

ANELLI INTRASTROMALI (ICR)

Alessandro MULARONI, Gian Luca LAFFI, Giovanna Linda POSSATI, Giorgio TASSINARI

Unità Operativa di Oculistica, Ospedale Maggiore, Bologna

INTRODUZIONE

Gli anelli intrastromali (ICR) rappresentano un nuovo ed importante strumento nella chirurgia refrattiva. Vengono utilizzati per la correzione di miopie di grado lieve e moderato, come alternativa alla chirurgia tradizionale, negli stadi precoci del cheratocono ed in pazienti già sottoposti a chirurgia refrattiva al fine di migliorare risultati non soddisfacenti. Applicati nella cornea periferica, a circa i 2/3 dello spessore, con un traumatismo minimo, inducono una variazione della superficie anteriore mantenendo l'asfericità positiva della cornea. Essi permettono un miglioramento visivo senza modificare direttamente l'anatomia dell'area corneale centrale preservando così non solo la zona ottica, ma anche le eventuali future opzioni refrattive del paziente, avendo la caratteristica della rimuovibilità. Questi dispositivi sono prodotti da Addition Technology e si compongono di due semi-anelli ultrasottili e trasparenti in PMMA con un bordo esagonale, aventi ciascuno una lunghezza d'arco di 150°. Il diametro esterno misura 8.1 mm, mentre quello interno 6.8 mm; all'estremità superiore è presente un piccolo foro di posizionamento di 0.28 mm di diametro. La produzione di questo polimetilmetacrilato deriva dalle tecniche e procedure di produzione delle IOL. Gli ICR presentano 5 diversi spessori che vanno da 0.25 a 0.45 mm, con step di 0.05 (Fig. 1).

STORIA DEGLI ICR

Fu Barraquer nel 1949 tra i primi ad effettuare degli impianti intracorneali per variare il potere refrattivo della cornea.

Nel 1978 Reynolds, un optometrista inventore del CorneaScope, propose un unico anello espandibile inserito per 360° nella periferia corneale. Egli ipotizzò che tale espansione potesse appiattire l'area corneale centrale.

Studi successivi spostarono l'attenzione su di un altro meccanismo d'azione: non più l'espansione dell'anello, bensì il suo spessore. Si pensò che aumentando lo spessore, si verificasse un appiattimento progressivamente maggiore della zona centrale corneale correggendo così differenti gradi di miopia.

Dopo che studi incoraggianti su animali avevano evidenziato le ampie possibilità di questi dispositivi, nel 1985 la ditta KeraVision brevettò l'ICR (Intrastromal Corneal Ring).

Nel 1995 l'anello unico di 360° fu sostituito da due segmenti di 150° (ICRs).

L'anno seguente è iniziato il primo trial in Europa con il trattamento dei difetti miopici.

Nel 1999 l'FDA ha approvato l'utilizzo degli Intacs (nome commerciale di vendita degli ICRs) in pazienti affetti da miopia fra 1-3 diottrie. Nel 2001 l'Addition Technology ha rilevato la Keravision.

MECCANISMO D'AZIONE

Gli ICR sono dei segmenti rigidi che modificano la lunghezza d'arco della curvatura anteriore della cornea mediante un'azione meccanica.

Poiché le lamelle corneali sono formate da fibre continue che corrono da limbus a limbus, posizionando questi dispositivi alla periferia corneale si verifica una

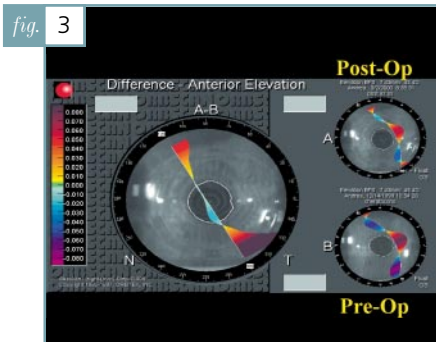
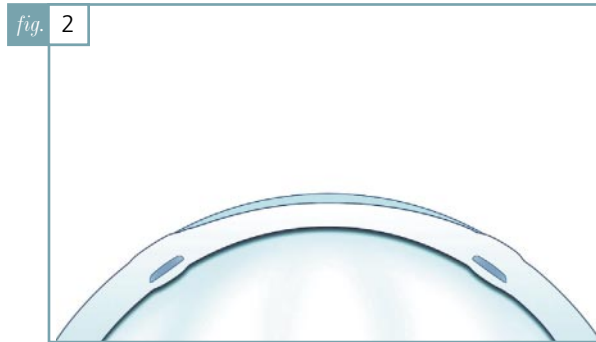
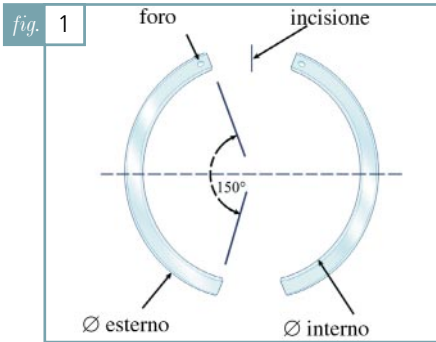


fig. 1

Caratteristiche geometriche degli Intacs.

fig. 2

Meccanismo d'azione: appiattimento della porzione di cornea tra i 2 segmenti.

fig. 3

Mapa differenziale della superficie anteriore in elevazione: profilometria.

separazione delle lamelle con conseguente accorciamento della lunghezza dell'arco corneale anteriore. Il risultato è un appiattimento corneale dalla periferia verso il centro proporzionale allo spessore del segmento, in quanto l'aumento di spessore dell'anello aumenta lo spazio che si crea tra lamella e lamella (Fig. 2).

L'utilizzo di sistemi topografici con studio altitudinale, ha permesso di chiarire più nel dettaglio i cambiamenti meccanici indotti dagli ICR sia sulla superficie anteriore della cornea, che sulla superficie posteriore. Nella sede dell'impianto dell'anello si evidenzia un'espansione della superficie corneale a cui fa seguito un appiattimento nella zona corneale centrale (Fig. 3).

La profondità dell'impianto, localizzata al 68% dello spessore corneale, è definita da due ordini di fattori: da un lato la necessità di preservare l'integrità della membrana di Bowman e della membrana di Descemet, dall'altro di usufruire della scarsa reattività dello stroma. Se si impiantano più superficialmente si possono verificare alterazioni a carico del trofismo epiteliale, mentre impianti più profondi superiori all'80% dello spessore corneale, non hanno effetto refrattivo provocando una deformazione corneale con spostamento anteriore della superficie corneale posteriore-centrale.

L'effetto refrattivo degli ICR si verifica attraverso un cambiamento nella lunghezza focale dell'occhio senza però eliminare l'asfericità corneale fisiologica che determina una performance visiva ottimale, eliminando le cosiddette aberrazioni sferiche, tipiche delle forme oblate, che si ottengono con le procedure sottrattive.

BIOCOMPATIBILITÀ

Impianti intracorneali per variare il potere refrattivo della cornea sono stati utilizzati da molti anni. Inizialmente furono impiegati impianti in materiale alloplastico ed in polisulfone solido che vennero poi abbandonati in quanto determinavano degenerazione e necrosi corneale dovute allo stress meccanico ed alla impermeabilità che questi materiali presentavano nei confronti dell'umore acqueo e delle sostanze nutritive corneali.

Si utilizzarono quindi altri materiali come lenticoli di idrossimetilmetacrilato (HEMA) che dimostrarono un'ottima biocompatibilità ed efficacia, ma scarsa predittibilità nella correzione del difetto refrattivo.

Nel 1991 Schanzlin e coll. hanno impiantato prima in occhi animali e poi in occhi umani non vedenti questi segmenti in polimetilmetacrilato (PMMA). Ad un anno di distanza essi mostrarono di essere ben tollerati e di presentare una buona

predittibilità e stabilità nella correzione del difetto miopico.

Dopo l'impianto d'ICRS si verificano alcuni eventi che, pur non essendo rilevanti dal punto di vista refrattivo, perché non interessano la zona ottica, sono importanti per capire ciò che avviene a livello corneale. Sono quattro:

1) *L'haze corneale periferico*, che si manifesta a livello dei canali intrastromali nell'immediato periodo postoperatorio. Questa opacità è dovuta alla separazione meccanica delle lamelle stromali create dalla manovra chirurgica. All'haze può associarsi anche un lieve edema circostante. Questa opacità periferica, generalmente di grado lieve, non è determinante per la visione poiché resta confinata all'esterno dei 6 mm della zona ottica.

2) *Depositi intrastromali*. Questi depositi si manifestano intorno al 2° mese e si mantengono stabili sia nella loro dimensione sia nella loro distribuzione. Tipicamente misurano meno di 0.2 mm di diametro e possono presentarsi con un aspetto cristallino e rifrangente oppure essere bianche-calcaree e confluire fra di loro.

3) *Opacità gelatinose*. Queste opacità compaiono intorno all'8° mese successivo all'impianto fra i due segmenti e nel foro di posizionamento. La microscopia elettronica ha dimostrato che queste opacità gelatinose sono formate da cheratociti circondati da strati concentrici di collagene nuovamente sintetizzato e da proteoglicani.

4) *Depositi epiteliali ferrosi*, a forma di semiluna: si dispongono concentricamente a circa 1 mm dal margine interno degli ICRS a livello dell'emicornea inferiore lungo i meridiani che decorrono approssimativamente dalle ore 3 alle ore 9. Questa zona corrisponde alla sede d'inizio della rottura del film lacrimale. Come sappiamo, anche la linea di Hudson-Stahli è formata da depositi epiteliali ferrosi e ha una disposizione simile, formandosi alla giunzione dei 2/3 superiori con il terzo inferiore della cornea. La differenza fra queste due entità è data dalla forma del crescente: ove la linea di Hudson-Stahli è più orizzontale e tende a raggiungere il limbus corneosclerale nasale. La linea ferrosa post ICR compare dopo circa 8 mesi dall'impianto e scompare dopo circa 3 mesi dalla loro rimozione.

La particolare distribuzione di questi depositi ferrosi è dovuta alla combinazione di due eventi. Il primo è legato all'evaporazione del film lacrimale che determina un aumento della concentrazione del ferro in soluzione: è favorito così l'up-take del ferro da parte delle cellule epiteliali.

La seconda causa è correlata a fenomeni di senescenza delle cellule basali, che determina un ridotto ricambio di cellule superficiali. Il ricambio delle cellule epiteliali è stimolato dall'azione abrasiva delle palpebre sulla superficie epiteliale. La tipica localizzazione dei depositi si verifica in una zona di cornea dove l'azione abrasiva è minima.

Gli studi effettuati sull'endotelio corneale con misurazioni in cornea centrale e periferica, a 6 e 12 mesi dopo l'impianto, non hanno dimostrato diminuzioni significative nel numero e alterazioni nella forma delle cellule endoteliali.

TECNICA D'IMPIANTO

Preparazione pre-operatoria (Fig. 4-9).

Generalmente eseguiamo la procedura chirurgica in anestesia topica mediante l'instillazione di gocce di ossibuprocaina 3 volte dieci minuti prima dell'intervento. In caso di pazienti agitati o scarsamente collaboranti è consigliabile procedere

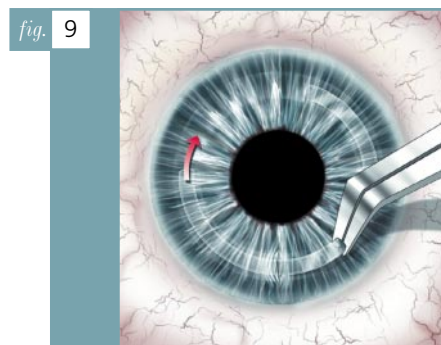
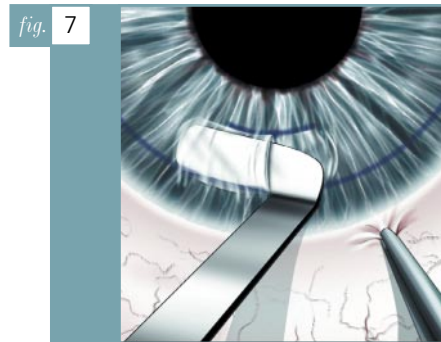
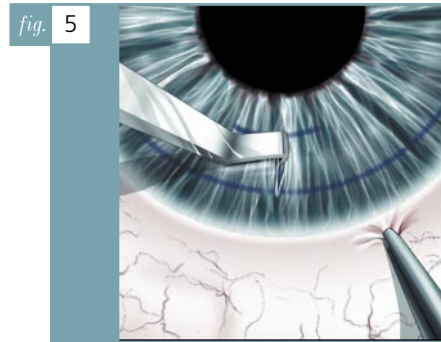
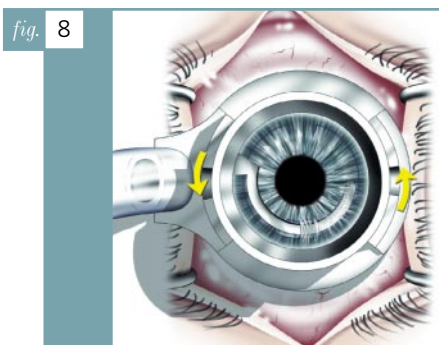
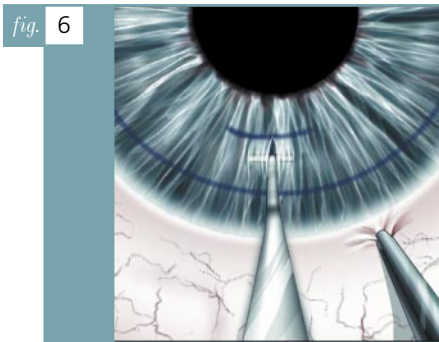
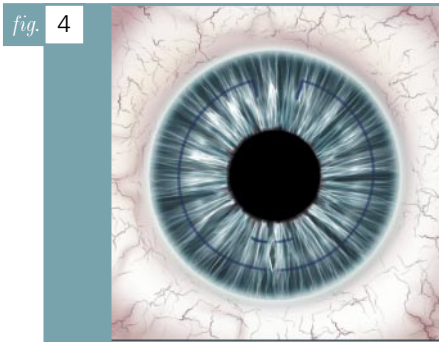


fig. 4
Marcatura dell'incisione (in questo caso alle ore 12) e della posizione degli anelli.

fig. 5
Azione del pocketing lever.

fig. 6
Con il Rosen-Propeller si ottiene la complanarità delle tasche.

fig. 7
Inserzione della guida nella tasca.

fig. 8
Formazione del tunnel con dissettore anti-orario (CCW).

fig. 9
Inserzione di un segmento con apposita pinza.

(cortesia Dr. Lovisolo)

all'anestesia locoregionale ed alla sedazione.

Si disinfetta quindi il cul di sacco congiuntivale con iodio-povidone al 2.5% e si posiziona il telo come nell'intervento per cataratta facendo attenzione ad isolare bene le ciglia con il blefarostato (per tale scopo utilizziamo telini adesivi tipo Tegaderm). La tecnica chirurgica d'impianto degli anelli intrastromali necessita di strumentario apposito.

1 - Il primo tempo consiste nel marcare il centro geometrico corneale mediante un marcatore da 11 mm che presenta una croce centrale precedentemente bagnato nel colorante.

2 - Si procede con la marcatura dell'incisione e della posizione dei segmenti mediante apposito marcatore. È importante in questa fase verificare che le sedi dei segmenti siano ad almeno 1 mm dal limbus in tutte le direzioni.

3 - Si effettua la pachimetria nella sede dell'incisione. Ripetiamo una pachimetria intraoperatoria anche nella sede d'inserzione degli anelli.

4 - Si setta il bisturi di diamante (trifacciale, angolato di 15°) al 68% dello spessore corneale e si effettua l'incisione di 1,8 mm in direzione radiale, lasciando almeno 1 mm di distanza dal limbus (è bene irrigare l'incisione eliminando le eventuali cellule epiteliali con microsponge).

5 - Con il pocketing lever si allargano le pareti dell'incisione iniziale, ciò permette, lavorando sulla base dell'incisione, di creare l'invito al delaminatore.

6 - Si inserisce il delaminatore fino a raggiungere il fondo dell'incisione ruotando prima da un lato e poi dall'altro sullo stesso piano.

7 - Si anestetizzano con un microsponge ad anello imbevuto di lidocaina al 4% la congiuntiva ed il limbus. Dopo aver inserito le guide nelle tasche precedentemente eseguite, si posiziona la guida di suzione collegata alla pompa del vacuo; si applica

Tabella 1**Impianto di Intacs in pazienti con bassa miopia**

Spessore	Miopia	Range di correzione
0.25 mm	-1.30D	da -1.00 fino a -1.63D
0.30 mm	-2.00D	da -1.75 fino a -2.25D
0.35 mm	-2.70D	da -2.38 fino a -3.00D
0.40 mm	-3.40D	da -3.13 fino a -3.75D
0.45 mm	-4.10D	da -3.88 fino a -4.50D

quindi la suzione fino a raggiungere i 600-670 mBar.

8 - Si creano quindi i tunnel intrastromali utilizzando i dissettori CW e CWW che ruotano rispettivamente in senso orario ed in senso antiorario. La formazione del tunnel va continuamente monitorata tenendo conto delle variazioni della resistenza: se diminuisce potrebbe significare che il tunnel è troppo superficiale o abbiamo perforato, se aumenta è segno d'andamento non parallelo alle lamelle stromali. Al termine rimuovere qualsiasi cellularità presente nell'incisione ed irrigare il tunnel prima dell'inserzione.

9 - Con pinze apposite si posizionano i segmenti in modo che il foro sia vicino all'incisione. I segmenti non dovrebbero mai toccare la superficie della cornea o la congiuntiva, per evitare contaminazioni.

10 - Si appone un punto in nylon 10/0 nella sede dell'incisione avendo cura di avvicinare bene i bordi per evitare la possibile penetrazione di cellule e batteri.

Terapia post-operatoria

Si prescrive un'associazione antibiotica-cortisonica in collirio da instillare 4 volte al dì per 7 gg ed analgesici al bisogno.

Se durante le procedure si verificano difetti epiteliali è bene applicare una lente a contatto terapeutica.

INDICAZIONI

La prima indicazione all'uso degli ICR è stata la miopia di grado medio-bassa con range da 1 a 4.5 diottrie; recentemente sono state individuate altre indicazioni fra cui soprattutto il cheratocono in stadio iniziale e esiti di chirurgia refrattiva.

1) MIOPIA

La correzione del difetto miopico tramite l'impianto di ICR rappresenta la tecnica con un follow-up più lungo. Lo spessore diverso permette la correzione di miopie da basse a moderate (Tab. 1).

La correzione della miopia con questa tecnica nasce dallo studio effettuato su occhi umani non vedenti che ha evidenziato come il posizionamento degli anelli nella media periferia corneale determinava un appiattimento della zona centrale di entità diversa a seconda dello spessore utilizzato.

Nel 1999 la FDA ha approvato l'utilizzo di questi dispositivi per miopie comprese fra 1 e 3 diottrie dopo aver analizzato uno studio multicentrico comprendente 450 pazienti affetti da miopia compresa fra 1 e 6 diottrie che presentò dati sull'efficacia, la predittività, la sicurezza e la stabilità.

L'uso degli ICR entra in competizione con la tecnica di PRK, rispetto alla quale presenta vantaggi e svantaggi.

Vantaggi

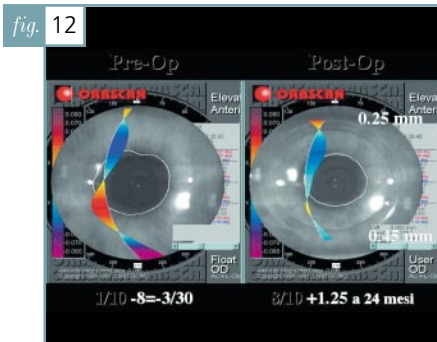
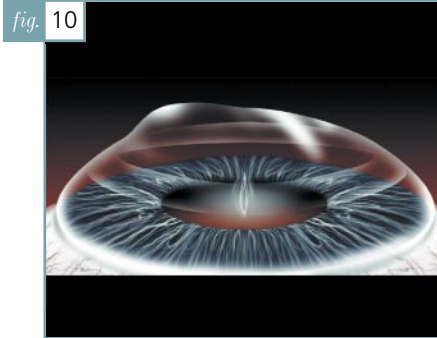
La zona ottica centrale viene risparmiata.

La tecnica è aggiustabile, gli anelli sono rimovibili.

Si ottiene un rapido recupero visivo.

La tecnica è meno dolorosa e meno costosa.

Gli effetti collaterali quali aloni, glare, disturbi nella visione notturna sono ridotti per il mantenimento del profilo prolatto della cornea.



I fenomeni cicatriziali post-operatori hanno scarsa importanza e sono limitati alla sede d'incisione.

Svantaggi

Si possono correggere solo miopie medio-basse, senza componente astigmatica.

Gli anelli a disposizione presentano degli step di 0.05 mm e quindi la correzione non può essere precisa come nella PRK.

2) CHERATOCONO

L'idea di utilizzare gli ICR nella terapia del cheratocono nasce dalle limitazioni delle tecniche chirurgiche attualmente utilizzate, dall'obiettivo di migliorare visus naturale e visus corretto del paziente, dal tentativo di ripristinare l'uso di lenti a contatto in pazienti in cui la curvatura corneale non permette più un buon appoggio.

La cheratoplastica perforante determina buoni risultati in pazienti con cheratocono, tuttavia, quando la cornea si presenta ancora trasparente, il chirurgo spesso ha perplessità ad effettuare tale procedura che può presentare importanti complicanze, che comprendono un lungo periodo di riabilitazione visiva, rischi di rigetto, elevato astigmatismo postoperatorio, riduzione progressiva del numero delle cellule endoteliali.

Altre procedure chirurgiche quali chetatotomia radiale, PRK, LASIK, cheratotomie astigmatiche agiscono mediante meccanismi di assottigliamento ed indebolimento del corneale tessuto che già di per sé è indebolito ed ectasico.

Rispetto alle tecniche chirurgiche esaminate l'impianto degli anelli presenta importanti vantaggi. Innanzitutto è una tecnica additiva che evita manovre di indebolimento, inoltre risparmia la zona ottica centrale, ridisegna la forma della cornea riducendo l'entità e l'irregolarità dell'astigmatismo corneale della zona centrale ed è infine una tecnica aggiustabile (Fig. 10).

Nei casi in cui l'obiettivo è il miglioramento dell'acuità visiva bisogna restringere l'utilizzo ai seguenti casi:

- a) pazienti allo stadio I, II e III di Krumeich, che mantengono la trasparenza della zona centrale corneale (Fig. 11,12);
- b) localizzazione del cono paracentrale o medio periferico (i coni centrali danno risultati meno soddisfacenti, ottimi le degenerazioni marginali pellucide); spessore pachimetrico minimo nella zona di impianto dei segmenti di almeno 400 μ ;
- d) intolleranza alle lenti a contatto;
- e) K medio misurato nei 5-6 mm centrali non superiore a 52 diottrie.
- f) età del paziente superiore ai 30 anni per verosimile stazionarietà della patologia.

fig. 10

Ectasia nel cheratocono.

fig. 11-12

Topografia corneale altitudinale nel cheratocono prima e dopo impianto di ICR.

Procedura chirurgica

È la medesima utilizzata nel trattamento della miopia con alcuni accorgimenti:

- attenta valutazione pachimetrica della sede d'incisione e della sede d'impianto degli anelli nella prima fase pre-operatoria ed intraoperatoria;
- estrema cautela nella manovra di esecuzione del tunnel inferiore perché si agisce su un tessuto assottigliato;
- la scelta dello spessore degli anelli da impiantare deve tenere conto della sede del cheratocono. In questo ci aiuta la topografia altitudinale che ci consente l'esatta localizzazione del cono. Nei cheratoconi con classica localizzazione inferiore dell'ectasia e dell'assottigliamento si impiantano anelli di spessore diverso, maggiore nel settore inferiore; nei cono centrali, si possono impiantare anelli di uguale spessore.

3) ESITI DI CHIRURGIA REFRATTIVA

Pazienti già sottoposti a precedenti interventi di chirurgia refrattiva con complicanze o risultati non soddisfacenti e pazienti in cui la chirurgia sottrattiva rappresenta una controindicazione possono avvalersi dell'uso degli INTACS:

- pazienti con miopie medio-moderate con superficie corneale posteriore ectasica o sospetto cono posteriore.
- Pazienti già sottoposti a PRK e LASIK con residuo miopico ed insufficiente tessuto da ablatore.
- Decentramenti in esiti di PRK e LASIK con insufficiente tessuto residuo per programmare un'ablazione customizzata di ricentramento.
- Sfiacamenti ed ectasie post-LASIK.
- Irregolarità, astigmatismi elevati post-chirurgia incisionale.
- Biopic: nelle ametropie elevate di tipo miopico, alcuni Autori propongono di effettuare un flap corneale, un impianto di segmenti intrastromali dopo alcuni mesi e successivamente, a refrazione stabilizzata di riaprire il lembo e trattare il difetto rimasto.

In particolare in esiti di LASIK l'uso degli Intacs riduce l'incidenza di severe complicanze quale l'ectasia posteriore.

COMPLICANZE

Le complicanze legate all'impianto degli ICR si possono dividere in intraoperatorie ed post-operatorie.

A - Complicanze intraoperatorie

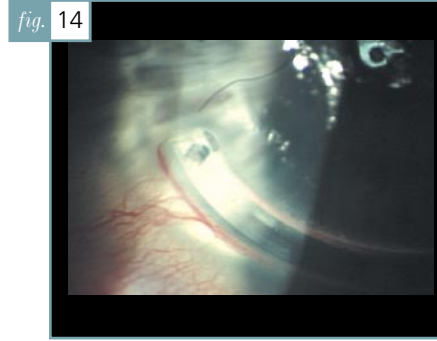
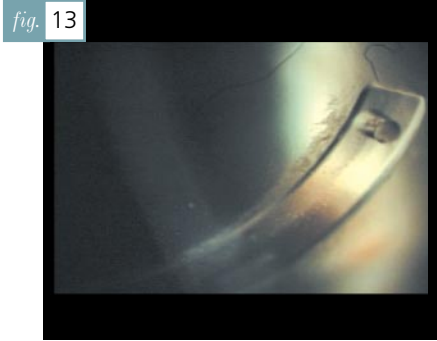
Si possono verificare durante le varie fasi della procedura chirurgica.

Un'errata *marcatura del centro geometrico e della sede di incisione* comporta un malposizionamento degli anelli con conseguente decentramento.

L'erronea valutazione dello *spessore corneale*, determina un posizionamento o troppo superficiale o troppo profondo dei segmenti con possibili perforazioni o risultati refrattivi non programmati.

La *dissezione e la formazione delle tasche* se effettuate in maniera non complanare determinano l'impianto degli anelli su piani diversi fra loro o su piani diversi rispetto al letto dell'incisione.

Una *perdita della suzione* comporta un'errata formazione dei tunnel che possono



presentarsi su piani diversi determinando o una perforazione superficiale o in camera anteriore.

Sintomatologia soggettiva: dolore, sensazione di corpo estraneo, fotofobia, annebbiamento visivo.

B - Complicanze postoperatorie

Si possono presentare complicanze precoci, nei primi 7 giorni e tardive, a partire dall'ottava giornata.

Quelle precoci consistono in:

- chemosi ed emorragie sottocongiuntivali legate alla suzione;
- ritardi della riepitelizzazione dell'incisione (che normalmente avviene in tre giorni);
- cisti da inclusioni;
- edema corneale centrale e/o periferico.

Quelle tardive consistono in:

- opacità (haze) e depositi corneali localizzati lungo i tunnel (Fig. 13);
- infiltrati a livello dell'incisione o del tunnel che possono progredire sia lentamente che rapidamente. In tal caso va prontamente instaurata una terapia antibiotica ad ampio spettro locale e generale; può essere necessario rimuovere gli anelli;
- ridotta sensibilità corneale;
- panno e neovascolarizzazione che si verificano più frequentemente nei portatori di lenti a contatto o in caso di incisione effettuata troppo vicina al limbus o impianti di anelli troppo vicini al limbus. Solitamente regrediscono con terapia corticosteroidica (Fig. 14);
- estrusione e difetti epiteliali per impianti troppo superficiali.

Sintomatologia soggettiva: visione fluttuante, diplopia, abbagliamento, aloni.

BIBLIOGRAFIA

- Asbell PA, Ucakhan OO, Durrie DS, Lindstrom RL. *Adjustability of refractive effect for corneal ring segments.* J Refract Surg **15**(6): 627-631, 1999
- Assil KK, Barrett AM, Fouraker BD, Schanzlin DJ. *One-year results of the intrastromal corneal ring in non-functional human eyes.* Arch Ophthalmol **113**: 159-167, 1995
- Assil KK, Quantock AJ, Barret AM, Schanzlin DJ. *Corneal Iron Lines Associated With the Intrastromal Corneal Ring.* Am J Ophthalmol **116**: 350-356, 1993
- Assil KK, Quantock AJ, Schanzlin DJ. *An electron microscopic evaluation of intrastromal corneal rings explanted from nonfunctional human eyes.* J Refract Corneal Surg **10**: 142-148, 1994
- Baikoff G, Maia N, Poulhalec D, et al. *Diurnal variations in keratometry and refraction with intracorneal ring segments.* J Cataract Refract Surg **25**: 1056-1061, 1999
- Burris TE, Ayer CT, Evensen DA, Davenport JM. *Effects of intrastromal corneal ring size and thickness on corneal flattening in human eyes.* Refract Corneal Surg **7**: 46-50, 1991
- Burris TE, Baker PC, Ayer CT, et al. *Flattening of central cornea with intrastromal corneal rings of increasing thickness: an eye-bank eye stud.* J Cataract Refract Surg **19**: 182-187, 1993
- Cochener B, Le Floch G, Colin J. *Intra-corneal rings for the correction of weak myopias.* J Fr Ophtalmol **21**(3): 191-208, 1998
- Colin J. *Pilot trial of ring segments for keratoconus suggests benefit.* Ocular Surgery News **9**: 4-25, 1998
- Colin J. *Rings for keratoconus.* Ocular Surgery News **10**: 4-5, 1999
- Colin J, Cochener B, Savary G, Malet P. *Intacs for the correction of keratoconus.* J Cataract Ref Surg in press, 2000
- Colin J. *Can ICRS segments be used to treat keratoconus.* Eurotimes **5**: 8-9, 2000
- Durrie DS, Vande Garde TL. *LASIK enhancements.* Int Ophthalmol Clin **40**(3): 103-110, 2000
- Fleming JF, Lovisolo CF. *Intrastromal corneal ring segments in a patient with previous laser in situ keratomileusis.* J Refract Surg **16**(3): 365-367, 2000

- Holmes-Higgin DK, Burris TE, Asbell PA, Durrie DS, Schanzlin DJ. *Topographic predicted corneal acuity with intrastromal corneal ring segments*. J Refract Surg **15**(3): 324-330, 1999
- Holmes-Higgin DK, Baker PC, Burris TE, Silvestrini TA. *Characterization of the aspheric corneal surface with intrastromal corneal ring segments*. J Refract Surg **15**(5): 520-528, 1999
- Linebarger EJ, Song D, Ruckhofer J, Schanzlin DJ. *Intacs: the intrastromal corneal ring*. Int Ophthalmol Clin **40**(3): 199-208, 2000
- Pisella PJ, Albou-Ganem C, Bourges JL, et al. *Evaluation of anterior chamber inflammation after corneal refractive surgery*. Cornea **18**(3): 302-305, 1999
- Ruckhofer J, Stoiber J, Alzner E, Grabner G. *Intrastromal corneal ring segments (ICRS, Kera Vision Ring, Intacs): clinical outcome after 2 years*. Klin Monatsbl Augenheilkd **216**(3): 133-142, 2000
- Schanzlin DJ, Asbell PA, Burris TE, Durrie DS. *The intrastromal corneal ring segments; Phase II results for the correction of myopia*. Ophthalmology **104**: 1067-1078, 1997
- Smith RJ, Chan W-K, Maloney RK. *The prediction of surgically induced refractive change from corneal topography*. Am J Ophthalmol **125**: 44-53, 1998
- Tran DB, Zadok D, Carpenter M, Korn TS, Twa M, Schanzlin DJ. *Intraocular pressure measurement in patients with intrastromal corneal ring segments*. J Refract Surg **15**(4): 441-443, 1999
- Twa MD, Hurst TJ, Walker JG, Waring GO, Schanzlin DJ. *Diurnal stability of refraction after implantation with intracorneal ring segments*. J Cataract Refract Surg **26**(4): 516-523, 2000
- Twa MD, Karpecki PM, King BJ, Linn SH, Durrie DS, Schanzlin DJ. *One-year results from the phase III investigation of the Kera Vision Intacs*. J Am Optom Assoc **70**(8): 515-524, 1999