

12.1 Storia della cheratoplastica lamellare

La storia del trapianto corneale è intrigante e dura da circa 200 anni, piena di fantastiche teorie, esperimenti animali ed umani, successi sbalorditivi, umilianti fallimenti e di scienza clinica seria. Un gran numero di eccellenti capitoli e di reviews sono comparsi in letteratura nel corso degli anni. La storia del trapianto corneale comincia in Europa dove il fulcro dell'attività rimane per circa un secolo, mentre durante l'ultima metà del XX secolo si sposta nel Nord America. Nel 1824 Reisinger coniò il termine cheratoplastica. Propose la sostituzione di una cornea umana opacizzata con una cornea trasparente di animale vivente (coniglio). Egli effettuò una serie di esperimenti soltanto su animali che, nonostante avessero fallito nell'obiettivo di ottenere una cornea trasparente, stimolarono un significativo interesse sulla possibilità di sostituire tessuto corneale opaco con materiale di donatore vivente. Reisinger definì il processo di cicatrizzazione che si verificò come un processo plastico. Per gran parte del XIX secolo le tecniche proponevano la sostituzione di una cornea umana con tessuti animali (eteroplastica). I risultati, come è ovvio che fossero, furono deludenti, non solo per gli evidenti problemi anatomici ed immunologici, ma anche a causa di tecniche chirurgiche rudimentali, di un'alta incidenza di infezioni, per l'assenza di anestesia e per l'inadeguatezza e la grossolanità della strumentazione. Anche dopo il miglioramento degli aspetti tecnici, le prospettive della cheratoplastica rimasero nebulose fino alla fine del XIX secolo quando apparve chiara la necessità di utilizzare tessuto omologo (omoplastica) per avere risultati favorevoli. Nel 1840 Von Walther fu il primo ad avere l'idea di effettuare una cheratoplastica non a tutto spessore dettando le basi per la prima cheratoplastica lamellare che fu eseguita da Muhlbauer nello stesso anno. Egli effettuò un trapianto lamellare triangolare utilizzando come donatore tessuto corneale di capra. L'esito fu ovviamente negativo. Dopo vari esperimenti eteroplastici i chirurghi di allora maturarono la convinzione che vi erano i presupposti per effettuare un trapianto di tessuto ma che erano ancora lontani dall'ottenere una sufficiente acuità visiva per mancanza di trasparenza dei lembi; per tali motivi vi fu un ritorno ai trapianti di cornea artificiali. Nel 1888 Von Hippel fu il primo ad eseguire un trapianto di cornea sull'uomo, proponendo la cheratoplastica lamellare come approccio innovativo. Egli notò che in tutti i casi con grave leucoma corneale, il cristallino mancava ed il vitreo era più fluido, perciò l'umor acqueo sarebbe potuto penetrare nello stroma corneale portando ad edema ed opacizzazione del lembo. Per prevenire ciò, propose di lasciare in situ la membrana di Descemet e l'endotelio corneale integro e asserì che con una cheratoplastica perforante non si sarebbero mai ottenuti lembi trasparenti. Von Hippel si basò e seguì l'intuizione di Leber, il quale aveva osservato che per avere più successo in un trapianto dovevano rimanere in sede l'endotelio corneale e la membrana di Descemet. Von Hippel descrisse così una cheratoplastica lamellare e sottolineò con forza, sulla base della sua esperienza clinica:

- l'importanza di ottenere una precisa corrispondenza del lembo donatore e lembo ricevente
- il corretto trasferimento del lembo
- la fissazione del trapianto
- l'evitare il prollasso dei contenuti intraoculari.

Ciò avrebbe rappresentato la base dei nuovi concetti del trapianto di cornea. Inoltre Von Hippel contribuì alla storia dell'oftalmologia con l'ideazione del trapano meccanizzato *clock work*, che ancora oggi porta il suo nome e che diventò il prototipo sul quale furono ideati altri trapani. Von Hippel aprì la strada ad altri chirurghi del tempo che sulla sua scia attuarono tale tecnica chirurgica riportando vari casi di successo. La cheratoplastica lamellare divenne così, alla fine del XIX secolo, la tecnica di scelta per il trapianto di cornea. All'inizio del XX secolo vi fu una nuova ondata di entusiasmo chirurgico per le migliori condizioni di asepsi, per l'avvento di nuovi strumenti chirurgici e per un'adeguata anestesia operatoria. Un notevole contributo all'espansione della cheratoplastica lamellare venne da Zirm che nel 1906, perfezionando le precedenti tecniche, riportò il primo successo su un uomo di 45 anni affetto da causticazione bilaterale da calce, utilizzando come donatore il tessuto corneale di un bambino di 11 anni. Nello stesso anno illustrò il caso alla Vienna Medical Society e presentò tre motivazioni per il successo della sua procedura:

- qualità del tessuto donatore (utilizzo esclusivo di materiale umano, se possibile giovane);
- tecnica chirurgica (l'utilizzo del trapano di Von Hippel, anestesia profonda e asepsi, accurata conservazione del tessuto donatore)

- condizioni dell'occhio ricevente (attenta selezione dei casi).

È merito della scuola francese l'aver messo a punto e divulgato la tecnica di cheratoplastica lamellare e le sue indicazioni cliniche; nel 1949 Paufigue, uno dei più illustri rappresentanti, presentò 41 casi di cheratoplastica lamellare dei quali 31 furono considerati dei successi. Tali interventi includevano casi di ulcere settiche, ascessi corneali, cheratiti sifilitiche e distrofiche. Paufigue propose la cheratoplastica lamellare per cinque finalità:

1. **trofica** per sfruttare un ipotetico effetto sul trofismo corneale
2. **estetica** per mascherare leucomi importanti in bulbi funzionalmente spenti
3. **ottica** per correggere la trasparenza alterata e migliorare il visus
4. **terapeutica** per il trattamento di processi morbosi ribelli
5. **tettonica** per riportare ordine nell'architettura corneale.

Nel 1950 Barraquer, Castroviejo ed altri, che contribuirono grandemente alla tecnica della perforante, erano anche convinti che la preservazione dell'endotelio sano del ricevente era essenziale per una buona riuscita e durata del trapianto ed applicarono quindi nuove tecniche di cheratoplastica lamellare. Con il tempo però molti di loro si ricredettero per gli scarsi risultati visivi ed evidenziarono che il limite della cheratoplastica lamellare era la difficoltà tecnica di ottenere una superficie ricevente regolare, con conseguente cattiva trasparenza dell'interfaccia. Per tali motivi, la maggior parte degli oftalmologi abbandonò tale procedura. Nel 1959 Hallermann con lo scopo di migliorare il risultato ottico della cheratoplastica lamellare propose di suturare un lembo corneale a tutto spessore (che includeva l'endotelio) su un letto ricevente profondo, cercando di avvicinarsi il più possibile alla membrana di Descemet. Negli anni 60-70 l'affermazione generalizzata degli antibiotici, del cortisone, la migliore conoscenza e comprensione della fisiologia corneale, l'avvento del microscopio operatorio e delle suture in nylon, il miglioramento degli strumenti chirurgici, il perfezionamento della tecnica, la conservazione tissutale, i risultati funzionali hanno dato alla cheratoplastica perforante il ruolo di tecnica elettiva nel trapianto di cornea. Infatti, fino al 1970 la cheratoplastica lamellare era utilizzata solamente per indicazioni tettoniche rappresentando il 3-8% di tutti i trapianti corneali. La cheratoplastica lamellare a scopo ottico rimaneva ancora una tecnica chirurgica difficile, con scarsi risultati visivi. Barraquer, nel 1971, riaprì prepotentemente il capitolo della cheratoplastica lamellare dettando le condizioni per ottenere migliori risultati visivi. Una cheratoplastica lamellare deve essere effettuata con i seguenti obiettivi chirurgici:

1. interfaccia profonda
2. strati posteriori di spessore uniforme
3. superficie liscia dei lembi
4. lembo donatore di elevato spessore
5. alta qualità del tessuto donatore
6. trazione uniforme della sutura
7. interfaccia trasparente.

Questi principi sono ritenuti validi ancora oggi e dovrebbero essere rispettati al fine di ottenere una lamellare di successo. Negli stessi anni Malbran propose per il cheratocono la tecnica del *peeling off*, cioè della rimozione delle lamelle corneali centrali mediante peeling, dopo dissezione periferica della cornea, al fine di ridurre il rischio di rottura della Descemet ed ottenere un piano più regolare in modo da eliminare la granulosità a livello dell'interfaccia. Tale tecnica risultò facilitata dal fatto che nel cheratocono c'era già una naturale parziale separazione delle lamelle corneali nell'area del cono, perciò una volta iniziata la dissezione, le lamelle corneali potevano essere rimosse dall'occhio più facilmente senza rischio di rottura. Nel 1974 Anwar descrisse una nuova tecnica di cheratoplastica lamellare effettuata mediante dissezione profonda corneale sfruttando il clivaggio naturale tra lo stroma e la membrana di Descemet. Egli notò che ciò conduceva alla formazione di un letto ricevente liscio e trasparente. Egli fu il primo autore che descrisse l'esposizione della membrana di Descemet, e chiarì l'importanza della rimozione dello strato endotelio-Descemet dal lembo donatore per evitare una reazione infiammatoria ed un'interfaccia irregolare. A partire dagli anni 80 la cheratoplastica

lamellare venne completamente rivalutata alla luce delle nuove acquisizioni fisiopatologiche dell'endotelio corneale, al perfezionamento delle tecniche di chirurgia refrattiva e per il fatto che gli studi scientifici sulla cheratoplastica perforante evidenziavano da un lato buoni risultati refrattivi, dall'altro circa il 20% di episodi di rigetto e la diminuzione del numero di cellule endoteliali trapiantate nel corso degli anni. La cheratoplastica lamellare suscitò così un nuovo interesse, proponendosi come valida alternativa alla perforante per forme particolari di cheratopatia con integrità dell'endotelio, con il vantaggio teorico di ridurre il numero dei rigetti e di limitare la perdita di cellule endoteliali al solo tempo chirurgico. Sono quindi maturi i tempi della nostra epoca che riconosce la validità della cheratoplastica lamellare e tenta di risolvere i problemi di eseguibilità chirurgica con le recenti proposte di viscodissezione, idrodissezione, ecc, che saranno opportunamente trattate in altro capitolo.

12.2 Indicazioni chirurgiche alla cheratoplastica lamellare profonda (DKL)

Le indicazioni al trapianto di cornea perforante o lamellare, in pazienti affetti da cheratocono, sono mutate negli anni a causa di molteplici fattori; tra questi sono state fondamentali le innovazioni chirurgiche sia di tecnica che di strumentazione, che hanno portato a migliori risultati post-operatori e quindi hanno reso possibile interventi più precoci, e la disponibilità sempre più abbondante di lembi di donatore che ha reso praticabile lo sviluppo delle nuove metodiche di cheratoplastica lamellare profonda (DLK). Tale necessaria premessa ha portato a far sì che la terapia chirurgica del cheratocono al giorno d'oggi sia solo parzialmente dipendente dalla severità del processo patologico. La scelta del momento in cui intervenire deve essere condotta in base a parametri di carattere soggettivo ed oggettivo:

- età del paziente
- stato del paziente (motivi professionali, sindrome di Down, ecc)
- aspettative di recupero visivo
- migliore acuità visiva corretta con occhiali
- migliore acuità visiva corretta con lenti a contatto
- grado di tollerabilità delle lenti a contatto
- evoluzione della malattia nel tempo
- alterazioni strutturali del tessuto corneale: grado di assottigliamento, presenza e sede di opacità, complicanze associate (Orbscan, pachimetria ottica ed ultrasonica)
- posizione, dimensioni e potere diottrico dello sfiancamento (topografia, Orbscan)
- differenziazione del valore pachimetrico tra zona ottica e zona di trapanazione (- 8 min).

Le tecniche attualmente a disposizione per poter correggere l'ectasia dovuta al cheratocono sono numerose, e vanno dalle tecniche puramente refrattive alle tecniche di sostituzione corneale.

In questo capitolo saranno però illustrate le indicazioni alla cheratoplastica lamellare profonda.

Stadiazione del cheratocono e opzioni chirurgiche

La classificazione del cheratocono (ai fini della più appropriata scelta chirurgica) si è evoluta nel tempo ed ha subito numerose modifiche. La prima classificazione è stata proposta da Amsler, ed è basata essenzialmente sul progressivo aumento dei raggi di curvatura della cornea e sulla variazione dell'angolo formato dagli assi orizzontali delle mire oftalmometriche deformate (angolo di Amsler). È chiaro come tale classificazione abbia ormai connotazione prettamente storica se si considera l'eventualità di alterazioni strutturali precoci che possono nettamente anticipare il tempo della chirurgia. Di ordine decisamente più pratico è la classificazione di Rama (1990) che considera una fase "refrattiva" nella quale il cono è correggibile prima con lenti temporali e successivamente con lenti a contatto (man mano che l'astigmatismo diviene irregolare) ed una fase "evolutiva" in cui la compromissione della trasparenza corneale giustifica la chirurgia. Krumeich e Coli, hanno proposto una classificazione clinica del cheratocono in 4 stadi basata su astigmatismo, potere diottrico, trasparenza e pachimetria corneali: è sicuramente la più completa e quella più facilmente applicabile al protocollo terapeutico

che noi proponiamo . È chiaro che la premessa che consente una opzione chirurgica nei primi due stadi evolutivi della malattia è senz'altro l'intolleranza alle LAC. Contrariamente a quanto comunemente creduto tempo addietro, le LAC non bloccano lo sfiancamento corneale progressivo mediante un "effetto contenimento", bensì risultano indispensabili per correggere al meglio l'astigmatismo irregolare cono-indotto. L'utilizzo di LAC può essere continuato fino a quando la loro tollerabilità e l'effettivo recupero visivo (una opacità corneale centrale moderata non rappresenta una controindicazione) lo consentiranno dopodiché potrà essere preso in considerazione un intervento chirurgico. In presenza di un cono con tendenza evolutiva, in età del paziente critica, si potrà pensare ad una lamellare, nelle sue varie espressioni, anche in chi tollera le lenti corneali. Le procedure incisionali (cheratotomia radiale, cheratotomia radiale asimmetrica) sono state utilizzate anni addietro al fine di ottenere, mediante incisioni sulla cornea, un appiattimento stabile nel tempo dell'apice del cono; in realtà esse presentavano efficacia difficilmente prevedibile ed alteravano profondamente la biomeccanica corneale inducendo fragilità ed instabilità oltre a rendere difficoltosa una successivo intervento chirurgico (PK, K) per il concreto rischio di riapertura delle incisioni. La cheratectomia fototerapeutica (PTK) ad esempio può essere usata per il trattamento di opacità e/o leucomi apicali superficiali, la rimozione dei quali consente, in certi casi, di ripristinare la perduta tollerabilità delle LAC. La PRK si utilizza principalmente col fine di appiattire il cono e ridurre l'elevato astigmatismo consentendo al paziente di riacquistare una visione efficace relativamente alle proprie attività quotidiane (con o senza occhiali o LAC) e soprattutto di posporre la cheratoplastica perforante. Tuttavia i risultati a lungo termine dei processi ablativi possono essere invalidati dalla progressione dell'assottigliamento corneale e dell'ectasia, che inoltre può essere facilitata da una terapia che indebolisce il tessuto corneale. Pertanto tali procedure sono da escludersi in occhi con coni di stadio avanzato, basse pachimetrie e *scarring* profondo. Nei primi stadi del cheratocono le procedure aggiuntive rappresentano la soluzione teoricamente più logica per consentire il rinforzo di un tessuto indebolito dallo sfiancamento progressivo. La Live-Epikeratofachia viene utilizzata da Krumeich e Coli, in coni di stadio iniziale, in fase refrattiva e cornea perfettamente trasparente (ma sempre in presenza di intolleranza alle LAC): tale procedura può consentire l'arresto della progressione della malattia e in caso di insuccesso è reversibile, non creando ostacoli ad una successiva PK. Inoltre benché inferiore alla PK dal punto di vista dei risultati visivi, essa può essere considerata una valida alternativa chirurgica allorché si preferisca non attuare una cheratoplastica (Down, motivi professionali, sportivi). Pazienti con cheratocono in stadio I o II, intolleranti alle LAC, con range pachimetrico tra 0,25 e 0,45 mm, ma con trasparenza della cornea centrale conservata possono essere ottimi candidati all'innesto di anelli corneali intrastromali (Intacs-KeraVision in Europa). Gli anelli rappresentano la pratica più conservativa della chirurgia del cheratocono: attraverso due tunnel intrastromali (orario ed antiorario) vengono inseriti i 2 elementi che consentono un parziale ripristino della forma originaria della cornea con annullamento della miopia e dell'astigmatismo irregolare e risultato funzionale visivo soddisfacente. Tale procedura (che ha il grande vantaggio della reversibilità) può anche essere applicata in presenza di opacità corneali superficiali preceduta da ablazione fototerapeutica di quest'ultime. Una interessante opzione chirurgica è rappresentata dalla cheratoplastica lamellare a spessori differenziati (DTLK) che consiste nella sostituzione di una lamella (costituita da alcuni strati della cornea) con una più spessa e di diametro superiore o uguale al fine di ripristinare forma, curvatura (< 50 D) e spessore (> 500 micron). L'ablazione lamellare può essere effettuata con microcheratomo (BKS-1000 di Krumeich, DTLK di C. Genisi) o laser ad eccimeri. Le indicazioni a tale procedura rimangono limitate agli stadi I-II della classificazione di Krumeich in presenza di coni non evolutivi con apice centrale o para-centrale, intolleranza alle LAC, visus < 5/10, pachimetria > 400 µ, curvatura dell'apice > 55 D e assenza di leucomi profondi.

Indicazioni alla cheratoplastica lamellare profonda

La Cheratoplastica Lamellare Profonda (DLK) prevede la sostituzione degli strati anteriori della cornea con conservazione del foglietto Descemet-endotelio. Le indicazioni a tale chirurgia, come spesso accade in caso di tecniche di recente introduzione ed in fase di sviluppo, non sono rigorosamente standardizzate e variano a seconda della scuola chirurgica. Per comodità, anche in questo caso è a nostro parere utile ricorrere alla classificazione di Krumeich per comprendere quando una DLK è maggiormente indicata. Nel I stadio del cheratocono, per quanto detto in precedenza, se possibile è

sempre consigliabile ricorrere a presidi ottici per correggere il cheratocono, ma come capita nella pratica clinica di ogni chirurgo della cornea, a volte capita di dover ricorrere alla chirurgia in presenza di problematiche che rendono indispensabile l'intervento. In questo caso la DLK è sicuramente indicata, in alternativa alle tecniche di chirurgia refrattiva, soprattutto in caso di segni topografici di evoluzione decisa e continua dello sfiancamento corneale. Lo stadio II del cheratocono è sicuramente quello in cui la DLK trova la più sicura ed unanime indicazione. Anche se non sempre è necessario operare i cheratoconi in questo stadio, nel momento in cui la chirurgia diventa improrogabile si è spesso al di fuori dei limiti di esecuzione di metodiche lamellari non profonde. Allo stesso modo in tale fase il ricorso a tecniche di correzione refrattiva porta quasi sempre a risultati rifrattivi insoddisfacenti ed comunque poco stabili nel tempo. L'esecuzione della cheratoplastica lamellare profonda nel III stadio di Krumeich è controversa. Alcune scuole infatti, quali quella di Trimarchi la ritengono di elezione e consigliano di non tener conto dello spessore corneale e della curvatura nella decisione chirurgica. Altre invece ritengono in questo stadio preferibile una cheratoplastica perforante, ritenendo il riarrangiamento delle fibre stromali ed il sovvertimento strutturale della cornea ormai troppo avanzato, tanto da aumentare il rischio di perforazioni durante l'esecuzione della DLK. Negli stadi finali (III-IV) in piena fase evolutiva, quando l'ectasia è evidente ($> 55-60$ D) e la trasparenza corneale è seriamente compromessa (AV con lenti $< 4/10$), in presenza di fattori che controindicano una chirurgia lamellare - come cicatrici stromali profonde, strie da rottura della Descemet e spessore corneale < 350 u - la soluzione chirurgica sarà rappresentata dalla cheratoplastica perforante. È da considerare inoltre l'età avanzata del paziente e l'eventualità di una coesistente cataratta che potrebbe comportare una triplice procedura. Infine è necessario evidenziare due punti che debbono essere presi in considerazione al fine di una corretta scelta chirurgica. Anche in presenza di una buona tollerabilità della LAC, nei giovani con evolutività accentuata del cono è indicata la DLK. Una valutazione preoperatoria finalizzata all'esecuzione di una cheratoplastica lamellare, deve considerare lo spessore corneale, non solo in valore assoluto, ma anche come variazione tra i valori paracentrali per quadrante ed il valore all'apice; infatti a nostro parere una differenza eccessiva e non omogenea manifesta una irregolarità morfologica corneale che può in casi estremi controindicare la tecnica lamellare.

12.3 Tecniche manuali di cheratoplastica lamellare profonda (DLK)

La chirurgia lamellare nel trapianto di cornea è nata agli inizi del 20° secolo, con le tecniche ideate da Elschnig, Lohlein e Morax. Tale tecnica però è stata gradualmente abbandonata, nel corso dei decenni, a favore della metodica perforante, nonostante l'intuizione iniziale delle minori complicanze immunologiche. Ciò a causa dei risultati visivi nettamente superiori della cheratoplastica perforante con le tecniche e gli strumenti dell'epoca. Negli anni '80 avviene, sulla spinta dello sviluppo della chirurgia refrattiva, una ripresa della ricerca e della messa a punto di nuove tecniche di chirurgia lamellare corneale. Si sviluppa la cheratoplastica lamellare profonda. Lo scopo è di raggiungere la Descemet, lasciando in situ il minor quantitativo possibile di stroma ricevente. Ciò per ottenere un'interfaccia migliore possibile ed una qualità della visione paragonabile a quella dei pazienti operati con tecnica perforante. In questi anni si delineano le due direttrici che continuano tuttora a influenzare le nuove tecniche. Infatti una parte dei ricercatori, ai fini di ottenere interfacce più regolari ha ideato e messo a punto tecniche di dissezione automatizzate, in quanto legate all'utilizzo di microcheratomi o laser ad eccimeri per disseccare o ablare la lamella corneale. La strada alternativa, prevede invece la dissezione manuale dello stroma corneale profondo, al fine di ottenere raggiungere la membrana di Descemet eliminando quanto più tessuto ricevente possibile. Scopo di questo capitolo è di elencare, spiegare ed iniziare a valutare (solo il tempo infatti potrà, con follow-up adeguati, portarci risultati realmente indicativi) le differenze tecniche di esecuzione dell'intervento di cheratoplastica lamellare profonda eseguito con metodiche manuali. Infatti numerose sono le varianti chirurgiche studiate ed effettuate da numerosi Autori. anche e soprattutto in Italia, dove l'interesse per la tecnica lamellare è stato forse superiore al resto del mondo, come testimoniato da tante recenti esperienze pubblicate in numerose riviste nazionali ed internazionali e divulgate in tutti i congressi specialista.

Tecnica di Krumeich e tecniche derivate

Probabilmente il primo ad aver sviluppato, in anni di esecuzione esclusiva della cheratoplastica perforante, un nuovo concetto di chirurgia lamellare profonda, è stato Jorge Krumeich. Fermamente convinto dalla prospettiva di lasciare l'endotelio del ricevente, Krumeich ha negli anni sviluppato numerose tecniche lamellari; così se da un lato per i cheratoconi in I e II stadio ha messo a punto la "Live Epikeratophakia", per i coni al III stadio, ha proposto, anche per usare tessuti meno validi per la perforante, nella metà degli anni '90, una metodica lamellare profonda manuale¹¹¹ che ha notevolmente influenzato le variabili tecniche sviluppate successivamente in tutto il mondo. L'originalità assoluta di tale tecnica è insita nella ricerca diretta dello strato pre-descemetico con la prima trapanazione effettuata. Infatti con il Guided-Trephine-System (GTS) ideato dallo stesso chirurgo, la tecnica prevede una trapanazione a 680 u dalla quale eseguire poi direttamente lo slamellamento manuale profondo. Nella casistica pubblicata, Krumeich non ha avuto perforazioni con conseguenti conversioni in perforante dei trapianti effettuati.

Tecnica di Tsubota

Nello sviluppo della cheratoplastica lamellare profonda, una linea di ricerca differente rispetto alle tecniche fino ad ora descritte, è stata ideata e divulgata da Tsubota nel 1998. Questa tecnica e le tecniche che da essa sono derivate si differenziano dalle precedenti in quanto lo slamellamento profondo della Descemet, non viene eseguito iniettando alcun tipo di sostanza e viene praticato in maniera completamente manuale. Si usano in questo caso spatole di differente forma e taglienti smussi. L'originalità della tecnica di Tsubota consiste nell'applicare una metodica di tipo *divide and conquer*, derivata dalla facoemulsificazione della cataratta, alla DLK. Infatti lo stroma profondo viene suddiviso in quadranti all'apice corneale e poi viene scollato verso la periferia. In questo modo si aumenta la ripetibilità e la standardizzazione della tecnica e si riducono e si rendono più facilmente gestibili le complicanze.

Tecnica di Trimarchi

Una variante alla tecnica di Tsubota è stata presentata da Trimarchi nel 2001. Partendo dal concetto dello slamellamento per quadranti, è stata presentata una importante casistica dai risultati interessantissimi. Le indicazioni proposte, in pazienti affetti da cheratocono, sono particolarmente ampie, tanto da non porre nessun limite di spessore o curvatura e da escludere da questo intervento solo i pazienti con opacità profonde dello stroma dovute a rotture della Descemet.

Tecnica di Archila e tecniche derivate

Nel 1984 Archila, ha pubblicato su *Cornea* uno studio fondamentale che ha aperto la strada ad una serie importanti di variazioni tecniche nel campo delle DLK. Infatti è stato il primo a proporre lo slamellamento corneale mediante l'iniezione di una sostanza all'interno dello stroma profondo; ha infatti utilizzato l'iniezione di aria per provocare meccanicamente la dissezione. Tale metodica è stata riproposta anche nel 1989 da Price.

Dissezione con sostanza viscoelastica

Il primo a proporre tale metodica, è stato un chirurgo cinese, Sun, che nel 1995 su una rivista cinese, ha proposto l'uso di una sostanza viscoelastica per la dissecazione profonda. Tale strada è stata poi seguita anche da Manche. . Sempre nel 1999 Melles ha proposto una ulteriore variazione a questa tecnica ed ha aggiunto l'iniezione di aria in camera anteriore prima dello slamellamento stromale con viscoelastica per poter evidenziare in maniera ottimale il posizionamento pre-desce-metico della cannula contenente tale sostanza .

Convinti da tale tecnica, abbiamo iniziato a sperimentarla nel 2000 in chirurgia sperimentale, ed abbiamo ottenuto risultati eclatanti anche dopo esame istopatologico, evidenziando un perfetto raggiungimento della membrana di Descemet anche nella periferia del letto ricevente. Nella pratica clinica purtroppo tale tecnica è di difficile attuazione, infatti nel tentativo di raggiungere la Descemet

con la viscoelastica, è facile ottenere delle micro e macro perforazioni che spesso costringono a convertire l'intervento in una cheratoplastica perforante.

Dissezione con soluzione salina bilanciata (Idrodelaminazione)

Una modifica interessante alle tecniche di slamellamento profondo è stata introdotta nel 1997 da Sugita, che ha praticato tale tempo chirurgico utilizzando soluzione salina bilanciata. In Italia ha accumulato una notevole esperienza con questa tecnica il Dott. G. Caramello.

Dissezione con trypan blue

Una variante alla tecnica di Sugita è stata proposta da Balestrazzi nel 2002. Per eseguire lo slamellamento profondo è stato proposto l'uso, al posto della BSS, di una soluzione di trypan blue allo 0,02%. Questo colorante, normalmente utilizzato per eseguire capsuloressi in caso di cataratte ipermature (bianche) o proposto per evidenziare la membrana limitante interna in chirurgia vitreoretinica, può facilitare ad evidenziare le lamelle stromali residue colorandole e differenziandole nettamente dalla traslucenza della membrana di Descemet.

Cheratoplastica lamellare manuale guidata da aria in camera anteriore

Questa tecnica, ideata da Caporossi nel 2000, rappresenta una fusione tra la viscodissezione di Manche e Melles e le tecniche puramente manuali derivate da Tsubota. Il primo tempo chirurgico, come in tutte le tecniche fino ad ora menzionate è rappresentato da una trapanazione corneale a circa 2/3 dello spessore con trapano corneale (preferibilmente l'Hessburg-Barron, che consente di misurare la profondità dell'incisione ogni 90° di escursione del trapano). Dopo aver asportato lo stroma superficiale, vengono eseguiti 2 ingressi di servizio, il primo al limbus, viene utilizzato per iniettare aria in camera anteriore. Dal secondo non a tutto spessore, si introduce una spatola, che viene utilizzata per avvicinarsi il più possibile alla Descemet. In questo tempo chirurgico si manifesta uno dei principali vantaggi di questa tecnica, che è la prima a permettere una ricerca del piano di clivaggio dal limbus al di fuori del letto ricevente. In questo modo il caso di perforazioni o di eccessiva superficialità del clivaggio, è possibile ripetere la manovra da un nuovo ingresso di servizio senza compromettere l'intervento. L'aria in camera serve in questa fase, in quanto facilita la visualizzazione della profondità permettendo di osservare la distanza tra punta della spatola ed interfaccia aria/endotelio. Ovviamente il passaggio della spatola al di sotto dello stoma residuo, nel letto ricevente è il primo indice dell'approfondimento verso la membrana di Descemet. Una volta scollato dall'ingresso di servizio, lo stroma profondo viene escisso sotto protezione della spatola, con un tagliente. Trovato l'approfondimento desiderato con una lama ("mazza da golf" o altre) si procede alla escissione di tutto lo stroma predescemetico seguendo il clivaggio. A questo punto, come in tutte le tecniche lamellari, viene apposto il lembo donatore, preparato asportando con un asciughino a lancia l'endotelio Descemet. Il lembo viene quindi suturato con un sopraggitto doppio. Mostrano il pre-operatorio ed il post-operatorio topografico di uno dei casi operati con questa tecnica; dalle topografie orbscan si evidenzia da un lato lo stadio di cheratocono nel quale è maggiormente indicato l'intervento (apice del cono non eccessivamente evoluto, spessore superiore ai 400 u), dall'altro l'ottimo risultato in termini di astigmatismo e di spessore corneale ottenuto dopo l'intervento.

■ Conclusioni

Nella chirurgia lamellare profonda del cheratocono, è necessario individuare una classificazione che ci consenta di facilitare la comprensione delle varie metodiche proposte. Per poter fare ciò è necessario considerare i tre parametri più selettivi:

1. preventiva trapanazione e slamellamento superficiale del lembo da sostituire
2. materiali usati per facilitare la dissezione
3. metodica usata per individuare il piano di clivaggio

Come è possibile evidenziare dalle tabelle precedenti, numerose proposte hanno fino ad oggi portato miglioramenti nella tecnica lamellare profonda senza però uniformare le modalità di esecuzione di questo intervento. Ciò significa che dovremo ancora studiare a lungo i risultati clinici, anche a lungo

termine delle tecniche elencate in trattazione e solo tra qualche anno potremo arrivare a conclusioni più attendibili. Comunque, in conclusione, è a nostro parere importante puntare sul passaggio chirurgico più impegnativo nell'esecuzione di una cheratoplastica lamellare profonda e dal quale dipende l'esito dell'intervento: la ricerca del piano di clivaggio profondo. Riguardo a questo fondamentale tempo chirurgico infatti riteniamo che la ricerca a partire dal limbus, dopo una preventiva trapanazione parziale, ma più profonda possibile, rappresenti la modifica più importante alla tecnica lamellare. Tale modifica consente di ridurre drammaticamente le conversioni per perforazioni in zona ottica, permette di rendere omogenea la superficie e soprattutto rende possibile la ripetizione della manovra da un altro ingresso di servizio nel caso non si sia raggiunto il piano preventivato.

12.4 Cheratoplastica lamellare meccanizzata

La cheratoplastica lamellare può essere tecnicamente eseguita in tre modi:

- **cheratoplastica lamellare manuale:** la dissezione della lamella viene eseguita utilizzando strumentazione manuale quale l'uso di crescent knife, spatole, microbisturi ecc.
- **cheratoplastica lamellare con laser ad eccimeri:** la lamella viene asportata con fotoablazione con laser ad eccimeri.
- **cheratoplastica lamellare meccanizzata:** la lamella viene ottenuta mediante un taglio lamellare eseguito da un apparecchio meccanizzato denominato microcheratomo.

Razionale della cheratoplastica lamellare meccanizzata

La cheratoplastica lamellare si offre come tecnica alternativa alla cheratoplastica perforante. La cheratoplastica lamellare presenta, rispetto alla perforante, alcuni vantaggi. Innanzitutto la conservazione dello strato endoteliale corneale: poter mantenere l'endotelio del ricevente assicura una densità endoteliale nettamente superiore rispetto alla densità di un lembo di donatore. La possibilità di rigetto è pressoché nulla; ne consegue che anche la terapia postoperatoria è molto ridotta e non necessita dell'impiego di cortisonici per lungo tempo. Tale differenza si riflette nell'assenza di rischio di alcune complicanze precoci e tardive quali l'ipertono e la cataratta. È una procedura a bulbo chiuso, quindi a minor rischio e senza la necessità di una anestesia generale. Presenta inoltre un decorso postoperatorio nettamente più breve rispetto alla perforante; la calma bulbare e la trasparenza corneale sono pressoché immediate, la sutura può essere asportata dopo pochi mesi. Statisticamente i risultati refrattivi appaiono migliori rispetto a quelli della perforante, con un astigmatismo medio di minore entità. A tutto ciò si aggiunge la più facile reperibilità di tessuto idoneo, non essendoci la pregiudiziale della qualità endoteliale del donatore, come nella perforante.

Strumentazione

Il microcheratomo è normalmente utilizzato per la tecnica refrattiva LASIK; rispetto però a tale strumentazione, per eseguire una cheratoplastica lamellare a scopo visivo o tettonico, è necessario un microcheratomo dedicato. I microcheratomi per la tecnica LASIK sono costruiti per ottenere un lembo di spessore variabile tra i 130 e i 180 micron; inoltre il lembo non è completo sui 360°, ma caratterizzato da una porzione di tessuto corneale non inciso, la cerniera. Per effettuare una cheratoplastica lamellare meccanizzata è necessario un microcheratomo che possa effettuare tagli di spessore predeterminato e completi sui 360°. La strumentazione fino ad oggi in commercio non forniva tali possibilità, se non ricorrendo a microcheratomi di vecchia generazione, quali il microcheratomo di Barraquer-Krumeich-Swinger (BKS 1000); questo microcheratomo dà la possibilità di eseguire tagli lamellari sui 360° e di spessore e diametro variabile. Gli spessori ottenibili sono di 300, 360, 400 micron; i diametri ottenibili di 8 e di 8,5 mm. Lo spessore voluto viene ottenuto variando il tipo di piatto metallico inserito nella parte anteriore della testa del microcheratomo, il diametro con i diversi anelli di suzione su cui si inserisce il microcheratomo. Tale strumentazione ha sicuramente segnato un periodo storico della chirurgia lamellare meccanizzata; è stata utilizzata per la tecnica di

epicheratofachia e cheratomileusis no-freeze ed appunto per le cheratoplastiche a scopo ottico e tettonico. Il BKS 1000 è oggi però una strumentazione da considerare obsoleta, per una chirurgia lamellare meccanizzata moderna. Con il BKS 1000 gli spessori non corrispondevano spesso al preventivato, con scarti anche di 50 micron; inoltre il taglio lamellare era talvolta di cattiva qualità, a causa del tipo di lame utilizzate, della velocità di scorrimento della lama e dello scorrimento difficoltoso del microcheratomo nelle guide dell'anello di suzione. L'esigenza odierna è di ottenere tagli prevedibili nello spessore e con una superficie perfetta; inoltre lo scorrimento del microcheratomo deve essere regolare e senza difficoltà di avanzamento. Dopo numerosi solleciti, la ditta B&L aveva risposto alla richiesta di testine e anelli di suzione dedicati alla chirurgia lamellare; mi era stato fornito un anello di suzione speciale per l'apparecchiatura Hansatome che consente tagli completi sui 360° ed una testina che consente uno spessore di taglio di 200 micron; purtroppo non vi è stato seguito a tale prototipo. La ditta francese Moria ha da poco finalmente introdotto un set chirurgico completo per chirurgia lamellare, ALTK CBm, dotato di microcheratomo con numerose testine intercambiabili e di vari anelli di suzione. Inoltre il set è fornito di una camera anteriore artificiale per ottenere lamelle da cornea di donatore. Le testine fornite permettono ottenere lembi di 150-200-250-300-350 micron di spessore; gli anelli di suzione diametri di 8-9 mm. La camera anteriore artificiale permette, con una regolazione a ghiera e un set di applanometri, di ottenere lembi del diametro voluto .

Indicazioni alla cheratoplastica lamellare meccanizzata

La cheratoplastica lamellare meccanizzata presenta tre particolari indicazioni: nei leucomi corneali, nelle degenerazioni corneali, nel cheratocono.

Leucomi corneali

La presenza di un leucoma corneale superficiale o stromale medio trovano spesso nella cheratoplastica lamellare meccanizzata una soluzione chirurgica ottimale. Appare fuori luogo in presenza di un leucoma che non superi la profondità di 300 micron proporre una cheratoplastica perforante. A tali condizioni corrispondono alcuni leucomi post-infettivi, quelli post-traumatici, i leucomi esito di chirurgia refrattiva (haze post PRK o irregolarità del lembo di LASIK). Con un paziente collaborante è in questi casi possibile eseguire tale procedura in anestesia topica, essendo la procedura limitata ad un taglio lamellare con il microcheratomo e alla sutura del lembo. È importante una valutazione precisa della profondità e delle caratteristiche del leucoma. La valutazione della profondità è essenziale per la scelta dello spessore della lamella da asportare; l'osservazione accurata al biomicroscopio sarà indicativa in tal senso. Le caratteristiche del leucoma vanno valutate altresì attentamente, al biomicroscopio e con una topografia corneale: la superficie del leucoma deve essere regolare. La presenza di avallamenti importanti sono criterio di esclusione; infatti il taglio planare a facce parallele del microcheratomo riproduce nello stroma le medesime caratteristiche altitudinali della superficie incontrata dal piano di appianazione. Le forme di leucoma corneale post-infettivo che spesso sono idonee alla cheratoplastica lamellare meccanizzata sono quelle post erpetiche; l'indicazione trova maggior peso soprattutto nel maggior rischio della cheratoplastica perforante; non è rara nella PK una reazione endoteliale a breve o a lungo termine, con conseguenze deleterie sul lembo trapiantato. Maggior attenzione va posta ai leucomi post-traumatici. Infatti negli esiti di ferite si verificano spesso quei dislivelli cicatriziali che controindicano la cheratoplastica lamellare. L'avvento e la frequenza numerica della chirurgia refrattiva hanno posto all'osservazione di alcune complicanze tipiche di tale chirurgia. La presenza di haze denso e persistente nel tempo trova sicuramente indicazione ad una PTK; talvolta tuttavia l'haze recidiva e quindi una cheratoplastica lamellare può essere una procedura semplice e risolutiva. La LASIK presenta come possibile complicanza danneggiamenti ed irregolarità del lembo. Tale evenienza ha come unica soluzione la sostituzione del lembo stesso: la cheratoplastica lamellare di spessore lievemente superiore a quella del lembo primario risolve brillantemente tali complicanze.

Degenerazioni corneali

Le degenerazioni corneali ereditarie sono state per anni affrontate con una chirurgia perforante. In realtà molte degenerazioni possono trovare nella chirurgia lamellare meccanizzata una ottima soluzione. La degenerazione corneale di Groenow I e II è stata prevalentemente affrontata con la cheratoplastica perforante. Oggi appare eccessiva una chirurgia perforante: nella maggioranza dei casi l'asportazione lamellare e trapianto di 300-350 micron è sufficiente per un recupero visivo ottimale. Si è verificata talvolta la recidiva della malattia anche sul lembo lamellare trapiantato, ma ciò avviene anche nella chirurgia perforante. Un'altra degenerazione che trova soluzione nella cheratoplastica lamellare meccanizzata è la degenerazione di Reis-Bukler. Il minus visivo in tale degenerazione è dato dalla notevole irregolarità sottoepiteliale della membrana di Bowman; per eliminare tale irregolarità è sufficiente una cheratoplastica lamellare di 200 micron: l'esperienza personale in tali casi è stata estremamente appagante.

Cheratoplastica lamellare meccanizzata nel cheratocono

Il cheratocono è stato fino alla fine degli anni '80 affrontato nella quasi totalità dei casi con la cheratoplastica perforante. Numerosi erano stati i tentativi di effettuare una procedura lamellare, ma il successo anatomico non era accompagnato da un successo ottico. La dissezione lamellare stromale con metodologia manuale presentava il difetto di creare comunque una superficie non perfettamente regolare. L'interfaccia risultante era tale da creare effetti diffrattivi con conseguenze negative sulla quantità e sulla qualità visiva. Le strade percorribili quindi diventavano o quella di cercare un piano migliore qualitativamente di quello stromale, oppure di effettuare un taglio stromale di qualità migliore. Nel primo caso si è cercato di creare manualmente un piano a livello della membrana di Descemet (cheratoplastica lamellare manuale profonda), nel secondo di effettuare un taglio stromale non manuale, ma meccanizzato con un microcheratomo. L'avvento di microcheratomi di ultima generazione permette sicuramente una qualità di taglio stromale eccellente, tale da eliminare i fenomeni di diffrazione dei tagli stromali manuali. Superato il problema della qualità di taglio, ecco il razionale della cheratoplastica lamellare meccanizzata nel cheratocono. Nel cheratocono vale a maggior ragione il principio per cui conservare l'endotelio del paziente è molto importante. Il cheratocono è una malattia che colpisce prevalentemente pazienti giovani, con un endotelio di ottima qualità; nella cheratoplastica lamellare tale endotelio viene sostituito da uno, quello del donatore, di età media di circa 53 anni (*fonte: Fondazione Banca degli Occhi del Veneto*). Inoltre la perdita cellulare endoteliale nel postoperatorio è rilevante; statistiche recenti riportano una perdita del 36% a due anni dall'intervento. La cheratoplastica perforante è una procedura a cielo aperto: quindi più rischiosa di una procedura lamellare e con possibili complicanze tardive (cataratta). A tale considerazione va aggiunta la relativa frequenza di astigmatismo postoperatorio elevato nelle procedure perforanti. Inoltre la possibilità di complicanze come il rigetto interessa circa il 2-3% delle cheratoplastiche perforanti; anche quando, con terapia adeguata, si riesca a guarire un episodio di rigetto, la perdita endoteliale per tale evento è sempre notevole. Il decorso postoperatorio nella cheratoplastica perforante è lungo, con controlli frequenti e conseguente disagio del paziente. La possibilità quindi di disporre di una procedura alternativa lamellare, meno rischiosa, con meno complicanze, che mantenga intatto il ricco patrimonio endoteliale del paziente, acquista quindi una valenza notevole. Il razionale nella procedura lamellare nel cheratocono è di sostituire il tessuto malato con quello sano, rimodellare la curvatura corneale anteriore, riportare lo spessore corneale a livelli fisiologici. La cheratoplastica lamellare a spessori differenziati ottempera a queste condizioni.

Indicazioni

Non tutti i cheratoconi possono essere sottoposti a tale procedura. I cheratoconi con curvature all'apice al di sopra di 52 diottrie e con uno spessore minimo inferiore a 400 micron vanno esclusi; a tale conclusione si è giunti dopo aver esaminato i risultati postoperatori. L'indicazione comprende i pazienti con un visus corretto inferiore ai 5/10.

Tecnica

L'intervento può essere praticato in anestesia loco-regionale o, nei pazienti particolarmente collaboranti, in anestesia topica. La tecnica consiste in un taglio lamellare con microcheratomo sul

paziente di 250-300 micron, a seconda dello spessore residuo. Effettuato il taglio, si applica un lembo corneale di spessore aumentato di circa 100 micron rispetto a quello asportato (350-400 micron). Il diametro dei lembi può essere o coincidente o con il lembo donatore di diametro superiore al letto ricevente. In tale eventualità sarà necessario praticare con una lama *crescent-knife* una tasca circolare sui 360° tale da accogliere il bordo smusso del lembo donatore. Il lembo sarà suturato con sutura in nylon 10/0 a punti singoli, a sopraggitto semplice o doppio antitorque. Particolare attenzione va posta durante il taglio con il microcheratomo. L'esposizione bulbare dovrà essere ottimale, con blefarostato dedicato; il movimento, in caso di microcheratomo non automatizzato, regolare. Il lembo corneale del donatore viene normalmente fornito dalle Banche degli Occhi e disidratato con cristalli di gel di silicio. Sarà quindi da reidratare, ponendolo in soluzione salina bilanciata cinque minuti circa prima di iniziare la procedura sul paziente. Va posta attenzione al grado di idratazione del lembo: un grado di idratazione eccessivo edemizza il lembo e l'aumento di spessore falserà i parametri di tensione della sutura; infatti la sutura apparentemente normotesa apparirà lassa non appena l'idratazione ritornerà ai valori fisiologici. Per controllare la giusta idratazione ci si può aiutare con degli appositi micrometri analogici o digitali.

Decorso post-operatorio

Le cheratoplastiche lamellari meccanizzate sono caratterizzate da un decorso post-operatorio rapido e con assoluta calma bulbare. La trasparenza del lembo è già ottima nell'immediato postoperatorio; sono necessarie 48-72 ore per una completa riepitelizzazione del lembo. La terapia è limitata ad una copertura topica con antibiotico e a lacrime artificiali per favorire la riepitelizzazione. La sutura può essere asportata dopo 30/40 giorni nelle cheratoplastiche lamellari in leucomi o degenerazioni; nel cheratocono è indicata una attesa maggiore, di circa 4/6 mesi.

Risultati

Distingueremo i risultati delle cheratoplastiche lamellari ottico-tettoniche nei leucomi, nelle degenerazioni e quelli nel cheratocono. Nei leucomi e nelle degenerazioni i risultati visivi sono ottimali e rapportabili a quelli di una cheratoplastica perforante. I vantaggi rispetto ad una cheratoplastica perforante sono dati da un astigmatismo medio postoperatorio inferiore, ad un decorso nettamente più breve, con rischi e complicanze minori. Il visus migliora nel tempo, talvolta con aumenti significativi anche a distanza di due anni dall'intervento. Nella casistica personale sono state effettuate 25 cheratoplastiche lamellari in leucomi o degenerazioni corneali. Il visus medio preoperatorio con correzione era di 3,5/10. Il visus medio postoperatorio con follow-up minimo di 1 anno è risultato essere di 7,5/10 con correzione; l'astigmatismo medio è risultato essere di 2.5 diottrie.

Complicanze

La complicanza più grave è il melting del lembo innestato. Tale complicanza si è verificata in un caso di leucoma post-erpetico ed è stata precoce: il lembo ha manifestato da subito una difficoltà di riepitelizzazione, e nell'area centrale dopo circa 15 giorni è iniziato un processo di melting che si è arrestato solamente dopo l'applicazione di membrana amniotica. A riepitelizzazione avvenuta è comunque esitata un'area centrale di avallamento corneale con effetti deleteri sul risultato visivo; si è resa necessaria la sostituzione del lembo.

Conclusioni

La cheratoplastica lamellare meccanizzata (a spessori differenziati e non) appare essere una valida alternativa alla cheratoplastica perforante in caso di leucomi, degenerazioni e cheratocono. Appare essenziale, per ottenere risultati soddisfacenti, la selezione rigorosa dei pazienti. La cheratoplastica lamellare, lasciando in situ gli strati profondi endoteliali, ha, rispetto alla cheratoplastica perforante, soprattutto un fine conservativo e risponde brillantemente al razionale di eseguire una chirurgia che sostituisca solamente il tessuto patologico e che sia il meno traumatizzante possibile.

Cheratoplastica lamellare con eccimeri: *tecnica chirurgica*

Il laser ad eccimeri ha dimostrato di essere un ottimo strumento chirurgico sulla cornea e viene da molti anni utilizzato nella modellazione refrattiva della stessa, cioè nella correzione delle ametropie. Contemporaneamente a questo utilizzo sin dai primi anni si è sviluppato un altro campo in cui tale strumento ha dimostrato la sua particolare utilità: ci riferiamo al suo utilizzo terapeutico. Ricordiamo tra le applicazioni terapeutiche la PTK che prevede l'utilizzo del fascio laser a tutto campo, senza diaframmi che inducano nell'ablazione effetti refrattivi. In PTK si usano diametri di lavoro fissi, che possono essere diversi a seconda dei vari laser utilizzati, ma comunque mai inferiori agli 8 millimetri sino ad arrivare a 10-11 mm in alcuni modelli. La precisione di questo strumento e la sua capacità di lasciare superfici di grande qualità refrattiva e ottica ha attirato da subito l'attenzione degli AA. che hanno pensato di utilizzarlo in alternativa al microcheratomo in modalità PTK nelle cheratectomie lamellari della cornea. Il grande vantaggio che tale strumento offre rispetto al microcheratomo nelle cheratectomie lamellari è quello di lasciare superfici di taglio di qualità almeno uguale e in molti casi migliore a quelle lasciate dal microcheratomo e di poter prevedere con precisione estrema e controllabile in tempo reale la profondità di taglio e di poterla eventualmente aumentare a piacimento in caso di necessità. Pertanto anche cornee con spessori molto ridotti o disomogenei, con curvature estreme, possono essere sottoposte con sicurezza al raggio laser senza timore di ottenere tagli non desiderati o clivaggi errati come può succedere con il microcheratomo. Queste caratteristiche sono pertanto ideali nel trattamento chirurgico lamellare delle patologie da sfiancamento corneale come nel caso del cheratocono in cui la presenza di curvature anteriori corneali superiori alle 50 diottrie e di spessori talora molto disomogenei e ridotti sull'apice rendono estremamente pericoloso l'utilizzo di un microcheratomo. All'inizio degli anni '90 gli Autori iniziarono ad utilizzare tale strumento nella chirurgia lamellare del cheratocono sulla scia delle precedenti esperienze avute con la epicheratoplastica. Come è noto la funzione della epicheratoplastica nel trattamento del cheratocono era quella di arrestare l'evoluzione dell'ectasia grazie all'effetto meccanico di contenimento dello stroma sottostante da parte della lamella innestata e ancorata su una tasca periferica e quella di regolarizzare il profilo corneale anteriore grazie all'effetto di schiacciamento sull'ectasia provocato dalla lamella. È a tutti noto, infatti, come la superficie anteriore della cornea sia, da un punto di vista refrattivo, la più importante da regolarizzare: la persistenza di una superficie corneale posteriore irregolare o ectasica non è così determinante ai fini refrattivi. Basti pensare come anche un cheratocono avanzato possa essere perfettamente corretto da un punto di vista refrattivo da una lente corneale rigida che ripristina un profilo corneale anteriore corretto pur in presenza di una faccia posteriore che rimane invariata, con recuperi visivi ottimali. Gli ottimi risultati ottenuti dall'epicheratoplastica nel contenimento del cono erano evidenti, ma purtroppo i risultati funzionali molto spesso deludenti per il deterioramento ottico della cornea che essa provocava. La cornea finale si presentava molto ispessita e grossolane plicature profonde da schiacciamento erano spesso evidenti: tuttavia, non mancavano casi in cui il visus corretto poteva raggiungere i 7-8/10. L'avvento del laser ad eccimeri ha reso possibile la correzione refrattiva dei difetti presenti in occhi sottoposti ad epicheratoplastica con notevole miglioramento dell'acuità visiva naturale: tutto ciò senza che comparisse un haze significativo data la scarsa cellularità presente in quei lembi. Bisognava, pertanto, trovare un sistema che potesse da una parte ridurre lo spessore finale della cornea e limitare anche l'entità delle pieghe profonde e ciò si poteva ottenere riducendo la quantità di tessuto da schiacciare al di sotto della lamella. Era ovvio, pertanto, che minore fosse stata la quantità di tessuto da indentare minori fenomeni di plicature profonde si sarebbero avute. Da ciò l'idea di asportare tessuto patologico della cornea ectasica e di sostituirlo con una lamella di spessore tale da ricostituire, almeno nella parte corneale più sottile, uno spessore fisiologico. Iniziarono, a tale scopo, pressoché contemporaneamente (1993) due esperienze chirurgiche con lo stesso obiettivo: una che utilizzava un microcheratomo per ottenere lo scavo sulla cornea ricevente (Buratto-Genisi) ed una che utilizzava il laser ad eccimeri (Bonci). Il vantaggio della metodica laser rispetto al microcheratomo era di poter essere controllabile in tempo reale, di poter prevedere e stabilire a priori la profondità del taglio desiderata e di poter aggredire anche cornee con spessori sull'apice del cono molto ridotti, laddove la metodica con microcheratomo sarebbe stata impossibile per la possibilità di provocare perforazioni della cornea. La metodica laser si presentava molto semplice e sicura: in modalità PTK con diametri dello spot abla-

tivo di 10 mm. veniva centrata la pupilla mentre la cornea veniva mascherata con diaframmi di varia natura e di vario diametro, esponendo così al fascio laser porzioni corneali centrali di 7-8 mm. La profondità dell'ablazione poteva essere molto spinta lasciando spessori finali sulla cornea ricevente nel punto più sottile vicini ai 100 micron senza che si determinassero sofferenze significative della popolazione endoteliale. Veniva, quindi, praticata una tasca corneale periferica e posizionata la lamella da innestare, di diametro più grande di almeno un millimetro rispetto al diametro dell'escavazione prodotta, in modo che andasse nella sua porzione periferica, a posizionarsi nella tasca preconstituita: l'innesto aveva il compito di ricostituire uno spessore fisiologico, di contenere nel tempo lo sfiancamento e di ricostituire profili anteriori della cornea più regolari, riducendo gli indesiderati fenomeni di schiacciamento del parenchima sottostante determinati dagli effetti meccanici di pressione da parte della lamella stessa. I miglioramenti anatomici e funzionali furono ben presto evidenti anche se permanevano ancora, seppure in quantità ridotta rispetto all'epikeratoplastica, fenomeni di plicatura del parenchima sottostante: infatti, anche se in minor misura rispetto all'epikeratoplastica, permanevano necessariamente effetti meccanici compressivi sul letto ospite che tanto più sfiancato tanto più necessitava di essere aplanato dall'innesto. Inoltre, specie nelle ectasie più marcate e non centrali della cornea, si potevano ottenere dei profili corneali finali non sufficientemente regolari con ectasie residue, non sufficientemente corrette, del profilo anteriore della cornea, ovviamente di minor entità rispetto all'ectasia preoperatoria: in questi casi in cui l'ectasia del cheratocono è molto decentrata, è evidente che la forza di aplanazione esercitata dalla lamella innestata, che è simmetrica in quanto centrata sulla pupilla ed omogenea su tutta la superficie che copre, non riesce a regolarizzare completamente una ectasia molto decentrata, non potendo differenziare la sua forza di schiacciamento concentrandola sulla porzione corneale che ne ha maggiore bisogno. Inoltre, la maggiore difficoltà che si incontrava a posizionare la lamella nella tasca periferica proprio nella zona corrispondente alla presenza dell'ectasia provocava spesso in quella zona una minore efficacia meccanica da parte dell'innesto stesso: per ottenere un effetto meccanico differenziato si ricorreva talora ad un decentramento dell'impianto lamellare con risultati funzionali refrattivi del tutto insoddisfacenti. Era perciò evidente che bisognava da una parte riuscire a ridurre l'effetto meccanico necessario alla regolarizzazione dell'ectasia e dall'altra a differenziare nei vari settori della cornea l'effetto meccanico di aplanazione. Questo risultato si poteva ottenere approfondendo ulteriormente l'ablazione riducendo la quantità di stroma da aplanare (A) e differenziando la forma della lamella rispetto a quella dello scavo (B).

A. La possibilità di approfondire l'ablazione sul letto ricevente e pertanto di lasciare minori quantità di tessuto da aplanare è condizionata dall'entità dell'ectasia: infatti maggiore è l'ectasia tanto minori gli spessori a livello del cono e più marcata pertanto la disomogeneità di spessore presente sulla cornea tra la zona non interessata dallo sfiancamento e quella ectasica. È evidente infatti che se lo spessore corneale presente nella zona sfiancata è ad esempio di 250 micron l'ablazione sulla cornea prodotta dal laser, omogenea su tutta la superficie impattata, non potrà comunque superare i 160-180 micron: una tale ablazione lascerà pertanto uno spessore molto sottile nella zona di sfiancamento, ma anche una quantità di stroma molto consistente nella porzione di cornea non interessata dall'ectasia (circa 400 micron, visto che la cornea non interessata presenta spessori spesso superiori ai 500 micron nelle zone non centrali). Questo era un limite oggettivo a tale metodica che pertanto ben presto si rivelò indicata nei cono meno avanzati, in cui cioè non erano presenti grandi disomogeneità di spessore.

B. La possibilità di differenziare e concentrare le forze meccaniche di aplanazione sulle porzioni di cornea più ectasiche, nelle localizzazioni meno centrali del cono, poteva rappresentare una via di uscita: si pensò allora di adottare due diverse morfologie per lo scavo prodotto sulla cornea ricevente e per la lamella donante. Mantenendo infatti rotonda la forma della lamella donante, si poteva produrre nella cornea ricevente uno scavo di forma ellittica: per ottenere questo risultato era sufficiente posizionare sulla cornea uno schermo di tale forma. In tale maniera, orientando opportunamente l'asse maggiore dell'ellissi ablativa, si poteva differenziare la forza di aplanazione esercitata sulla cornea sottostante. Infatti risulta evidente che posizionando una lamella rotonda in un letto ellittico una diversa porzione di lamella si andrà a posizionare nella tasca periferica e in particolare una

maggiore porzione di lamella verrà introdotta in quella porzione di scavo ellittico a minore asse esercitando, pertanto, in quell'asse un maggiore effetto meccanico di compressione. Questa metodica permetteva, pertanto, di ottenere un migliore risultato di regolarizzazione del profilo anteriore della cornea e una sua migliore stabilizzazione. Applicati questi indirizzi si ottennero risultati funzionali molto incoraggianti, con visus finali corretti superiori nella maggioranza dei casi ai 7/10. I miglioramenti visivi erano però ancora lunghi, richiedendo spesso per superare i 5-6/10 anche più di un anno dall'asportazione delle suture che, per ottenere una migliore stabilizzazione della lamella, venivano asportate anche dopo periodi superiori ai 6-8 mesi; le forze meccaniche sulla cornea ricevente ancora evidenti provocavano la persistente presenza di piccole pieghe stremali non più così evidenti, ma ben documentate dall'esame confocale della cornea. Inoltre le interfacce si presentavano leggermente opache per la formazione di haze che contribuiva a rallentare un pieno recupero visivo. Il visus migliorava anche dopo 18-24 mesi con il ridursi progressivo delle pieghe e con il riassorbimento del haze profondo. Tutti gli sforzi degli AA. si concentrarono, pertanto, nel trovare metodiche ablative che permettessero o di approfondire ulteriormente l'ablazione lasciando spessori residui minimi da appianare e ciò si poteva ottenere differenziando l'ablazione del laser e concentrandola nelle porzioni corneali di maggiore spessore, in modo da costruire spessori finali residui più sottili e omogenei, o di regolarizzare da un punto di vista topografico l'ectasia del cono prima di innestare la lamella in modo da togliere all'innesto la sua funzione meccanica di schiacciamento sull'ectasia. La introduzione nel mercato di laser a piccolo spot indirizzabile in qualunque punto della cornea ha permesso il nascere di programmi computerizzati in grado di gestire l'ablazione in maniera differenziata nelle singole porzioni della cornea: nasceva così la possibilità di produrre correzioni differenziate sia nella forma che nell'entità, la nuova era delle ablazioni personalizzate. Il programma di gestione della fotoablazione poteva essere gestito o da link pachimetrici che venivano costruiti sulle rilevazioni pachimetriche della cornea eseguite con sistemi ottici (Orbscan) o da link topografici o più recentemente topoaberrometrici (Optikon-CSO) e/o aberrometrici. Gli uni si proponevano di omogeneizzare gli spessori corneali, tipicamente compromessi nel cheratocono, gli altri di regolarizzare ed eliminare le deformazioni di superficie e le conseguenti aberrazioni prodotte dalle tipiche deformazioni ectasiche.

Indicazioni

È evidente da quanto sopra esposto che le situazioni più difficili da affrontare per la cheratoplastica lamellare con eccimeri sono quelle con cheratoconi che presentano:

- 1) gravi disomogeneità di spessore corneale
- 2) alterazioni estreme del profilo anteriore.

In sostanza tutte le forme di cheratocono molto avanzato che, pur aggredibili in sicurezza da tale metodica, otterrebbero risultati funzionali non soddisfacenti. Infatti in queste situazioni si richiederebbero forze di appianazione troppo importanti, con le conseguenze di provocare compressioni eccessive nel letto ricevente e di non riuscire a regolarizzare completamente il profilo corneale anteriore. Pertanto, le indicazioni d'elezione di questa metodica sono i cheratoconi evolutivi del giovane in fase non avanzata o i cheratoconi stabilizzati dell'adulto oltre i 40 anni non correggibili con lenti da occhiale e con intolleranza alle lenti corneali. Il concetto di evolutività del cheratocono è sicuramente un elemento determinante nella scelta della decisione chirurgica e gli esami più indicativi sono la topografia (in particolare la variazione del gradiente topografico) e la pachimetria ottica (il cui limite è la trasparenza della cornea) ed ultrasonica (attendibile solo nei cono iniziali) e ultima nata la pachimetria laser (Haag-Streit). In particolare si ritiene che l'elemento di maggiore importanza da considerarsi per questa tecnica sia lo spessore corneale minimo, in quanto è diretta espressione sia dell'entità dello sfiancamento che della disomogeneità di spessori: un cono con spessore corneale minimo inferiore a 360-370 micron può non ritenersi idoneo a tale metodica chirurgica.

Vantaggi

Oltre ai vantaggi noti e comuni a tutte le lamellari, come il rispetto del patrimonio endoteliale e la pressoché totale assenza di fenomeni immunitari, il vantaggio peculiare della tecnica con eccimeri è la facilità di esecuzione e la sicurezza intraoperatoria. Si tratta, infatti, di una tecnica eseguibile

ambulatoriamente in anestesia topica o locale, non richiede tempi di apprendimento lunghi e non presenta complicanze intraoperatorie significative. La fase di ablazione sulla cornea ospite è facilmente controllabile da parte del chirurgo che può arrestarla in qualsiasi momento e controllare pachimetricamente il letto residuo, evitando così rischi di produrre microperforazioni.

Evoluzione della metodica

Alla fine degli anni novanta (1998-2000) la possibilità dapprima di analizzare pachimetricamente la cornea punto per punto con la pachimetria ORBSCAN e poi di applicare alla topografia il linguaggio aberrometrico, hanno dato alla cheratoplastica lamellare con il laser ulteriori possibilità di sviluppo. Infatti si poterono costruire metodiche ablative differenziate sulla cornea affetta da ectasia cheratoconica: la fotoablazione sino ad allora prodotta sulla cornea in modalità PTK e pertanto in maniera uguale su tutta la superficie impattata, poteva finalmente, tramite la costruzione di appositi link, essere guidata in maniera o di produrre escavazioni di diversa profondità nei vari settori corneali, in relazione alle differenze di spessore presenti (link-pachimetrici), o di correggere selettivamente le aberrazioni prodotte dalla deformazioni presenti sulla cornea affetta da ectasia (link topoaberrometrici).

Link pachimetrico

La finalità di questa metodica è quella di poter approfondire l'ablazione sulla cornea ricevente e di lasciare alla fine della procedura un letto di uniforme spessore. Poter differenziare l'ablazione in profondità concentrandola sulle porzioni di cornea più spesse permette alla fine di produrre letti riceventi sicuramente più omogenei e di lasciare quantità di stroma minori. È verosimile, però, che tale tecnica non riesca comunque ad eliminare l'ectasia della superficie: la deformazione infatti del profilo corneale non viene modificata, ma anzi probabilmente accentuata. Infatti se immaginiamo di portare via più tessuto nella porzione di cornea più spessa e quindi meno ectasica e di lasciare intatta la porzione più sottile, quella più erniata, da un punto di vista delle altezze del profilo corneale otterremo che i dislivelli saranno ulteriormente evidenziati invece che attutiti; sarebbe come scavare ai piedi (cornea attorno al cheratocono di maggiore spessore) di una collina, che rappresenterebbe l'ectasia Gonica vista di profilo, ottenendo come risultato quello di aumentare in effetti la altezza della collina stessa e cioè il dislivello tra la base della collina e il suo apice. Se tale considerazione è corretta, la lamella innestata si troverà comunque a dover correggere una importante deformazione di profilo e per regolarizzarla dovrà esercitare una significativa compressione sull'ectasia stessa anche se in ciò sarà facilitata dalla minore quantità di stroma residuo: potranno pertanto permanere ancora significative le finalità meccaniche di tale intervento.

Link topoaberrometrico

La topoaberrometria è la traduzione delle altezze rilevate topograficamente in una determinata cornea in linguaggio aberrometrico. L'aberrazione che è maggiormente rappresentata in una cornea affetta da cheratocono e di maggiore significatività è la "coma" che può raggiungere valori 30-50 volte maggiori di quelli riscontrabili su cornee normali. La mappa delle aberrazioni viene elaborata da un apposito software e tradotta in uno shot file, ovvero in un programma di fotoablazione customizzata. Pertanto cornee con porzioni non processabili dall'analisi topografica non possono essere sottoposte a tale trattamento. La cornea viene quindi sottoposta all'ablazione laser che provvederà a regolarizzare ed eliminare le aberrazioni selezionate. Ammesso che il lavoro sia stato eseguito correttamente otterremo una cornea priva di aberrazioni e pertanto con superficie anteriore normale senza più le deformazioni indotte dal cheratocono. È chiaro che la cornea così trattata presenterà spessori molto ridotti specie sull'apice del cono dove il laser avrà lavorato maggiormente per eliminare la ectasia del suo profilo: si impone pertanto, onde evitare rapidi peggioramenti ed una nuova grave ectasizzazione del cono, innestare una lamella corneale da donante per stabilizzare meccanicamente la cornea ed evitarne futuri cambiamenti di forma. Lo spessore della lamella innestata sarà tale da ricostituire uno spessore corneale minimo di almeno 550 micron. Tale metodica ha il grande vantaggio di eliminare la funzione meccanica dell'innesto e cioè la sua funzione di regolarizzazione del profilo corneale che viene invece regolarizzato dalla fotoablazione linkata stessa. È possibile trattare con questa tecnica tutti i cheratoconi che presentano uno spessore minimo nell'apice superiore a 370 micron. È questo un

valore del tutto indicativo: è infatti ogni caso da valutare a sé e da sottoporre ai calcoli del programma ablativo per verificarne la operabilità. Il limite è determinato dalla quantità di tessuto da ablare per regolarizzare la superficie anteriore del cono: più sfiancato è il cono e di solito quindi più esso è sottile e tanta più stoffa andrà eliminata. Di solito un cono con uno spessore nell'apice di 450 micron deve asportare una quantità di tessuto nell'apice per regolarizzarne il profilo di circa 130 micron e uno con spessore di 370 almeno 200 micron: ne risulta pertanto evidente che più è ridotto lo spessore nell'apice e perciò più avanzato è il cono e più sarà il tessuto corneale da ablare per regolarizzarne il profilo. I valori di tessuto da asportare sono stati calcolati dal programma fotoablativo che va a definire lo shot-file. È evidente pertanto che un cono con spessore al di sotto di questi valori vedrebbe una quantità tale di tessuto da asportare per eliminare la deformazione del suo profilo da perforare la cornea.

Tecnica chirurgica

Il programma linkato topoaberrometrico gestisce l'ablazione sul cono centrandosi sulla pupilla: ogni errore nel posizionamento del paziente sotto il laser si traduce in questa fase con una sottocorrezione dell'aberrazione indotta dal cono e quindi con la possibile residua sopravvivenza della deformazione una volta completata l'ablazione. Anche una inesattezza di rilievo topografico può essere alla base di un risultato non soddisfacente. È evidente che più avanzato è il cono e più facile è ottenere una ipocorrezione da parte del programma linkato: infatti da una parte il rilievo topografico anch'esso centrato sulla pupilla, diviene sempre più critico per la deformazione progressiva degli anelli riflessi dalla cornea e per la irregolarità del film lacrimale e dall'altra il centro della pupilla apparente su cui si posiziona la fotoablazione può risultare sempre più inesatto.

Topografia

La topografia deve essere eseguita con estrema cura, verificando dapprima le fotografie degli anelli e scartando tutte quelle che presentano o sfocature o irregolarità, la definizione della pupilla deve essere perfetta e quindi eventualmente corretta con il programma dedicato (*pupil-editor*) e quindi processate le immagini (almeno tre) va verificata la ripetibilità della mappa così ottenuta. Da ricordare che il rilievo topografico viene eseguito con l'epitelio integro ed è a tutti noto come la stratificazione epiteliale in una ectasia conica diviene tanto più sottile quanto più pronunciata è l'ectasia: alla base del cono invece si avrà una stratificazione epiteliale più marcata e tutto ciò produrrà uno smorzamento delle differenze di altezze tra base e apice del cono con il risultato che il programma leggerà una ectasia più piccola di quella reale.

Pupilla apparente

La pupilla apparente è la proiezione della pupilla reale attraverso la cornea ed è quella che vede il chirurgo al microscopio, il topografo quando processa gli anelli riflessi, l'eye tracker del laser quando esegue la sua fotoablazione. Da ricordare che la pupilla apparente è normalmente concentrica alla pupilla reale e solo lievemente ingrandita dalla sua visione attraverso una cornea normale: una cornea che possiede però una elevata aberrazione da coma è ovvio che produrrà una immagine della pupilla, alterata sia come forma che come posizione. Pertanto sia la mappa topografica non potrà essere perfettamente centrata né e questo è ancora più significativo l'eye tracker potrà leggere un centro pupillare corretto. Per i motivi sopra esposti si ottengono di solito risultati topoaberrometrici, dopo aver eseguito il primo link, non del tutto soddisfacenti: permangono infatti molto spesso dei quadri di cheratocono residui con percentuali di correzione delle aberrazioni originarie del 70%. Dopo aver posizionato sulla cornea così trattata una lente corneale morbida monocurva, di opportuna curvatura, e di spessore di circa 30 micron, appositamente costruita, si può riposizionare il paziente al topografo e rieseguire una misurazione delle altezze: questa volta l'assenza dell'epitelio non potrà più causare l'effetto smoothing e una pupilla apparente sicuramente più attendibile, perché filtrata attraverso una cornea già regolarizzata dal primo link, permetterà una centratura migliore sia dell'analisi topografica che di un eventuale ulteriore programma fotoablativo. Sono state condotte diverse prove sull'attendibilità di queste misurazioni con l'applicazione della lente e tutte hanno mostrato un alto indice di

precisione dei valori altitudinali così rilevati. Eseguita la topografia di controllo se si rilevano ancora significative deformazioni di profilo legate a residui di ectasia cheratoconica, si provvede ad allestire il secondo link fotoablativo che di solito prevede una fotoablazione di tessuto corneale del 60% inferiore rispetto al primo link (se ad esempio il primo link prevedeva una ablazione di tessuto massima di 160 micron, il secondo ne prevede circa 60): al termine del secondo trattamento la cornea si presenta totalmente regolarizzata con scomparsa completa dell'immagine topografica del cheratocono. È evenienza eccezionale che sia necessaria una terza procedura laser e di solito viene eseguita in coni molto avanzati e prevede ablazioni di pochi micron. Una considerazione molto importante, quando si costruisce il link topoaberrometrico, riguarda la curvatura centrale finale che si intende raggiungere; infatti se si preferisce appiattire molto il cono verranno impostati come target da raggiungere, valori di curvatura finale centrale inferiori a 40-42 D e in tale maniera la ablazione linkata insisterà soprattutto come asportazione di tessuto sull'apice del cono, realizzando una ablazione simile ad una miopica, mentre se si imposteranno valori superiori a 45-46 diottrie, il programma fotoablativo distribuirà l'asportazione del tessuto corneale soprattutto alla periferia del cono e lontano da esso in modo da incurvare le zone di cornea meno curve e in pratica realizzando una ablazione ipermetropica. Tale considerazione diventa molto importante specie quando gli spessori corneali a livello del cono sono bassi e si può avere il rischio di creare delle microperforazioni: è ovvio che in tali casi sarà preferibile impostare valori di curvatura finali centrali più alti. A questo punto, fatta una verifica pachimetrica dello stroma residuo e confrontando i valori ottenuti con quelli teorici previsti ed ottenuti sottraendo dai valori pachimetrici di partenza quelli previsti per le singole fotoablazioni linkate, si dovrà provvedere ad eseguire uno scavo, sempre al laser in modalità PTK con diametro di almeno 7,5 mm. sulla cornea ricevente di circa 100 micron che dovrà ospitare la lamella donante e permettere al chirurgo di eseguire una tasca intrastromale dove posizionare le alette dell'innesto. Nei casi in cui la fotoablazione linkata già eseguita dovesse lasciare spessori molto ridotti nella zona del cono è preferibile non eseguire ulteriori ablazioni e eseguire una tasca periferica manualmente come si era soliti fare nella tecnica di epicheratoplastica senza eseguire ovviamente cheratectomie. L'innesto dovrà avere uno spessore tale da ricostituire una cornea finale di almeno 550-600 micron nella parte più sottile, cioè nella zona dove era presente l'apice del cono. Questo spessore così ricostituito oltre a dare resistenza alla cornea potrà permettere in un secondo tempo una ulteriore fotoablazione linkata, finalizzata alla definitiva regolarizzazione del profilo corneale e alla correzione di difetti refrattivi residui sulla porzione di cornea lamellare rivitalizzata, una volta tolti i punti di sutura. Questa procedura, che verrà meglio analizzata nei paragrafi seguenti, è di estrema utilità specie quando gli indici di regolarità topografica presenti nella cornea così ricostituita e in fase di refrazione stabile, presentino valori elevati a testimonianza di superfici non regolari e con presenze ancora significative di astigmatismi irregolari e/o di difetti refrattivi assosimmetrici elevati: la procedura ablativa di superficie in questi casi può essere considerata assolutamente sicura e non a rischio di reazioni cicatriziali tipo haze come al contrario avviene nei postumi di una cheratoplastica perforante dove si è costretti a ricorrere a metodiche fotoablativo tipo "LASIK" proprio per l'elevato rischio di reazioni cicatriziali di superficie. Si ritiene che questo differente comportamento corneale al raggio laser sia legato alla notevole differenza di cellularità presente nelle due situazioni. Una cellularità molto bassa caratterizza una cornea sottoposta a LK, una cellularità più marcata e soprattutto attivata (v. reperti Confoscan) quella presente dopo PK. Si rimanda a tal proposito al capitolo dell'esame confocale della cornea in cheratoplastiche lamellari eseguite con laser. A proposito della valutazione pachimetrica intraoperatoria sia della cornea ospite che dell'innesto da ricordare la possibilità di utilizzare un pachimetro laser di recente produzione che ha la possibilità di monitorare in modo continuo lo spessore del tessuto man mano che procede l'ablazione del laser. Si tratta di un pachimetro di produzione Haag-Streit che può essere montato sul laser. Tale metodica innalza ulteriormente la sicurezza e la precisione della procedura. L'esecuzione di questa ultima fase di fotoablazione in modalità PTK di circa 80-100 micron necessaria per costruire un letto in cui posizionare l'innesto viene eseguita con un diametro del fascio ablativo di 10 millimetri: si provvede dapprima a posizionare sulla cornea centrandola sulla pupilla una maschera che esponga al laser solo una pozione centrale di circa 7,5-8 mm e che copra tutta la parte restante della cornea. È sufficiente prendere un foglio spesso circa un quarto di millimetro, plastificato, rigido, rotondo, di diametro 10-11 mm in cui si pratica al centro, con un trapano corneale tipo Franceschetti, un foro di 7,5-8 mm di diametro e quindi semplicemente appoggiarlo sulla cornea centrato sulla pupilla stessa: la maschera

rimane adesa alla cornea e permette al fascio laser di lavorare sulla cornea centrale corrispondente alla zona forata, copre la porzione periferica della cornea proteggendola totalmente da qualsiasi effetto ablativo. Alla fine della procedura si asporterà la maschera e si sarà ottenuto sulla cornea lo scavo della dimensione e della forma desiderata.

Preparazione dell'innesto

Nell'evoluzione della metodica, anche la preparazione dell'innesto ha subito continui perfezionamenti. Inizialmente venivano utilizzate lamelle preparate con microcheratomo da cornee donanti e mantenute in disidratazione: con tale metodica si era però costretti a utilizzare geometrie standard del lenticolo, spessori predeterminati e spesso con morfologie non perfette. Il taglio con microcheratomo, infatti, compiuto su cornee fresche in mantenimento non assicurava spessori precisi e diametri sicuri e talora i valori teorici di spessore indicati di una lamella non corrispondevano a quelli reali nella lamella reidratata fisiologicamente dopo l'innesto con conseguenti spiacevoli sorprese. Inoltre queste lamelle potevano non essere idonee in caso di fotoablazioni più o meno profonde del previsto: capitava cioè di prevedere una fotoablazione di 200 micron e quindi di ordinare lamelle di un determinato spessore teorico e poi di dover, per problemi che si creavano durante l'intervento, cambiare la profondità dell'ablazione e quindi essere costretti ad innestare lamelle di spessore non più idoneo. Attualmente vengono utilizzati bottoni corneali di 9 mm di diametro disidratati e a cui è stato preventivamente asportata la Descemet-endotelio. Lo spessore di tali bottoni è noto perché la cornea donante viene misurata prima dell'espianto e dopo disidratazione. Il bottone corneale ancora disidratato viene posizionato dal lato parenchimale sotto il fascio laser che provvederà ad assottigliarlo a piacimento e sotto il controllo continuo del pachimetro laser: da ricordare come una cornea disidratata subisca l'effetto ablativo del laser in maniera maggiore rispetto ad un tessuto corneale in normale stato di idratazione. L'effetto ablativo è di circa il 20% più efficace: ciò significa che impostando una ablazione di 100 micron se ne producono in effetti 120. Il vantaggio di preparare i bottoni con il laser risiede nella possibilità di preparare lamelle di qualsiasi spessore e morfologia in maniera del tutto estemporanea permettendo così al chirurgo la più ampia libertà di decisione chirurgica intraoperatoria e questo rappresenta un grande vantaggio pratico e quindi di poter cambiare in ogni momento le scelte ablative che non saranno legate alla disponibilità di lamelle di spessore predeterminato. Il vantaggio poi di disporre di bottoni disidratati è quello della maggiore facilità di gestione dei bottoni da parte delle strutture di banca e soprattutto quello di ridurre notevolmente i tempi di preparazione con la metodica laser. Infatti assottigliare al laser una cornea fresca e con spessori talvolta anche molto elevati (> 650 micron), perché edematosi, richiede tempi molto lunghi e inoltre la mammellonatura presente in una cornea fresca, l'acqua che continuamente emerge sulla superficie di ablazione e le pieghe parenchimali sempre presenti renderebbero difficile una fotoablazione omogenea con la formazione di superfici finali irregolari. La superficie di un bottone disidratato si presenta al contrario liscia ed uniforme e tale si mantiene anche durante la ablazione laser al contrario di una cornea normale e gli spessori molto minori (circa 300 micron) richiedono una ablazione minore. La metodica di disidratazione in genere determina una diminuzione di spessore rispetto al tessuto fresco del 45% per cui un bottone privato della Descemet di 500 micron centrali diviene circa di 300 micron: in ogni caso è necessario che il chirurgo sia messo nelle condizioni di conoscere lo spessore centrale della cornea originale del donatore prima di eseguire l'espianto e lo spessore del bottone disidratato prima della reidratazione. In tale maniera sono noti tutti i dati necessari alla impostazione del valore di ablare: se per esempio disponiamo di un bottone disidratato di 340 micron e sappiamo che lo spessore centrale originario era di 560 micron sappiamo che lo spessore si è ridotto del 40% per cui ogni 100 micron asportati nel bottone disidratato corrisponderanno a lamella reidratata a 140 micron di tessuto ablatato. In ogni caso poter disporre di un pachimetro intraoperatorio, magari laser con lettura continua, è indispensabile per una corretta verifica. Terminata questa breve procedura di assottigliamento del bottone donante si provvederà a costruire una particolare geometria che favorisca l'inserimento della parte periferica del bottone nella tasca ricevente: il bottone corneale viene posizionato sotto il raggio laser dal lato epiteliale e una maschera viene centrata su di esso. In tale maniera viene protetta dal fascio laser una porzione centrale di diametro uguale al diametro dello scavo prodotto sulla cornea mentre viene esposta la porzione periferica che verrà assottigliata sino a valori di cornea reidratata di 150 micron. Se ad

esempio lo scavo sulla cornea ospite è stato di 7,5 mm, verrà posizionata sul bottone dal lato epiteliale una maschera di eguale diametro, per cui utilizzando un bottone di 9 mm di diametro ne risulterà che verrà trattato dal laser una porzione di bottone periferica di 0,75 mm che sarà proprio quella porzione che sarà posizionata sulla tasca della cornea ospite. Questa procedura oltre ad evitare che sotto la tasca venga inserita una quantità eccessiva di tessuto con formazioni di rigonfiamenti periferici e deformazioni, permette un perfetto allineamento dei bordi del bottone donante e della cornea ospite. La sutura dovrà essere eseguita in maniera da mantenere il contatto tra questi due bordi evitando così che eserciti trazioni diverse da quelle programmate dalle geometrie dello scavo e dell'innesto.

La sutura

Inizialmente veniva utilizzata una sutura continua semplice simile a quella che si utilizza nella PK ad elevata tensione in nylon 10/0: la difficoltà di gestione di tale sutura nel periodo postoperatorio, in caso di allentamento della stessa o di irregolarità a settore, e soprattutto la difficile prevedibilità dei tempi di asportazione condizionavano tempi di permanenza molto lunghi, superiori ai 5-6 mesi. Tale fatto condizionava significativamente le modalità di cicatrizzazione della lamella innestata e i tempi di recupero visivo. Ora viene utilizzata una sutura a punti singoli sempre in nylon 10/0 a disposizione radiale: il numero dei punti va dai 12 ai 16 ma può essere variato a seconda della facilità di affrontamento dei margini. È necessario che a fine sutura non vi siano zone in cui si realizzino contatti insufficienti tra bordo della lamella e bordo dello scavo sulla cornea ospite. I punti singoli inizieranno ad essere asportati secondo indicazione topografica a partire dal primo mese.

Periodo postoperatorio precoce

Questo periodo caratterizzato soprattutto dalla gestione dei problemi epiteliali, del trofismo dell'innesto e dalla gestione della sutura, si può considerare esaurito intorno al quindicesimo-ventesimo giorno. È essenziale in questo tempo provvedere a eliminare eventuali punti allentati e alla loro sostituzione; una scorretta gestione di questa problematica può causare l'insuccesso completo della metodica e la perdita dell'innesto. Infatti un punto lento può innescare fenomeni trofici, infettivi, causare una parziale lussazione della lamella dalla tasca. In presenza di particolari friabilità del tessuto del lembo, edemizzato e ancora traumatizzato specie nella zona periferica dal trattamento fotoablativo, può essere necessario apporre dei punti a croce o obliqui che esercitino minore effetto traumatico sul tessuto corneale.

Periodo postoperatorio tardivo

Si considera esaurito a guarigione tessutale avvenuta, circa 3-5 mesi dall'intervento. In tale periodo le problematiche maggiori sono legate all'asportazione selettiva dei punti e talora a residui problemi epiteliali e trofici. In presenza di elevati astigmatismi l'asportazione dei punti nel meridiano più refrattivo sarà precoce, potrà essere più tardiva, al secondo mese, se in presenza di astigmatismi inferiori alle tre diottrie. È evidente che la presenza di problematiche trofiche persistenti può condizionare pesantemente la gestione della sutura ritardando o anticipandone l'asportazione: se infatti può esserci il sospetto che la sutura possa in qualche modo influenzare la possibilità di recupero del tessuto, perché troppo stretta o troppo lenta, o perché comunque lesiva del tessuto, essa va subito rimossa se al contrario non è essa la causa del fenomeno va mantenuta in situ più a lungo permettendo così al tessuto di cicatrizzare meglio. Il periodo refrattivo si può considerare iniziato al 4-5 mese ed è quello dominato dalle problematiche ottiche (trasparenza dell'innesto e dell'interfaccia) e refrattive (astigmatismi, ecc). In questo periodo si potranno utilizzare farmaci topici cortisonici per favorire il ripristino di una buona trasparenza soprattutto a livello dell'interfaccia dove sono spesso evidenti opacità molto simili all'haze post PRK e sarà necessario monitorizzare accuratamente la refrazione e il dato topografico allo scopo di capire l'avvenuta stabilizzazione delle forze di assestamento e perciò della refrazione. Solo a questo punto potrà essere fatta una valutazione del risultato refrattivo ottenuto e provvedere eventualmente alla correzione dei difetti residui.

Efficacia - Risultati

La valutazione dei risultati non può prescindere, specie quando si rivolge ad una nuova metodica che si pone in contrapposizione rispetto alla tradizionale PK e ad altre metodiche lamellari, quali la LK predescemetica, da una analisi completa dei molteplici fattori che contribuiscono a formulare un giudizio sull'efficacia di una procedura chirurgica alternativa. Potremo considerare fattori primari e secondari dalla cui somma potrà ricavarsi un giudizio finale:

Fattori primari

Efficacia nella correzione della deformazione corneale, stabilità correttiva, recupero funzionale, valutazione della qualità visiva, valutazione endoteliale.

Fattori secondari

Considerazioni sull'innesto, qualità dell'interfaccia, pieghe parenchimali, incidenza delle complicanze intra e postoperatorie, la s. immunologica, gli astigmatismi residui, gli spessori corneali medi, minimi e massimi, facilità esecutiva e sicurezza. Per una analisi approfondita di tutti i fattori si rimanda agli appositi paragrafi, mentre qui ci limiteremo a dare sinteticamente i risultati tipici e caratteristici delle tecniche sopra descritte riferendosi ad un campione di 223 interventi eseguiti dallo stesso chirurgo (Paolo Bonci) dal 1993 a tutto il 2003 facendo riferimento alla prima fase (fino al 2001) e alla seconda fase in cui è stata applicata la metodica con il link topoaberrometrico. Per quanto riguarda la correzione della deformazione ectasica viene presa in considerazione la sola correzione del profilo corneale anteriore e viene considerato come risultato pieno la completa scomparsa di ogni forma di aberrazione corneale riferibile a deformazione conica, mentre la valutazione della regolarità topografica della superficie anteriore considera gli indici di regolarità topografica ed è espressione della presenza di deformazioni indotte dalla tecnica quali disallineamenti dell'innesto, lussazioni parziali e a settore dell'innesto, fenomeni cicatriziali con secondarie deformazioni del profilo. Includiamo nel concetto di regolarità topografica l'analisi delle varie componenti aberrometriche presenti sulla superficie corneale esaminata su 8 millimetri di diametro e in particolare della coma che è il difetto più rappresentato e significativo in una cornea affetta da cheratocono con valori che possono essere 20-30 volte superiori a quelli presenti su cornee normali: una perfetta correzione di tale aberrazione è garanzia di una ottima regolarizzazione del profilo corneale anteriore e della scomparsa di ogni forma di ectasia residua. Per quanto riguarda la stabilità correttiva essa considera sino al max follow-up, l'efficacia della correzione dell'ectasia nel tempo, e soprattutto le variazioni localizzate e diffuse di curvatura, nel tempo, della superficie corneale anteriore quale indice di persistente efficacia dell'intervento: in due soli casi si è assistito ad una ricomparsa del fenomeno ectasico a partenza dai settori inferiori ed era però evidente in entrambi i casi un difetto chirurgico di innesto della lamella presente sin dai primi mesi dall'intervento. La qualità visiva riferita è un parametro di difficile quantificazione che si basa soprattutto sulla risposta del paziente a domande specifiche quali il suo comfort visivo, la presenza di disturbi notturni e alla luce, la presenza di perdita di contrasto in particolari situazioni, il confronto con l'occhio adelfo se ancora non interessato in maniera significativa dalla deformazione cheratoconica o se già sottoposto ad altre procedure chirurgiche quali la PK. La valutazione endoteliale è stata fatta al follow-up massimo, minimo di 1 anno e massimo di 10 anni: la popolazione endoteliale media è risultata di 2100 cellule con una D.S. di 301,5. Il valore di densità cellulare media presente al di sotto del valore medio è stato di 1859 con D.S. di 163 mentre la media dei valori al disopra del valore medio è stato di 2381 con D.S. di 167. Se si paragonano questi risultati a quelli presenti in letteratura su cornee sottoposte a PK si evidenzia nettamente come questa tecnica permetta, conservando il patrimonio endoteliale del paziente, di preservare una popolazione endoteliale decisamente più ricca. Inoltre nella maggior parte dei casi non si assiste ad un progressivo impoverimento del patrimonio endoteliale dopo l'intervento, come nella PK, ma i valori si assestano senza più cambiare significativamente già al terzo mese. Solo in 37 casi abbiamo potuto comparare i dati endo-teliali preintervento a quelli postintervento, in questi al follow-up massimo è stato notato un decadimento del patrimonio rispetto ai valori preintervento del 15%: tutti e 37 i casi esaminati appartenevano a pazienti sottoposti a fotoablazioni sul letto superiori a 320 micron e pertanto con spessori residui teorici, prima dell'innesto lamellare, inferiori a 60 micron. Le differenze

più significative rilevabili nella valuta-zione dei fattori secondari , tra le due diverse fasi della tecnica, si riferiscono soprattutto alla presenza delle pieghe stromali, evidenziati con l'esame confocale, e alla presenza degli astigmatismi residui. Le pieghe sono state drasticamente ridotte dalla tecnica di ablazione link-topoaberrometrica e ciò in relazione ai minori effetti di compressione meccanica dell'innesto sul letto: gli astigmatismi residui si sono ridotti anch'essi in maniera importante e soprattutto presentano morfologie topografiche più regolari ponendo pertanto minori difficoltà nel loro trattamento e ciò in relazione alla correzione linkata che provvede ad eliminare tutte le aberrazioni presenti sulla cornea affetta da cheratocono, comprese quelle astigmatiche.

Altre tecniche

La tecnica prevede, in anestesia peribulbare e dopo disepitelizzazione meccanica, l'esecuzione di un'ablazione con laser ad eccimeri Mei 70 secondo una procedura di ablazione in modalità PTK lasciando un letto corneale residuo stimato di almeno 200 micron (ablazione da 110 a 200 mm; media $185,58 \pm 30,78$ DS). Al termine della ablazione PTK mode, viene praticato uno smoothing con fluido maschera (ac. Ialuronico 0,4%) di circa 10-20 micron. Successivamente, mediante un tagliente tipo *crescent knife*, viene creata una tasca lamellare profonda circa 2,5 mm lungo l'intera circonferenza del letto ricevente, nella quale viene inserito il lenticolo corneale donatore di diametro medio di $9,01 \text{ mm} \pm 0,32 \text{ SD}$ (range da 8,5 a 9,8 mm) e di spessore medio di $362,72 \text{ mm} \pm 36,35 \text{ DS}$ (range da 320 a 420 mm). Sono state utilizzate lamelle corneali, fornite dalla Banca degli Occhi del Veneto, disidratate in gel di silicio e reidratate per 10 minuti con BSS al momento dell'intervento. I lenticoli sono stati posizionati nel letto ricevente utilizzando inizialmente 4 punti di sutura in nylon 10/0 nei 4 punti cardinali e poi attraverso una sutura continua a 16 passaggi o 16 punti staccati, sempre in nylon 10/0. Dopo la regolazione intraoperatorie della sutura sotto controllo cheratoscopico, la procedura chirurgica è completata con l'applicazione topica di antibiotici e lubrificanti. A riepitelizzazione completa, si è proceduto all'instillazione di colliri corticosteroidi topici (fluometolone 0,2%) per circa 30 giorni e successivamente scalati nel giro di 2 settimane. Con questa procedura dal Giugno 2001 al Giugno 2003 sono stati sottoposti a trattamento 26 pazienti (15 maschi, 11 femmine) di età compresa tra 22 e 53 anni (media $31,13 \pm 9,06$ DS) affetti da cheratocono con intolleranza alle LAC, spessore corneale minimo maggiore di 350 mm e visus corretto inferiore a 5/10 . Ogni paziente è stato sottoposto, pre e post-intervento, a rilevazione del visus naturale (UCVA) e corretto (BSCVA), dell'equivalente sferico (MRSE), dell'astigmatismo corneale e della curvatura corneale topografica, dello spessore corneale e della densità endoteliale. Sono stati esclusi i pazienti affetti da diabete, disordini del tessuto connettivo, glaucoma e pressione intraoculare maggiore di 18 mmHg, patologie retiniche, occhio secco ed ambliopia profonda.

Complicanze della chirurgia manuale

La cheratoplastica lamellare profonda (DLKP) è una tecnica chirurgica non perforante che, a differenza di quella perforante (PK), mantiene integro lo strato endotelio-descemetico del ricevente ed offre un recupero funzionale più rapido. La tecnica non perforante si presenta, tuttavia, più difficoltosa con una curva di apprendimento lunga e non priva di insuccessi. Con la tecnica perforante l'intervento viene generalmente condotto secondo il programma operatorio; nella lamellare profonda si possono verificare delle complicanze intraoperatorie che obbligano il chirurgo a convenire in tecnica perforante. Per tale motivo va sempre informato il paziente del possibile cambiamento di programma (importanza del consenso informato) ed è indispensabile avere a disposizione anche una cornea idonea per la cheratoplastica perforante per evitare di dover innestare un lembo con un numero di cellule endoteliali insufficienti e di scarsa qualità, causa di fallimento chirurgico per il paziente e di implicazioni medicolegali per il chirurgo. Vi sono inoltre complicanze intraoperatorie esclusive di questa tecnica che sono più gestibili e che consentono di condurre a termine l'intervento, ma che possono portare a complicanze nel postoperatorio. In Tabella 1 sono elencate le principali complicanze monitorate dalla Società Italiana Trapianti di Cornea (S.J.TRA.C) su un campione di 757 casi di cheratoplastica

lamellare operate consecutivamente da Chirurghi italiani. Alcune complicanze intraoperatorie sono comuni alla cheratoplastica perforante ed a quella lamellare. Analizzando i vari tempi chirurgici si possono evidenziare le seguenti complicanze che dipendono da errori di tecnica chirurgica e che possono condizionare il recupero funzionale nel postoperatorio. Nella preparazione del lembo del donatore si possono verificare delle imperfezioni legate ad anomalie della strumentazione utilizzata (perdita di suzione, errato assemblaggio del trapano o del punch di Hanna), a scivolamento della cornea nell'alloggiamento durante la trapanazione (punch senza suzione), che possono determinare errori di centratura e obliquità dei bordi della trapanazione. Un decentramento eccessivo nel ricevente può condizionare il recupero funzionale e la sopravvivenza del lembo, interferendo con la zona ottica e avvicinandosi al limbus, dal lato opposto. Inoltre in alcuni casi, quando si prepara un lembo di ampio diametro, la cornea del donatore se più curva dell'alloggiamento in cui viene posizionata, può scivolare durante la trapanazione³; questo determina una ovalizzazione del lembo con conseguenze refrattive importanti, soprattutto dopo la rimozione della sutura. A trapanazione avvenuta si può verificare una disparità di spessore dei bordi tra lembo del donatore e cornea ricevente; questa evenienza risulterà più difficilmente gestibile nella cheratoplastica lamellare profonda poiché la differenza di spessore dei bordi può essere ulteriormente accentuata da una tecnica che lasci tessuto stromale nella periferia del letto ricevente; si viene così a ridurre ulteriormente lo spessore utile per un corretto alloggiamento del lembo preparato. La disparità di spessore dei bordi, se non gestita in modo corretto, determinerà una scarnatura nel profilo superficiale della cornea e conseguente sensazione di corpo estraneo, maggiore facilità al rigetto ed astigmatismo irregolare. Una sutura compressiva profonda con percorso del filo equidistante dalla superficie, potrà scaricare l'irregolarità di spessore verso la membrana di Descemet, mettendo in tensione la stessa (di dimensioni esuberanti nel cheratocono) e regolarizzando la superficie corneale. Altre complicanze intraoperatorie sono esclusive della chirurgia lamellare. Si possono commettere errori nella trapanazione della cornea ricevente. Una errata calibrazione del trapano rispetto alla pachimetria corneale, eseguita in corrispondenza del taglio, può determinare una perforazione con ingresso della lama in C.A. Nel caso contrario la presenza di un taglio poco profondo determinerà un piano di clivaggio troppo superficiale per l'asportazione del primo flap, residuando un letto stromale spesso, che potrà condizionare in modo negativo la corretta separazione della membrana di Descemet con la comparsa di micro o macroperforazioni. Nel caso di microperforazioni, si può introdurre una bolla d'aria o miscele di gas e aria (SF6 + aria, C3F8 + aria) in C.A., e se questa viene trattenuta, si può continuare la procedura, nel caso contrario si converte in perforante. Un altro errore di tecnica, legato alla curva di apprendimento, si evidenzia con l'espressione di un piano di dissecazione profonda non corretto in cui, non essendo stato individuato il piano di clivaggio predescemetico, residuerà un letto ricevente irregolare con conseguente scarsa qualità visiva (problemi dell'interfaccia). Per ovviare a tale inconveniente e per favorire la visualizzazione delle lamelle stromali, dal piano descemetico viene di norma eseguita una dissecazione delle stesse utilizzando soluzione salina 0 aria⁵ introdotte tramite un ago da 30 gauge montato su siringa a tenuta (*luer-lock*). Durante questa fase si può verificare una perforazione della cornea con liquido o aria iniettati direttamente in C.A. Tale situazione, che determina ipertono acuto deve essere corretta rapidamente per evitare complicanze postoperatorie irreversibili, quali danni alla testa del nervo ottico o atrofia iridea con midriasi paralitica (Sindrome di Urretz-Zavalía). Infine altre possibili complicanze intraoperatorie sono legate alla preparazione del lembo da innestare. Durante l'asportazione della membrana Descemet-endotelio, soprattutto se eseguita con pinze, vi può essere un danno dello stroma e dell'epitelio. Se il danno è a carico dello stroma si possono avere nel postoperatorio, edema e pieghe del lembo, se invece è a carico dell'epitelio si potrà avere difficoltà nella corretta distribuzione delle forze della sutura con conseguente astigmatismo elevato nel postoperatorio. Nel postoperatorio le complicanze che possiamo più frequentemente riscontrare sono rappresentate, nella maggior parte dei casi, da difetti di curvatura corneale, alterazioni a livello dell'interfaccia, edema e pieghe del lembo, rigetto stromale ed in casi rari infezioni. L'astigmatismo è la complicanza più frequente che il chirurgo deve affrontare nel postoperatorio di un trapianto di cornea. È dovuto ad errori commessi nelle diverse fasi dell'intervento, dalla preparazione del lembo donatore fino alla non corretta tensione della sutura. Infatti l'astigmatismo postoperatorio può esser causato sia da errori tecnici di trapanazione del lembo donatore e del ricevente, precedentemente trattati, sia da irregolare distribuzione delle forze tensionali della sutura. L'irregolare distribuzione delle forze tensionali può esser dovuta alla non corretta compressione del lembo donatore nel letto ricevente, tramite punti staccati, prima di procedere al passaggio della sutura continua, oppure al non corretto passaggio dei punti della sutura continua, alla stessa profondità dalla superficie del lembo donatore e ricevente. Errori nell'apposizione della sutura possono inoltre determinare irregolarità

della superficie esterna corneale con scalinatura al bordo di giunzione tra donatore e ricevente. Va ricordato, inoltre, che statisticamente è stato dimostrato che l'astigmatismo postoperatorio è inferiore con la tecnica lamellare ed è più facilmente correggibile con metodiche chirurgiche aggiuntive (tagli arcuati rilassanti nella cicatrice di giunzione, PRK e LASIK) rispetto alla cheratoplastica perforante.

Le complicanze che possiamo riscontrare a livello dell'interfaccia sono dovute alla presenza di: falsa camera, micropacità e di residui cellulari sul letto ricevente. La presenza di una falsa camera è dovuta a microperforazioni che portano al passaggio di umor acqueo attraverso l'area di discontinuità della membrana di Descemet, mantenendo beante lo spazio tra cornea innestata e letto ricevente. Sovente tale problema viene risolto con l'introduzione di una bolla d'aria o miscele di gas e aria (SF6 + aria, C3F8 + aria) in C.A. e posizione supina del paziente. Le micropacità sono dovute alla presenza di piccoli corpi estranei a livello del letto ricevente ed infine la presenza di residui cellulari, sul letto ricevente, possono determinare una epitelizzazione dell'interfaccia. Questa complicanza che riduce drasticamente l'acuità visiva richiede un intervento chirurgico immediato, sollevando il lembo, asportando lo strato epiteliale e i residui cellulari e reinnestando lo stesso lembo od uno nuovo. La presenza di edema e pieghe del lembo, come già trattato in precedenza, sono dovute ad una non corretta preparazione dello stesso con danno a carico dello stroma in seguito all'asportazione della membrana Descemet-endotelio. Il rigetto nella cheratoplastica lamellare è molto raro, anche se abbiamo riscontrato, in alcuni casi, rigetti stromali che hanno richiesto la sostituzione del lembo. Il rigetto endoteliale con le classiche sequele (linea di Khodadoust, perdita di trasparenza della membrana di Descemet) è una evenienza improbabile nella cheratoplastica lamellare; per questo motivo il rigetto nella lamellare è statisticamente molto meno frequente rispetto alla cheratoplastica perforante. Le infezioni sono una complicanza rara nella cheratoplastica lamellare poiché non vi è apertura della C.A. Infine ricordiamo la presenza di iperplasia epiteliale che può comparire dopo disepitelizzazione superficiale accidentale. Pur in considerazione della difficoltà di esecuzione e delle complicanze aggiuntive rispetto alla cheratoplastica perforante, i vantaggi offerti da tale metodica fanno sì che ci sia una tendenza, da parte di numerosi chirurghi, ad adottare questa tecnica con sempre maggior frequenza.