



Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in a Zig-Zag Pattern Assisted by Femtosecond Laser: 1 year follow up.

Queratoplastia Lamelar Anterior Profunda asistida con láser de femtosegundo configuración Zig-Zag: Resultados a un año de seguimiento.

Mauricio Vélez MD^{1, 2}, Luis F. Velásquez MD³, Carlos Felipe Castaño MD³, Sebastián Rojas MD³, Laura Montoya López MD³

1. Médico y Cirujano, Especialista en Oftalmología, Supraespecialista en Córnea y Cirugía Refractiva. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
2. Servicio de Córnea y Cirugía Refractiva, Clínica Oftalmológica de Antioquia – Clofán, Medellín, Colombia.
3. Oftalmólogo. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

Correspondencia: Laura Montoya López MD:montoyalopezlaura@gmail.com.

CONFLICTOS DE INTERÉS:

Los autores reportan no tener ningún tipo de conflicto de interés relacionado con el presente trabajo de investigación.

INFORMACIÓN ARTÍCULO

Recibido 06/12/2016

Aceptado 08/02/2017

Palabras clave:

Queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK), láser de femtosegundo, Queratoplastia en Zig-Zag, Queratocono.

RESUMEN

Objetivo: Reportar el desenlace luego de 12 meses de seguimiento, en pacientes en los que se realizó una queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) asistida con láser de femtosegundo.

Metodología: Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo, mediante revisión de historias clínicas de pacientes sometidos a DALK asistida con láser de femtosegundo (Wavelight FS-200 ® Alcon. Forth Worth, Texas), utilizando la configuración de zig-zag. Las indicaciones de DALK incluyeron queratocono, ectasia post LASIK y leucoma como secuela de queratitis infecciosa. Las variables estudiadas fueron agudeza visual mejor corregida, cilindro queratométrico, refracción final y complicaciones intra y post operatoria.

Resultados: En total se incluyeron 10 ojos de 10 pacientes, en todos los ojos se llevó a cabo con éxito femto-DALK y no hubo ninguna complicación intraoperatoria. En el postoperatorio se presentó un caso de rechazo estromal, un caso de hipertensión ocular secundario a esteroides y un caso de retraso en la cicatrización. El seguimiento promedio fue de 13,1 meses (R= 12 – 15 meses). La Agudeza Visual Mejor Corregida (AVMC) preoperatoria promedio fue LogMAR 0,96 (R= 0,54 – 1,60). La AVMC postoperatoria promedio a los 12 meses fue 0,10 (R= 0,00 – 0,17). El equivalente esférico preoperatorio medio fue -12,6 Dioptrías (D) (R= -5,0 a -15,0D) y el postoperatorio fue -2,57 D (R= -0,50 a -6,25 D). El astigmatismo queratómétrico preoperatorio medio de -11,5D (R= -7,0 a -23D) y el postoperatorio -2,4 D (R= -0,75 a -3,75 D).

Conclusión: La femto-DALK en configuración Zig-Zag es un procedimiento confiable, con baja tasa de complicaciones intra y postoperatorias. El resultado refractivo es comparable con la queratoplastia penetrante, y ofrece beneficios sobre factores de estabilidad biomecánica y recuperación del paciente en el primer año postoperatorio.

Keywords:

Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK), Femtosecond laser, zig-zag keratoplasty, Keratoconus.

A B S T R A C T

Objective: The aim was to report the surgical outcomes of twelve months follow-up after femtosecond laser assisted Zig-zag configuration combined with Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (Femto-DALK).

Methods: A descriptive, retrospective study, which evaluated and assisted medical records of patients who had undergone deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) femtosecond laser assisted. Ten eyes of ten consecutive patients underwent femtosecond (Wavelight FS-200® Alcon. Forth Worth, Texas) laser-assisted zig-zag configuration combined with Anwar's big-bubble technique DALK, from April 2012 to December 2013. The diagnosis of the patients were keratoconus, corneal ectasia and scarring following infectious keratitis. Variables measured were: Best corrected visual acuity, keratometric corneal cylinder, final refraction and intra- and postoperative complications were analyzed.

Results: The procedure was performed without any complications in all patients. There was only a single case of stromal graft rejection, a case of corticosteroid-induced ocular hypertension and a case of delayed corneal epithelial healing. Mean follow-up period was 13.1 months (R= 12–15 months). The mean preoperative BCVA was LogMAR 0,96 (R= 0,54 – 1,60). The mean postoperative BCVA at 12th month was 0,054 (R= 0,00 – 0,09). The mean preoperative spherical equivalent (SE) was -12,6 Diopter (D) (R= -5,0 to -24,0D) and postoperative SE was -2,50 D (R= -0,50 to -6,25 D). The measurements of keratometric corneal cylinder preoperative was -11,5D (R= -7,0 a -23D) and postoperative refractive cylinder was -2,4 D (R= -0,75 to -4,00 D).

Conclusion: Laser-assisted zig-zag configuration combined with Anwar's big-bubble technique DALK is a safe procedure. The rate of intra and postoperative complications is low. The refractive outcomes are comparable to penetrating keratoplasty, but better biomechanical stability of the cornea and a faster visual recovery with femtoDALK procedure.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la Queratoplastia Penetrante (QP) ha sido la técnica más utilizada en trasplantes de córnea. La Queratoplastia Lamelar (QL), en la cual se reemplaza el tejido estromal corneal enfermo y se conserva el sano ha demostrado varias ventajas sobre la QP como el riesgo de hemorragia expulsiva y endoftalmitis que permanecen latentes en QP mientras en la QL desaparecen. La tasa de rechazo reportada en QL es menor que en QP, específicamente la tasa de rechazo endotelial que es exclusiva de la QP; esto es debido a que se conserva el endotelio receptor con menor estímulo inmunogénico asociado al tejido donante endotelial.¹ Por ello también se presenta menor uso de esteroides tópicos y de complicaciones asociadas a estos como glaucoma y catarata secundaria.²

Varias patologías de la córnea afectan únicamente el estroma anterior de la córnea, respetando el estroma posterior y el endotelio, en estos casos tanto la queratoplastia penetrante como la queratoplastia lamelar anterior ofrecen buenos resultados. Sin embargo, en la queratoplastia lamelar anterior se conserva el endotelio del receptor y la pérdida de células endoteliales es mucho menor;^{3,4} son varios los estudios que han demostrado que la QP cursa con mayor pérdida de células endoteliales, lo que hace razonable el uso de técnicas lamelares en estos pacientes.^{5,6}

Según el plano de profundidad, la queratoplastia lamelar anterior puede ser superficial (ALK: Anterior Lamellar Keratoplasty, por sus siglas en inglés) cuando el tejido removido está en las 300um anteriores o profunda (DALK) cuando va más allá de las 300um y la membrana de Descemet y endotelio están sanos y no son removidos.⁷

Aunque inicialmente la DALK y la ALK demostraron resultados visuales inferiores a la QP, hoy varios estudios han demostrado resultados similares. Con el paso de los años la DALK se ha ido mejorando en la medida en que el recurso tecnológico es cada vez mejor y la técnica se ha perfeccionado.⁸ El láser de femtosegundo se impone cada vez con más fuerza en la cirugía de córnea y segmento anterior y la queratoplastia lamelar es protagonista en este escenario. La precisión que ofrece este sistema durante el corte de la córnea conlleva a un acople geométrico entre el tejido donante y receptor permitiendo un ensamble ideal determinando una cicatrización

más firme, indicador fundamental en la estabilidad biomecánica en los trasplantes de córnea.^{9,10}

Por lo anterior la queratoplastia lamelar anterior profunda asistida con láser de femtosegundo nos permite obtener mejores resultados visuales excluyendo las complicaciones más temidas que se presentan en la queratoplastia penetrante.

METODOLOGÍA

Para el presente estudio, se realizó un estudio retrospectivo; en el cual se llevó a cabo una revisión de las historias clínicas de todos aquellos pacientes que hubiesen sido sometidos a Femto-DALK durante 2012-2013, por diferentes causas (Siete de los pacientes tenían diagnóstico de queratocono, dos de leucoma post queratitis infecciosa y uno de ectasia post LASIK.) Fueron excluidos del estudio aquellos sujetos que cumplieran con cualquiera de las siguientes características: no disponibilidad de la historia clínica completa por cualquier motivo; aquellos con otros tipos de trasplantes previos. Todos los procedimientos fueron realizados por el mismo cirujano, en la Clínica de Oftalmología de Antioquia CLOFAN (Medellín, Colombia).

TÉCNICA QUIRÚRGICA

Se prepara el lenticulo donante para el corte, adaptándolo a una cámara artificial de Katena® (Products inc. Denville, New Jersey). Luego de posicionar la interfase y calibrar el equipo de femtosegundo (Wavelight FS-200® Alcon. Forth Worth, Texas), se realiza corte con 200 kilohertz (kHz), en configuración de corte tipo zig-zag hasta el 90% de profundidad del tejido donante (cálculo de la profundidad basado en paquimetría inicial), con 30° de angulación y el diámetro interno y externo en rangos desde 7,5mm a 8,0mm de diámetro externo y desde 7,3mm a 7,8mm de diámetro interno.

Todos los procedimientos se realizaron bajo anestesia por bloqueo regional (lidocaína al 2% con epinefrina, bupivacaína 0,5% y hialuronidasa). Se procede a realizar paquimetría intraoperatoria en el ojo receptor con el fin de calcular la profundidad del corte. Se parametriza nuevamente el equipo de femtosegundo (FS-200) para un corte en zig-zag, de 30° de angulación con los diámetros establecidos previamente 0,1-0,2 menor que el tejido donante. La profundidad de la femtoablación está determinada por la paquimetría

tomada en el diámetro dispuesto y calculando que queden 80 micras de estroma corneal residual en el lecho receptor. *Figura 1.*

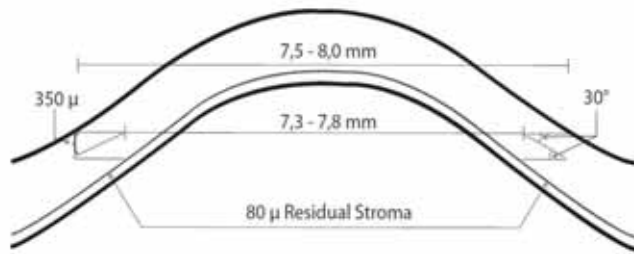


FIGURA 1: Configuración en el láser de femtosegundo para crear una configuración zig-zag en la córnea receptora. Un corte de espesor completo se realizó en un patrón de zig-zag, con un diámetro interno y externo (rangos de 7,5 mm a 8,0 mm de exterior y de 7,3 mm a 7,8 mm de diámetro interior). La profundidad de la Femto-ablación se midió mediante paquimetría y el corte de la cara posterior fue programado para comenzar 80 m por delante del endotelio en el punto más delgado. **Línea oscura:** representa el espesor total del lenticulo. Línea fina: profundidad de corte. Las **líneas de puntos:** Modelo Zig-Zag con 30° de angulación.

Posterior a la femtoablación se retira la unidad de acoplamiento y se evalúa que no exista penetración a la cámara anterior. En todos los casos se realiza la técnica de la gran burbuja mediante una cánula de Tan 27G. (Storz Ophthalmics; Bausch & Lomb Incorporated, Vaughn, Ontario, Canadá) que se inserta en el estroma profundo para aplicar una cantidad aproximada de 3 cc de aire para separar el complejo Descemet-endotelio del estroma mediante una gran burbuja; se rompe la burbuja y se inyecta una sustancia viscoelástica para permitir una queratectomía por cuadrantes en divide y conquista (técnica convencional descrita por Anwar)

Finalmente se procede a fijar la córnea donante con 16 puntos separados con nylon 10-0, se aplica antibiótico subconjuntival con esteroide (cefazolina + celestone) y se deja oclusión ocular. Figuras 2 y 3.

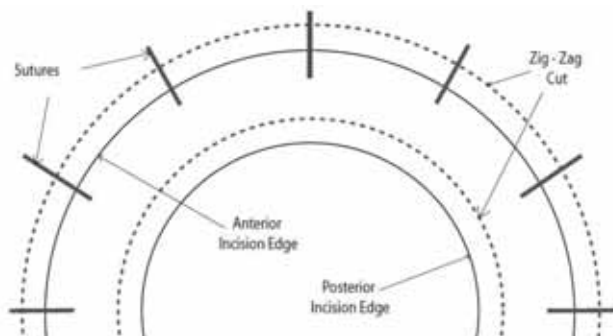


FIGURE 2: Visión esquemática de la configuración en zig-zag: **Vista superior.** Línea oscura: Suturas. Línea fina: Borde de la incisión anterior y posterior. Líneas de puntos: Modelo Zig-Zag con 30° de angulación.

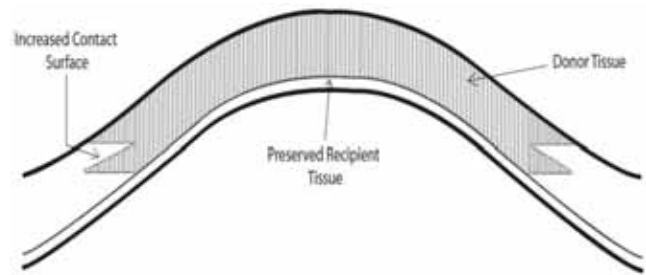


FIGURA 3. Visión esquemática de la configuración en zig-zag en el donante (área sombreada) y la córnea del receptor, lo que demuestra una mayor superficie de contacto.

Definición de Variables:

Para el presente estudio, las variables fueron definidas de forma similar a como han sido manejadas en otros artículos previos sobre el tema.¹⁻⁴ Las variables estudiadas fueron agudeza visual mejor corregida pre quirúrgico y a los 1, 3, 6 y 12 meses posterior a la cirugía, que fue entendida como la mejor visión que logra el paciente evaluado por cartilla de Snellen y expresado en escala LogMAR, el cilindro queratométrico pre quirúrgico y post quirúrgico a los 3, 6 y 12 meses, evaluado mediante autorefractoqueratómetro, la refracción final y las complicaciones intra y post operatoria.

Recolección y Manejo de Datos:

Todos los datos fueron tomados de la historia clínica de los pacientes por uno de los miembros del grupo investigador. La información fue depositada en una base de datos creada específicamente para el proyecto en el programa Numbers versión 3.5.2 [Apple Inc; Cupertino (CA), Estados Unidos]. La base de datos contó con un sistema de validación de variables para disminuir el riesgo de errores en la digitación de las mismas. Posteriormente, todos los datos fueron exportados y analizados por medio del paquete estadístico SPSS Statistics versión 20.0 [International Business Machines Corp (IBM); Armonk (NY), Estados Unidos]. Para el análisis se utilizó un enfoque eminentemente descriptivo, por lo que para las variables cualitativas se usaron medidas de proporción relativa y absoluta, mientras que para las cuantitativas se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión. Para proteger la integridad de los datos, todos los archivos se resguardaron de manera encriptada bajo el algoritmo tipo Serpent (Anderson, Biham, Knudsen; 1998) mediante el programa TrueCrypt versión 7.1 (Truecrypt Foundation;

Nevada, Estados Unidos). La presente investigación cumple con todos los lineamientos de protección ética para la investigación en humanos según la reglamentación nacional e internacional vigente a la fecha de realización. El protocolo de la investigación en su versión final fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Salud de la Universidad Pontificia Bolivariana.

RESULTADOS

Se incluyeron 10 ojos de 10 pacientes. 6 hombres y 4 mujeres, con edad promedio 27,7 años (17-42 años). A todos los participantes se les realizó una evaluación preoperatoria y postoperatoria completa, incluyendo: Agudeza Visual Mejor Corregida (AVMC) preoperatoria y a los 1, 3, 6 y 12 meses postoperatorios, refracción manifiesta preoperatoria y a los 12 meses postoperatorio y cilindro queratométrico y paquimetría preoperatorias. La AVMC media preoperatoria fue LogMAR 0,96 (R= 0,54 - 1,60), el equivalente esférico medio -12,6 D (R= -5,0 a -24 D) (fue imposible medirlo en dos pacientes por opacidad

de medios). El cilindro queratométrico medio fue -11,5 D (R= -7 a -23 D) y el cilindro refractivo previo -6,5 D (R= -4 a -8 D).

En todos los ojos se llevó a cabo con éxito una queratoplastia lamelar anterior profunda asistida con láser de femtosegundo y no hubo ninguna complicación intraoperatoria. En el postoperatorio se presentó un caso de rechazo estromal, exitosamente manejado con esteroides; un caso de aumento de la presión intraocular y un caso de retraso en la cicatrización.

El seguimiento promedio fue de 13,1 meses (R= 12 - 15 meses). El retiro de la última sutura se realizó en promedio a los 8,9 meses (R= 8-10 m). A los 12 meses postoperatorios la AVMC fue mejor o igual a LogMAR 0,17 en todos los pacientes y de LogMAR 0 en el 40% (promedio 0.10, R= 0.00 - 0.17). El equivalente esférico promedio fue -2,57 D (R= -0,50 a -6,25 D) y el astigmatismo queratométrico 2,4 D (-0,75 a -3,75 D).

Los datos pre y postoperatorios, se resumen en la Tabla 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1 Datos Preoperatorios:

Paciente No.	Edad (años) / Género	Ojo	Indicación para DALK	Paquimetría Corneal	AVMC preoperatoria (LogMAR)	Equivalente esférico	Cilindro Queratométrico
1	17 / H	D	Queratocono	466	0.87	-15	-7
2	22 / M	D	Queratocono	455	0.70	-10	-7
3	42 / M	I	Ectasia post-LASIK	389	0.87	-9.5	-9
4	16 / M	D	Queratocono	401	0.70	-24	-10
5	19 / H	I	Queratocono	421	0.54	-10	-9
6	24 / H	I	Queratocono	399	0.60	-5	-12
7	27 / M	I	Queratocono	411	1.30	-12.5	-11
8	27 / H	D	Queratocono	417	0.87	-14.5	-9
9	45 / H	D	Cicatriz HSV	583	1.60	n/a	-23
10	38 / H	D	Cicatriz por queratitis bacteriana	533	1.60	n/a	-18
Promedio	27.7			447.5	0.96	-12.6	-11.5

DISCUSIÓN

Por muchos años la queratoplastia penetrante ha sido la cirugía reina en trasplantes de córnea. Si bien las técnicas lamelares demostraron un perfil de complicaciones más amable, su complejidad técnica impedía que esta se posicionara con mayor peso.

Con el advenimiento de nuevas técnicas quirúrgicas y nuevas herramientas tecnológicas el escenario de los trasplantes de córnea está cambiando lentamente y cada vez se practican con mayor frecuencia queratoplastias lamelares. El láser de femtosegundo es una de esas herramientas que facilita la realización de una queratoplastia lamelar.

Tabla 2: Datos Postoperatorios.

Paciente	AVMC al mes*	AVMC a los 3 meses*	AVMC a los 6 meses*	AVMC a los 12 meses*	Cil 3 meses	Cil 6 meses	Cil 12 meses	Refracción Final	Equivalente esférico
1	0.60	0.54	0.17	0.09	-5.00	-4.00	-0.75	-2.00 (-1.00 X 65)	-2.50
2	0.60	0.60	0.09	0.00	-7.00	-7.00	-4.00	-1.00 (-3.00 X 175)	-2.50
3	0.47	0.39	0.09	0.09	-6.00	-5.00	-2.00	+0.50 (-2.00 X 65)	-0.50
4	0.69	0.60	0.17	0.09	-6.00	-4.00	-1.50	N (-1.50 X 20)	-0.75
5	0.60	0.39	0.09	0.00	-5.50	-4.00	-2.75	-1.50 (-2.50 X 30)	-2.75
6	0.69	0.30	0.00	0.00	-4.00	-3.50	-3.50	-3.00 (-3.00 X 135)	-4.50
7	0.69	0.60	0.00	0.00	-5.00	-4.00	-1.75	-4.00 (-1.75 X 20)	-4.75
8	0.69	0.39	0.17	0.09	-8.00	-5.00	-3.75	-4.50 (-3.75 X 80)	-6.25
9	0.60	0.30	0.17	0.09	-6.00	-4.00	-1.00	N (-1.00 X 45)	-0.50
10	0.54	0.30	0.09	0.09	-5.50	-4.00	-3.00	+0.75 (-3,25 X 40)	-0.75
Mean				0.054			-2.40		-2.50

AVMC Agudeza visual mayor corregida, Cil; Cilindro.
*Medidas(LogMAR)

El láser de femtosegundo permite configurar una interfase más homogénea entre los tejidos, ofreciendo mejores resultados visuales. La trepanación manual en *DALK* cursa con una curva de aprendizaje compleja, riesgo de perforación inadvertida e irregularidades en la interfase con riesgo de cicatrización anómala.¹¹ Con el uso del láser de femtosegundo se puede identificar con mayor exactitud los diferentes planos de la córnea, entre ellos el pre Descemético permitiendo la creación más segura de la gran burbuja, lo que a su vez disminuye el tiempo quirúrgico.

Otra ventaja potencial del *Femto-DALK*, es la posibilidad de dar formas particulares a los lenticulos (zig zag, top hat, mushroom, etc), lo cual permite mejor adaptación, mayor contacto de las superficies, mejor cicatrización y retiro más temprano de suturas con menor inducción de astigmatismo.¹² Se ha sugerido superioridad en configuraciones tipo “top hat” en pacientes¹³ y en modelos de laboratorio^{14,15} comparado con técnica estándar, al igual que se sugiere superioridad en configuración “mushroom” en series de casos, pero se requieren futuros estudios comparativos prospectivos para evaluar los resultados a largo plazo de esta técnica en comparación con la manual y la asistida con microqueratomo.¹⁶

De la misma manera se han propuesto ventajas de la configuración *zig-zag* comparada con la técnica

estándar, atribuidas a la mayor superficie de contacto y precisión del corte que permiten coaptación más exacta entre la interface donante receptor. Por otro lado si se requiere disección manual, el ángulo (45 grados) formado por la incisión tipo zig-zag lo facilita. Algunos autores han propuesto que patrones de corte angulados permiten una recuperación visual más temprana debido a la estabilidad mecánica y rápida cicatrización de la herida, inherentes a la arquitectura del corte, cuando se utiliza el patrón en zigzag.¹⁷

Dentro de las ventajas que ofrece esta configuración zig-zag en queratoplastia lamelar anterior profunda están: 1) Corte más fiable dentro de los 70 mm de la membrana de Descemet sin perforar, mientras un trépano manual es menos preciso y genera más probabilidades de perforar si se utiliza en cortes tan cercanos a la membrana de Descemet. 2) Minimiza el escape de aire en la córnea periférica y evita la opacificación periférica que puede perjudicar la visualización de la gran burbuja. 3) Proporciona un excelente punto de referencia para estimar la profundidad del estroma posterior durante la disección manual. 4) Favorece el retiro temprano de suturas, minimizando el astigmatismo y mejorando la calidad óptica.¹⁸

Algunos expertos han reportado el uso del láser de femtosegundo en *DALK*, con variaciones en el equipo

utilizado, patrón de corte o asociación del láser femtosegundo a otras técnicas. A pesar de no contar con muestras amplias, ni comparar directamente con las técnicas existentes, todos coinciden en que la cirugía se facilita y gana precisión.¹⁹

Se describe una técnica mixta de *DALK*, en la cual se utiliza el láser de femtosegundo para obtener el lenticulo donante y cortar la córnea receptora de manera que se facilite alcanzar el plano predescemético para crear la gran burbuja. Esta técnica no sólo ha facilitado la cirugía, sino que también ha optimizado el tiempo de realización de la misma. En este estudio se encontró que la recuperación visual con esta técnica es rápida, con baja tasa de complicaciones y logra buenos resultados refractivos y visuales a un año de seguimiento.

La *DALK* asistida con láser de femtosegundo y técnica zigzag puede ser una alternativa segura a la queratoplastia penetrante en los pacientes con endotelio sano. Entre sus ventajas se encuentra baja incidencia de rechazo, temprana recuperación y excelente pronóstico visual y refractivo. Estos resultados se deben probablemente a la precisión del corte que proporciona el láser y al aumento de la superficie de contacto entre la superficie donante y receptora que proporciona ventajas biomecánicas y de cicatrización. Se requieren futuros estudios que comparen directamente este procedimiento con la técnica manual o asistida con microquerátomo.

REFERENCIAS

- MacIntyre R, Chow SP, Chan E, Poon A. Long-term outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty in Australian keratoconus patients. *Cornea* 2014;33(1):6-9.
- Melles GR, Remeijer L, Geerards AJ, Beekhuis WH. The future of lamellar keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol* 1999; 10(4):253-9.
- Kim MH, Chung TY, Chung ES. A retrospective contralateral study comparing deep anterior lamellar keratoplasty with penetrating keratoplasty. *Cornea* 2013;32(4):385-9.
- Borderie VM, Sandali O, Bullet J, Gaujoux T, Touzeau O, Laroche L. Long-term results of deep anterior lamellar versus penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 2012 ;119(2):249-55.
- Patel SV, Hodge DO, Bourne WM. Corneal endothelium and postoperative outcomes 15 years after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2005 ;139(2):311-9.
- Cheng YY, Visser N, Schouten JS, et al. Endothelial cell loss and visual outcome of deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty: a randomized multicenter clinical trial. *Ophthalmology* 2011;118(2):302-9.
- Arenas E, Esquenazi S, Anwar M, Terry M. Lamellar corneal transplantation. *Surv Ophthalmol* 2012;57(6):510-29.
- Alió JL, Shah S, Barraquer C, Bilgihan K, Anwar M, Melles GRJ. New techniques in lamellar keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol* 2002;13(4):224-9.
- Almoussa R, Samaras KE, Khan S, Lake DB, Daya SM. Femtosecond laser-assisted lamellar keratoplasty (FSLK) for anterior corneal stromal diseases. *Int Ophthalmol* 2013;34:49-58
- Bonfadini G, Moreira H, Jun AS, Campos M, Kim EC, Arana E, et al. Modified femtosecond laser-assisted sutureless anterior lamellar keratoplasty. *Cornea*.2013 ;32(4):533-7.
- Coombes AG, Kirwan JF, Rostron CK. Deep lamellar keratoplasty with lyophilised tissue in the management of keratoconus. *Br J Ophthalmol* 2001 ;85(7):788-91.
- Mian SI, Shtein RM. Femtosecond laser-assisted corneal surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2007;18(4):295-9.
- Steinert RF, Ignacio TS, Sarayba MA. "Top Hat"-Shaped Penetrating Keratoplasty Using the Femtosecond Laser, *Am J Ophthalmol* 2007;143:689-691
- Ignacio TS, MD, Nguyen TB, MD, Chuck RS, MD, et al. Top Hat Wound Configuration for Penetrating Keratoplasty Using the Femtosecond Laser A Laboratory Model, *Cornea* 2006;25: 336-340.
- Bahar I, Kaiserman I, McAllum P, Rootman D. Femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasty: stability evaluation of different wound configurations. *Cornea* 2008;27(2):209-11.
- Chang CC, Ritenoir RJ, Kumar NL, et al. Femtosecond Laser-Assisted Mushroom Configuration Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea* 2010;29:290-295.
- Shehadeh-Mashor R, Chan C, Yeung SN, Lichtinger A, Amiran M, Rootman DS. Long-term outcomes of femtosecond laser-assisted mushroom configuration deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea* 2013; 32(4):390-5.
- Price FW, Price MO, Grandin JC, et al. Deep Anterior lamellar keratoplasty with femtosecond-laser zigzag incisions. *J Cataract Refract Surg*. 2009; 35:804-8.
- Buzzonetti L, Petrocelli G, Valente P. Femtosecond laser and big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty: a new chance. *J Ophthalmol* 2012; 2012:264590.