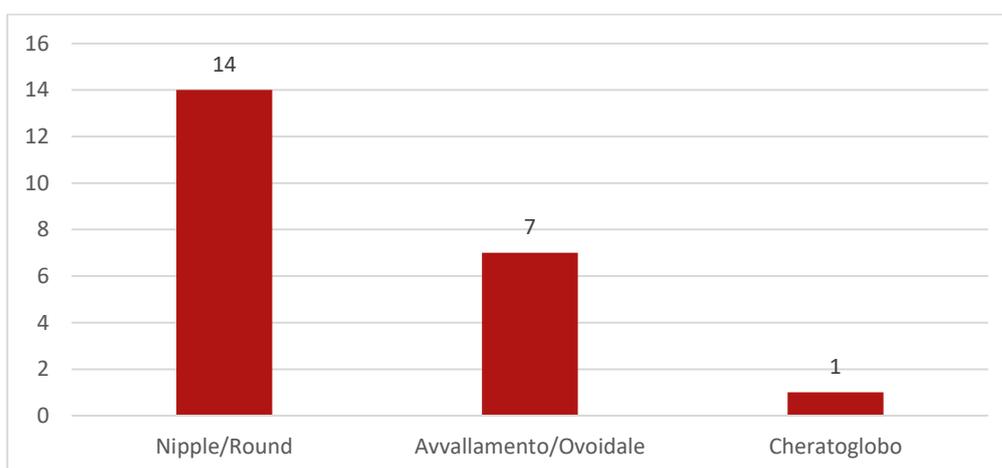


Fig. 18.

I risultati relativi all’applicazione di piggyback con inserto variano da quelli del piggyback classico. Il 32,5% ha scelto *cheratocono*, il 22,6% ha scelto *superfici corneali danneggiate*, il 9,7% *cicatrici post chirurgia*. Anche in questo caso nessuno ha

selezionato la voce *degenerazione marginale pellucida*. La percentuale di risposte non date è molto alta, del 35,5%.

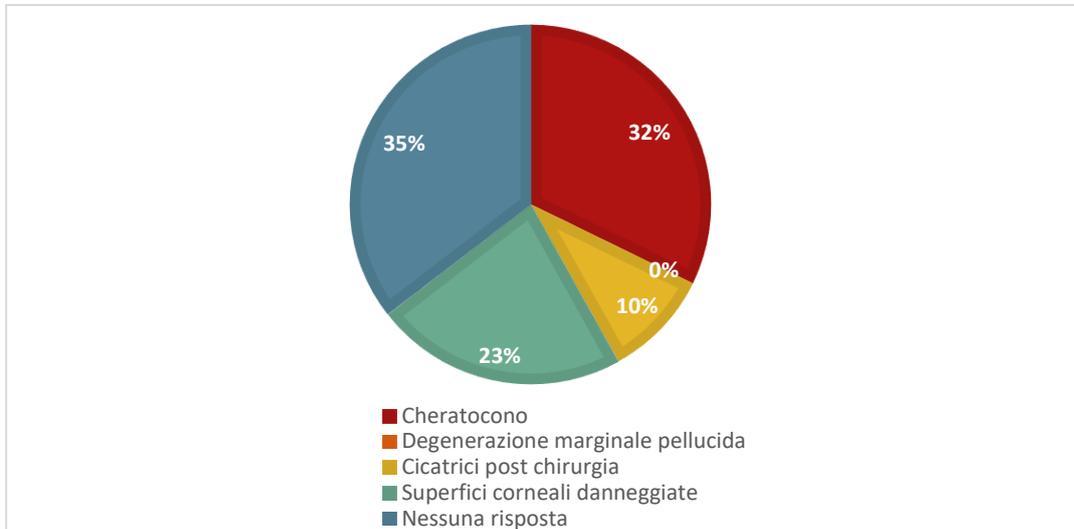


Fig. 19. Percentuale di risposte alla domanda “In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare un sistema piggyback con inserto rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?”.

La preferenza sul tipo di cheratocono cade anche questa volta su *Nipple/Round*, con una frequenza di 5, seguito da *Avvallamento/Ovoidale*, 3. In un caso sono stati selezionati entrambi [Fig. 20]

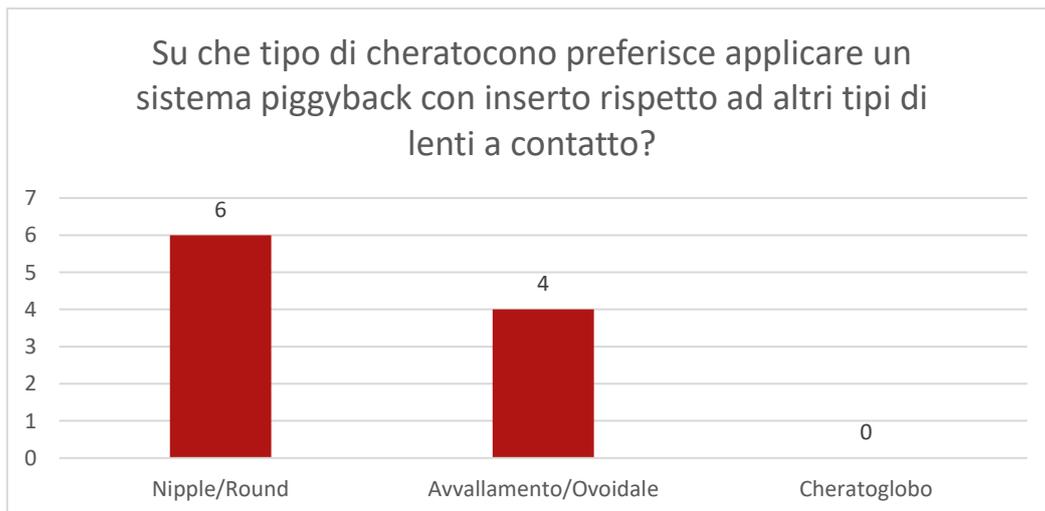


Fig. 20.

Il cheratocono è la selezione favorita anche per le lenti sclerali (38,7%). Qui viene per la prima volta selezionata *degenerazione marginale pellucida*, in particolare dal 25,8% dei professionisti. Abbiamo poi *cicatrici post chirurgia*, 16,1%, e *superfici corneali danneggiate*, 9,7%. Il 19,4% delle risposte sono state nulle.

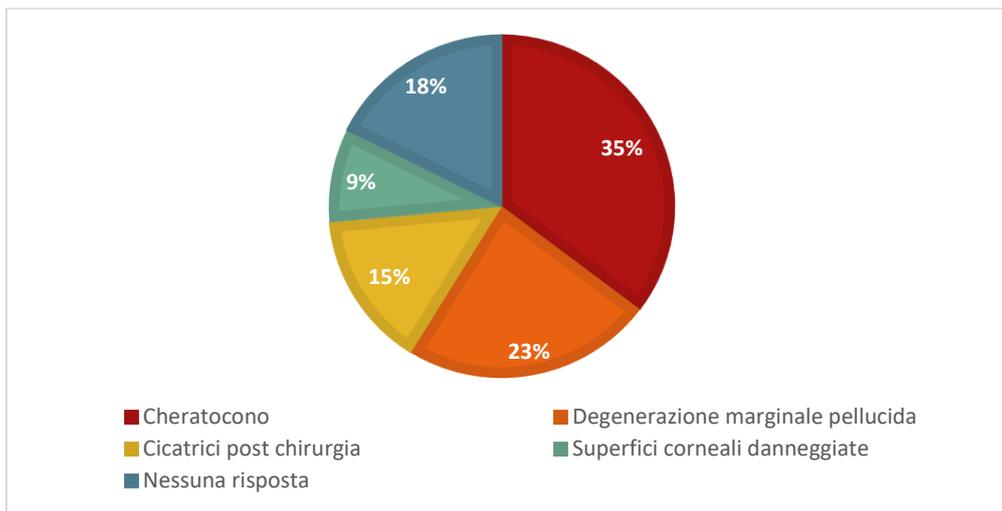


Fig. 21. Percentuale di risposte alla domanda “In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare una lente sclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?”.

C'è stata una netta variazione nella preferenza della morfologia di cheratocono: l'opzione che ha ricevuto più preferenze è stata *avvallamento/ovoidale*, con 7 risposte; la seconda preferenza è stata per il *cheratoglobo*, che ancora non era stato selezionato. *Nipple/round* ha ricevuto una sola risposta [Fig. 22].

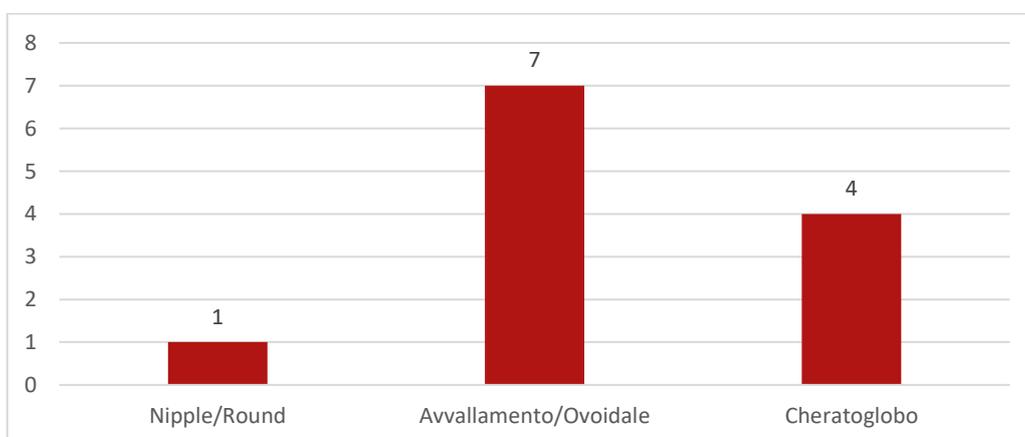


Fig. 22.

Come negli altri casi, anche per le lenti minisclerali l'opzione con il maggior numero di selezioni è stata *cheratocono* (41,9%). La seconda è stata *superfici corneali danneggiate*, 12,9%, dopodiché troviamo a parimerito *cicatrici post chirurgia* e *degenerazione marginale pellucida*.

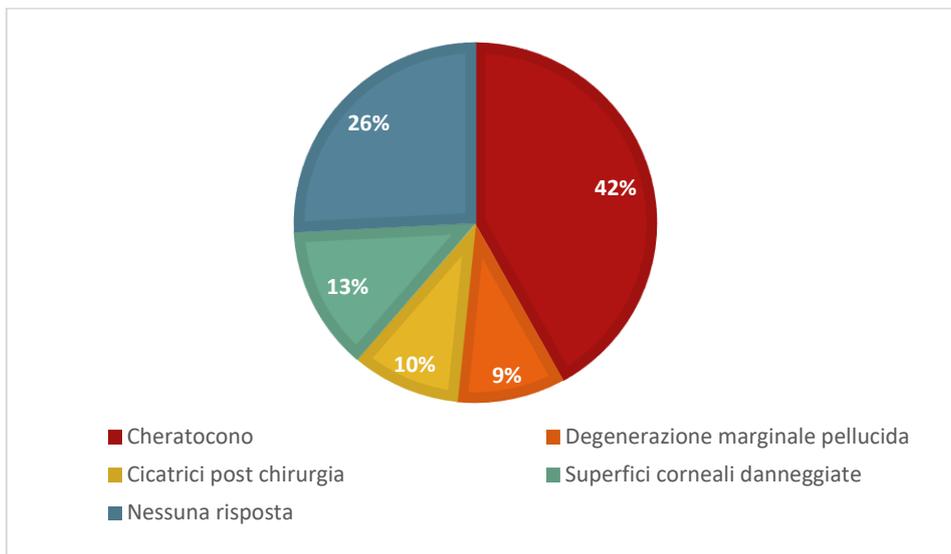


Fig. 23. Percentuale di risposte alla domanda “In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare una lente minisclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?”.

La preferenza per il tipo di cheratocono torna ad essere per il tipo *nipple/round* (8 risposte). Al secondo posto abbiamo *avvallamento/ovoidale* con 4 selezioni e per ultimo *cheratoglobo*, con una selezione [Fig. 24].

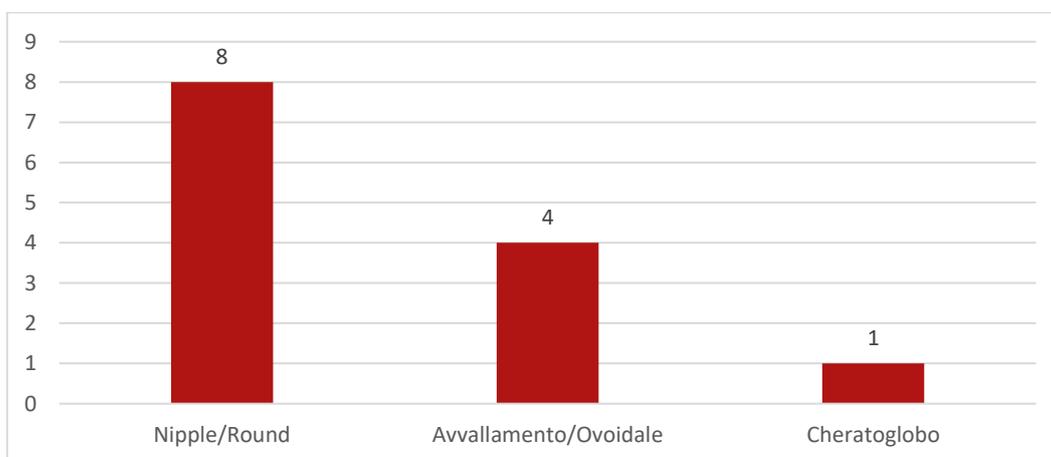


Fig. 24.

Arriviamo quindi alla seconda parte del questionario. È stato chiesto di indicare il numero di applicazioni che il professionista ha portato a termine con successo negli ultimi cinque anni. Gli è stata presentata una scala da 0 a Più di 10.

La media e la deviazione standard sono state calcolate sostituendo alla voce Più di 10 il valore 11; di conseguenza, si trattano di valori approssimativi. I valori reali sono maggiori o uguali a quelli indicati. È interessante vedere come la moda cada sempre sulla risposta “Più di 10” con eccezione dei sistemi piggyback con inserto.

	Media	Errore	Mediana	Moda
<i>Lenti sclerali</i>	7,7	4,4	3,5	Più di 10
<i>Lenti minisclerali</i>	6,2	4,5	2	Più di 10
<i>Sistemi piggyback classici</i>	6	3,7	5	Più di 10
<i>Sistemi piggyback con inserto</i>	2,2	4	0	0

Tab. II. Tabella riassuntiva di media, deviazione standard, mediana e moda del numero di applicazioni per tipo negli ultimi cinque anni.

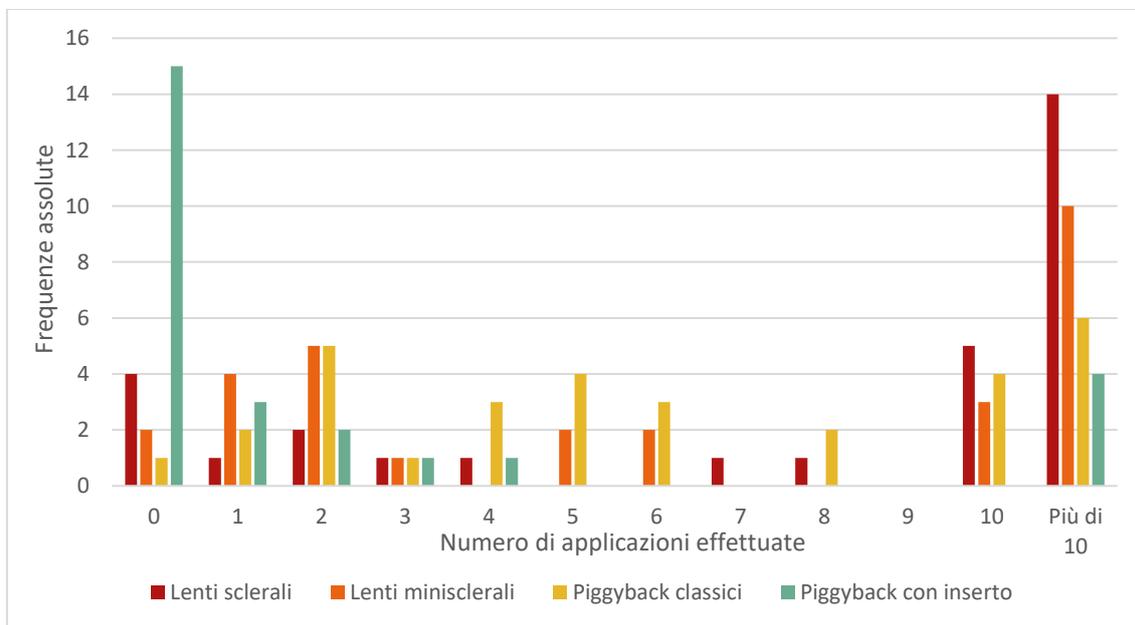


Fig. 25. Grafico riassuntivo delle frequenze assolute delle applicazioni di lenti sclerali, lenti minisclerali, sistemi piggyback classici, sistemi piggyback con inserto negli ultimi cinque anni.

È stata poi confrontata la difficoltà percepita nell'applicare una lente sclerale o un sistema piggyback. A questo scopo è stata costruita una scala in cui il valore 1 corrisponde a *Lenti sclerali* e 5 a *Sistemi piggyback*. Il valore medio delle risposte è 2,7, con una deviazione standard di 1,6.

Il questionario procede con una serie di domande con lo scopo di cercare di capire quale tra queste soluzioni sia considerata l'ultima opzione a cui rivolgersi, quale sia percepita come più rischiosa, quale sia considerata più complessa. Questa volta è stata usata una scala Likert su cinque gradi, in cui 1 corrisponde a *Per niente d'accordo* e 5 a *Pienamente d'accordo*. La seguente tabella riassume i punteggi medi con relative deviazioni standard, mediana e moda. [Tabella III].

	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Mediana</i>	<i>Moda</i>
16. Tra lenti sclerali e sistemi piggyback, cosa trova più complesso applicare?	2,7	1,6	3	1
17. Le lenti sclerali sono l'ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare.	3,2	1,6	3	5
18. I sistemi piggyback sono l'ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare.	3	1,3	3	3
19. Personalmente, cosa preferisce applicare tra lenti sclerali e sistemi piggyback?	2,9	1,6	3	1
20. I sistemi piggyback sono rischiosi dal punto di vista dell'ipossia.	2,7	1,2	3	3
21. Le lenti sclerali sono rischiose dal punto di vista dell'ipossia.	2,6	1,1	2	2
22. I sistemi piggyback hanno una gestione difficile per il soggetto.	2,9	1,2	3	3
23. Le lenti sclerali hanno una gestione difficile per il soggetto.	3,3	1,1	3	4
24. I sistemi piggyback sono una soluzione datata.	2,6	1,5	3	1
25. Ha dei criteri precisi per determinare se sia meglio applicare un sistema piggyback o una lente sclerale.	3,6	1,2	3	3

Tab. III.

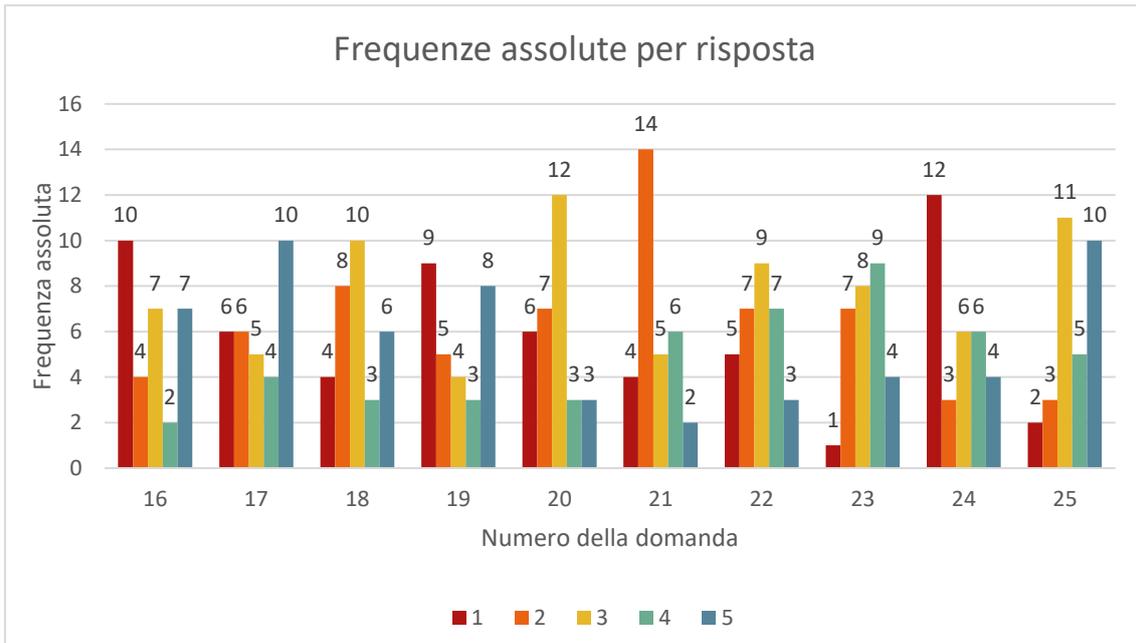


Fig. 26. Grafico riassuntivo delle frequenze assolute delle risposte alle domande 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 del questionario.

L'ultima domanda di questo tipo chiede quale sia la preferenza personale del soggetto. È stata usata di nuovo una scala da 1 a 5, in cui 1 corrisponde a *Lenti sclerali* e 5 a *Sistemi piggyback*. Il punteggio medio è stato 2,9, con una deviazione standard di 1,6 [Fig. 27].

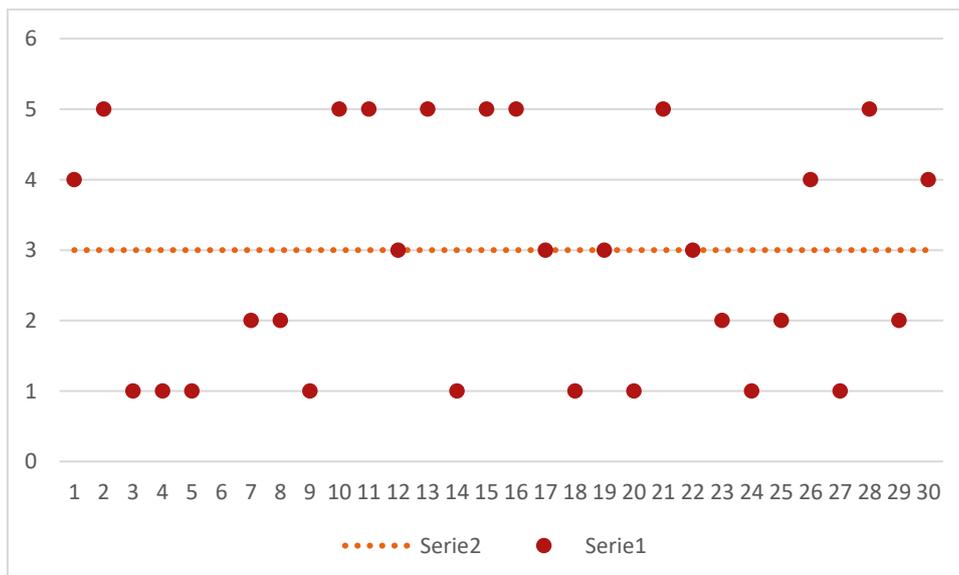


Fig. 27. Distribuzione delle risposte alla domanda "Personalmente, cosa preferisce applicare tra lenti sclerali e sistemi piggyback?"

Infine, è stato chiesto di motivare questa preferenza: sono state presentate delle affermazioni, in modo che il soggetto potesse scegliere quelle ritenute più adeguate.

Le lenti sclerali sono migliori dei sistemi piggyback perché **I sistemi piggyback sono migliori delle lenti sclerali perché**

<i>L'applicazione risulta più stabile</i>	19	<i>L'applicazione è più semplice</i>	11
<i>Mantiene la superficie oculare idratata in caso di dry eye</i>	18	<i>Il costo è inferiore</i>	16
<i>Non presenta le complicanze tipiche delle lenti morbide</i>	2	<i>Si ha maggiore passaggio di ossigeno</i>	4
<i>Si ha maggiore passaggio di ossigeno</i>	3	<i>Le lenti hanno possibilità di movimento</i>	8
<i>Si ha una migliore qualità ottica</i>	16	<i>Si ha ricambio lacrimale</i>	8
<i>Gestione più semplice da parte del soggetto</i>	6	<i>Per il soggetto è psicologicamente più facile</i>	14
<i>Non si presenta nessuna neovascolarizzazione limbale</i>	0	<i>Il porto può essere più prolungato</i>	12
<i>Nessuna risposta</i>	5	<i>Nessuna risposta</i>	2

Tab. IV. Tabella riassuntiva delle risposte.

Discussione e conclusioni

Discussione

Partiamo dal campione. Abbiamo visto che delle 31 risposte selezionate, in 19 veniva dichiarato di aver applicato entrambe le soluzioni in esame durante la propria carriera. È comunque un dato piuttosto alto considerando che la maggior parte dei casi di irregolarità corneali sono risolvibili con una lente corneale RGP. È probabile che questa apparente popolarità di queste soluzioni sia dovuta all'interesse che l'argomento dello studio può aver suscitato nei professionisti che già ben conoscevano queste applicazioni, portandoli a rispondere più frequentemente rispetto ad altri. La maggior esperienza dei professionisti coinvolti è osservabile anche nelle risposte alla domanda "Da quanto tempo applica lenti a contatto su cornee irregolari?": il 67,7% ha infatti dichiarato di applicare su cornee irregolari da più di dieci anni. Questo bias ha probabilmente influenzato anche altri risultati.

Com'era prevedibile, la maggior parte dei soggetti negli ultimi cinque anni ha applicato almeno una lente RGP corneale (96,8%) e meno della metà ha applicato una lente ibrida (41,9%). È interessante vedere come il 71,0% abbia applicato almeno un sistema piggyback classico, con una media di 7,16 piggyback classici ognuno, mentre solo il 9,7% ha applicato un sistema piggyback con inserto, in media 8,3. Ciò può essere dovuto al fatto che il sistema classico permette una maggiore libertà di scelta nei materiali e dei parametri della lente morbida; idealmente è infatti possibile comporre il sistema con qualsiasi lente che si ritenga più adeguata, aprendo anche la possibilità di eventuali customizzazioni della lente morbida.

La percentuale di professionisti che dichiarano di aver applicato almeno una lente sclerale è leggermente inferiore: troviamo il 67,7% per le lenti sclerali (8,5 ognuno) e il 64,5% per le lenti minisclerali (7,2 in media). La frequenza inferiore di queste applicazioni è probabilmente dovuta alla complessità dell'applicazione e alle particolari indicazioni che vedremo in seguito. La frequenza di professionisti che hanno applicato una lente minisclerale è inferiore di quella delle lenti sclerali, forse ancora a causa del suddetto bias che ha portato a rispondere più frequentemente chi ha applicato lenti sclerali. La differenza tra le percentuali di sclerali e minisclerali è però molto meno

marcata di quella che abbiamo trovato per i sistemi piggyback: le lenti minisclerali rappresentano uno step precedente alle lenti sclerali di grande diametro, grazie anche alla minore complessità di applicazione e di gestione per il soggetto, mentre il piggyback con inserto è una soluzione equivalente al piggyback classico con la differenza di una maggiore facilità di centratura della lente RGP, oltre a presentare le limitazioni di cui sopra.

Nella lettura di questi dati bisogna tenere in considerazione il fatto che le risposte alle domande del tipo “Quante lenti sclerali ha applicato con successo negli ultimi cinque anni?” sono state strutturate a scelta multipla, in cui si presenta una scala da 0 a più di dieci. Molti professionisti, inaspettatamente, hanno selezionato la risposta “Più di 10” (46,6% per le lenti sclerali, 34,5% per le lenti minisclerali, 19,4% per i piggyback classici e il 15,4% per i piggyback con inserto). Per questo motivo la media di applicazioni per categoria qui calcolata non rispecchia appieno la media reale, che sarà maggiore o uguale a quella qui indicata.

Tutti i professionisti dichiarano di aver applicato una lente a contatto su un cheratocono, l’80,6% su irregolarità dovute a conseguenze di un intervento chirurgico, il 77,4% su degenerazione marginale pellucida e il 64,5% su superfici corneali danneggiate.

Il 58,0% dei professionisti ha dichiarato di avere una preferenza per il sistema piggyback classico nel caso di un cheratocono, in particolare di tipo nipple/round (77,8%). Il 38,9% ha scelto il cheratocono di morfologia ad avvallamento/ovoidale e nessuno ha selezionato cheratoglobo. Probabilmente la preferenza per un cheratocono di tipo nipple è dovuta al posizionamento: un cheratocono ad avvallamento/ovoidale è generalmente decentrato verso il basso, posizione che rende ottenere un’adeguata centratura della lente molto complesso, quindi è preferibile in questi casi scegliere un’applicazione diversa. Anche nel caso del cheratoglobo vengono preferite altre applicazioni, probabilmente per evitare uno stress di tipo meccanico sulla cornea assottigliata nella sua interezza.

I risultati di questa domanda nel caso del sistema piggyback con inserto rispecchiano i risultati del sistema piggyback classico. È da tenere in considerazione che il 35,5% ha scelto di non rispondere; dato in linea con la rarità dell’applicazione.

Quando è stato chiesto su che tipo di irregolarità corneale si preferisse applicare una lente sclerale rispetto ad altre soluzioni, le risposte si sono spostate sul cheratocono di tipo ad avvallamento/ovoidale, in linea con l'ipotesi presentata prima: non appoggiandosi sulla cornea, la centratura della lente non dipende dalla posizione del cono, quindi il problema non si pone. La seconda risposta più selezionata come tipologia di cheratocono è stata "cheratoglobo", opzione che finora non era stata selezionata. Allo stesso modo, si vede come anche "degenerazione marginale pellucida" (25,8%) sia stata scelta, a differenza del caso dei sistemi piggyback, e dalla percentuale relativamente alta di scelta di "cicatrici post chirurgia" (16,1%). La lente sclerale sembra più adeguata di altre soluzioni a patologie che provocano una fragilità corneale e a ectasie particolarmente decentrate.

Troviamo un dato inaspettato in "superfici corneali danneggiate": ci si aspetterebbe che questa opzione fosse più selezionata in relazione alle lenti sclerali che per le altre soluzioni, invece è avvenuto il contrario. Nel caso dei sistemi piggyback sia classici che con inserto è stata scelta dal 22,6% dei professionisti, nel caso delle minisclerali nel 12,9%, e nel caso delle lenti sclerali solamente nel 9,7%.

Una possibile spiegazione sta nell'enunciazione del problema. La domanda recita, infatti, "In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare una lente sclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?". L'espressione "cornee irregolari" può essere intesa come "astigmatismo irregolare", di conseguenza "superfici corneali danneggiate" può assumere il significato di cornee che abbiano subito traumi o lesioni di vario genere invece di indicare delle patologie della superficie oculare. Tuttavia, questo spiegherebbe perché "superfici corneali danneggiate" sia una risposta così popolare nel caso di piggyback e minisclerali, ma non perché non lo sia per le lenti sclerali.

Anche nel caso delle lenti minisclerali l'applicazione più popolare è quella su cheratocono, con una preferenza per la morfologia nipple/round, similmente ai sistemi piggyback. A differenza di quest'ultimi, però, è stata selezionata anche la voce "degenerazione marginale pellucida", analogamente alle lenti sclerali, probabilmente per gli stessi motivi.

È stato chiesto ai contattologi di definire, tra lenti sclerali e sistemi piggyback, quali fossero più complesse da applicare. Su una scala da 1 a 5, in cui 1 rappresenta le lenti sclerali e 5 i sistemi piggyback, è stato ottenuto un punteggio pari a 2,73, più vicino

quindi alle lenti sclerali. Allo stesso modo, in una scala in cui 1 rappresenta “Per niente d’accordo” e 5 “Pienamente d’accordo”, l’affermazione “Le lenti sclerali hanno una gestione difficile per il soggetto” ha ottenuto un punteggio di 3,3, mentre l’affermazione analoga relativa ai sistemi piggyback ha ottenuto 2,9. Sembra quindi che le lenti sclerali siano ritenute più complesse sia per quanto riguarda l’applicazione sia per quanto riguarda la gestione da parte del soggetto. A sostegno di questi risultati ci sono quelli relativi alle affermazioni del tipo “Le lenti sclerali sono l’ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare”; Quest’ultima ha infatti ottenuto un valore pari a 3,5, mentre “I sistemi piggyback sono l’ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare” ha ottenuto 2,9, valore molto vicino al 3, indicante quindi un’indecisione.

Sembra che i professionisti non ritengano le due soluzioni in esame rischiose dal punto di vista dell’ipossia; questo dato si distacca significativamente dalla letteratura, in cui le complicanze da stress ipossico sono considerate tra le maggiori controindicazioni per entrambe le applicazioni.

Infine, sembra che i professionisti che hanno partecipato al sondaggio abbiano dei criteri ben precisi per decidere se sia più opportuno applicare una lente sclerale o un sistema piggyback. Le caratteristiche che portano alla scelta di una lente sclerale sarebbero la maggiore stabilità, la possibilità di avere una riserva di fluido lacrimale che mantenga idratata la superficie oculare, la migliore qualità ottica; quelle che portano alla scelta di un sistema piggyback sarebbero la maggiore facilità di applicazione, il costo inferiore, la possibilità di avere un buon ricambio lacrimale e un porto più prolungato, e non si pone il problema per il soggetto di inserire una lente di grande diametro, che può essere difficile psicologicamente.

Conclusione

Pur non avendo un campione molto ampio, è possibile trarre delle conclusioni per quanto riguarda le indicazioni delle due soluzioni in esame. Il sistema piggyback sarebbe più indicato in caso di ectasie corneali posizionate centralmente; è una soluzione che viene presa in considerazione laddove una lente morbida non permetta di ottenere un’acuità visiva sufficiente e una lente RGP corneale non dia una centratura

soddisfacente o provochi abrasioni persistenti. Una lente sclerale sarebbe più indicata in caso di ectasie e irregolarità molto decentrate, in caso di cornee caratterizzate da una certa fragilità. Risulta, infine, che secondo i contattologi italiani che hanno partecipato a questo studio bisognerebbe considerare tutte le altre soluzioni, compreso il sistema piggyback, prima di arrivare ad applicare una lente sclerale.

Bibliografia

- Alió, J. L., Belda, J. I., Artola, A., García-Lledó, M., & Osman, A. (2002). Contact lens fitting to correct irregular astigmatism after corneal refractive surgery. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 28, 1750-1757.
- Alpins, N. A. (Maggio 1998). Treatment of irregular astigmatism. *Journal of cataract and refractive surgery*, 24, 634-646.
- Armitage, J. A., Bruce, A. S., Phillips, A. J., & Lindsay, R. G. (1998). Morphological variants in keratoconus: Anatomical observation or aetiologically significant? *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology*, 568-570.
- Bavinger, J. C., DeLoss, K., & Mian, S. I. (2015). Scleral lens use in dry eye syndrome. *Current Opinion in Ophthalmology*, 26, 319-124.
- Borish, I. M. (1970). *Clinical refraction* (III ed.). Chicago: Professional Press.
- Bucci, G. M. (1993). *Oftalmologia*. Milano: Società Editrice Universo.
- Bufidis, T., Konstas, A., Karabatsas, C., Economides, P., & Georgiadis, N. (2005). Contact Lens Fitting in the Refractive Surgery Patient. *Comprehensive ophthalmology update*(3), 133-142.
- Bunker, D. J., George, R. J., Kleinschmidt, A., Kumar, R. J., & Maitz, P. (2014). Alkali-Related Ocular Burns: A Case Series and Review. *Journal of Burn Care & Research*, 35, 261-268.
- Cameron, J. D. (2005). Corneal reaction to injury. In J. H. Krachmer, M. J. Mannis, & E. J. Holland, *Cornea* (p. 115-133). Philadelphia: Elsevier Mosby.
- Cromelin, C., Russell, B., & Lambert, S. R. (2007). Improved vision and contact lens wear time with Piggy-Back Contact Lens Systems in children after penetrating corneal trauma. *Eye & contact lens*, 43, e10-e12.
- Dalton, K., & Sorbara, L. (2011). Fitting an MSD (Mini Scleral Design) rigid contact lens in advanced keratoconus with INTACS. *Contact Lens & Anterior Eye*(34), 274-281.
- Daniel, R. (1976). Fitting contact lenses after keratoplasty. *British journal ophthalmology*(60), 263-265.
- DelMonte, D. W., & Kim, T. (2011, Marzo). Anatomy and physiology of the cornea. *Journal of cataract and refractive surgery*, 37, 588-598.
- Downie, L. E., & Lindsay, R. G. (2015). Contact lens management of keratoconus. *Clinical and experimental optometry*, 98, 299-311.

- Fadel, D. (2017). Modern scleral lenses: Mini versus large. *Contact Lens and Anterior Eye*, 40, 200-207.
- Fasolo, A., Capuzzo, C., Fornea, M., Franch, A., Birattari, F., Carito, G., . . . Ponzin, D. (2011). Risk Factors for Graft Failure After Penetrating Keratoplasty: 5-Year Follow-Up From the Corneal Transplant Epidemiological Study. *Cornea*, 30(12), 1328-1335.
- Ferdi, A. C., Nguyen, V., Gore, D. M., Allan, B. D., Rozema, J. J., & Watson, S. L. (2019, Luglio). Keratoconus natural progression: a systematic review and meta-analysis of 11529 eyes. *American academy of ophthalmology*, 126(7), 935-942.
- Florkey, L. N., Fink, B. A., Mitchell, G. L., & Hill, R. M. (2007). Corneal Oxygen Uptake Associated With Piggyback Contact Lens Systems. *Cornea*, 26, 324-335.
- Florkey, L. N., Fink, B. A., Mitchell, G. L., & Hill, R. M. (2007). Corneal Oxygen Uptake Associated With Piggyback Contact Lens Systems. *Cornea*, 26, 324-335.
- Giasson, C. J., Morency, J., Melillo, M., & Michaud, L. (2017). Oxygen Tension Beneath Scleral Lenses of Different Clearances. *Optometry and Vision Science*, 94, 466-475.
- Gomes, J. A., Tan, D., Rapuano, C. J., Belin, M. W., Ambrósio, R., Guell, J. L., . . . Sangwan, V. S. (2015, Aprile). Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *The journal of cornea and external disease*, 34, 359-369.
- Jhanji, V., Young, A. L., Mehta, J. S., Sharma, N., Agarwal, T., & Vajpayee, R. B. (2011). Management of Corneal Perforation. *Survey of ophthalmology*, 56, 522-538.
- Jinabhai, A., Radhakrishnan, H., & O'Donnel, C. (2011). Pellucid marginal degeneration: a review. *Contact Lens and Anterior Eye*(34), 56-63.
- Johnson, J. D., & Azar, D. T. (2001). Surgically induced topographical abnormalities after LASIK: management of central islands, corneal ectasia, decentration, and irregular astigmatism. *Current Opinion in Ophthalmology*, 12, 309-317.
- Kok, J. H., & Visser, R. (1992). Treatment of ocular surface disorders and dry eyes with high gas-permeable scleral lenses. *Cornea*, 11, 518-522.
- Lee, B. W., Jurkunas, U. V., Harissi-Dagher, M., Poothullil, A. M., Tobaigy, F. M., & Azar, D. T. (2007). Ectatic Disorders Associated With a Claw-shaped Pattern on Corneal Topography. *American Journal of ophthalmology*, 144, 154-156.

- Lemp, M., Baudouin, C., Baum, J., Dogru, M., Foulks, G., Kinoshita, S., . . . Toda, I. (2007). The definition and classification of dry eye disease: report of the definition and classification subcommittee of the international dry eye workshop (2007). *The ocular surface*, 5, 75-92.
- Lim, C. H., Stapleton, F., & Mehta, J. S. (2018, Novembre). Review of Contact Lens–Related Complications. *Eye & Contact Lens*, 44, S1-S10.
- Lòpez-Alemaný, A., González-Méijome, J. M., Almeida, J. B., Parafita, M. A., & Refojo, M. F. (2006). Oxygen Transmissibility of Piggyback Systems With Conventional Soft and Silicone Hydrogel Contact Lenses. *Cornea*, 25, 214-219.
- Maharana, P. K., Dubey, A., Jhanji, V., Sharma, N., Das, S., & Vajpayee, R. B. (2016). Management of advanced corneal ectasias. *British Journal of Ophthalmology*(100), 34-40.
- Manal, A. (2015). Piggyback Lens System in the Management of Keratoconus. *Advances in Ophthalmology & Visual System*, 2, 1-5.
- Mandathara, P. S., Kalaiselvan, P., Rathi, V. M., Murthy, S. I., Taneja, M., & Sangwan, V. S. (2019). Contact lens fitting after corneal collagen cross-linking. *Oman journal of ophthalmology*, 12, 177-180.
- Martínez-Abad, A., & Pinero, D. P. (2019). Pellucid marginal degeneration: Detection, discrimination from other corneal ectatic disorders and progression. *Contact Lens and Anterior Eye*, 42, 341-349.
- Michaud, L., Brazeau, D., Corbeil, M. E., Forcier, P., & Bernard, P. J. (2013). Contribution of soft lenses of various powers to the optics of a piggy-back system on regular corneas. *Contact lens & anterior eye*, 36, 318-323.
- Midena, E. (2006). *Malattie dell'apparato visivo*. Padova: Casa editrice Dott. Antonio Milani.
- Mohammadpour, M., Heidari, Z., & Hashemi, H. (2018). Updates on management of keratoconus. *Journal of current ophthalmology*, 30, 110-124.
- Muntz, A., Subbaraman, L. N., Sorbara, L., & Jones, L. (2015). Tear exchange and contact lenses: A review. *Journal of optometry*, 8, 2-11.
- O'Donnell, C., Welham, L., & Doyle, S. (2004). Contact Lens Management of Keratectasia After Laser In Situ Keratomileusis for Myopia. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, 30, 144-146.
- Otchere, H., Jones, L. W., & Sorbara, L. (2017). Effect of Time on Scleral Lens Settling and Change in Corneal Clearance. *Optometry and vision science*, 94, 908-913.

- Paugh, J. R., Chen, E., Heinrich, C., Miller, H., Gates, T., Nguyen, A. L., . . . Weissman, B. A. (2018). Silicone Hydrogel and Rigid Gas-Permeable Scleral Lens Tear Exchange. *Eye and contact lens, 44*, 97-101.
- Porcar, E., Montalta, J. C., España-Gregori, E., & Peris-Martínez, C. (2017). Corneo-scleral contact lens in a piggyback system for keratoconus: A case report. *Contact Lens and Anterior Eye, 40*, 190-194.
- Pullum, K. W., & Buckley, R. J. (1997). A Study of 530 Patients Referred for Rigid Gas Permeable Scleral Contact Lens Assessment. *Cornea, 16*, 612-622.
- Pullum, K. W., Whiting, M. A., & Buckley, R. J. (2005). Scleral Contact Lenses: The Expanding Role. *Cornea, 24*, 269-277.
- Rabinowitz, Y. S. (1998). Keratoconus. *Survey of Ophthalmology, 42*, 297-319.
- Randleman, J. B., Ward, M. A., & Stulting, R. D. (2003). Visual Rehabilitation After Severe Alkali Injury With Piggyback Hyper O2 Contact Lenses. *Cornea, 22*, 181-183.
- Rathi, V. M., Dumpati, S., Mandathara, P. S., Taneja, M. M., & Sangwan, V. S. (2016). Scleral contact lenses in the management of pellucid marginal degeneration. *Contact lens and anterior eye, 39*, 217-220.
- Rathi, V. M., Mandathara, P. S., & Dumpati, S. (2013). Contact lens in keratoconus. *Indian Journal of ophthalmology, 61*, 410-415.
- Rathia, V. M., Mandatharab, P. S., Dumpati, S., & Sangwan, V. S. (2018). Scleral lens after intracorneal ring segments in patients with keratoconus. *Contact Lens and Anterior Eye(41)*, 234-237.
- Rico-Del-Viejo, L., Garcia-Montero, M., Hernández-Verdejo, J. L., García-Lázaro, S., Gómez-Sanz, F. J., & Lorente-Velázquez, A. (2017). Nonsurgical Procedures for Keratoconus Management. *Journal of Ophthalmology, 2017*, 1-17.
- Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., & Wolffsohn, J. S. (2010). Keratoconus: a review. *Contact lens and anterior eye, 33*, 157-166.
- Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., Flores-Rodríguez, P., & González-Méijome, J. M. (2012). Which Soft Contact Lens Power Is Better for Piggyback Fitting in Keratoconus? *Contact lens & anterior eye, 36*, 45-48.
- Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., González-Meijóme, J. M., Flores-Rodríguez, P., & Villa-Collare, C. (2015). Which soft lens power is better for piggyback in keratoconus? Part II. *Contact lens and anterior eye, 38*, 48-53.

- Rossetti, A., & Gheller, P. (2003). *Manuale di optometria e contattologia*. Bologna: Zanichelli.
- Sengor, T., Kurna, S. A., Aki, S., & Ozkurt, Y. (2011, Marzo). High Dk piggyback contact lens system for contact lens-intolerant keratoconus patients. *Clinical ophthalmology*(5), 331-335.
- Skidmore, K. V., Walker, M. K., Marsack, J. D., Bergmanson, J. P., & Miller, W. L. (2019). A measure of tear inflow in habitual scleral lens wearers with and without midday fogging. *Contact Lens and Anterior Eye*, 42, 36-42.
- Smith, K. A., & Carrell, J. D. (2008). High-Dk piggyback contact lenses over Intacs for keratoconus: a case report. *Eye & contact lens*(34), 238-241.
- Szczotka, L. B., & Lindsay, R. G. (2003). Contact lens fitting following corneal graft surgery. *Clinical and experimental optometry*, 86, 244-249.
- Titiyal, J. S., Sinha, R., Sharma, N., Sreenivas, V., & Vajpayee, R. B. (2006). Contact Lens Rehabilitation Following Repaired Corneal Perforations. *BMC ophthalmology*, 6-11.
- Tse, V., Tan, B., Kim, Y. H., Zhou, Y., & Lin, M. C. (2019). Tear dynamics under scleral lenses. *Contact Lens and Anterior Eye*, 42, 43-48.
- Tsubota, K., Mashima, Y., Murata, H., & Yamada, M. (1994). A Piggyback Contact Lens for the Correction of Irregular Astigmatism in Keratoconus. *Ophthalmology*, 101, 134-139.
- Veys, J., Meyler, J., & Davies, I. (2001). *Essential contact lens practice: a practical guide*. Londra: BH Optician.
- Vincent, S. J., Alonso-Caneiro, D., & Collins, M. J. (2019). The time course and nature of corneal oedema during sealed miniscleral contact lens wear. *Contact Lens and Anterior Eye*, 42, 49-54.
- Vincent, S. J., Alonso-Caneiro, D., Collins, M. J., Beanland, A., Lam, L., Lim, C. C., . . . Nguyen, N. (2016). Hypoxic Corneal Changes Following Eight Hours of Scleral Contact Lens Wear. *Optometry and vision science*, 93, 293-299.
- Visser, E. S., Visser, R., Lier, H. J., & Otten, H. M. (2007). Modern Scleral Lenses Part I: Clinical Features. *Eye & contact lens*, 33, 13-20.
- Visser, E. S., Visser, R., Lier, H. J., & Otten, H. M. (2007). Modern Scleral Lenses Part II: Patient Satisfaction. *Eye & contact lens*, 33, 21-25.

- Walker, M. K., Bergmanson, J. P., Miller, W. L., Marsack, J. D., & Johnson, L. A. (2016). Complications and Fitting Challenges Associated With Scleral Contact Lenses: A Review. *Contact lens & anterior eye*, 39, 88-96.
- Weissman, B. A., & Ye, P. (2006). Calculated tear oxygen tension under contact lenses offering resistance in series: Piggyback and scleral lenses. *Contact lens and anterior eye*, 29, 231-237.
- Westerhout, D. (1985). Combination and piggy back lens: a valuable clinical technique especially in abnormal cases. *Transactions BCLA conference*, 49.
- Wietharn, B. E., & Driebe, W. T. (2004). Fitting Contact Lenses for Visual Rehabilitation After Penetrating Keratoplasty. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, 30, 31-33.
- Worp, E. V. (2015). *A Guide to Scleral Lens Fitting (2 ed.)*. Tratto da Pacific University: <https://commons.pacificu.edu/mono/10/>
- Worp, E. V., Bornman, D., Ferreira, D. L., Faria-Ribeiro, M., Garcia-Porta, N., & Gonzàles-Meijome, J. M. (2014). Modern scleral contact lenses: a review. *Contact lens & anterior eye*, 37, 240-250.
- X-Cel Contact Product and Fitting Guide*. (2011). Tratto da X-Cel Contacts: <http://flexlens.uy/catalogo.pdf>
- Yeung, K., Eghbali, F., & Weissman, B. A. (1995). Clinical Experience With Piggyback Contact Lens Systems on Keratoconic Eyes. *journal of the American Optometric Association*, 66, 539-543.

Appendice: Il questionario

1. Qual è la sua professione?
 - a. Ottico
 - b. Optometrista
 - c. Ottico e optometrista
 - d. Oculista
 - e. Altro (*specificare*)
2. In che paese svolge la sua professione?
3. Da quanto tempo applica lenti a contatto su cornee irregolari?
 - a. Meno di tre anni
 - b. Tra tre e cinque anni
 - c. Tra cinque e otto anni
 - d. Tra otto e dieci anni
 - e. Più di dieci anni
2. Negli ultimi cinque anni, quali tipi di applicazioni su cornee irregolari ha portato a termine con successo?
 - a. Lenti RGP corneali
 - b. Sistemi piggyback classici
 - c. Sistemi piggyback con inserto
 - d. Lenti sclerali
 - e. Lenti minisclerali
 - f. Lenti ibride
3. Su che tipi di irregolarità corneali ha applicato lenti a contatto negli ultimi cinque anni?
 - a. Cheratocono
 - b. Degenerazione marginale pellucida
 - c. Cicatrici post chirurgia
 - d. Superfici corneali danneggiate
 - e. Altro (*specificare*)
4. In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare un sistema piggyback classico rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
 - a. Cheratocono
 - b. Degenerazione marginale pellucida
 - c. Cicatrici post chirurgia
 - d. Superfici corneali danneggiate
 - e. Altro (*specificare*)
5. (*In caso di selezione di "Cheratocono"*) Su che tipo di cheratocono preferisce applicare un sistema piggyback classico rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
 - a. Nipple/Round
 - b. Avvallamento/Ovoidale
 - c. Cleratoglobo
6. In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare un sistema piggyback con inserto rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
 - a. Cheratocono
 - b. Degenerazione marginale pellucida

- c. Cicatrici post chirurgia
 - d. Superfici corneali danneggiate
 - e. Altro (*specificare*)
7. (*In caso di selezione di "Cheratocono"*) Su che tipo di cheratocono preferisce applicare un sistema piggyback con inserto rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
- a. Nipple/Round
 - b. Avvallamento/Ovoidale
 - c. Cleratoglobo
8. In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare una lente sclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
- a. Cheratocono
 - b. Degenerazione marginale pellucida
 - c. Cicatrici post chirurgia
 - d. Superfici corneali danneggiate
 - e. Altro (*specificare*)
9. (*In caso di selezione di "Cheratocono"*) Su che tipo di cheratocono preferisce applicare una lente sclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
- a. Nipple/Round
 - b. Avvallamento/Ovoidale
 - c. Cleratoglobo
10. In genere, su che tipo di cornee irregolari preferisce applicare una lente minisclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
- a. Cheratocono
 - b. Degenerazione marginale pellucida
 - c. Cicatrici post chirurgia
 - d. Superfici corneali danneggiate
 - e. Altro (*specificare*)
11. (*In caso di selezione di "Cheratocono"*) Su che tipo di cheratocono preferisce applicare una lente minisclerale rispetto ad altri tipi di lenti a contatto?
- a. Nipple/Round
 - b. Avvallamento/Ovoidale
 - c. Cleratoglobo
12. Quante lenti sclerali ha applicato con successo negli ultimi cinque anni?
Scala da 0 a più di dieci
13. Quante lenti minisclerali ha applicato con successo negli ultimi cinque anni?
Scala da 0 a più di dieci
14. Quanti sistemi piggyback classici ha applicato con successo negli ultimi cinque anni?
Scala da 0 a più di dieci
15. Quanti sistemi piggyback con un inserto per la lente RGP nella lente morbida ha applicato con successo negli ultimi cinque anni?
Scala da 0 a più di dieci
16. Tra lenti sclerali e sistemi piggyback, cosa trova più complesso applicare?
Lenti sclerali 2 3 4 Sistemi piggyback
17. Le lenti sclerali sono l'ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo

18. I sistemi piggyback sono l'ultima opzione da considerare in caso di astigmatismo irregolare.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
19. Personalmente, cosa preferisce applicare tra lenti sclerali e sistemi piggyback?
Lenti sclerali 2 3 4 Sistemi piggyback
20. I sistemi piggyback sono rischiosi dal punto di vista dell'ipossia.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
21. Le lenti sclerali sono rischiose dal punto di vista dell'ipossia.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
22. I sistemi piggyback hanno una gestione difficile per il soggetto.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
23. Le lenti sclerali hanno una gestione difficile per il soggetto.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
24. I sistemi piggyback sono una soluzione datata.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
25. Ha dei criteri precisi per determinare se sia meglio applicare un sistema piggyback o una lente sclerale.
Per niente d'accordo-Pienamente d'accordo
26. Le lenti sclerali sono migliori dei sistemi piggyback perché (*selezionare più di una risposta*)
- L'applicazione risulta più stabile
 - Mantiene la superficie oculare idratata in caso di dry eye
 - Non presenta le complicanze tipiche delle lenti morbide
 - Si ha maggiore passaggio di ossigeno
 - Si ha una migliore qualità ottica
 - Gestione più semplice da parte del soggetto
 - Non si presenta nessuna neovascolarizzazione limbale
 - Altro (*Specificare*)
27. I sistemi piggyback sono migliori delle lenti sclerali perché (*selezionare più di una risposta*)
- L'applicazione è più semplice
 - Il costo è inferiore
 - Si ha maggiore passaggio di ossigeno
 - Le lenti hanno possibilità di movimento
 - Si ha ricambio lacrimale
 - Per il soggetto è psicologicamente più facile
 - Il porto può essere più prolungato
 - Altro (*Specificare*)