

Cheratoplastica perforante con Laser a Femtosecondi: tecnica 'a cielo coperto'.

Autori:

G. PERONE

F. INCARBONE

Istituti di appartenenza:

Centro Oculistico 'G. Perone' – SARONNO – VA

Indirizzo degli autori:

ALSO: Viale Europa, 20 – SARONNO – VA – ITALY

Tel 0039 2 96704468

Tel 0039 2 96704468

e-mail: giuseppe.perone@tin.it

Conflitto di interessi:

È da escludersi ogni e qualunque forma di conflitto di interessi fra gli Autori e/o gli argomenti trattati.

Abstract:

Il laser a femtosecondi o laser intrastromale può essere considerato alla stregua di uno strumento chirurgico in grado di produrre resezioni corneali. Ha ricevuto l'approvazione dall'FDA americana nel 1999. Può essere impiegato con successo ed elevata precisione nelle procedure che hanno finora richiesto l'utilizzo di strumenti taglienti come bisturi, trapani e microcheratomi.

La IEK (IntraLase Enabled Keratoplasty™), è una procedura che impiega il Laser a Femtosecondi per creare lembi da donatore e ricevente.

In questo lavoro viene descritta la tecnica di Cheratoplastica Perforante condotta in anestesia locale peribulbare, mediante l'allestimento di un bottone con margine inclinato a 60° sia nel donatore che nel ricevente, con taglio eseguito con laser a femtosecondi.

Con la procedura descritta è possibile creare lembi dal profilo desiderato, una collimazione ottimale tra lembo del donatore e letto del ricevente, una migliore cicatrizzazione, un minor traumatismo chirurgico, una rimozione precoce delle suture ed un minore astigmatismo indotto.

Parole Chiave:

Cheratoplastica Perforante, Laser a Femtosecondi, Laser Intrastromale, Lembo corneale

Introduzione

Il laser a femtosecondi

Il laser a femtosecondi è un laser chirurgico per uso oftalmico in grado di produrre resezioni corneali. La denominazione è legata al fatto che la durata dell'impulso è dell'ordine dei femtosecondi (1 Femtosecondo = 10^{-15} sec). Per avere un termine di paragone, si può ricordare che 1 femtosecondo è il tempo necessario ad un elettrone per passare da un atomo all'altro o che in 100 femtosecondi attraversa lo spessore di un capello, mentre le reazioni chimiche più veloci avvengono in circa 200 femtosecondi e, infine, la luce impiega 1 secondo per compiere il giro del mondo 7,5 volte.

Ricordando la formula che lega Potenza, Energia e Tempo ($\text{Potenza} = \text{Energia} / \text{Tempo}$), grazie ad una durata dell'impulso così breve, cioè nell'ordine dei Femtosecondi, è possibile ottenere elevate potenze in cornea impiegando livelli di energia relativamente bassi. Ciò permette di impiegare questo tipo di laser per produrre un effetto di resezione nella cornea riducendo al minimo il danno tissutale.

Il laser a femtosecondi viene definito anche intrastromale, poiché agisce nello spessore dello stroma corneale esclusivamente nel piano di focalizzazione, lasciando intatto il tessuto corneale attraversato. Ciò si spiega grazie al suo meccanismo di azione: il raggio laser, di lunghezza nell'infrarosso, seziona il tessuto mediante un'azione nota come *photodisruption*, termine che potrebbe essere appropriatamente tradotto in italiano con 'foto-disgregazione'. Il laser, focalizzato nello stroma corneale in uno spot di 2-3 micron di diametro, attraversa gli strati corneali per raggiungere il piano di messa a fuoco. Un sistema ottico controllato da computer consente di portare in rapida sequenza migliaia di impulsi l'uno vicino all'altro, secondo una strategia ed un disegno programmato in modo da creare precise geometrie di taglio. In questo modo è possibile creare¹ una lamella, un tunnel, un taglio e combinazioni di questi con una precisione ed una ripetibilità elevatissima^{2,3}. E' dunque possibile pensare al laser a femtosecondi come ad un'alternativa alle procedure che impiegano una lama^{4,5} quali il bisturi, il trapano, il microcheratomo. Nel caso di una LASIK, il laser a femtosecondi si sostituisce al microcheratomo, nel caso dell'impianto di INTACS al delaminatore corneale, nel caso della

Cheratoplastica Perforante o Lamellare, si sostituisce al trapano corneale, al punch o al tagliente utilizzato per slamellare la cornea^{6,7,8}.

L'evoluzione nel tempo ha portato oggi al Laser a Femtosecondi di IV generazione⁹ (**Tabella 1**). Il laser intrastromale ha ricevuto l'approvazione dalla FDA (Food&Drug Administration, l'organo di controllo federale degli Stati Uniti) nel Dicembre 1999 ed è stato presentato per la prima volta all'American Academy of Ophthalmology nel meeting annuale dell'Ottobre 2000.

IntraLase Enabled Keratoplasty™

La IEK¹⁰ (IntraLase Enabled Keratoplasty™ , Irvine, California, USA), è una Cheratoplastica con taglio effettuato con laser a femtosecondi, e rappresenta la più avanzata metodica di impiego del laser a femtosecondi; la IEK ha ricevuto l'approvazione dell'FDA nel Luglio 2005 e la prima procedura su un occhio umano fu eseguita ad Indianapolis dal chirurgo Frank Price.

Attualmente sono disponibili tre differenti modalità di creazione del lembo¹¹: Top-Hat (a cappello a cilindro), Mushroom (a fungo) e Zig-Zag. La procedura di taglio ha un verso, cioè avviene dall'endotelio verso l'epitelio e ciò ha, come vedremo in seguito, particolari implicazioni pratiche.

I vantaggi della procedura IEK sono rappresentati dalla possibilità, teoricamente infinita, di creare lembi personalizzati, dalla precisione nella collimazione tra lembo del donatore e letto del ricevente, dalla migliore cicatrizzazione, secondaria ad una più precisa e fine apposizione e collimazione dei lembi, da un minore traumatismo chirurgico, da una più precoce rimozione della sutura e, dal punto di vista refrattivo, da una minor induzione di astigmatismo con conseguente ridotte problematiche di gestione dell'astigmatismo nel postoperatorio.

I primi risultati italiani sono stati resi noti da Lucio Buratto ed Elisabetta Bohm all'ESCRS meeting di Londra del Settembre 2006 e pubblicati nel Maggio 2007 sull'American Journal of Ophthalmology¹².

Gli Autori hanno già pubblicato una tecnica personale definita 'a cielo coperto' per ridurre i rischi intraoperatori e garantire una tenuta della camera anteriore nelle prime fasi di sutura del lembo corneale¹³.

Descrizione del caso

Caratteristiche del paziente

Il paziente, di 76 anni, di sesso maschile, era stato precedentemente sottoposto a faco + pc iol complicata da scompenso corneale a causa di una Distrofia endoteliale di Fuchs (**Figura 1**). Aveva già subito due trapianti endoteliali senza successo, poiché in entrambi i casi si era verificato un distacco del lembo. Il visus era pari a alla conta delle dita non migliorabili ulteriormente. Si poneva, pertanto, indicazione a Cheratoplastica Perforante.

Tipologia di taglio

Si è scelto di creare, sia nel donatore che nel ricevente, un lembo a tutto spessore, cilindrico, con angolo di taglio di 60°. La stessa impostazione è stata impiegata sia per la creazione del lembo dal donatore, ricavato da un anello sclerocorneale su una Anterior Chamber di Barron, che sul ricevente. Infatti, una delle peculiarità offerte dal laser intrastromale è proprio quella di ottenere lembi il più possibili simili tra loro; lo scopo finale è di creare un lembo ricevente che sia il più possibile complementare al lembo del donatore e che quest'ultimo si adatti in modo ottimale al primo.

Preparazione del lembo (donatore)

Il lembo sclerocorneale è stato preparato dalla Banca degli Occhi di Monza (**Tabella 2**).

Dopo averlo tolto dal liquido di conservazione ed irrigato con BSS, è stato inserito su di una camera anteriore artificiale, in modo che il lato endoteliale appoggiasse su una bolla di sostanza viscoelastica. Una delle due cannule di uscita della camera di prova è stata chiusa; l'altra collegata ad un dispositivo da noi ideato (**Figura 2a-2b**) con lo scopo di mantenere una pressione adeguata all'interno della camera di prova. Tale dispositivo è costituito da un alloggiamento per una siringa da 5 cc, collegata al tubo di infusione che si collega alla camera di prova. Lo stantuffo della siringa è pressato da una vite; la rotazione di questa vite aumenta la spinta sullo

stantuffo e, quindi, la pressione nella camera di prova; la pressione viene mantenuta dalla posizione dello stantuffo, bloccato dalla vite.

Il lembo, così preparato, è stato posto sotto l'apertura del laser intrastromale, assicurando la massima stabilità alla camera di prova, fermamente appoggiata su di un apposito tavolino. E' stata quindi effettuata l'applanazione, senza anello di suzione, la centratura ed il taglio secondo le modalità sopra esposte. La procedura di taglio è durata 26". Al termine della procedura, sospesa l'applanazione, il lembo sclerocorneale è stato lasciato sulla camera anteriore artificiale, protetto da sostanza viscoelastica sul versante epiteliale.

Preparazione del letto (ricevente)

Il paziente è stato preparato con Lidocaina collirio 4%, Ofloxacina 0,3% collirio, Acido Jaluronico 0,4% collirio somministrati per 5 volte, ogni 5' a partire da 30' prima dell'intervento.

Si è scelto di effettuare l'infiltrazione peribulbare solamente dopo il taglio per evitare l'imbibizione dei tessuti molli prima della creazione del lembo con laser a femtosecondi (potenziale ostacolo alla suzione, alla centratura e mantenimento in sede dell'anello, possibile occlusione dei fori di aspirazione con conseguente perdita di suzione). La compliance del paziente e la presenza costante dell'Anestesista durante tutte le fasi della procedura ci hanno consentito di svolgere l'intervento senza inconvenienti con questo tipo di anestesia¹⁴.

Preparato il campo operatorio e applicato il blefarostato, è stato apposto l'anello di suzione sull'occhio del paziente, effettuando l'opportuna centratura; mediante una siringa, che fa parte del set denominato 'Patient Interface' e che ha lo scopo di mantenere solidale il laser con l'occhio del paziente è stato creato il vuoto necessario a mantenere la suzione. Per creare un adeguato valore di vuoto, il pistone si deve arrestare a 3,2 – 3,4 cc. della scala di taratura della siringa. Questo valore corrisponde, nell'occhio del paziente, a circa 30-35 mmHg. Si è eseguita, quindi, la fase di applanazione e il perfezionamento della centratura del lembo. La procedura di taglio ha avuto una durata effettiva di 18". La minore durata, rispetto al taglio sul donatore, è dovuto al fatto che la profondità di partenza del taglio è stata impostata a 1000 μ nel donatore e a 850 μ nel ricevente e che nel ricevente si è impostato un risparmio tessutale dei 70 micron più superficiali. A circa 2/3 del trattamento è stato inserito sulla faccia superiore del cono di applanazione un dispositivo a croce che esercita un effetto di maschera; in considerazione del fatto che il taglio avviene dall'endotelio verso la

superficie epiteliale inserendo questo dispositivo nell'ultima fase della procedura di taglio si lasciano quattro ponti di tessuto superficiale che aumentano la tenuta della camera anteriore nelle fasi successive (**Figura 3a-3b**). Al termine del taglio viene rilasciata la suzione. Questa fase è ad elevato rischio e richiede grande delicatezza. Il rilascio della suzione deve essere effettuato contemporaneamente al sollevamento del cono di appianazione; infatti, se si rilascia prima la suzione c'è il rischio che il cono di appianazione penetri in camera anteriore, se si solleva prima l'appianazione c'è il rischio che il bulbo si svuoti verso l'esterno. Delle due possibilità, la prima è la più reale dato che è più difficoltoso sollevare il dispositivo di appianazione senza avere rilasciato la suzione. Si comprende così l'importanza del dispositivo a croce e del risparmio tessutale superficiale nella creazione del taglio sul ricevente.

È al termine di questa fase, come già detto, che si è scelto di eseguire l'infiltrazione peribulbare di anestetico. E' stato quindi posto un tampone ed un guscio protettivo sull'occhio del paziente e lo si è accompagnato in sala operatoria.

Sostituzione del lembo

Dopo la consueta preparazione del campo operatorio, l'apposizione del blefarostato e l'esposizione del bulbo, si è proceduto allo scollamento del lembo con la seguente sequenza.

- Scollamento superficiale allo scopo di verificare la qualità del taglio utilizzando la spatola per dissecazione dell'epitelio (Storz E9071), normalmente impiegata nella tecnica LASIK per lo scollamento del lembo lamellare.
- Scollamento più profondo in corrispondenza dei quattro settori negli intervalli tra i ponti tessutali e contemporanea verifica della presenza degli stessi.
- Appoggio del lembo del donatore sulla cornea del ricevente; quest'ultima viene lasciata a scopo tettonico e, per limitare il traumatismo sull'endotelio del donatore, essa viene ricoperta di sostanza viscoelastica.
- Apposizione di un punto di sutura ad ore IX (temporale nell'occhio destro del paziente) in seta vergine 8.0 al lembo da rimuovere per agevolare le manovre di rimozione.

- Ancoraggio del lembo del donatore con quattro punti staccati in seta vergine 8.0, senza asportare la cornea del ricevente;
- Dopo avere stretto i quattro punti, il bulbo del paziente è chiuso dalla cornea nativa, ancora in sede grazie ai ponti tessutali lasciati dal taglio con laser intrastromale; sopra ad essa, con l'interposizione della sostanza viscoelastica, si trova la cornea del donatore, ancorata dai punti di sutura.
- A questo punto, si possono tagliare i quattro ponti tessutali.
- Grazie al filo di sutura in seta vergine, si identifica e si tira il lembo nativo
- Infine, esercitando una lieve contropressione sul lembo del donatore in sede, lo si sfilava con una manovra di rotazione (**Figura 4**). La camera anteriore, così esposta, rimane protetta dalla presenza del lembo del donatore, già in sede.
- Apposizione di ulteriori quattro punti di sutura in seta vergine 8.0 per stabilizzare il lembo

La procedura è proseguita con l'apposizione di una sutura continua in Nylon 10.0, il suo tensionamento e la rimozione dei punti staccati in seta vergine e si è conclusa con l'applicazione di una lente a contatto terapeutica, e la medicazione con Atropina 1% collirio, Desametasone 1% collirio ed Ofloxacina 0,3% collirio.

Decorso postoperatorio

Al controllo in prima giornata, il lembo era in sede, presentava pieghe superficiali; la camera era presente, la pupilla in midriasi farmacologica; il tono era digitalmente buono. Nei giorni successivi si è potuto verificare un graduale miglioramento della trasparenza del lembo ed una rapida risoluzione delle pieghe. Ai controlli successivi, il lembo si presentava trasparente e ben disteso.

Al controllo dopo un mese, il bulbo si è mantenuto in quiete, la cornea è trasparente, priva di pieghe, riepitelizzata; la camera è di profondità regolare. La pupilla è centrata e reagente, la IOL in sede. Il tono è normale. L'acuità visiva è 5-6/10 con +1,75 Sf = -6 Cil ad asse 75.

All'esame alla lampada a fessura (**Figura 5**), l'apposizione tra il letto ed il lembo appare perfettamente complementare ed i margini correttamente giustapposti.

Ancora più interessante è la valutazione morfologica e quantitativa dell'endotelio¹⁵. Il numero di cellule (**Figura 6**) è pari a a 1157 cell/mm² (con una perdita del 21,5%); si tratta di cellule perlopiù esagonali (50%), con superficie media pari a 864 μ².

Discussione

La Cheratoplastica Perforante ha subito, nel corso degli ultimi anni, continui perfezionamenti che hanno riguardato sia la gestione del lembo del donatore, sia la tecnica chirurgica, che il comportamento nel postoperatorio allo scopo di ottenere i migliori risultati funzionali. L'introduzione del laser a femtosecondi si inserisce in questo percorso poiché rappresenta uno strumento potenzialmente in grado di migliorare la tecnica chirurgica. In modo particolare, la IEK consente di pianificare geometrie di taglio con una puntuale ripetibilità del taglio sia sul donatore che sul ricevente e, quindi, una complementarità tra innesto e letto ricevente, una maggiore stabilità del lembo sul letto del donatore, una maggiore prevedibilità dell'assetto del lembo trapiantato, una maggiore uniformità dei fenomeni cicatriziali e, in definitiva, migliori risultati funzionali. Nel caso presentato, a nostro parere, le particolarità sono rappresentate dall'anestesia locale, dalla ripetibilità e complementarità dei lembi preparati con il laser a femtosecondi, dalla tecnica 'a cielo coperto' e dagli accorgimenti (risparmio tessutale e ponti superficiali) che si sono dimostrati in grado di mantenere la camera durante la prima fase di sutura del nuovo lembo e, almeno per il breve follow-up fin qui possibile, di salvaguardare l'integrità dello strato endoteliale, fatto di assoluto rilievo per conservare il lembo nel tempo.

Tabelle

Tabella 1: Evoluzione dei laser a Femtosecondi

II generation (introduced in 2001) <ul style="list-style-type: none">• Slow Procedure (+65 seconds)*• Problems of Diffuse Lamellar Keratitis and Microstriae
III generation (introduced in 2003) <ul style="list-style-type: none">• Less Slow Procedure (+35 seconds)*• Reduced problems of Diffuse Lamellar Keratitis and Microstriae
IV generation (introduced in 2006) <ul style="list-style-type: none">• Quick Procedure (20 seconds)*• No description of complications

*for flap creation in LASIK

Table 2: Caratteristiche del lembo del donatore (Banca degli occhi di Monza - ITALIA)

N° cornea	210/2752
Diameter	8
Endothelium	2700 cell/mm ²
Mosaico	Polimorfismo medio
Anello sclerale	2-3 mm.
Rating	58

Figura 1: quadro preoperatorio



Figura 2a: dispositivo per il mantenimento della pressione nella camera anteriore artificiale; 2b disegno schematico

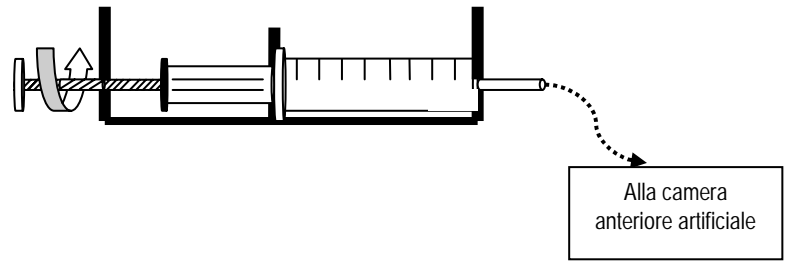


Figure 3a: dispositivo a croce; 3b dispositivo a croce durante il taglio con laser intrastromale

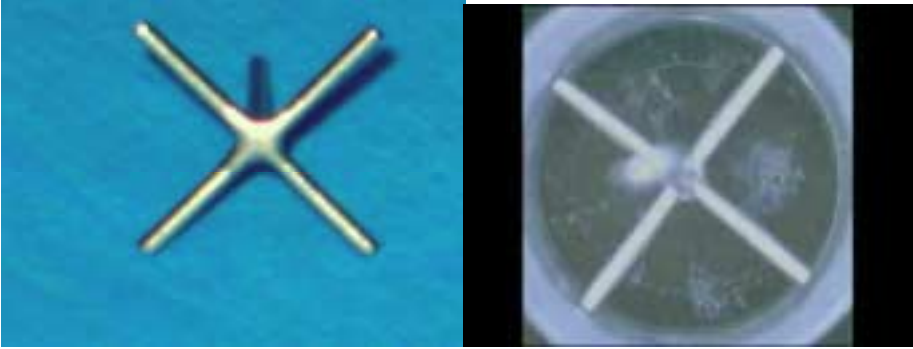


Figure 4: Aspetto intraoperatorio al momento dell'estrazione del lembo nativo dal ricevente

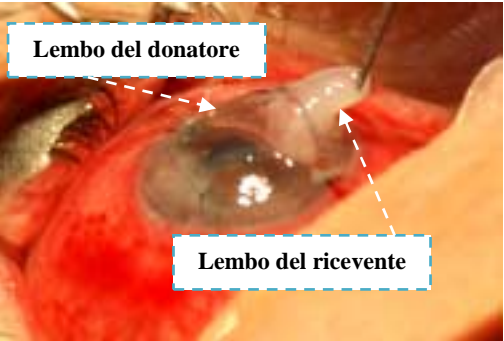


Figure 5: Aspetto postoperatorio alla lampada a fessura

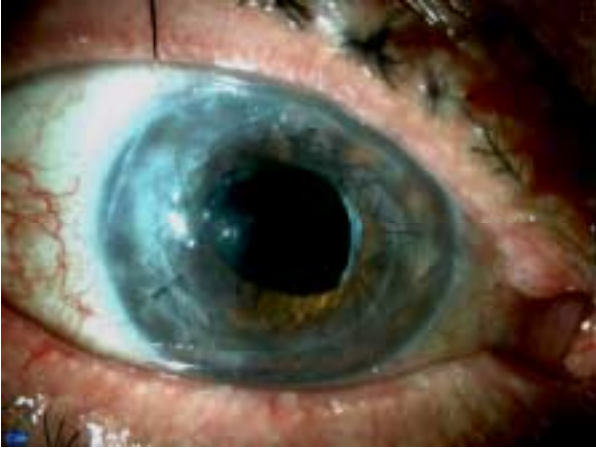


Figura 6: Microscopia endoteliale



Riferimenti bibliografici

- ¹ Juhasz T, Loesel F, Kurtz RM, Horvath C, Mourou G: Femtosecond laser refractive corneal surgery. IEEE Journal of Special Topics in Quantum Electronics 1999;5:902-910
- ² [Krueger RR](#), [Marchi V](#), [Gualano A](#), [Juhasz T](#), [Speaker M](#), [Suárez C](#).: Clinical analysis of the neodymium:YLF picosecond laser as a microkeratome for laser in situ keratomileusis. Partially Sighted Eye Study. [J Cataract Refract Surg](#). 1998 Nov;24(11):1434-40.
- ³ [Ratkay-Traub J](#), [Ferincz IE](#), [Juhasz T](#), [Kurtz RM](#), [Krueger RR](#). First clinical results with the femtosecond neodymium-glass laser in refractive surgery. [J Refract Surg](#). 2003 Mar-Apr;19(2):94-103.
- ⁴ G. Perone: Il laser a femtosecondi. - parte prima. La Voce AICCCER - Anno 2007 – n.1; pagg.36-41 – Fabiano Editore
- ⁵ G. Perone: Il laser a femtosecondi. - parte seconda. La Voce AICCCER - Anno 2007 – n.2; pagg 42-48 – Fabiano Editore
- ⁶ [Slade SG](#): Application for the femtosecond laser in corneal surgery. [Curr Opin Ophthalmol](#). 2007 Jul;18(4):338-41.
- ⁷ [Sikder S](#), [Snyder RW](#).: Femtosecond laser preparation of donor tissue from the endothelial side. [Cornea](#). 2006 May;25(4):416-22.
- ⁸ [Hoffart L](#), [Proust H](#), [Matonti F](#), [Catanese M](#), [Conrath J](#), [Ridings B](#).: Femtosecond-assisted anterior lamellar keratoplasty. [J Fr Ophthalmol](#). 2007 Sep;30(7):689-94
- ⁹ Michael Knorz: First European Experience with the 4th Generation IntraLase FS Laser. ESCRS meeting - 2006 9-12 September
- ¹⁰ Buratto L.: Use of Femtosecond Laser in Therapeutic Corneal treatments. ESCRS meeting - 2006 9-12 September
- ¹¹ William Culbertson: Bascom Palmer experience in IEK. ESCRS meeting -2006 9-12 September
- ¹² Buratto L., Bohm E.: The Use of Femtosecond Laser in Penetrating Keratoplasty. Am.J.Ophthal; May 2007: 737-742.

- ¹³ G. Perone, F. Incarbone: Cheratoplastica perforante con Laser a Femtosecondi: tecnica 'a cielo coperto'. ATO ...

- ¹⁴ A. Rapisarda, F. Savarino, L.Rapisarda: Anestesia nel trapianto di cornea in "Il Cheratocono" Cap. 13.3 – pag 343 – Edizioni SOI 2004
- ¹⁵ Albert&Jakobiec: Principi e pratica di Oftalmologia, Vol1, pag.265 – Verduci Editore - 1995