

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

Giuseppe Toffoli^{*}, Riccardo Olent^{}**

^{*}Perito Ottico, Ottico e Ortottista assistente in Oftalmologia ^{**} Master, Doctor of Optometry

Sommario

Per molti miopi l'ortocheratologia può costituire una reale opzione all'uso quotidiano di lenti a contatto e occhiali. Molti miopi sono attratti dall'ortocheratologia perché non ha limitazioni di età, è reversibile e non è invasiva. Sappiamo che l'ortocheratologia riduce la miopia, ma il primo passo per ottenere un buon risultato è l'attenta e meticolosa selezione del candidato al trattamento. In questo articolo forniremo una guida per un'attenta selezione del candidato al trattamento ortocheratologico.

Parole chiave

Ortocheratologia, modellamento corneale preciso, RGL, topografia corneale, trattamento ortocheratologico, selezione del candidato

PARTE 1

Introduzione

Negli ultimi tempi abbiamo visto moltiplicarsi in maniera esponenziale le richieste, da parte di molti soggetti miopi e astigmatici, di applicazioni ortocheratologiche (OK) mirate alla riduzione del loro difetto visivo. Per molti miopi e astigmatici, infatti, l'Ortho-K notturna (OKnw) può costituire una reale alternativa all'uso quotidiano di lenti a contatto morbide, gas-permeabili, e occhiali.

Inoltre, nonostante le tecniche di correzione miopica eseguite con laser ad eccimeri abbiano di fatto migliorato i loro risultati, molti soggetti miopi che vogliono eliminare gli occhiali non si sentono pronti per affrontare un intervento chirurgico.

Non di minor peso sono le informazioni che corrono su internet e sui media, che hanno portato a conoscenza

del pubblico dell'esistenza di un'alternativa ai tradizionali metodi correttivi; per molti miopi ciò è risultata una piacevole novità.

In un'ottica di rapido sviluppo scientifico e sociale, chi si occupa di problemi visivi è costretto ad aggiornarsi, almeno in termini conoscitivi, dei caratteri fondamentali della tecnica applicativa ormai comunemente chiamata ortocheratologia o Ortho-K.

Il primo fattore determinante il successo di un trattamento ortocheratologico per la riduzione della miopia e dell'astigmatismo, è la corretta selezione del candidato effettuata dal contattologo.

Tale selezione deve essere eseguita in maniera attenta, scrupolosa e professionale.

L'obiettivo della seguente pubblicazione è quello di fornire una guida ai contattologi per rendere ottimale il processo di selezione dei soggetti candidati, prima dell'applicazione, ma anche chi non vuole cimentarsi in tale scienza, troverà in questo articolo informazioni utili per il proprio bagaglio culturale-professionale.

Il trattamento ortocheratologico. Perché? A chi?

Lo scopo dell'ortocheratologia¹ è quello di ridurre od eliminare la miopia e migliorare l'acuità visiva naturale senza chirurgia, utilizzando tecniche contattologiche non invasive.

Rispetto alla selezione dell'ametropia usata per l'applicazione di normali lenti a contatto, quella per il trattamento ortocheratologico richiede valutazioni più specifiche; inoltre le informazioni che si possono reperire sull'ortocheratologia sono spesso fuorvianti e poco chiare; non è raro trovare siti internet che pubblicizzano il trattamento ortocheratologico senza indicare i limiti e i rischi di tale procedura di correzione, creando di conseguenza false aspettative negli ametropi.

Gli oftalmologi, optometristi e ottici che prescrivono, praticano o intendono praticare l'ortocheratologia, è essenziale che si attengano nel descriverla e divulgarla a quelle che sono le procedure e gli standard scientifici già accettati dal mondo scientifico-accademico internazionale.

Di seguito i punti principali:

- La riduzione della miopia e dell'astigmatismo ese-

Ricevuto il 16 giugno 2003

Accettato per la pubblicazione l'1 settembre 2003

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

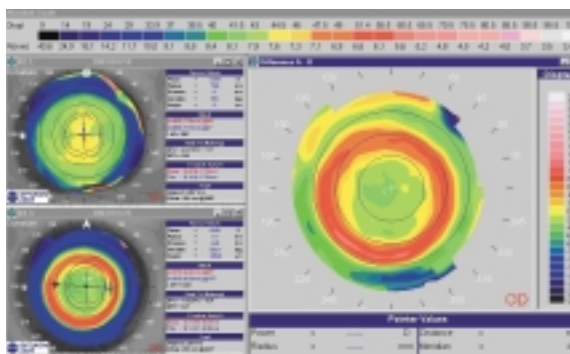


Figura 1
 Mappa differenziale delle curvature, nella parte superiore sinistra la topografia per-trattamento, nella parte inferiore sinistra la topografia eseguita post trattamento, nella parte destra è visibile la mappa differenziale tra la pre e la post trattamento. La refrazione pre applicazione è di -2.50 D, la post applicazione è 0.00.

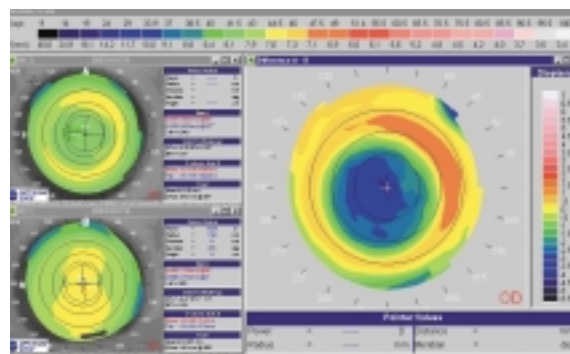


Figura 2
 Mappa differenziale, a destra, di due topografie assiali pre trattamento, in basso a sinistra, e post trattamento in alto a sinistra. La refrazione pre applicazione è di -2.50 D, la post applicazione è 0.00.

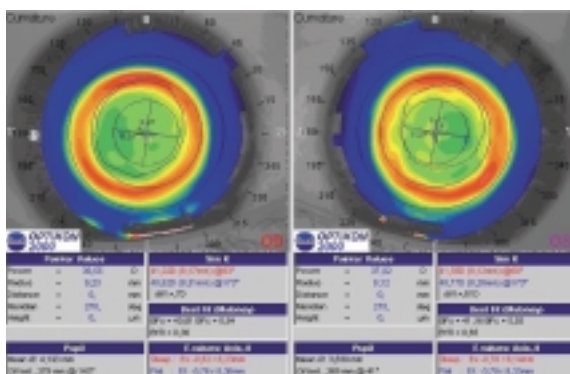


Figura 3
 Le topografie illustrano due risultati ortocheratologici ottimali dopo 10 ore dalla rimozione delle lenti a contatto. La riduzione miopica in questo caso è stata di -2.75 diottrie in OD e -2.50 diottrie in OS.

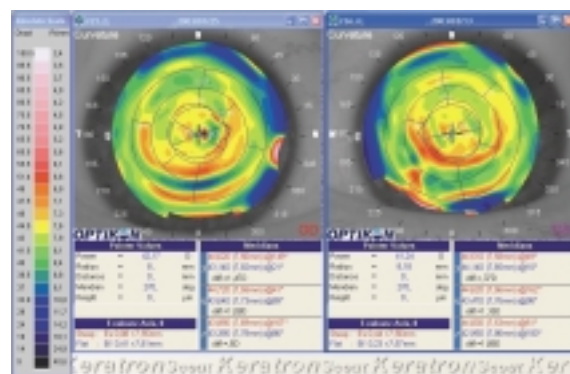


Figura 4
 Le mappe topografiche illustrano due situazioni in cui il trattamento risultante dall'applicazione non è uniforme.

- guita con le tecniche ortocheratologiche è temporanea;
- L'ortocheratologia non è una "cura" dell'ametropia ma è una correzione ottica temporanea;
 - Il trattamento Ortho-K, al momento attuale, può arrivare a correggere con sicurezza miopie fino alle 5-6 diottrie, associate ad astigmatismo secondo regola fino a 1,5 diottrie o 0,75 diottrie contro regola.

L'ortocheratologia è una branca della contattologia che richiede notevoli investimenti finanziari, esperienza applicativa e una preparazione specifica lunga e approfondita rispetto alla conoscenza necessaria per l'applicazione delle tradizionali lenti a contatto.

Tuttavia la soddisfazione dell'ametropo compenserà ampiamente il contattologo e renderà l'applicazione molto gratificante per entrambi. D'altro canto, la facilità con cui si potrebbero ottenere risultati insoddisfacenti e demoralizzanti per il candidato, rende il trattamento ortocheratologico di non semplice esecuzione.

È molto importante per la qualità del risultato, in termini di cambiamento della forma corneale (verificabile tramite topografia²) e per l'integrità dei tessuti corneali, che tutta la procedura sia attentamente seguita, monitorata e documentata. Difficilmente quindi il contattologo inesperto e immotivato potrà affrontare la tecnica ortocheratologica.

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

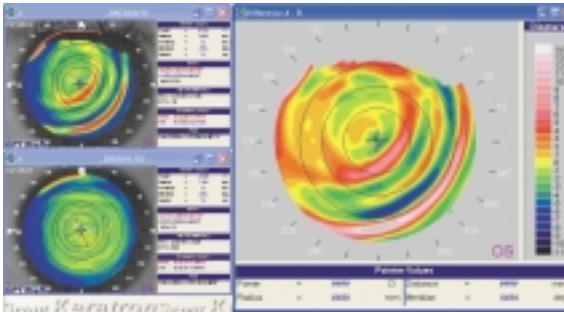


Figura 5
Come si presenta un trattamento decentrato in una mappa differenziale, a destra nella figura; si possono notare warpage indotti dalle singole flange della lente. Le due topografie assiali a sinistra sono pre trattamento in basso e post trattamento in alto.

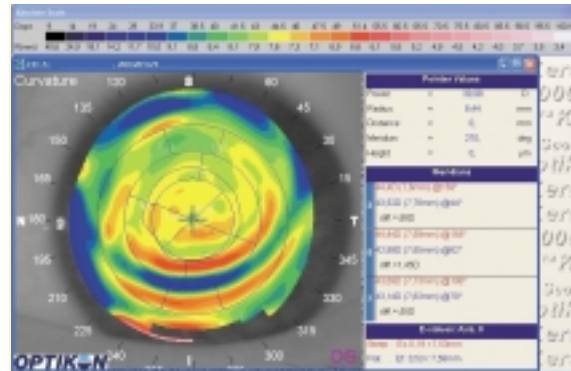


Figura 6
La topografia mostra un trattamento decentrato in alto con il classico effetto Smile.

In termini di risposta corneale, è necessario che le mappe topografiche differenziali (Figura 1 e 2), tra il pre-applicazione e la post-applicazione, presentino le seguenti caratteristiche:

- Una zona d'appiattimento dell'entità diottrica voluta, centrata sulla pupilla con diametro sufficiente ad impedire che il candidato percepisca aloni in condizioni di luce scotopica. Un diametro di 4-5 mm di solito è adeguato;
- Una zona concentrica regolare, in cui risulti un aumento di curvatura della cornea. Tale "anello", che nella chirurgia refrattiva e in ortocheratologia prende il nome di "ginocchio", può essere utilizzato per valutare il centraggio della lente e, di conseguenza, del trattamento;
- Una zona periferica che non deve presentare alterazioni o segni di distorsione.

La Figura 3 illustra un risultato ottimale, la Figura 4 illustra due mappe topografiche in cui è possibile osservare una non uniformità del "ginocchio" e il caso della Figura 5 presenta un trattamento decentrato indotto dal decentramento della lente a contatto rispetto alla cornea. Ottenere un risultato topografico come quello della Figura 4 o della Figura 5 è indice di un'applicazione non corretta con conseguente aumento delle possibili complicazioni.

Fattori che influenzano la selezione del candidato ideale al trattamento ortocheratologico

Esistono molti fattori da prendere in considerazione

nella selezione del candidato ideale al trattamento Ortho-K:

- refrattivi
- fisiologici
- anatomici
- lavorativi
- abitudini di vita
- psicologici

Le considerazioni sopra elencate (che saranno illustrate di seguito) dovrebbero essere aggiunte al normale esame preliminare per l'applicazione delle lenti a contatto.

Considerazioni refrattive - Miglioramento dell'acuità visiva

L'esame dell'acuità visiva³ naturale (AV), viene normalmente eseguito ad alto contrasto sia monocolarmente che binocularmente.

La pratica clinica mostra un miglioramento della AV ad alto contrasto, fino ai 10/10 e più in visione binoculare, nella maggior parte delle applicazioni quando la refrazione di partenza è inferiore alle cinque/sei diottrie.

È comunque frequente notare che un errore residuo rilevabile in schiascopia o all'autoref, fino ad una diottria, permette ugualmente una visione di 10/10 senza problemi. Non è così per l'AV a basso contrasto; infatti in questa situazione i miglioramenti tendono ad essere inferiori, anche se meno riscontrabili dai portatori di lenti OK.

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

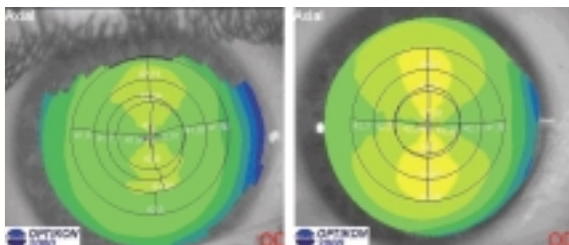


Figura 7
La topografia di sinistra mostra un astigmatismo corneale che interessa solo la zona ottica centrale, mentre nella topografia di destra è presente un astigmatismo che interessa l'intera area corneale, ovvero da Limbus a Limbus.

Miopia

I modelli geometrici delle lenti a contatto "inverse", proposti negli anni, sono numerosi (Wlodyga e Brylla, 1998; Mannu⁴, 1994; Zuppardo⁵, 1994; Philips, 1995; Fossetti⁶, 1995; Lupelli e coll.^{7,8} 1996; Mountford, 1997-2003), a partire da quelli più semplici formati da tre curve ed una unica inversione, per passare a lenti a 6 e più curve sferiche con doppia inversione, geometrie multicurve con zone sferiche e zone asferiche, ellittiche, paraboliche, tangenti... fino a lenti concepite mono-curve ovvero il profilo della superficie interna della lente risulta un'unica curva senza raccordi tra la zona ottica e le singole flange. La caratteristica comune di tutte le moderne lenti per ortocheratologia è la possibilità di riduzione miopica fino a 4/6 diottrie⁹ con durata del trattamento variabile tra le 12 e le 72 ore; tale periodo è in funzione dell'ammontare della correzione necessaria, della plasticità corneale e della tecnica applicativa. Non bisogna comunque perdere di vista l'obiettivo principale che è quello di conferire, non soltanto una riduzione esatta dell'errore refrattivo, ma anche una stabilità del trattamento, sia in termini qualitativi che quantitativi, per tutta la giornata.

In via sperimentale con l'ortocheratologia si sono corrette miopie fino a 10 diottrie ed oltre¹⁰, ma non esistono ancora studi clinici definitivi, che garantiscono un trattamento di questa entità sicuro ed esente da complicanze nel tempo.

In situazioni di miopie oltre le 6 diottrie, l'applicazione di lenti a contatto OK possono essere utilizzate in modo tradizionale, ovvero a regime diurno¹¹ (OKdw), ed ottenere così una riduzione parziale della miopia alla loro rimozione.

Di seguito alcuni vantaggi:

- Le lenti Ortho-K sono più confortevoli delle tradizionali gas-permeabili.

- Alla loro rimozione, la sera, l'occhiale utilizzato avrà una gradazione più leggera, con riduzione di peso e spessore e miglioramento della qualità ottica e visiva.

Astigmatismo

Le attuali lenti a geometria inversa OK sembra non siano in grado di ridurre completamente gli astigmatismi contro regola e quelli obliqui, (poiché inducono decentramento della lente) e talvolta tendono addirittura ad aumentarne il valore (Mountford 1997).

Una sicura indicazione è di considerare non correggibili:

1. Tutti gli astigmatismi contro regola e obliqui maggiori di 0.75 d.
2. Tutti gli astigmatismi secondo regola che superano il rapporto di 1/3 del valore diottrico della miopia associata con un limite massimo correggibile di 1,50 d di cilindro (Mountford 1999).
Es. sf -1.50 d con cil -0.50 d x 180, sf -2.25 d con cil -0.75 d, sf -3.00 d con cil -1.00 d, ecc.

In questi casi l'esperienza clinica ci indica spesso solo una modesta riduzione.

Va tenuto comunque in considerazione che un lieve astigmatismo residuo secondo regola, non comporta una riduzione dell'AV binoculare.

È comunque possibile valutare a priori l'incidenza sull'AV, nella fase del protocollo pre-applicativo, correggendo il soggetto solo con lenti sferiche di prova e lasciando incorretto l'astigmatismo.

Un'altra importantissima valutazione dell'astigmatismo corneale pre-trattamento, che non può essere trascurata, è la sua morfologia a livello corneale.

Le mappe topografiche² ci hanno insegnato che esistono diversi tipi di astigmatismo corneale (Figura 7):

- Centrale
- Limbus to limbus
- Irregolare

Nelle controindicazioni per il trattamento ortocheratologico per la riduzione della miopia, con le lenti attuali, dobbiamo includere il secondo ed il terzo tipo. In tali condizioni le lenti, pur essendo molto grandi di diametro, tendono a posizionarsi decentrate superiormente con il risultato di ottenere, oltre ad un trattamento irregolare e decentrato in alto (Figura 5 e 6), anche un indesiderato aumento dell'astigmatismo.

L'astigmatismo centrale, che fortunatamente è anche il più frequente, risponde meglio al trattamento orto-

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortokeratologico

cheratologico e sono riscontrabili cambiamenti significativi soltanto in una zona corneale piccola (nell'ordine dei 4 mm).

In caso di astigmatismo, e presenza di pupille di diametro superiore alla zona trattata, possiamo trovarci di fronte a zone di trattamento ovalizzate, d'ampiezza maggiore nel meridiano piatto e minore nel meridiano stretto, con conseguenti difficoltà visive.

Naturalmente anche la presenza di un significativo grado d'astigmatismo interno è una situazione da non sottovalutare poiché tale astigmatismo si presenterà anche dopo trattamento.

Variabilità dell'errore refrattivo

Esistono situazioni in cui l'errore refrattivo miopico misurato potrebbe non essere l'esatto valore che si deve ridurre.

Sono solo l'esperienza e le conoscenze optometriche che insegnano; di seguito citiamo alcuni casi:

Persone che portano lenti in PMMA da molto tempo

È frequente, in tali portatori, rilevare topograficamente distorsioni corneali o pseudo trattamenti ortokeratologici²⁷. I portatori di lac in PMMA possono subire riduzioni della miopia anche di 1,50 diottrie il mattino successivo alla giornata in cui si sono indossate le lenti. Esistendo tali possibilità di distorsione corneale e variazione refrattiva, è consigliabile evitare l'applicazione di lenti a contatto ortokeratologiche in tali pazienti.

Una possibilità, è la sospensione delle vecchie lenti in PMMA per un tempo sufficiente alla normalizzazione della superficie corneale (possono essere necessari anche tre mesi¹²) con periodici controlli topografici fino a che le misurazioni siano divenute stabili. Il motivo d'esclusione temporanea dal protocollo applicativo ortokeratologico, si ha poiché le attuali lenti a contatto OK sono scelte, o progettate, partendo da parametri cheratometrici (eccentricità corneale e -value e raggio apicale r^0) che devono essere certi, precisi e stabili^{13,14,15}.

L'instabilità corneale presente nei portatori di lac in PMMA, non permette di scegliere con precisione la lente OK, oppure la lente progettata oggi potrebbe non essere più idonea dopo una settimana d'utilizzo.

Pazienti che utilizzano lenti GAS-PERMEABILI

In questa situazione, anche se le lenti sono state applicate perfettamente, si può verificare una sfericalizzazione del profilo corneale. Come per la situazione precedente, se non siamo in possesso d'accurate topografie pre-applicative, prima di rilevare i nuovi para-

metri corneali, è necessario sospendere l'uso delle vecchie lenti RGP fino a che le mappe videocheratografiche successive della cornea, non mostrino stabilità nei loro valori. Tale processo di normalizzazione potrebbe richiedere dalle tre alle quattro settimane. Ugualmente, in portatori di lenti sferiche RGP con cornee astigmatiche, non è raro notare una riduzione del cilindro corneale alla rimozione della lente.

Questo potrebbe ingannare l'applicatore portandolo a considerare idonea una cornea al trattamento OK, quando in realtà non ci sono le reali indicazioni ed il trattamento non sarebbe la miglior scelta per l'ametropia.

Pazienti che indossano lenti hydrogel a bassa idratazione con spessore elevato

È consigliabile anche in questi pazienti, sospendere l'uso delle lac morbide e valutare nel tempo i cambiamenti del profilo corneale fino al ritorno della normalità, processo normalmente più veloce che nei portatori di Rigide e RGP.

Una nota va posta nella situazione in cui ci si trovi di fronte ad un edema; dobbiamo attendere che si sia totalmente risolto altrimenti è possibile cadere in errore non soltanto nell'analisi del profilo corneale, ma anche nella reale valutazione della refrazione miopica che sarebbe maggiore dell'effettiva miopia del candidato.

Come si vedrà in seguito la presenza di un edema significativo è in ogni caso una controindicazione assoluta.

Spasmo dell'accomodazione

Anche se non è molto comune, deve in ogni caso essere presa in considerazione la situazione in cui la refrazione non è stabile o varia molto di frequente nell'arco della giornata in base all'attività svolta del candidato in quel preciso momento, o quando le misure soggettive si discostano molto da quelle oggettive. In questi casi potrebbe essere necessaria prima un'analisi visiva approfondita per rimuoverne la causa, piuttosto che "tentare" con il trattamento ortokeratologico.

Considerazioni anatomiche

L'introduzione della topografia computerizzata ha radicalmente cambiato il concetto di curvatura corneale e applicazione di lenti a contatto, infatti, il topografo ci ha permesso di conoscere con precisione il reale profilo della cornea, permettendoci di controllare in modo micrometrico il rapporto esistente tra superficie corneale e lente a contatto^{16,17}. Inoltre lo svi-

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

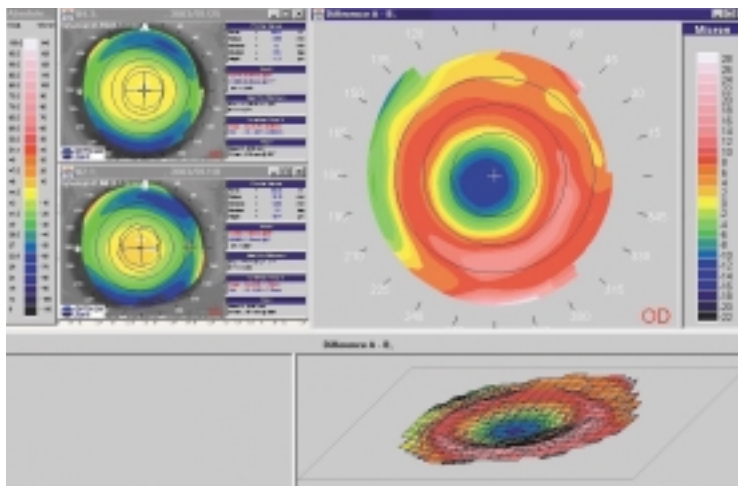


Figura 8
 Mappa differenziale tra uno sferical offset a 3 punti di una topografia post trattamento, in alto a sinistra, ed una eseguita pre trattamento in basso a sinistra. Si nota una differenza altimetrica massima, tra le due sfere di riferimento, di 16 micron per una zona ottica trattata di 4,5 millimetri ed una riduzione miopica di 2.50 diottrie. In basso a destra una rappresentazione grafica tridimensionale del cambiamento di spessore apportato alla cornea dalla lente a contatto OK.

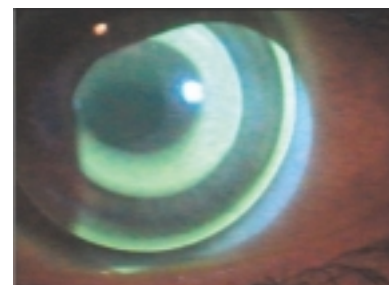


Figura 9
 Pattern fluoresceinico ideale per ottenere il risultato richiesto.

luppo di nuovi disegni di lenti a geometria inversa, come accennato in apertura di quest'articolo, ha cambiato radicalmente il concetto di trattamento ortocheratologico.

L'ortocheratologia coinvolge l'epitelio corneale poiché ne modifica il suo profilo ed, essendo uno strumento che ci permette di valutare matematicamente¹⁸ e con precisione tale cambiamento, appare di fondamentale importanza nella valutazione e comprensione della procedura applicativa. Un'esecuzione accurata della topografia corneale è essenziale sia prima sia dopo l'applicazione per i seguenti motivi:

- Analisi topografica pre-applicativa¹⁹:
 - I. Rilevazione d'eventuali distrofie corneali nella selezione del candidato.
 - II. Registrazione del profilo corneale altimetrico (necessario in fase di controllo post-applicazione) al fine di valutare il reale cambiamento (Figure 1, 2 e 8).
 - III. Valutazione dell'obiettivo raggiungibile, in relazione al raggio apicale pre-applicazione e all'eccentricità della cornea.
 - IV. Precisa analisi matematica del profilo corneale¹⁶ necessaria per la scelta o progettazione della corretta lente OK e relativa simulazione del pattern

fluoresceinico. Le simulazioni applicative di lenti a contatto su topografie corneali computerizzate, assicurano una precisione micrometrica di gran lunga maggiore rispetto all'osservazione delle stesse lenti in situ con fluoresceina²⁰.

- V. Riduzione del tempo impiegato nel fitting, senza le lunghe e fastidiose prove.

- Analisi topografica post-applicazione²¹:

1. Valutazione dei cambiamenti di forma indotti dalla lente a contatto.
2. Permettono la valutazione della lente scelta ed aiutano nella risoluzione d'eventuali problemi applicativi.
3. Spiegazione ai candidati dell'effetto del trattamento ortocheratologico sulla loro cornea.

Un fattore essenziale, per un buon risultato ortocheratologico, è l'affidabilità e la ripetibilità delle mappe elaborate. Tali mappe non solo forniscono le necessarie informazioni per la progettazione personalizzata delle lenti, ma anche la base topografica sulla quale sono valutate tutte le successive topografie eseguite nei futuri controlli post-applicativi.

Se le mappe iniziali non sono accurate, le scelte applicative non saranno quelle ottimali e la risoluzione d'e-

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

Tavola 1

ECCENTRICITÀ CORNEALE⁴⁷

Per eccentricità corneale (e) intendiamo il valore di eccentricità dell'ellisse che meglio approssima il meridiano corneale di interesse. Tale valore descrive una sezione conica e l'andamento della variazione di curvatura dall'apice della curva, cioè quanto rapidamente la curva si appiattisce o si incurva dall'apice della superficie. L'eccentricità varia da 0 a infinito positivo per il gruppo delle sezioni coniche: eccentricità di un cerchio è 0, di una ellisse è compresa tra 0 e 1, di una parabola è 1 e di una iperbole è >1 . Per indicare l'uso di una curva oblata dell'ellisse (diventa più curva dal centro alla periferia), al valore e viene dato qualche volta un segno negativo.

In termini matematici l'eccentricità non può essere negativa, perché nel fattore di forma P (che viene usato per calcolare una conica centrata) è sotto radice quadrata. Per cui quando è indicata una "eccentricità negativa" ci riferiamo a "radice quadrata di

e " negativa (ovvero $P = 1 + e^*$), che non è più una conica. L'abitudine di parlare di "eccentricità negativa" è comunque diffusa tra i costruttori di lenti a contatto e costruttori di torni e quindi può essere usata senza rischio di creare confusione. Una superficie con "eccentricità negativa" (nel senso su descritto) ha una "forma oblata".



Nella figura: profili corneali con lo stesso raggio apicale 7.80 mm, 43.24 diottrie con differente eccentricità, 0.00, 0.30, 0.50, 0.70 e 0.99.

Abbiamo visto che una sezione conica include l'ellisse, l'iperbole e la parabola, e per descriverla matematicamente è necessario, oltre al valore d'eccentricità e definito da un'equazione di secondo grado nei termini cartesiani, anche del raggio apicale (r_0) dell'ellisse. Il raggio apicale è il raggio del cerchio tangente all'apice della sezione conica e la e , come abbiamo visto in precedenza, descrive la variazione di questa curva con la distanza dall'apice corneale. Prendiamo per esempio una cornea di raggio 7.80 mm, in Figura possiamo osservare come varia il suo profilo al variare dell'eccentricità corneale... se l'eccentricità fosse "zero" la nostra cornea risulterebbe perfettamente sferica (profilo blu) mentre all'aumentare dell'eccentricità si riduce la curvatura del profilo corneale in periferia (profili rispettivamente fucsia per $e = 0.30$, gialla per $e = 0.50$, azzurra per $e = 0.70$ e viola per $e = 0.99$).

L'eccentricità media calcolata su 1030 occhi (A. Calossi, 2001), 515 soggetti d'età compresa tra i 14 e 82 anni esenti da patologie oculari è la seguente:

eccentricità calcolata a 4,5 mm:
 e media = 0,31
 dev std = 0,24
 min = -0,46
 max = 0,73

eccentricità calcolata ad 8 mm:
 e media = 0,51
 dev std = 0,14
 min = -0,22
 max = 0,93

Tutto questo ragionamento cambia se valutiamo l'eccentricità corneale dopo il trattamento ortocheratologico, ma lo stesso discorso vale anche in cornee sottoposte a chirurgia refrattiva. Il passaggio da una situazione pre-trattamento con un profilo corneale che segue una geometria di tipo ellittico-prolata verso una forma geometrica molto più complessa nel post-trattamento significa che non è più possibile utilizzare il concetto di un singolo valore di eccentricità per descrivere la forma della cornea.

La forma ottenuta avrà un'eccentricità tendente a "zero" sui 3-4 millimetri centrali, al di fuori di questa zona, nella regione del ginocchio, il valore di e risulterà negativo in quanto non c'è più una geometria prolata ma diventa "oblata".

Spostandoci al di fuori di questa zona, la cornea si appiattisce nuovamente, in modo simile alla forma che aveva prima di iniziare il trattamento.

Quindi, dopo l'applicazione di una lente Ortho-K, abbiamo una superficie a tre zone: una zona centrale quasi sferica d'appiattimento, una ristretta zona concentrica di declino e circondata da una periferia relativamente non modificata.

E' necessaria la matematica superiore per descrivere adeguatamente questa geometria modificata. È per questo motivo che il raggio apicale e i valori d'eccentricità prodotti dal videocheratoscopio, non sono sufficienti per scegliere o progettare una seconda lente a contatto allo stesso modo in cui si può progettare la lente iniziale.

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

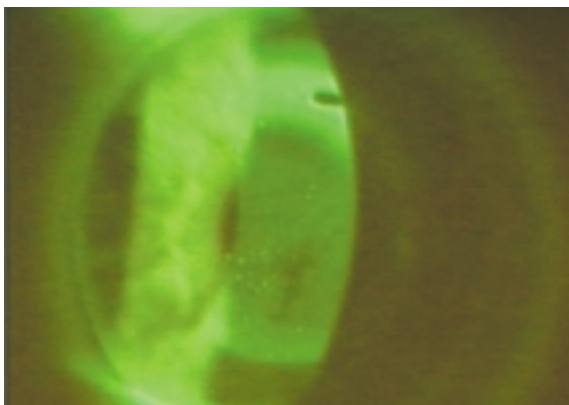


Figura 10
Staining corneale centrale.

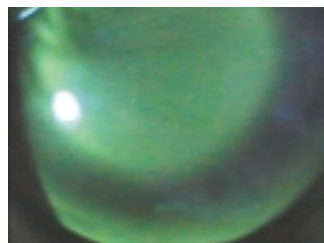


Figura 11
Pattern fluoresceinico che evidenzia un'applicazione stretta, si noti come nella zona centrale della lente c'è uniformità di colorazione del film lacrimale indicando un Clearance troppo elevato.

ventuali problemi potrebbe essere solo affidata al caso. La maggior parte dei topografi corneali computerizzati ricavano, dall'elaborazione delle foto cheratometriche, i valori d'elevazione, e, successivamente, ricostruiscono i parametri di curvatura usando i loro specifici algoritmi di ricostruzione^{16,22}. L'aspetto cruciale dell'intero processo è la capacità di determinare l'apice della cornea da parte dello strumento.

Ci possono essere imprecisioni, dovute all'interferenza delle ciglia o al movimento del soggetto esaminato, tra il tempo che occorre allo strumento per trovare l'apice e catturare l'immagine; in alcuni casi gli errori possono essere rilevanti. Infine, una volta rilevati i dati topografici, bisognerebbe effettuare un confronto tra l'occhio destro e il sinistro.

Entrambi gli occhi dei candidati che non presentano patologie o anisometropie sferiche/cilindriche, dovrebbero essere sempre simili in termini di valori di raggio apicale (r°) ed eccentricità (e). Se le differenze sono rilevanti (> 0.5 d), bisognerebbe ripetere le topografie e riverificarle.

Per ottenere un preciso calcolo delle curve periferiche di allineamento delle lenti ortocheratologiche e, quindi, una buona applicazione, è auspicabile utilizzare i valori medi (di una serie di almeno sei/otto topografie) dei parametri necessari, (r°) ed (e) misurati ad almeno 8mm, oltre alle loro deviazioni standard²². Purtroppo le medie e le deviazioni standard, attualmente, sono calcolate dai software più aggiornati di solo alcuni topografi corneali, pur essendo essenziali per la progettazione della lente ortocheratologica basata sul calcolo delle altezze sagittali. È auspicabile che in un prossimo futuro tutti i topografi corneali possano fornire anche questi dati.

Eccentricità corneale

I dati forniti dalla topografia corneale computerizzata sono molteplici^{23,16}, possono essere sia di tipo qualitativo, ad esempio uniformità e stabilità del film lacrimale, sia di tipo quantitativo, ad esempio raggio apicale ed eccentricità corneale, e in quest'ultimo gruppo ogni software correlato allo strumento può fornire dati più o meno utili ed interessanti.

Tra tutti questi valori, i più importanti e significativi al fine della valutazione corneale al trattamento ortocheratologico sono l'eccentricità ed il raggio apicale (Tavola 1 - Eccentricità Corneale).

Prima dell'utilizzo delle nuove lenti a geometria con doppia inversione, si riteneva che la quantità d'eccentricità corneale fosse strettamente legata al risultato ortocheratologico (Mountford 1997).

La regola era di considerare possibile la correzione di una diottria di miopia ogni 0,20 punti d'eccentricità corneale. In quell'ottica, con un'eccentricità media di 0,51 (A. Calossi 2001), si poteva considerare l'ortocheratologia una tecnica che correggeva mediamente 2,5 diottrie di miopia. Attualmente con l'introduzione delle lenti di gran diametro a doppia inversione, questo rapporto non ha più senso d'esistere perché si è dimostrato che non c'è relazione tra eccentricità corneale e grado di miopia correggibile. Tuttavia il valore d'eccentricità ha acquistato enorme significato pre-applicativo, poiché è uno dei parametri fondamentali, insieme al raggio apicale, per la scelta o la progettazione delle attuali lenti ortocheratologiche¹⁹. A tal proposito ricordiamo che, per una corretta applicazione (Figura 9), è indispensabile ottenere un buon centraggio della lente sulla cornea ed il valore d'eccentricità corneale è fondamentale per il calcolo della zona d'allineamento

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

Tavola 2

DEVIAZIONE STANDARD⁴⁸

Supponiamo di dover misurare una grandezza x e, dopo aver ridotto gli errori sistematici a livello trascurabile, di ripetere la misura N volte e di trovare un set di valori simili ma non uguali:

$$x_1; x_2; x_3 \dots x_N$$

Dati questi N valori, qual è la miglior stima per x ? Si mostra che la miglior stima è:

$$x_{\text{best}} = x_{\text{medio}} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N)/N$$

Data la formula per determinare il miglior valore per x , come possiamo stimare l'incertezza sulle nostre misure? Come prima cosa possiamo considerare le deviazioni delle singole misure dalla media e in pratica $d_i = x_i - x_{\text{medio}}$. Se le deviazioni sono tutte molto piccole, allora le nostre misure sono presumibilmente precise.

Se vogliamo invece stimare l'affidabilità di x_{best} , abbiamo bisogno di una grandezza definita sulle deviazioni: potremmo pensare di calcolare la media delle deviazioni ma questa è zero perché di è a volte positivo ed a volte negativo. Il modo migliore di evitare quest'inconveniente è elevare al quadrato ogni d_i e di questo nuovo insieme di valori fare la media. Definiamo allora deviazione standard:

$$d = (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_N^2)/N = [(x_1 - x_{\text{medio}})^2 + \dots + (x_N - x_{\text{medio}})^2]/N$$

La deviazione standard indica l'incertezza sulla singola misura e definisce quegli intervalli perciò c'è il 68% di probabilità che se si effettua una misura, questa cada in tale intervallo.

Vediamo un esempio, da otto topografie della stessa cornea, otteniamo i seguenti valori d'eccentricità:

$$e_1 = 0,45; e_2 = 0,47; e_3 = 0,46; e_4 = 0,45; e_5 = 0,49; e_6 = 0,45; e_7 = 0,46; e_8 = 0,47$$

$$e_{\text{best}} = e_{\text{medio}} = \mathbf{0,463}$$
 (eccentricità media)

$$d = \mathbf{0,014}$$
 (deviazione standard)

Il significato pratico di tali dati è il seguente: utilizzando come valore d'eccentricità, nella scelta della lente a contatto da applicare, il valore medio **0,463**, possiamo essere sicuri che il valore reale non può scostarsi più di **+/- 0,014** (deviazione standard) per il 70% di probabilità circa. Dalla pratica clinica possiamo affermare che un errore nella misura dell'eccentricità corneale inferiore a **+/- 0,05**, non comporta differenze significative nell'applicazione della lente progettata.

nella media periferia della lente. Questa zona di lente, chiamata d'allineamento, è l'unica che permette di controllare il centraggio, impedendone il decentramento sulla cornea. L'eccentricità però non è legata solamente al centraggio della lente, e di conseguenza del trattamento, ma una sua sovrastima o sottostima, anche dell'ordine del 5% (Tavola 2 - Deviazione Standard), può causare un errore nella scelta della lente OK, tale da indurre rispettivamente uno staining sull'apice cor-

neale (Figura 10) o un trattamento incompleto indotto dall'applicazione di una lente stretta (Figura 11).

Apertura pupillare

L'attuale possibilità di correggere miopie superiori alle 2/3 diottrie, ha portato la necessità di valutare con precisione il diametro dell'apertura pupillare nelle varie situazioni d'illuminazione, ovvero fotopica ma soprattutto scotopica. La percezione d'aloni e riflessi molto

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

fastidiosi, presenti in soggetti con aperture pupillari molto grandi che si sono sottoposti in passato alla chirurgia refrattiva, deve essere di monito nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico poiché tale situazione può ripresentarsi nelle stesse forme e caratteristiche.

I profili corneali post-intervento chirurgico refrattivo e post-trattamento ortocheratologico sono in pratica molto simili e spesso solo un professionista esperto e preparato è in grado di distinguere.

In uno studio presentato al Global Ortocheratology Symposium tenutosi in Canada nello scorso Agosto 2002 è stata comparata la qualità della visione in pazienti, con miopia fino a 4 diottrie, trattati con LASIK e con l'ortocheratologia e sono state tratte le seguenti conclusioni: la qualità della visione a basso contrasto e in situazioni di abbagliamento post LASIK è migliore rispetto al post Ortho-K²⁴; tale risultato è indotto dal fatto che attualmente il diametro della zona ottica di un trattamento chirurgico effettuato con laser è leggermente più grande rispetto a quello ottenuto con il trattamento ortocheratologico in quella fascia di miopia. Ecco perché è necessario prendere attentamente in considerazione l'apertura pupillare. Uno strumento decisamente molto utile allo scopo di valutare il rapporto tra apertura pupillare e trattamento ortocheratologico, e non solo, è fornito proprio dalla chirurgia refrattiva ed è la formula di Munnerlyn^{3,25}.

La chirurgia refrattiva utilizza questa formula per determinare lo spessore della rimozione di tessuto corneale per una data correzione diottrica; in tale calcolo la profondità d'ablazione³ aumenta linearmente con l'aumentare delle diottrie da trattare ed esponenzialmente con il diametro della zona trattata (zona ottica). È stata dimostrata la possibilità di utilizzare, a titolo indicativo nella valutazione pre trattamento ortocheratologico, la formula di Munnerlyn per mettere in relazione: assottigliamento corneale, miopia da correggere, diametro del trattamento, e apertura pupillare (Swarbrick et al, 1998). Vediamo in che termini:

La formula di Munnerlyn è la seguente:

$$S = R D_{zo}^2 / 3 \quad (1)$$

dove:

S -> assottigliamento epiteliale;

R -> cambio di refrazione in diottrie;

D_{zo} -> diametro del trattamento;

Ricordiamo che la formula di Munnerlyn è stata concepita per un calcolo chirurgico e nel trattamento orto-

cheratologico deve essere utilizzata esclusivamente a titolo indicativo, fino a quando non sarà dimostrata l'effettiva validità.

Ipotizzando che il potere corneale non possa essere cambiato ma soltanto redistribuito, gli attuali studi sul trattamento ortocheratologico sono indirizzati a scoprire quale tessuto corneale entra in gioco^{26,27,28,29,30}. In altre parole se il cambiamento interessa soltanto l'epitelio, oppure anche la membrana di Bowman o lo stroma.

Alla luce delle attuali conoscenze, utilizziamo la formula di Munnerlyn supponendo che l'assottigliamento avvenga per la maggior parte del suo valore a livello epiteliale. In tale ipotesi, e non potendo permettere di assottigliare l'epitelio più del 60% del suo spessore totale, pari a 30 micron sui 50 totali³¹, abbiamo a disposizione tutti i parametri per calcolare la refrazione massima correggibile in relazione all'apertura pupillare del nostro candidato.

Facciamo un esempio pratico:

Trasformiamo la (1) come segue:

$$R = 3 * S / D_{zo}^2 \quad (2)$$

e sostituiamo nella formula i seguenti valori

- Assottigliamento corneale 30 micron, S = 30
- Apertura pupillare 5,5 mm, D_{zo} = 5,5

otteniamo R = 2,98 diottrie

Discussione

il risultato di 2,98 diottrie significa che riducendo lo spessore corneale di 30 micron e volendo ottenere un trattamento di dimensione almeno pari a 5,5 millimetri di diametro in modo che il ginocchio che si viene a formare non invada l'apertura pupillare, la massima correzione miopica teorica ottenibile con un trattamento ortocheratologico è pari a 2,98 diottrie; una correzione maggiore, a parità d'assottigliamento corneale implicherebbe una riduzione della dimensione della zona ottica trattata con conseguente possibilità da parte del candidato di percepire aloni o riflessi.

In Figura 8 è mostrata la mappa differenziale tra uno sferical offset a 3 punti di una topografia post trattamento, ed uno sferical offset a 3 punti di una topografia eseguita pre trattamento. È visibile una differenza altimetrica massima centrale di 16 micron per una zona ottica trattata di 4,5 millimetri ed una riduzione miopica di 2.50 diottrie (Tavola 3 - Formula di Munnerlyn).

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

Tavola 3

FORMULA DI MUNNERLYN ADATTATA AL TRATTAMENTO ORTOCHERATOLOGICO

Munnerlyn e coll. hanno ricavato i profili dello spessore di ablazione riferiti alla chirurgia refrattiva:

Profondità (o altezza) d'ablazione $Z_0 = \text{Diametro ZO}^2 (\text{correzione ottica}) / 3$

Questa derivazione si basa sulla teoria della lente sottile e sulle ottiche parassiali. La Figura, modificata per l'Ortho-K, mostra il raggio di curvatura corneale pre-trattamento (R_{pre}), il raggio di curvatura post-trattamento desiderato (R_{post}), il diametro della zona ottica trattata (D) e la riduzione di spessore nel punto centrale (z_0). Il tessuto compreso tra la cornea pre-trattata e post-trattata può essere considerato una lente a contatto di diametro D. Lo spostamento o schiacciamento di questo tessuto (altezza) equivale all'aggiunta di una sottile lente negativa di potere P data dall'equazione:

$$P = (n-1)(1/R_{post} - 1/R_{pre})$$

Dove n è l'indice di rifrazione della cornea. Lo spessore (z_0) di questa lente a contatto è approssimativamente:

$$(*) \quad z_0 = -D^2x (\text{correzione diottrica}) / (8 (n-1))$$

dove D rappresenta il diametro della zona ottica e $n=1,3771$ l'indice di rifrazione della cornea.

In base alla formula (*) semplificata a:

$$z_0 = -D^2x (\text{correzione diottrica}) / 3$$

in quanto $8(n-1)=3,016$ abbiamo calcolato la TABELLA 1 (pag. seguente) che mette in relazione il grado di miopia da ridurre e l'assottigliamento corneale per determinare il diametro della Zona Ottica ottenibile.

Nel controllo pre-applicativo, dopo aver valutato l'apertura pupillare in condizioni scotopiche, è possibile consultare tale tabella per determinare la massima riduzione miopica in funzione della riduzione di spessore corneale e dell'apertura pupillare. Tale verifica è indispensabile per evitare che nel post-trattamento, la zona ottica ottenuta sia dimensionalmente inferiore all'apertura pupillare con conseguente percezione di aloni ed immagini fantasma indotte dal ginocchio epiteliale prodotto dalla lente a contatto ortocheratologica.

In Figura 7 è mostrata la mappa differenziale tra uno sferical offset a 3 punti di una topografia eseguita post trattamento ed uno sferical offset a 3 punti di una topografia dello stesso occhio eseguita prima del trattamento, è visibile una differenza altimetrica massima centrale di 16 micron per una Zona Ottica trattata di 4,5 millimetri ed una riduzione miopica di 2.50 diottrie.

Per concludere riportiamo lavoro condotto da Edward Chow OD^{35/1} e presentato nel 2002. In questo studio l'autore si è proposto di determinare il cambiamento di spessore corneale dopo trattamento ortocheratologico. Sono stati arruolati 593 soggetti (1171 occhi) di età compresa tra 6 e 20 anni, con una miopia compresa tra -4.00 D e -8.25 che avevano raggiunto una AV di almeno 20/25 stabile dal mattino alla sera e il periodo di trattamento variava da un minimo di 1 anno ad un massimo di 3 anni e 7 mesi. È stato misurato lo spessore corneale centrale con un pachometro ad ultrasuoni prima e dopo il trattamento ortocheratologico. I risultati emersi sono i seguenti:

Spessore corneale pre trattamento:

- Massimo: 629 microns
- Minimo: 470 microns
- Media: 545 microns

Spessore corneale post trattamento:

- Massimo: 600 microns
- Minimo: 460 microns

Riduzione media all'apice corneale:

34,8 +/- 19.0 microns

Periodo di stabilizzazione medio:

6 +/- 2 mesi

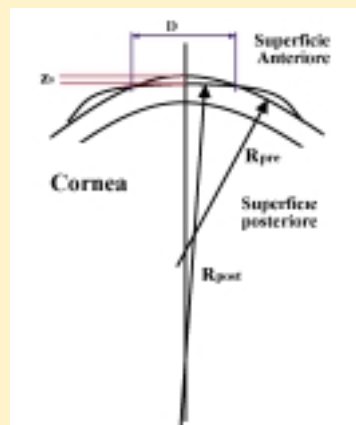
Variazione media dopo 1 anno di trattamento:

3,5 microns

Riduzione di spessore medio per diottria:

5,8 +/- 1,7 microns

Tutti i soggetti presentavano una buona funzione visiva senza complicazioni corneali. Purtroppo in questo studio non abbiamo indicazioni sul diametro della zona ottica trattata, ma il risultato rimane comunque molto interessante.



Raggio di curvatura corneale pre-trattamento (R_{pre}), raggio di curvatura post-trattamento desiderato (R_{post}), diametro della zona ottica trattata (D) e spessore assottigliamento nel punto centrale (z_0).

**Linee guida nella selezione del candidato
al trattamento ortokeratologico**

Tavola 3

FORMULA DI MUNNERLYN ADATTATA AL TRATTAMENTO ORTOCHERATOLOGICO

Micron di riduzione dello spessore corneale

	5	10	15	20	25	30
-0,25 D	7,75	10,95	13,42	15,49	17,32	18,97
-0,50 D	5,48	7,75	9,49	10,95	12,25	13,42
-0,75 D	4,47	6,32	7,75	8,94	10,00	10,95
-1,00 D	3,87	5,48	6,71	7,75	8,66	9,49
-1,25 D	3,46	4,90	6,00	6,93	7,75	8,49
-1,50 D	3,16	4,47	5,48	6,32	7,07	7,75
-1,75 D	2,93	4,14	5,07	5,86	6,55	7,17
-2,00 D	2,74	3,87	4,74	5,48	6,12	6,71
-2,25 D	2,58	3,65	4,47	5,16	5,77	6,32
-2,50 D	2,45	3,46	4,24	4,90	5,48	6,00
-2,75 D	2,34	3,30	4,05	4,67	5,22	5,72
-3,00 D	2,24	3,16	3,87	4,47	5,00	5,48
-3,25 D	2,15	3,04	3,72	4,30	4,80	5,26
-3,50 D	2,07	2,93	3,59	4,14	4,63	5,07
-3,75 D	2,00	2,83	3,46	4,00	4,47	4,90
-4,00 D	1,94	2,74	3,35	3,87	4,33	4,74
-4,25 D	1,88	2,66	3,25	3,76	4,20	4,60
-4,50 D	1,83	2,58	3,16	3,65	4,08	4,47
-4,75 D	1,78	2,51	3,08	3,55	3,97	4,35
-5,00 D	1,73	2,45	3,00	3,46	3,87	4,24
-5,25 D	1,69	2,39	2,93	3,38	3,78	4,14
-5,50 D	1,65	2,34	2,86	3,30	3,69	4,05
-5,75 D	1,62	2,28	2,80	3,23	3,61	3,96
-6,00 D	1,58	2,24	2,74	3,16	3,54	3,87
-6,25 D	1,55	2,19	2,68	3,10	3,46	3,79

Entità della miopia da correggere

Tabella 1 - Formula di Munnerlyn

Dimensione della Zona Ottica trattata (espressa in millimetri), funzione della riduzione dello spessore corneale e della miopia da correggere. In giallo la dimensione di zona ottica ideale per un buon risultato.

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

Dalla nostra personale esperienza abbiamo verificato che, in condizioni scotopiche, correzioni fino a 3,00 diottrie raramente causano disturbi visivi come aloni o riflessi, mentre è possibile percepire aloni o riflessi in soggetti la cui correzione è superiore.

La procedura che consigliamo è quella di calcolare inizialmente, con la formula di Munnerlyn, il massimo diametro della zona ottica ottenibile con l'applicazione delle lenti ortocheratologiche e confrontarlo con il diametro della pupilla dilatata del soggetto in condizione di scarsa luminosità; se tale apertura pupillare fosse maggiore della dimensione del futuro trattamento ortocheratologico allora sarà molto probabile che il candidato, una volta trattato, presenti sintomi d'annebbiamento, aloni e diminuzione della qualità visiva a basso contrasto al calar del sole.

segue nel prossimo numero

Summary

Ortho-K is a viable option for low to moderate myopic patients who want less dependence on their glasses or contact lenses or would like improved unaided acuity. Peoples are attracted to ortho-K because it has no age restrictions; it's reversible and carries none of the risks of surgery. We know that ortho-K can reduce myopia, but the first step in order to obtain a good result is the careful selection of the candidate to the treatment. In this article we will explain the lines guides for one careful selection of the candidate to the orthokeratology treatment.

Key words

orthoheratology, Precision Corneal Molding, RGL, corneal topography, ortho-K treatment, patient selection

Bibliografia

1. Winkler TD, Kame RT. Orthokeratology Handbook. Butterworth-Heinemann, Newton MA USA, 1995.
2. R. Brancato, F. Carones. TOPOGRAFIA CORNEALE COMPUTERIZZATA. 1994. Fogazza Editore.
- 3 S. M. MacRae, R.R. Krueger, R.A. Applegate ABLAZIONE CORNEALE PERSONALIZZATA La ricerca della supervisione. Verduci Editore, 2002 Roma, 9-29, 57-68, 69-80, 95-115, 269-270.
4. Mannu C. La prima lac italiana a geometria periferica inversa. Professional Optom. (1994). 3 (4). 38-40.
5. Zupardo M. Effetto cheratoplastico delle nuove lenti a contatto RGP a geometria inversa utilizzate in ortoheratologia. Professiona Optom. (1994) 3(9): 42-54.
6. Fossetti A. Risultati preliminari e prospettive di una nuova prassi ortoheratologica. Riv. It. Optom. 19. 28-50.
7. Lupelli L., Paffetti P., Cavalli V. OK o KO: è l'ortoheratologia una reale alternativa alla chirurgia refrattiva? 1996. Boll. S.OPT.I, Genn, 6-7.
8. Lupelli L., Pescosolido N., Mannu C. Trattamento ortoheratologico in soggetti sottoposti a intervento di chirurgia refrattiva. Studio Preliminare. I Congresso Nazionale S.OPT.I, Roma, 25-26 Febb.
9. Practice of orthokeratology by a group of contact lens practitioners in Hong Kong - Part 2: Orthokeratology lenses. Clin Exp Optom. 2003 Jan-Feb;86(1):42-6.
10. Hsiao Ching Tung, Xtreme Countour (CX) otheokeratology for high myopia reduction, Course #3C Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
11. D. Marcuglia. "Non solo Ortho-K". I Congresso Nazionale dell'Optica. 5-6 Giugno 2002.
12. A. Calossi. Corneal Molding per risolvere un caso di Warpage indotto da lenti a contatto. LAC 2001. Vol. 3 n°1. 6-12.
13. JOHN MARK JACKSON. Ortho-K Fits: The Good, the Bad And the Ugly, Part I. Maggio 2002. Contact Lens Spectrum.
14. JOHN MARK JACKSON. Ortho-K Fits: The Good, the Bad And the Ugly, Part 2. Luglio 2002. Contact Lens Spectrum.
15. JOHN MARK JACKSON. Ortho-K Fits: The Good, the Bad And the Ugly, Part 3A. Settembre 2002. Contact Lens Spectrum.
16. Optical Laboratories Association, American National Standard Institute - Standard in Topografia Corneale. Z80 secretariat P.O.Box 2000 Merrifield, VA 22116-2000.
17. A. Calossi. Il Concetto di Clearance delle lenti RGP. LAC 2001. Vol IV n°2.
18. John Mountford, Don Noack. A Mathematical Model for Corneal Shape Changes Associated With Ortho-K. JUNE 1998. Contact Lens Spectrum.
19. John Mountford, Patrick J. Caroline, Don Noack. Corneal Topography and Orthokeratology: Pre-fitting Evaluation. Aprile 2002 Contact Lens Spectrum.
20. Risoldi U, Venturini S, De Nicolò N. LAC RGP Horus e topografo corneale, una soluzione integrata, moderna ed efficace. Professional Optometry 1996; 8; 32, 41.
21. John Mountford, Don Noack. Corneal Topography And Orthokeratology: Post-fit Assessment. Maggio 2002. Contact Lens Spectrum.
22. La Hood D. Sweeney D.F., Holden B.A. Overnight corneal edema with hydrogel, rigid gas-permeable and silicone elastomer contact lenses. INT. CONTACT LENS CLINIC. 1988, 15.
23. Cho P, Lam AK, Mountford J, Ng L. The performance of four different corneal topographers on normal human corneas and its impact on orthokeratology lens fitting. Optom Vis Sci. 2002 Mar;79(3):175-83.
24. Kenichi Yoshino, MD. Comparison of the quality of vision in patient postoperative LASIK and post Ortho-K treatment. Course #3E Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
25. Munnerlyn CR, Koons SJ, Marshall J. Photorefractive Keratectomy: A technique for laser refractive surgery. J Cataract Refract Surg. 1988. 14:46-52.
26. Helen A. Swarbrick, Are the orthokeratology changes epithelial, stromal or just

Linee guida nella selezione del candidato al trattamento ortocheratologico

- plain magic?. Atti del simposio, Course #1C Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
27. John M. Reinhart, A confocal microscopy study of the response of the cornea basal epithelial cells to reverse geometry lenses for orthokeratology, Course #7D Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
28. Edward S. Chow, Night therapy orthokeratology and long term corneal cell change, Course #7E Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
29. Masao Matsubara MD, Histological change of cornea by orthokeratology lens, Course #7F Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
30. H. Dwight Cavanagh, Confocal analysis of overnight orthokeratology lens wear. Atti del simposio, Course #2A Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
31. H.Saraux – B.Biais. Manuale di fisiologia oculare. 1983. MASSON. 37-48.
32. Efron N. Vascular response of the cornea to contact lens wear. Amer.J.Optom.Ass. 1987.
33. Chow E. Orthokeratology and IOP. Atti del simposio, Course #6B pag.3 Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
34. Brennan N. Elfron N. Symptomatology of hema lens wear. Optometry Vis. Sci. 1989.
35. Trattamento dell'occhio secco in contattologia Gheller P. Rivista Italiana di Optometria Vol.21. N°1 1988 pag.18/24.
36. Tredici TZ. Role of orthokeratology: a perspective. Ophthalmology 1979; 86-698.
37. Stone, "The Possible Influence of Contact Lenses in Myopia", Br. J.Physiol. Opt., 31, 1976: 89-114.
38. Perrigin, Perrigin, Quintero, Grosvenor, "Silicone-Acrylate Contact Lenses for Myopia Control: Three-Years Results", Optometry and Vision Science, 67, 1990: 764-769.
39. Khoo, Chong, Rajan, "A 3-year study on the effect of RGP contact lenses on myopic children", Singapore Med. J., 40(4), 1999: 230-237.
40. Reim T.R., Adolescent myopia progression with the DreimLens for overnight orthokeratology-3 year results. Atti del simposio, Course #4B Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
41. Polse KA, Brand RJ, Vastine DW, Schwalbe IS Keener RJ; "The Berkeley Orthokeratology study", part.II; Efficacy and Duration. America Journal of Optometry and Physiological Optics, Vol. 60N° 3 pag. 187-198 1983.
42. D.Marcuglia. Protocollo applicativo del modellamento corneale in comee cheratoconiche. Atti del VII Congresso Biovision di contattologia applicata. San Teodoro (NU) 28-30 Settembre 2003.
43. Millodot M. Effect of the length of the wear of contact lenses on corneal sensitivity. Acta Ophthalmology .54.
44. Holden BA, Sweeney DF, Sanderson G. The minimum precorneal oxygen tension to avoid corneal oedema. Invest Ophthalmol Vis. Sci. 1984; 25:476-480.
45. Paragon Vision Sciences FDA study data summary, Atti del simposio Course #3J pag.3.Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.
46. O'Leary D.J. Millodot M. Abnormal epithelial fragility in diabetes and contact lens wear. Acta Ophthalmology; 1981; 59.
47. Gatinel D, Haouat M, Hoang-Xuan T. A review of mathematical descriptors of corneal asphericity. J Fr Ophthalmol. 2002 Jan;25(1):81-90. Review. French.
48. Renato Guseo. Istituzioni di Statistica. 1992. Padova. CUSL NUOVA VITA.
49. David Ruston. Patient Selection for orthokeratology. Atti del simposio, Course #3A Global Orthokeratology Symposium. Toronto Canada Agosto 2002.