

Titolo: L'EVOLUZIONE APPLICATIVA DELLE LENTI A CONTATTO RGP: DALLE LAC SU MISURA TRADIZIONALI, ALLE LAC "CUSTOM-MADE" REALIZZATE MEDIANTE LINK INFORMATICO CON TOPOGRAFO CORNEALE.

Autore: Dott. ALBERTO MANGANOTTI

Indirizzo autore: STUDI OFTALMICI VERONA

Studio medico associato dott. A. MANGANOTTI, dott. O. TACCHELLA

c/o Casa di Cura Chierogo Perbellini, Via Gazzera 1. 37128 VERONA

tel. e fax 045/8392289; e-mail: manganotti@tiscalinet.it

Parole chiave:

lenti a contatto rigide toriche, tornitura computerizzata, cheratoscopia, topografia corneale, software contattologico.

Sommario:

L'autore analizza l'evoluzione degli ultimi decenni per ciò che concerne la tecnologia di costruzione delle lenti a contatto rigide e le modalità di applicazione, nei casi complessi come astigmatismi elevati, cheratoconi ed altre condizioni di irregolarità corneale. In particolare presenta la sua esperienza con l'applicazione di lenti customizzate generate sui dati della cheratoscopia con il metodo denominato "Calco".

Viene sottolineata l'importanza di poter fedelmente produrre, con torni ad alta tecnologia, una lente a contatto così come viene progettata virtualmente su computer.

Testo.

L'applicazione di lenti a contatto (LAC) nei casi complessi come difetti refrattivi elevati, astigmatismi elevati, cheratocono, afachia, esiti di ferite corneali e di chirurgia varia, è sempre stato appannaggio negli anni degli applicatori più esperti che, in base al loro bagaglio di nozioni e al supporto tecnico a disposizione, riuscivano a trovare la lente a contatto che soddisfaceva le esigenze del caso. Un metodo empirico, ma funzionale allo scopo.

Negli ultimi anni l'approccio alla contattologia si è modificato grazie all'evoluzione di due settori: le tecniche costruttive delle lenti a contatto e i nuovi metodi diagnostici e di misura della superficie oculare. Ciò ha consentito di realizzare lenti a contatto sempre più sofisticate utili alla correzione sempre migliore non soltanto dei vizi visivi classici ma anche dei più impegnativi difetti morfologici e refrattivi.

Sembrano passati molti anni da quando le LAC già finite (LAC di serie) venivano "ritoccate" in lucidatura per adattarle meglio alla superficie oculare. L'applicatore inseriva le LAC, ne valutava il contatto sulla superficie, dopo colorazione con la fluoresceina, con la lampada di Wood, le rimuoveva e, con una lucidatrice, le ritoccava vuoi al bordo, vuoi ad una flangia fino ad ottenere "l'appoggio desiderato". Ovvio che questo metodo empirico presentava numerosi limiti quali ad esempio la non ripetibilità della LAC e limiti ottici correttivi. La limitata precisione provocava spesso modificazioni morfologiche della cornea del portatore e quelle che oggi chiamiamo warpage corneale erano all'ordine del giorno.

La normativa attuale non consente più di eseguire ritocchi su LAC già confezionate.

Dagli anni ottanta l'avvento di tecniche di tornitura a controllo computerizzato ha permesso la costruzione di LAC "su misura" con le quali, ancora adesso, risolviamo la maggior parte delle applicazioni particolari.

I parametri costruttivi ricettabili, permettono soluzioni applicative estremamente interessanti all'esperto applicatore. Così possiamo scegliere il diametro totale e quello della zona ottica, uno o due raggi di base ortogonali (la cosiddetta LAC torica posteriore), il numero e il raggio di curvatura delle flangie (per lenti multicurve) o del coefficiente medio di asfericità (per lenti asferiche).

Grazie alla libertà di scelta costruttiva data da questi torni, l'applicatore può scegliere da vari set di prova a geometria nota, le LAC che meglio si prestano a risolvere il caso.

Tramite prove applicative e valutazioni sovrefrattive, riesce a "progettare" la LAC di ricetta ideale per ciascun caso.

Con i torni computerizzati si possono realizzare LAC con toricità anche anteriore in grado di correggere componenti astigmatiche indotte o residue dall'applicazione di LAC a base sferica o con toricità posteriore (bitoriche). Queste ultime sono particolarmente utili per ottenere una correzione precisa senza dover scendere a compromessi geometrici nella determinazione della toricità posteriore; è possibile, ad esempio, impiegare lenti a contatto toriche dello stesso valore della superficie corneale senza per questo incorrere nell'effetto indesiderato legato alla eccessiva correzione cilindrica inevitabilmente indotta dall'indice più alto del materiale delle lenti. L'eccesso di correzione cilindrica negativa viene risolto completamente dalla superficie anteriore, anch'essa torica ma di un valore positivo pari al valore dell'eccesso.

Anche il profilo del bordo (o disimpegno) della LAC è stato migliorato grazie alla rifinitura in tornitura (che ha sostituito quella in lucidatura semiautomatica usata prima); in questo modo la forma risulta ottimizzata e quindi l'azione meccanica sulla cornea ridotta. Il ricambio del film lacrimale inoltre risulta ulteriormente favorito.

Con questa metodica sono nate delle geometrie mai usate fino ad allora come le LAC a flangia torica e le LAC a geometria inversa. In queste ultime, la parte periferica, invece di essere più piatta del raggio base (come succede nelle comuni LAC che correggono la cornea con il suo normale profilo "prolato") è più curva. Sono usate quando il profilo corneale è stato reso "oblato" da un intervento di chirurgia refrattiva per miopia o da una cheratoplastica. Le lenti a geometria inversa vengono utilizzate inoltre su cornee prolate, quando è necessario un appoggio differenziato sulla cornea per ottenere una maggiore stabilizzazione, oppure nell'ortokeratologia dove vengono applicate LAC centralmente molto piatte al fine di indurre quelle modificazioni plastiche della cornea necessarie allo scopo correttivo e, nel contempo, regolare l'appoggio periferico della lente.

La prescrizione di lenti a contatto su misura, non presenta limiti nella scelta del potere ottico della LAC.

L'avvento dei topografi corneali ha migliorato la conoscenza morfologica della cornea, aumentato le informazioni dell'applicatore. Gli algoritmi di calcolo altimetrico, basati su la rappresentazione comparativa a piani noti, hanno dimostrato, grazie alla rappresentazione in scala colorimetrica, l'effettiva morfologia corneale come l'esperto applicatore già aveva intuito con la sua esperienza e le prove contattologiche.

Ricordiamo che, il topografo calcola una rappresentazione 3D della geometria corneale rispetto ad un riferimento prefissato.

Su questi concetti sono basati i software di comparazione geometrica fra modelli di LAC rigide e la simulazione fluoresceinica comparsi negli anni novanta. Si tratta di una vera e propria applicazione "virtuale" di LAC a geometria nota, senza doverla provare fisicamente sull'occhio del paziente. Questo consente l'utilizzo praticamente illimitato di set di prova, un risparmio di tempo e soprattutto consente di ridurre le prove "invasive" sul paziente.

Un grosso passo avanti nella tecnologia costruttiva delle LAC prodotte per tornitura, è stata la recente comparsa di torni a "controllo numerico" che lavorano su cuscinetti d'aria con precisione dell'ordine dei nanometri (0,001 micron). (Fig.1)



FIG. 1

Questi torni, guidati da un computer, possono di fatto costruire qualsivoglia profilo della faccia interna esterna e del bordo della LAC senza vincoli teorici se non quelli impostati dal costruttore.

Ciò ha comportato l'aumento dei gradi di libertà nella costruzione della LAC. Per esempio, una LAC tricurva convenzionale su misura può essere impostata per 6 gradi di libertà oltre l'ordine costruttivo del disimpegno; essi sono rappresentati dai raggi di curvatura (tre) e dai diametri (altri tre) del raggio base e delle due flange. Con un tornio a controllo numerico di questo tipo possiamo variare l'inclinazione di qualsiasi profilo interno di una LAC, limitato solo dalla nostra capacità di calcolo e di progetto, incluse le curve di transizione fra varie zone attraverso un correttivo nella lavorazione (chiamato *blending*) che permette di smussare tali transizioni. Questo avviene oggi per lenti a profilo assosimmetrico, ma è possibile applicarlo anche a profili più complessi.

L'inevitabile passo successivo è stato quello di progettare "virtualmente" la LAC sui dati cheratoscopici e realizzarla, così come pensata, grazie ad un link informatico che trasmette i dati ad un tornio a controllo numerico.

Esistono alcuni sistemi costruttivi nel mondo che utilizzano tale procedura e che, a mio parere, svolgeranno un ruolo fondamentale nella futura contattologia dei casi particolari. Un software di gestione utilizzato per simulare il comportamento di una lente nota (come avviene per i sistemi di fitting virtuale attualmente usati), può facilmente essere svincolato dai limiti parametrici di un set di prova preimpostato, e permettere una elaborazione successiva dei parametri fino al progetto di una lente totalmente nuova.

Il denominatore comune delle metodiche di applicazione di LAC rigide nei casi complessi, è quello di ottenere il più ampio appoggio possibile per aumentare la stabilità. Nel cheratocono l'appoggio maggiore sarà fuori dalla zona dell'apice (dove invece sarà molto lieve), nell'astigmatismo elevato sarà su meridiano più piatto ecc.

Utilizzando un sistema costruttivo come quello descritto, si può realizzare una LAC che progettata con il maggior appoggio possibile (corneoconformità). Ovviamente sarà necessario rispettare l'apertura di una flangia periferica e il contiguo bordo che agiscono nella dinamica della LAC e sul ricambio del film lacrimale.

Una volta scelta e determinata la lente ideale, occorre dare attuazione al progetto così definito. Uno specifico software di gestione provvede a tradurre in linguaggio informatico il progetto e a renderlo eseguibile da macchinario a controllo numerico dell'ultima

generazione. La lente così prodotta sarà fedelissima all'ordine-progetto e perfettamente riproducibile in futuro.

Anche la faccia esterna (ottica) della LAC progettata con questo sistema ha una grande potenzialità progettuale. Basti pensare alla correzione automatica di residui astigmatici con LAC bitoriche, o alla correzione di aberrazioni indotte dalla faccia interna della LAC, o all'applicazione di ottiche a visione simultanea (multifocali o diffrattive) per la correzione della presbiopia. Infine resta aperta e particolarmente interessante la potenziale capacità progettuale di correggere aberrazioni di grado elevato aumentando ulteriormente la potenzialità della funzione visiva oltre l'emmetropia.

LA NOSTRA ESPERIENZA CON UN SISTEMA CUSTOMIZZATO

Presso Il Servizio di Contattologia Medica della Clinica Oculistica di Verona, utilizziamo da circa un anno un sistema di progettazione "custom-made" mediante link informatico chiamato Sistema "Calco". Il software e le LAC sono prodotte dalla ditta Eikon di Firenze. Utilizziamo un topografo Eye Top della CSO (il sistema funziona anche con il Keratron). La procedura è semplice: dopo aver processato la cheratoscopia pulita da imperfezioni ed errori, applichiamo il software del Calco. Il default preinserito ci dà la prima elaborazione automatica della lente "a calco". Eseguiamo quindi un prova con una LAC del set con parametri simili che ci servirà per il calcolo del potere ottico. La ditta propone un default di applicazione per i singoli difetti da correggere (astigmatismo elevato, cheratoplastica, cheratocono a vari stadi ecc.) che aiuta l'applicatore meno esperto. Il default è inoltre modulabile a seconda delle preferenze dell'applicatore. La rielaborazione e la personalizzazione della LAC avviene principalmente con la progettazione della faccia interna della LAC. Modificando vari parametri in modo estremamente semplice (i gradi di libertà di questo sistema sono oltre 70 solo per la progettazione della faccia interna), ricerchiamo l'appoggio maggiormente appropriato al caso tramite l'applicazione "virtuale" con simulazione fluoresceinica (Fig.2).

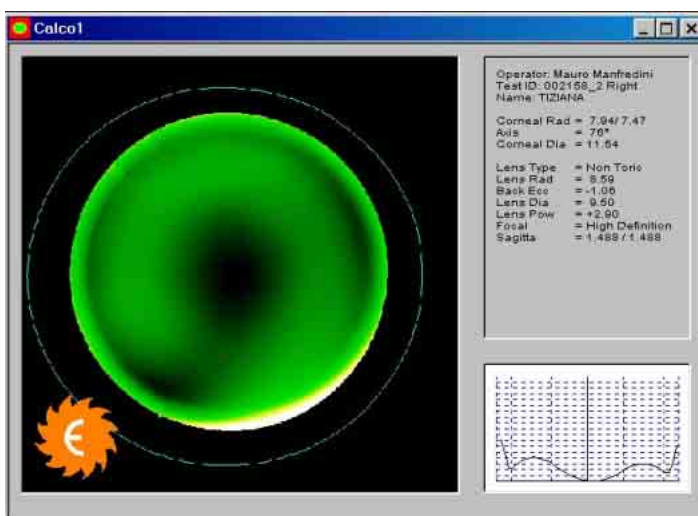


FIG 2

Possiamo variare il default di base e quindi scegliere tutti i parametri che decidiamo; il diametro totale, i diametri parziali, la zona ottica e la tipologia del bordo (Fig.3). Possiamo

agire (tramite vari livelli di interpolazione e controllo) sull'asfericità interna agendo direttamente con il mouse.

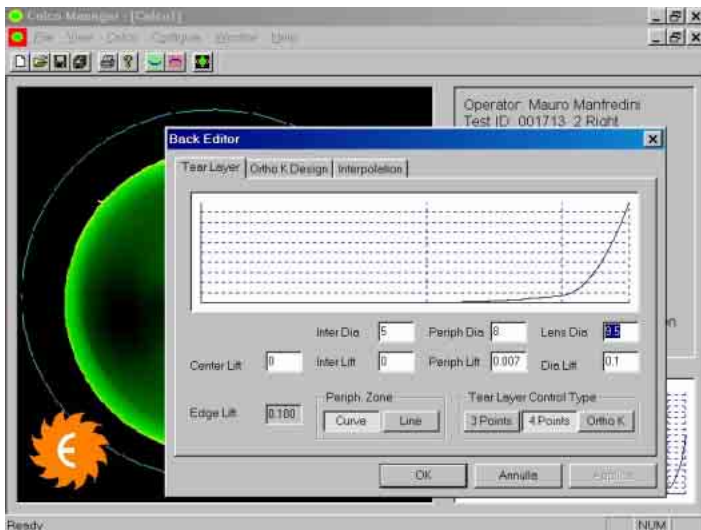


FIG 3

Possiamo visualizzare e modificare così il rapporto fra la faccia interna della lente e la superficie corneale, variando di volta in volta, nel punto della lente prescelto, le clearance, ovvero le altezze cioè lo spessore del film lacrimale. In pratica si sceglie e si decide come la lente deve comportarsi sull'occhio, e il sistema esegue i calcoli necessari, disegna la lente e la traduce in un file utile per la fabbricazione.

Al momento della progettazione, non esiste più quindi una scelta geometrica predeterminata dal set di lenti disponibile (fisicamente o virtualmente) ma possiamo, semplicemente, passare da una LAC con appiattimenti consueti, ad un'altra che, viceversa, presenta con geometria del tutto inusuale come quella inversa.

Sulla faccia esterna progettiamo poi l'ottica della LAC. Il potere complessivo deriverà, come per qualsiasi programma applicativo computerizzato, dai dati di sovrarefrazione sferica o (nel caso di una LAC bitorica) sferico-cilindrica, derivanti dalla prova applicativa eseguita. Poiché la superficie interna asferica, specie se adottiamo una ottica esterna sferica (come avviene per le comuni LAC asferiche), induce delle aberrazioni indesiderate, il sistema prevede la correzione automatica delle aberrazioni importanti indotte dalla faccia interna della LAC. Viene quindi generata un'ottica cosiddetta ad alta definizione. Sono disponibili inoltre opzioni che determinano invece aberrazioni controllate in modo da consentire una maggiore profondità di campo; sono quelle ottiche a visione simultanea impiegate per la compensazione della presbiopia. (Fig.4)

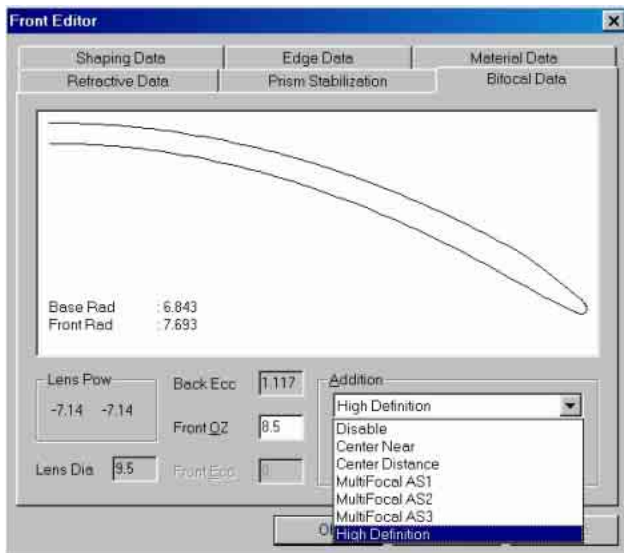


FIG 4

Utile è inoltre il tasto di controllo del posizionamento automatico il quale, attiva un algoritmo che consente di individuare il centro geometrico corneale, ovvero quel punto che si identifica con il centro di simmetria, e automaticamente riprogetta la lente a contatto intorno a quel punto. Infatti una lente conformata intorno a questo centro ha indubbiamente, per le leggi fisiche che regolano il suo sostentamento, una migliore possibilità di stabilizzarsi. Il sistema è in grado di simulare eventuali decentramenti. Occorre notare che, nella elaborazione della lente, non vengono, ovviamente, presi in esame gli effetti meccanici dell'azione delle palpebre. Indubbiamente questi sono componenti che lasciano aperto, se pur in maniera limitata, un campo di imponderabilità sull'esito dell'applicazione.

Al termine della elaborazione, i dati ottenuti (ovvero ciò che sostituisce la ricetta), vengono automaticamente raccolti in un "file", ed inviati direttamente al costruttore per posta elettronica con allegata una relazione con altri dati refrattivi e note sulle prove applicative. Le lenti così costruite al tornio ricalcano esattamente l'elaborazione eseguita virtualmente dall'applicatore.

VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA NOSTRA ESPERIENZA

La nostra esperienza non è, allo stato attuale, sufficiente per poter esprimere un giudizio comparativo fra il sistema applicativo a Calco e l'applicazione tradizionale su misura di LAC rigide che eseguiamo da oltre 15 anni presso il nostro servizio. Stiamo eseguendo studi comparativi su pazienti attrezzanti sia con queste LAC, che con lenti tradizionali, ma allo stato attuale, possiamo esprimere giudizi solo indicativi.

Innanzitutto, a favore del sistema, possiamo affermare che fra simulazione al computer e valutazione finale delle LAC applicata con esame alla luce di Wood, esiste una sostanziale coerenza.

L'impressione nostra è che il sistema sembra molto valido negli astigmatismi elevati idiopatici per ciò che concerne sia la tollerabilità che per la correzione ottica.

Sembra inoltre relativamente semplice e rapido da utilizzare per correggere cornee molto irregolari come in caso di esiti refrattivi di un cheratoplastica complicata o di ferite perforanti corneali.

Come tutti i sistemi applicativi "virtuali" presenta inoltre dei vantaggi clinici pratici.

Anzitutto il metodo è meno invasivo in quanto non necessita di molte prove applicative (di

solito una). E' indubbiamente veloce, e, quel che conta maggiormente, non necessita di particolare esperienza applicativa.

Dal punto di vista ottico presenta alcuni evidenti vantaggi come il calcolo automatico del rapporto fra toricità della lente e astigmatismo indotto, il calcolo automatico della correzione dell'aberrazione indotta da eccentricità elevate della faccia interna e il calcolo automatico della toricità anteriore in caso che la scelta cada su una lente bitorica.

Inoltre non esiste nessuna (teorica) limitazione alla correzione ottica tanto che vengono addirittura eliminati in fase di realizzazione gli step da 0,25 diottrie. Ciò vale per la correzione sia sferica che astigmatica come anche per quella della visione simultanea nella presbiopia.

Le lenti non sono rappresentabili con una ricetta vera e propria la quale viene sostituita da un documento informatico (file) che viene però riconosciuto dal computer che guida il tornio; ciò dovrebbe comportare una elevata riproducibilità delle LAC, ma non consente un controllo preciso dei parametri con i comuni strumenti ottici.

Il principale limite da porre a questo sistema è, a mio parere, l'attenzione che deve essere posta a minimizzare il rischio di ottenere una LAC con un ottimo appoggio in posizione primaria di sguardo, ma troppo stabile (troppo ferma) in dinamica ovvero durante l'ammiccamento, lo sguardo laterale e quello in alto e in basso.

Questo eccesso di stabilizzazione, definibile come una LAC "stretta in dinamica", comporterebbe il rischio di alterazioni qualitative della funzione visiva. La lente inoltre durante l'ammiccamento, può risultare fastidiosa e quindi scarsamente tollerata. Allo scopo di risolvere tali possibili inconvenienti il progettista del "calco" prevede, mediante appropriati algoritmi, la generazione di una superficie della lente di forma più "blanda" rispetto a quella corneale, in modo da prevedere e favorire la corretta dinamica durante l'ammiccamento. Tutto ciò presuppone una elevata precisione nella acquisizione topografica. A volte accade di avere difficoltà ad acquisire correttamente dati relativi alla porzione periferica della cornea; in tal caso può verificarsi qualche problema dinamico della lente. Il problema è probabilmente causato dalla minor precisione dei dati elaborati dalla cheratoscopia, maggiormente ci si allontana dal centro. Si raccomanda quindi di favorire quanto più è possibile l'apertura delle palpebre da parte del paziente. Ovviando in parte al problema, progettando una maggiore clearance periferica.

Anche i rapporti fra LAC e palpebre in posizione primaria di sguardo, non valutabile in fase progettuale, può creare problemi. Infatti lavorando solamente sul modello tridimensionale della superficie corneale, non si può considerare il riposizionamento che avrà la lente stessa una volta applicata ad opera della palpebra superiore. In caso di elevata tensione palpebrale, tutt'altro che infrequente, possono verificarsi decentramenti della lente con implicazioni ottiche indesiderate.

Penso che con maggiore esperienza si possa ovviare, anche se solo in parte, a questi errori. Essi rappresentano, attualmente, la nostra principale causa di sostituzione delle lenti in fase progettuale. Il numero di sostituzioni, anche per motivi di ricerca, in questo primo anno di utilizzo del sistema è risultato elevato.

COMMENTI

La possibilità di avere un sistema applicativo assolutamente innovativo in grado di costruire veramente la LAC totalmente customizzata senza vincoli legati a modelli applicativi e set di prova, credo che rappresenti il sogno di ciascun applicatore.

La possibilità di visualizzare in modo virtuale il risultato di una progettazione su un computer, rappresenta un ulteriore vantaggio nella scelta della strategia applicativa.

I sistemi costruttivi basati sulla elaborazione tridimensionale dalla chertoscopia, rappresentano un importante traguardo della moderna costruzione delle LAC rigide per applicazione dei casi difficili.

Con questi metodi, soprattutto quando si potranno costruire delle superfici non assosimmetriche, riusciremo a progettare LAC con la massima corneoconformità anche su superfici molto irregolari.

Verosimilmente tutto ciò dovrebbe comportare un miglior rapporto fra superficie oculare e quindi migliorare il confort.

La correzione ottica, non vincolata da scelte legate alle ottiche tradizionali, dovrebbe essere qualitativamente superiore.

Questo sistema apre la strada a scelte ottiche particolarmente interessanti come quelle della correzione delle aberrazioni di grado elevato.

Va infine ricordato che l'utilizzo di un sistema applicativo "custom-made su link informatico" non è particolarmente complesso una volta istruito l'operatore. Così il raggiungimento di un buon successo di un caso difficile, può essere anche alla portata di applicatori meno esperti.

BIBLIOGRAFIA

1. Harrison K.W.: Advanced Contact Lens Manual, Contact Lens Society Of America; volume II, capitolo 10: Post Refractive Surgical Fitting And Designer. USA, 2001.
2. Kronemyer B.: Specialty Lens Successfully Manages Keratoconus. Ocular Surgery News. Gennaio 2001.
3. James J. R.: Corneal Topography. CLAO J. 1986; 4:1-15.
4. Lupelli L., Flesher R., Rossi A.L.: Contattologia, Una Guida Clinica. Italia, Medical Books ed., 1998.
5. Manfredini M.: La topografia corneale nella pratica contattologica, -Contact Lens Manual- A comprehensive study and reference guide (Contact Lens Society of America) Capitolo 17-Parte 1:397-408 (Suppl.) L'Ottico n° 293, 2001;12:19-34.
6. Manfredini M.: Le Lenti A Contatto Rigide Gas Permeabili Prodotte Secondo Calcolo Elettronico Della Cornea. Data on file: Eikon lenti a contatto Firenze, Italia, eikon.fi@agora.it, 2000.
7. Manfredini M.: Il Sistema Calco Nella Correzione Del Cheratocono. Data on file: Eikon lenti a contatto Firenze, Italia, eikon.fi@agora.it, 2000.
8. Rakow Phyllis L.: Contattologia manuali di Tecnica Oftalmologica. Italia, Edimedical ed., 1991.
9. Rhodes L. J.: Advanced Contact Lens Manual, Contact Lens Society Of America; volume II capitolo 7: Keratoconus And The Use Of Computer Assisted. USA, 2001.
10. Rhodes L. J.: Advanced Contact Lens Manual, Contact Lens Society Of America; volume II capitolo 7: Videokeratotomy In Fitting Contact Lenses. USA, 2001.
11. Ruben M., Gullon M.: Contact Lens Practice; Londra, Chapman & Hall Medical ed. 5° edizione, 1994.
12. Vinciguerra P.: Atlante di Topografia Corneale; Capitolo 11, Italia, Fogliazza ed., 1995.