

Edición en Español

Highlights of Ophthalmology

SERIE 2025 • VOLUMEN 53 • NÚMERO 1



Complicación en SLT "STIK". Reporte de Caso

*Planificación de la Cirugía de Anillos Intraestromales Corneales:
Aún Estamos Lejos de un Consenso*

*Bioingeniería del Endotelio Corneal:
Hacia la Solución de la Escasez de Donantes de Córnea*

Una publicación de Jaypee Brothers Medical Publishers



XVII Congreso Internacional de Oftalmología
Integrando la ciencia, transformando la visión
27-29 marzo 2025



Clínica de
Oftalmología
de Cali S.A.



ESCANEA EL CÓDIGO QR

Conoce toda nuestra agenda académica y mucho más

Conferencistas invitados nacionales e internacionales



DR. EDUARDO CHAVEZ
Esp. Segmento anterior y refractiva



DR. MARCO CUADROS
Esp. Glaucoma y segmento anterior



DR. EDGAR LOZANO
Esp. Glaucoma



DR. ALFONSO MENDOZA
Esp. Glaucoma



DR. ANDRES BUSTAMANTE
Esp. Cornea, catarata y refractiva



DR. JEFFREY NERAD
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DRA. NATALIA AGUDELO
Esp. Glaucoma



DR. XAVIER CAMPOS
Esp. Segmento anterior y refractiva



DR. LUIS SERRANO
Esp. Neurooftalmología



DR. LUIS E. VASQUEZ
Esp. Glaucoma, catarata y refractiva



DRA. ANA M. GUZMAN
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DR. MARCO A. GALLÓN
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DR. PETER DOLMAN
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DR. JONATHAN CORDOBA
Esp. Glaucoma



DRA. ANGELA M. DOLMETSCH
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DRA. EMELY KARAM
Esp. Neurooftalmología



DRA. ANA C. MARTINEZ
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DR. ANTONIO E. QUINTERO
Esp. Plástica ocular reconstructiva



DRA. BEATRIZ E. OSSA
Esp. Cornea y segmento anterior



DR. JUAN C. CONTRERAS
Esp. Retina y vítreo



DR. ERNESTO OTERO
Esp. Segmento anterior, cornea y refractiva



DR. RODRIGO A. QUESADA
Esp. Segmento anterior y refractiva



DRA. JUANA C. LONDOÑO
Esp. Catarata, cornea y refractiva



DR. JUAN J. MURA
Esp. Glaucoma, catarata y refractiva



DR. JORGE JARAMILLO
Esp. Segmento anterior y catarata

4

Complicación en SLT "STIK". Reporte de Caso

Dr. Enrique Alberto Alvarado Mena
(México)

8

Planificación de la Cirugía de Anillos Intraestromales Corneales: Aún Estamos Lejos de un Consenso

Dr. Frederico Bicalho Dias Da Silva
(Brasil)

14

Bioingeniería del Endotelio Corneal: Hacia la Solución de la Escasez de Donantes de Córnea

Dra. Judith Zavala Arcos
Dr. Carlos Alberto Rodríguez-Barrientos
Dra. Itzel Becerril Rojas
Dra. María Dolores Montalvo-Parra
Dr. Jorge Eugenio Valdez García
(México)



Servicio al Cliente

e-mail: cservice@jphmedical.com

Website: www.jphmedical.com

© Jaypee Brothers Medical Publisher. 2025

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, transmitida en ninguna forma o medio alguno, electrónico o mecánico, incluyendo las fotocopias, grabaciones o cualquier sistema de recuperación de almacenamiento de información, sin el permiso escrito del titular del copyright.

Se han realizado grandes esfuerzos para confirmar la información presentada en esta revista y para relacionarla con las prácticas de aceptación general. Las ideas y opiniones expresadas en Highlights of Ophthalmology no reflejan necesariamente las de los editores, sus anunciantes o la editorial.

Editor en Jefe: Claudio Orlich D., MD

Editor Consultor: Samuel Boyd, MD

Editor Fundador: Benjamin F. Boyd, MD, FACS. †

Junta Editorial:

- Amar Agarwal, MD (India) • Fernando Arevalo, MD (Venezuela)
- Carmen Barraquer, MD (Colombia) • Rubens Belfort Jr., MD (Brasil)
- Michael W. Belin, MD (USA) • Francesco Carones, MD (Italia)
- Edgardo Carreño, MD (Chile) • Virgilio Centurion, MD (Brasil)
- David Chang, MD (USA) • Angela Maria Gutierrez, MD (Colombia)
- Ana Luisa Hoffling Lima, MD, PhD (Brasil)
- Mauricio Latorre Cucalon, MD (Colombia)
- Pran Nagpal, MD (India) • James C. Tsai, MD (USA)

Complicación en SLT “STIK”. Reporte de Caso

Dr. Enrique Alberto Alvarado Mena

Cirujano Oftalmólogo
Subespecialidad en Glaucoma y Segmento Anterior
Práctica Privada
Centro Oftalmológico Integral
Monterrey, N.L., México

Resumen

El objetivo de este reporte de caso es mostrar un tipo de complicación rara pero muy importante que todo oftalmólogo que realice Trabeculoplastia Selectiva con Láser (SLT, por sus siglas en inglés) debe de conocer, debido a los cambios anatómicos que genera, así como cambios refractivos, y conocer el tratamiento y la duración de la resolución o semi resolución de dicho cuadro.

Palabras Clave: Trabeculoplastia, SLT, complicaciones en SLT, tratamiento glaucoma.

Introducción

El glaucoma es una neuropatía crónica y progresiva, asociada y/o caracterizada por pérdida progresiva de las células ganglionares de la retina, así como cambios en la apariencia del nervio óptico y daño al campo visual. ⁽¹⁾ La presión intraocular (PIO) sigue siendo el factor de riesgo más importante para el desarrollo y progresión de la enfermedad y hasta el momento el único modificable. ^(2,3) La detección y progresión del daño es esencial en el manejo y la toma de decisiones de cuándo iniciar o cambiar el tratamiento. ^(4,5)

El tratamiento médico (tópico) es el más usado y actualmente utilizado como primera línea de tratamiento en glaucoma. ⁽⁶⁾ El tratamiento médico usualmente es de por vida, en muchos casos hay que utilizar múltiples gotas, lo que puede volverse caro y además incomodo por la presencia de efectos secundarios. ^(7,8) El uso crónico de múltiples medicamentos tópicos se asocia a múltiples efectos secundarios locales o sistémicos, pobre adherencia del paciente y predisposición a pobre éxito quirúrgico. ^(7,9) A pesar de que las gotas son efectivas en la disminución de la PIO, frecuentemente los pacientes no cumplen con la adherencia al tratamiento. Los rangos de apego a tratamiento tópico en forma crónica son menores al 50 % en el primer año. ⁽¹⁰⁾

Además del tratamiento tópico se cuenta con tratamientos quirúrgicos de abordaje externo, abordaje interno, tratamiento de mínima invasión (*Minimally Invasive Glaucoma Surgery - MIGS*), así como tratamientos de mínima invasión con formación de bula (*Minimally Invasive Bleb Surgery - MIBS*).

Los tratamientos con láser han sido también una forma importante del manejo de esta enfermedad, como lo son el Nd: Yag láser, el láser argón utilizado en las trabeculoplastias e iridoplastia, el láser Argón en endociclofotocoagulación, láser micropulsado transescleral y la Trabeculoplastia Selectiva Láser.

La Trabeculoplastia Selectiva con Láser disminuye la PIO, aumentando el flujo de salida del humor acuoso a través de la malla trabecular, con un procedimiento ambulatorio, indoloro, mínimo tiempo de recuperación y rango de seguridad muy alto. Fue introducido en 1995 aprobado por la FDA en 2011. El SLT

siguió a la Trabeculoplastia con Láser Argón (ALT, por sus siglas en inglés), pero con menos efectos adversos, y con la posibilidad de ser repetible.⁽¹¹⁾

El tratamiento con SLT es igual o mejor al tratamiento médico tópico y puede retrasar o prevenir el uso del mismo, evitando los efectos secundarios inducidos por las gotas. El efecto del láser no es permanente, pero tiene la ventaja de que puede ser repetido.

También podemos encontrar complicaciones con el SLT como picos de PIO inmediatamente posterior a la aplicación del láser.⁽¹²⁾ Otras complicaciones incluyen uveítis,⁽¹³⁾ edema corneal,⁽¹⁴⁾ hipema,⁽¹⁵⁾ quemadura macular,⁽¹⁶⁾ picos de PIO irreversibles especialmente en mallas trabeculares muy pigmentadas.⁽¹⁷⁾

Una complicación poco conocida pero seria, es la “*Selective Trabeculoplasty Induced Keratopathy*” (STIK) en la cual encontramos 4 datos clínicos:

- Hipermetropización,
- Haze corneal,
- Aplanamiento y
- Adelgazamiento de la córnea.

Este padecimiento se ha encontrado que esta mayormente predispuesto en pacientes con alta miopía (-5.00 Dp o más). De las posibles causas de esta complicación es la respuesta anormal del tejido corneal a los mediadores de la inflamación liberados post SLT. Esta respuesta incluye sustancias vasoactivas y quimiotácticas como la interleucina 1 alpha, beta y factor de necrosis tumoral alpha.⁽¹⁸⁾

Se ha propuesto que estos mediadores pro-inflamatorios a nivel de la córnea pueden degradar el colágeno estromal de la córnea causando el adelgazamiento, opacidad y cambios topográficos.^(18,19) Otra teoría es el aumento de la expresión de la metaloproteinasas de matriz, sobre todo la tipo 2, y la producción de radicales libres producidos en el humor acuoso posterior al SLT pudieran afectar el tejido corneal.^(18,20)

Descripción del Caso

Se trata de paciente masculino de 61 años de edad, que es referido por otro médico para tratamiento con SLT. El paciente como antecedente refiere haber sido operado de excresis de pterigión de ojo izquierdo en el año 2012. Refiere presentar glaucoma de 4 años de evolución el cual es tratado con análogo de prostaglandinas (Latanoprost 0.05 mg/ml) 1 vez al día (qd), así como Dorzolamida/Brimonidina/Timolol 2 veces al día (bid), resto negado.

A la exploración física se encuentra agudeza visual (AV) ojo derecho (OD) 20/70, ojo izquierdo (OI) 20/80-2, Rx OD -2.00 add 2.50, OI -2.50 -0.75 x 145 add 2.50, SAOD córnea con xerontoxon, hiperemia conjuntival + y escleritis nuclear del cristalino G1, SAOI córnea con xerontoxon, leucoma en sector nasal, hiperemia conjuntival y escleritis nuclear del cristalino Grado 1.

A la gonioscopia se encuentra ángulo Shaffer 3, FOOD retina aplicada, sin alteraciones de la arquitectura macular y una excavación de .65 FOOI retina aplicada, sin alteraciones de la arquitectura macular y excavación de .8, PIO 17mmHg ambos ojos (AO) con Goldman, CV VFI OD 94% OI 86% DM OD -3.86 dB OI -9.17dB, OCT (Cirrus) RNFL OD 84 micras OI 49 micras, Disco OD 1.45 mm² OI 1.54 mm², exc. OD .64 OI .81. vert. OD .62 OI .79.

Se aplica 1 gota de tetracaína 5mg/ml, se utiliza lente de Latina con meticel al 2.0% (hipromelosa 20mg/ml) y se inicia SLT (nidek YC-200 S plus) con técnica habitual y se aplican 25 disparos por cuadrante en ambos ojos a nivel de la malla trabecular, con poder que vamos fluctuando entre 0.7 y 0.8 mJ, dependiendo de la aparición de burbujas, se finaliza sin complicaciones y se deja tratamiento con Ketorolaco Trometamina 5.0mg/ml 1 gota tres veces al día (tid) por 3 días.

Al siguiente día el paciente acude a consulta asintomático con AVCC AO de 20/20 y PIO de 14 mmHg, sin latanoprost pero aún con triple combinación (D/B/T). A la semana acude refiriendo

baja visual de su OD presentando AV de 20/200 y RX de +4.00 -2.75 x 130 y SAOD se observa córnea opaca (vidrio despulido). (**Figura 1**)

Se inicia tratamiento con loteprednol 0.5% 1 gota 4 veces al día (qid). Se hacen valoraciones cada 5 días y presentando mejoría, al mes encontramos córnea aún con leucoma, pero ya más transparente (**Figura 2**), así como mejoría en la Rx, encontrando OD +1.25 -1.00x 75.

A los 2 meses post SLT el paciente muestra córnea ya sin leucoma (**Figura 3**) y Rx regresando muy cercano a su RX pre STL.

Conclusiones

El SLT es actualmente un tratamiento de primera línea para el Glaucoma, el cual brinda un control de la PIO con reducciones entre el 20 y 30% y nos ayuda a diferir en muchos de los casos el inicio de tratamiento tópico. Sin embargo, pueden aparecer complicaciones las cuales mayormente se resuelven en cuestión de días. Podemos encontrar complicaciones como lo es el STIK, el cual tenemos que saber tratar y conocer los rangos de tiempo en los cuales irá mejorando el estado de la córnea. Los beneficios que nos brinda el SLT son mayores a las complicaciones que se pudieran presentar.



Figura 1.



Figura 2.

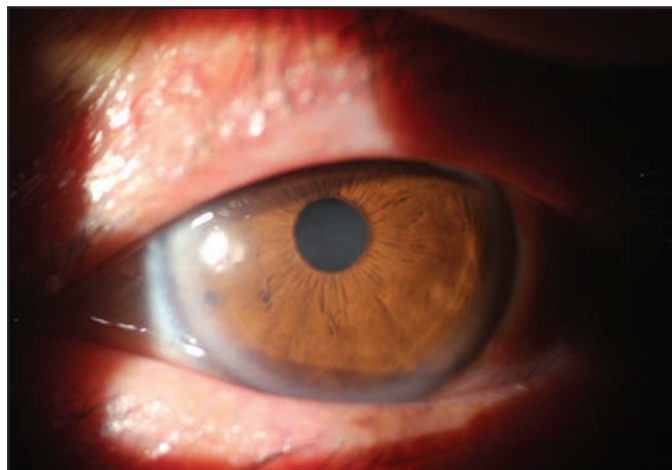


Figura 3.

Importancia Clínica

Es de gran importancia conocer el correcto uso, parámetros, zonas de tratamiento del SLT, así como las posibles complicaciones que se pudieran presentar y el manejo de las mismas, antes de la aplicación de esta tecnología que es muy beneficiosa para el tratamiento de los pacientes con glaucoma.

Referencias

1. Weinreb RN, Khaw PT. Primary open-angle glaucoma. *Lancet*. 2004;363(9422):1711-1720.
2. Kass MA, Heuer DK, Higginbotham BJ, et al. The ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 2002; 120(6):701-713.
3. The AGIS Investigators the Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *AM J Ophthalmol*. 2000;130(4):429-440.
4. Medeiros FA, Alencar LM, Zangwill LM, et al. The relationship between intraocular pressure and progressive retinal nerve fiber layer loss in glaucoma. *Ophthalmology*. 2009;116:1125-1133.
5. Nouri-Mahdavi, Caprioli J. Measuring rates of functional change in glaucoma. *Br. J Ophthalmol*. 2015;99:893-898.
6. Royal College of Ophthalmologists. Focus in Ophthalmology – Glaucoma Management. URL: www.mrcophth.com/focus1/Glaucoma%20Management.htm
7. Kirwan JF, Nightingale JA, Bunce C, Wormald R. Beta blockers for glaucoma an excess risk of airways obstruction: population based cohort study. *BMJ* 2002; 325:1396-7.
8. Balkrishnan R, Bond JB, Byerly WG, Camacho FT, Anderson RT. Medication-related predictors of health-related quality of life in glaucomapatient enrolled in a Medicare health maintenance organization. *AM J Geriatr Pharmacother* 2003;1:75-81.
9. Broadway DC, Grierson I, O'Brien C, Hitchings RA. Adverse effects of topical antiglaucoma medication. II. The outcome of filtration surgery. *Arch Ophthalmol* 1994; 112: 1446-54.
10. Schwartz GF, Quigley HA. Adherence and persistence with glaucoma therapy. *Surv Ophthalmol*. 2008;53(Suppl. 1):S57-68.
11. Garg A, Gazzard G. Selective laser trabeculoplasty: past, present, and future. *Eye* 2018;32: 863-76.
12. Waisbourd M, Kats J. Selective laser trabeculoplasty as a first-line therapy: a review. *Can J Ophthalmol* 2014; 49:519-522.
13. Kim Dy, Singh A. Severe iritis and choroidal effusion following selective laser trabeculoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2008: 39:409-11.
14. White Aj, Mukherjee A, Hanspal I, Sarkies NJ, Maritn KR, Shah P. Acute transient corneal endothelial changes following selective laser trabeculoplasty. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2013; 41: 435-41.
15. Shihadeh WA, Ritch R, Liebmann JM. Hyphema occurring during selective laser trabeculoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2006; 37: 432-3.
16. Liyanage SE, Kumaran N, De Alwis D. Macular burns resulting from the accidental use of selective laser trabeculoplasty mode during a laser capsulotomy. *Br. J Ophthalmol*. 2014;98:141-2.
17. Harasymowycz PJ, Papamatheakis DG, Latina M, De Leon M, LEsk MR, Damji KF. Selective laser trabeculoplasty (SLT) complicated by intraocular pressure elevation in eyes with heavily pigmented trabecular meshwork. *Am J Ophthalmol*. 2005;139:1110-3.
18. Paiva ACM, da Fonseca AS. Could adverse effects and complications of selective laser trabeculoplasty be decreased by low-power laser therapy? *Int Ophthalmol*.2019;39(1):243-257.
19. Knickelbein JE, Singh A, Flowers BE, et al. Acute corneal edema with subsequent thinning and hyperopic shift following selective laser trabeculoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(10):1731-1735.
20. Song J, Yu D, Song A, Palmares TS, Song H, Song M. Corneal thinning and opacity following selective laser trabeculoplasty: a case report. *J Adv Med Med Res*. 2013;4 (1): 279-287.

Planificación de la Cirugía de Anillos Intraestromales Corneales: Aún Estamos Lejos de un Consenso

Dr. Frederico Bicalho Dias Da Silva

Oftalmólogo y Especialista en Córnea (*Fellowship*) de la Universidad Federal de Minas Gerais. Doctor en Oftalmología, Universidad Federal de Minas Gerais. Médico de la Fuerza Aérea Brasileña. Creador de Ophthalmo Consultoria Ltda., que trabaja en el desarrollo de tecnologías relacionadas con el tratamiento del queratocono y consultoría para médicos que buscan mejorar en esta área. Belo Horizonte, Brasil

Resumen

Introducción: Para la cirugía de implante de anillos intraestromales, existen nomogramas que guían la selección apropiada de los modelos de segmentos a utilizar, además de detallar la planificación quirúrgica. Sin embargo, la mayoría de los médicos prefieren no considerar las directrices de los nomogramas, siguiendo su intuición y experiencia, además de solicitar la opinión de colegas. Este estudio tiene como objetivo estudiar la diversidad de conductas de los médicos en la cirugía de anillos corneales.

Material y métodos: En 2017, se distribuyeron los datos de un paciente para su análisis a 16 médicos con reconocida experiencia en el tratamiento de pacientes con queratocono. Se les pidió que sugirieran cuál sería la mejor propuesta de tratamiento. Este mismo caso se envió nuevamente en el 2024 a los mismos 16 médicos, y se les pidió su sugerencia para la conducta ideal. Se compararon las respuestas obtenidas entre sí y se observó si el tratamiento sugerido cambió de 2017 a 2024.

Resultado: En 2017, se obtuvieron 14 sugerencias diferentes entre los 16 médicos participantes. En 2024, no se repitieron sugerencias de tratamiento. Comparando las sugerencias de 2017 con las de 2024, solo 2 médicos mantuvieron la misma propuesta de tratamiento.

Conclusión: Todavía existe una gran divergencia de opiniones con respecto a la planificación de las cirugías de implante de anillos corneales. La unión de la experiencia de los médicos a través de la construcción de una base de datos colectiva (www.keratoconusstudygroup.com), permitiendo el intercambio de buenas y malas experiencias obtenidas en cirugías de anillos corneales, puede facilitar el estudio y la investigación de esta modalidad de tratamiento, permitiendo la construcción de un consenso en el futuro.

Palabras Clave: Cirugía de queratocono, anillo corneal, nomograma.

Introducción

A lo largo del siglo XX se desarrollaron y probaron varios implantes corneales, fabricados con materiales sintéticos o biológicos. Sin embargo, no fue hasta los años 90 que este tipo de dispositivos se hizo comercialmente disponible para su uso en oftalmología. Inicialmente, estaban indicados para la corrección de la miopía (INTACS y Anillo de Ferrara) y a partir de 1995 comenzaron a dirigirse al tratamiento de córneas irregulares (principalmente queratocono).

Para guiar la planificación de las cirugías, los fabricantes de anillos empezaron a proporcionar nomogramas que, en un principio, se basaban en la “Ley de Barraquer”, según la cual un aumento en el grosor del anillo implantado aumentaría su poder de aplanamiento y, consecuentemente, reduciría la miopía de forma más intensa. Con el paso de los años, se han probado diferentes características de los ojos con el objetivo de contribuir a la planificación quirúrgica. Astigmatismo, miopía, asfericidad, coma, morfología del mapa de elevación posterior, morfología del mapa queratométrico son ejemplos de variables que han pasado a formar parte de diferentes nomogramas.

A pesar del esfuerzo de las industrias por orientar cómo debe ser la estrategia a seguir en cada cirugía, muchos médicos aún prefieren adoptar su propia planificación.

Este estudio tiene como objetivo estudiar la diversidad de conductas de diferentes médicos respecto a la planificación de la cirugía de anillos corneales intraestromales.

Material y Método

En un grupo de discusión de WhatsApp, se seleccionó un caso de un paciente con queratocono

que se sometería a un implante de anillo corneal. La elección de este caso se debe a la intensa discusión que tuvo lugar en la red social, con grandes divergencias en las sugerencias de conducta. La explicación de tantas diferencias de opiniones se debe a que el paciente tiene una miopía alta pero una queratometría relativamente baja. Así, algunos médicos informaron que usarían segmentos gruesos para obtener una corrección significativa de la miopía, mientras que otros informaron que preferían usar segmentos delgados solo para regularizar la superficie corneal, sin preocuparse por corregir la miopía. Nota: este caso se discutió en un grupo de WhatsApp, entre especialistas en cirugía corneal, a partir del 3 de octubre de 2017.

Caso Clínico

Paciente femenina de 50 años, intolerante al uso de lentes de contacto.

En el examen: sin alteraciones en la biomicroscopía, presión ocular normal y fundoscopia sin hallazgos relevantes.

Refracción:

Ojo derecho (OD): -10.25 -2.25 x 45° AVMC: 20/40

Ojo izquierdo (OI): -11.00 -7.75 x 135° AVMC: 20/60.

En 2017 los datos de esta paciente se enviaron, en particular, a 16 oftalmólogos diferentes considerados referentes en el tratamiento del queratocono (10 oftalmólogos brasileños y 6 de otros países: Argentina, México, Perú, Ecuador, Portugal y Grecia). Sus sugerencias para el tratamiento del ojo izquierdo fueron tabuladas y comparadas para analizar su grado de acuerdo/desacuerdo.

Nuevamente, en 2024, se enviaron los datos de esta misma paciente a los mismos 16 oftalmólogos, pidiéndoles que dieran su opinión sobre cuál sería la mejor opción de tratamiento (no se les informó a los médicos que se trataba de una repetición de una solicitud de opinión que se les había enviado en 2017).

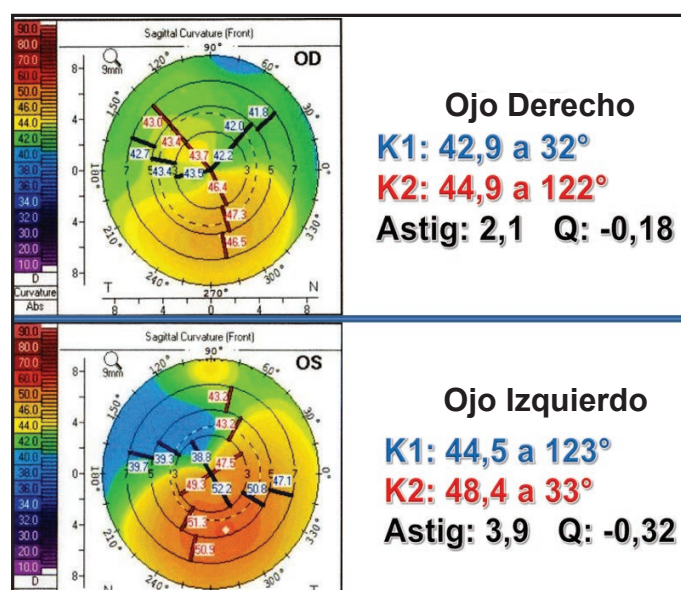


Figura 1. Datos del Examen de Pentacam

Resultado

Las sugerencias de los médicos se organizaron en la **Tabla 1** a continuación:

En 2017, dos pares de médicos estuvieron de acuerdo en el procedimiento:

- Los médicos n°4 y n°5 sugirieron implantar solo 1 segmento de anillo:
Diámetro 5mm / Arco 160° / Espesor 250 micras.
- Los médicos n°7 y n°8 sugirieron implantar los mismos 2 segmentos:

Diámetro 5mm / Arco 160° / Espesor 200 micras y Diámetro 5mm / Arco 160° / Espesor 250 micras.

También en 2017, entre los 16 médicos participantes, se reportaron:

- 14 sugerencias diferentes de conducta.
- Número de segmentos: 10 médicos sugirieron implantar 1 segmento y 5 médicos sugirieron implantar 2 segmentos.

TABLA 1. Sugerencia de tratamiento para el paciente estudiado, por 16 médicos diferentes.

| Doctor | SUGERENCIA EN 2017 | | | SUGERENCIA EN 2024 | | |
|--------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------|---|--|------------------------|
| | Segmento Grueso | Segmento Delgado | Procedimiento Asociado | Segmento Grueso | Segmento Delgado | Procedimiento Asociado |
| 1 | Diámetro: 5mm 140°/200µ | - | - | Diámetro: 5mm 160°/250µ | - | Faco+LIO |
| 2 | Diámetro: 5mm 160°/150µ | - | - | Ferrara HM 320°/400µ | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - |
| 3 | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | - | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | - |
| 4 | Diámetro: 5mm 160°/250µ | - | - | Diámetro: 5mm 160°/250µ | - | ICL |
| 5 | Diámetro: 5mm 160°/250µ | - | - | Diámetro: 5mm 160°/250µ | - | - |
| 6 | Diámetro: 5mm AS 160° 200-300µ | - | - | Diámetro: 5mm 140°/300µ | - | Faco+LIO |
| 7 | Diámetro: 5mm 160°/250µ | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | Diámetro: 5mm 160°/200µ | Diámetro: 5mm 90°/200µ | ICL |
| 8 | Diámetro: 5mm 160°/250µ | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | ICL |
| 9 | Diámetro: 5mm 120°/200µ | Diámetro: 5mm 160°/350µ | - | Diámetro: 6mm AS150° 200-300µ | - | ICL |
| 10 | Intacs SK 150°/450µ | Intacs SK 150°/450µ | - | Diámetro: 5mm 160°/300µ | Diámetro: 5mm 90°/200µ | - |
| 11 | Diámetro: 5mm 140°/200µ | - | Artiflex | Diámetro: 5mm AS180° 150-250-150µ | - | Artiflex |
| 12 | Diámetro: 6mm 90°/150µ | Diámetro: 6mm 140°/150µ | ICL | Intacs SK 150°/450µ | Diámetro: 6mm 90°/150µ + 150°/200µ | - |
| 13 | Diámetro: 5mm AS 160° 200-300µ | - | Faco+LIO | Diámetro: 5mm AS320° 200-300-200µ | - | - |
| 14 | Diámetro: 5mm AS 160° 150-250µ | - | Faco+LIO | Diámetro: 6mm 150°/250µ | - | - |
| 15 | Diámetro: 5mm 160°/200µ | - | Faco+LIO | Diámetro: 5mm 300°/200µ | - | - |
| 16 | - | - | CXL/PRK | - | - | CXL/PRK |

- Diámetro de los segmentos: 13 médicos sugirieron implantar segmento(s) de 5 mm de diámetro y 3 sugirieron implantar segmento(s) de 6 mm de diámetro.
- Asociación con otras cirugías: 3 médicos sugirieron asociar anillo con cirugía de catarata, 1 médico sugirió asociar anillo con Artiflex, y 1 médico sugirió asociar anillo con lente de colámero implantable (ICL, por sus siglas en inglés).
- Un médico sugirió no realizar cirugía de anillo (ya que no cree en la estabilidad del resultado del anillo a largo plazo), y su propuesta fue realizar reticulación corneal (CXL, por sus siglas en inglés) seguido de queratectomía fotorrefractiva (PRK, por sus siglas en inglés) (médico n°16).
- Asociación con otras cirugías: 2 médicos sugirieron asociar anillo con cirugía de catarata, 1 médico sugirió asociar anillo con Artiflex, y 4 médicos sugirieron asociar anillo con ICL.
- Un médico continuó sugiriendo no realizar cirugía de anillo (ya que no cree en la estabilidad del resultado a largo plazo de la cirugía de anillo). Su propuesta sigue siendo el uso de CXL seguido de PRK (médico n°16).

Discusión de Resultados

Se puede observar que existen más divergencias que convergencias entre las opiniones de los especialistas en queratocono respecto a la estrategia a utilizar en la paciente en cuestión. Es interesante señalar que la curvatura corneal de esta paciente no es muy pronunciada, por lo que no es responsable de su alta miopía (probablemente este ojo tiene una longitud axial grande). Así, una de las principales causas de desacuerdo entre los médicos fue si deberíamos apuntar a corregir la miopía mediante el uso de cirugía de anillos corneales. Otro factor a considerar es la edad de 50 años, que ya permite considerar la cirugía de cataratas como parte del tratamiento según la propuesta de algunos médicos.

Hay varios factores que pueden haber contribuido a la ocurrencia de una amplia variedad de conductas:

Un primer factor puede ser la influencia de la experiencia del médico guiando su conducta. Como dice el dicho popular: “equipo que gana no se cambia”. Con el tiempo, cada médico adquiere experiencias positivas con cierto modelo de anillo y comienza a intentar repetir este “camino al éxito” en sus próximos casos (a pesar de la orientación del nomograma). Con esto, vemos colegas que casi solo usan segmentos de 6mm de diámetro, otros adoptan segmentos de arco largo en todos sus pacientes, otros usan más segmentos asimétricos que simétricos, etc. La psicología llama a este fenómeno: “comportamiento cristalizado”.

Comparando las sugerencias de tratamiento de 2017 y 2024, vemos que:

- Los mismos 15 médicos que sugirieron el uso de un anillo en el tratamiento de este ojo continuaron indicando este dispositivo (asociado o no a otro procedimiento).
- De los 15 oftalmólogos que sugirieron el uso de anillos corneales, solo 2 (Doctor n°3 y n°5) mantuvieron exactamente el mismo plan de tratamiento sugerido en 2017. Por lo tanto, el 87% (13 de 15 médicos) cambió el plan inicial.

En 2024, las sugerencias para la planificación del tratamiento no coincidieron entre los 16 médicos.

También en 2024, entre los 16 médicos participantes, tuvimos:

- 16 sugerencias diferentes de tratamiento,
- Número de segmentos: 11 médicos sugirieron implantar 1 segmento, 3 médicos sugirieron implantar 2 segmentos, y 1 médico sugirió implantar 3 segmentos (médico n°12).
- Diámetro de los segmentos: 11 médicos sugirieron implantar segmento(s) de 5 mm de diámetro y 3 sugirieron implantar segmento(s) de 6 mm de diámetro. Por primera vez tuvimos 1 médico que sugirió el uso de 1 segmento de 6mm (Ferrara HM) asociado con 1 segmento de 5mm de diámetro (médico n°2).

Una segunda explicación puede ser que los cambios en la morfología / espesor / arco de los segmentos del anillo promueven diferencias limitadas en el resultado. Según la “Ley de Barraquer”, la implantación de algún material en la periferia corneal produce su aplanamiento central. Esto ocurre con todos los modelos de anillos (variando ligeramente en relación a la intensidad) y explica porqué se obtienen buenos resultados con diferentes estrategias. Esto significa que al final, siempre habrá algún aplanamiento central de todos modos.

Un tercer factor es la enorme variedad de modelos de segmentos disponibles, con diferentes arcos, espesores, diámetros, ancho de base, simetría/asimetría del dispositivo, etc. Usando el portafolio de Keraring (Mediphacos - Brasil) como ejemplo, tenemos más de 60 opciones diferentes de modelos de segmentos. La probabilidad de que 2 médicos elijan exactamente el mismo segmento de anillo para el tratamiento de un paciente es inversamente proporcional a la cantidad de opciones. Si tenemos en cuenta que los segmentos pueden asociarse (usando 2, 3 o más segmentos en la misma córnea), entonces tenemos miles de combinaciones posibles diferentes.

Un cuarto factor que cambia la conducta a adoptar son las condiciones limitantes. Muchos procedimientos pueden estar muy bien indicados, pero terminan no realizándose debido a: alto costo (ICL por ejemplo), necesidad de equipos costosos (láser de femtosegundo), dificultad técnica, etc. Ciertamente, cada médico vive una realidad diferente, con mayor o menor acceso a diferentes opciones de tratamiento.

Una quinta explicación radica en la baja credibilidad de los nomogramas proporcionados por los fabricantes. Dentro de la caja del anillo, las industrias necesitan proporcionar las “instrucciones de uso”, que funcionan como una guía para la estrategia de tratamiento que se debe seguir. Para desarrollar este proyecto, la industria busca asociarse con un médico que tenga una metodología de planificación quirúrgica lógica y factible, construida sobre

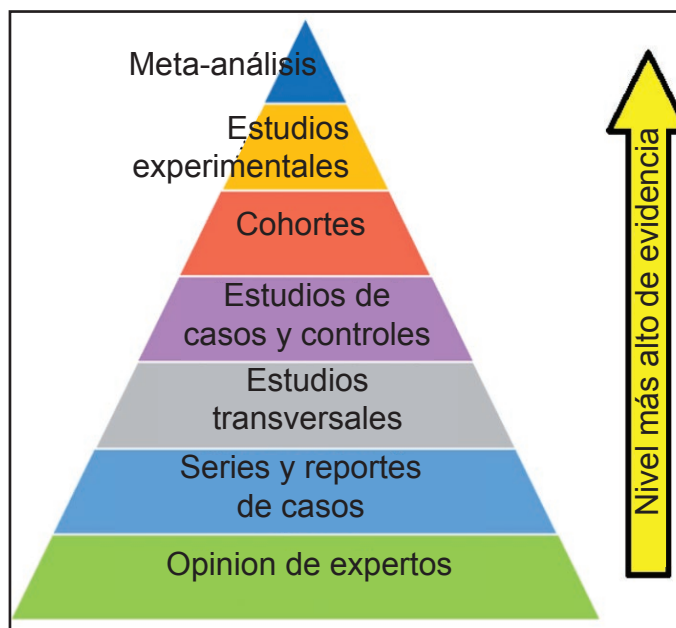


Figura 2. Pirámide del nivel jerárquico de evidencia científica.

la base de su amplia experiencia personal. Sin embargo, estos nomogramas rara vez pasan por un proceso de validación, y a menudo se distribuyen al mercado antes de ser probados adecuadamente. En conclusión, seguimos teniendo como guías para nuestra planificación quirúrgica, nomogramas que tienen un bajo nivel de evidencia científica porque están contruidos en base a: “opinión de expertos”. Esta baja credibilidad contribuye a que algunos médicos no sigan el nomograma proporcionado por el proveedor del anillo, prefiriendo adoptar un enfoque “fuera de indicación”, como seguir la opinión de colegas en un grupo de WhatsApp. Llamamos “comportamiento de rebaño” a la adopción de las prácticas más frecuentes de un grupo de colegas, creyendo que: “si le funciona a él, debe funcionar a mí también”.

Respecto a los nomogramas de anillos, algunos dicen que estas “instrucciones de uso” son solo una guía para médicos principiantes, por lo que pueden (o deben) ajustarse según la experiencia de cada uno.

Un sexto factor que dificulta la existencia de un consenso en el establecimiento de la mejor estrategia de tratamiento es la dificultad para producir estudios con relevancia científica. Pocos estudios sobre el tratamiento de pacientes con

queratocono tienen características de excelencia científica, como ser prospectivos, con grupo control, aleatorizados, doble ciego y, especialmente, basados en una muestra grande y homogénea suficiente para ser estudiada adecuadamente. Esta dificultad ocurre porque el queratocono es una enfermedad muy heterogénea, con diferentes edades, queratometrías, paquimetrías, morfologías, propiedades biomecánicas, etc. Idealmente, habría un modelo de ectasia en animales o “*in vitro*” para permitir el análisis utilizando diferentes estrategias de tratamiento.

Para permitir la preparación de estudios científicos sobre cirugía de anillos corneales con una muestra más grande, se construyó una base de datos colectiva donde los cirujanos pueden registrar los resultados de sus cirugías y estudiar los resultados de otros colaboradores. Este es el “Grupo de Estudio del Queratocono” (www.keratoconusstudygroup.com) que ya tiene más de 2 mil cirugías de anillos registradas, mostrando las características del ojo antes y después de la cirugía, así como describiendo qué segmentos fueron implantados. Esta base de datos (en línea y gratuita) tiene una “herramienta de filtro” que permite seleccionar pacientes con



Figura 3. Filosofía del Grupo de Estudio del Queratocono, mostrando la importancia del trabajo colectivo en el desarrollo de la ciencia.

características similares a las del paciente que tendrá que operar en los próximos días. Al verificar los datos postoperatorios, podrá encontrar los que obtuvieron los mejores resultados y estudiar qué modelo de segmento de anillo se utilizó. Así, aprendiendo de los buenos y malos resultados de las cirugías registradas, podrá planificar la cirugía de su paciente con mayor probabilidad de éxito. La intención es unir esfuerzos para acelerar el aprendizaje de todos.

Conclusión

Dentro de los límites de este experimento, podemos concluir que estamos lejos de un consenso para definir la mejor estrategia de tratamiento en el caso estudiado (paciente con queratocono, intolerante al uso de lentes de contacto). El intercambio de información entre especialistas en córnea puede contribuir a acelerar la acumulación de conocimientos sobre la cirugía de implante de anillos corneales y, en este punto, la internet ha estado haciendo una gran contribución.

Especialmente las discusiones en “Grupos de WhatsApp” están permitiendo la ayuda mutua para conducir los casos más complejos, de manera fácil y rápida. La creación de una base de datos colectiva, que permita acceder a las estrategias adoptadas y los resultados obtenidos por diferentes médicos, puede ser una herramienta muy útil para la producción de trabajos científicos y para lograr resultados aún mejores en el futuro.

Referencias

- Silva, FBD. Book: Anel Corneano. Publisher: Cultura Médica, 2nd Edition. V.1. Rio de Janeiro - RJ. 2015. ISBN-10 8570066546, ISBN-13 978-8570066541.
- CORNEALRING NOMOGRAM – Available on the Visiontech Company website. Cornealring Nomogram access page. Available at: <<https://www.visiontech.com.br/pt/simulador.html>>. Accessed on September 15, 2024.
- FERRARARING NOMOGRAM – Available on the Ferrara Ophthalmics website. Access page to the Ferrara Ring Nomogram. Available at: <<https://ferrararing.com.br/nomograma/>>. Accessed on September 15, 2024.
- KERARING NOMOGRAM – Available on the Mediphacos Company website. Access page to the Keraring Nomogram. Available at: <<https://www.mediphacos.com/service/nomogramakeraring/>>. Accessed on September 15, 2024.

Bioingeniería del Endotelio Corneal: Hacia la Solución de la Escasez de Donantes de Córnea

Dra. Judith Zavala Arcos

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Tecnológico de Monterrey,
Monterrey, México

Dr. Carlos Alberto Rodríguez-Barrientos

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Tecnológico de Monterrey,
Monterrey, México

Dra. Itzel Becerril Rojas

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Tecnológico de Monterrey,
Monterrey, México

Dra. María Dolores Montalvo-Parra

División de Ciencias de la Salud
Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas-Anáhuac
Tampico, Altamira, México

Dr. Jorge Eugenio Valdez García

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Tecnológico de Monterrey,
Monterrey, México

Resumen

El trasplante de córnea utilizando tejido cadavérico es actualmente el tratamiento principal para la insuficiencia endotelial corneal. Sin embargo, a pesar de su potencial para la restauración de la visión, existe una escasez de donantes de tejido corneal en todo el mundo.

La ingeniería de tejidos ofrece una alternativa prometedora para resolver el problema de la falta de donantes al permitir el desarrollo de un endotelio corneal elaborado por ingeniería, proporcionando un andamiaje que permita la proliferación de células endoteliales corneales con morfología y densidad apropiadas. Además, debe poseer propiedades ópticas y mecánicas similares a las del endotelio corneal humano. De esta manera se favorece la reproducción de las técnicas quirúrgicas estándar para el trasplante, como la queratoplastia endotelial con membrana de Descemet (DMEK, por sus siglas en inglés).

A pesar de estos desarrollos prometedores, la transición de la investigación a la práctica clínica enfrenta desafíos, incluyendo la superación de las brechas entre la investigación preclínica, la transferencia tecnológica y la implementación clínica. Abordar estos obstáculos podría democratizar el acceso al trasplante corneal, reducir costos y mejorar los resultados visuales para los pacientes en todo el mundo.

Palabras Clave: Ingeniería de tejidos, constructo, células endoteliales corneales, investigación traslacional, transferencia tecnológica.

Introducción

La córnea es la superficie refractiva primaria del ojo. Su transparencia es crucial para mantener la función de la visión, de manera que la opacidad corneal compromete el paso de la luz y la formación de la imagen en la retina.

El endotelio corneal es una monocapa celular que cubre la parte posterior de la córnea y limita con la cámara anterior. Las células endoteliales corneales (CEC) son las responsables de mantener la transparencia corneal a través de su función de bomba y función barrera. Un endotelio corneal saludable está compuesto por 2,000 a 3,000 células/mm² con aproximadamente 20 µm de diámetro y 5 µm de profundidad, siendo estas planas y de forma hexagonal. Las CEC están detenidas en un estado no proliferativo *in vivo*; por lo tanto, el daño celular causado por diferentes patologías estimula a las CEC restantes a agrandarse (polimegatismo) y migrar para reparar defectos, con una consiguiente reducción en su hexagonalidad (pleomorfismo). El número crítico de CEC para mantener la transparencia se considera generalmente entre 400-700 células/mm².^(1,2)

Se acepta generalmente que la tasa normal de pérdida de CEC es del 0.6% por año, reflejando una condición relacionada con la edad. Algunos estudios han reportado la relación entre la densidad y morfología de las CEC con la edad, el género y la etnicidad.⁽³⁾

En condiciones saludables las CEC mantienen la transparencia de la córnea.⁽⁴⁾ La descompensación corneal conduce a opacidad, reducción de la agudeza visual y por tanto ceguera corneal.

La etiología primaria más común de disfunción endotelial corneal es la distrofia endotelial corneal de Fuchs (FECD, por sus siglas en inglés), y la etiología secundaria más común del edema corneal es la queratopatía bullosa pseudofáquica (PBK, por sus siglas en inglés). La FECD es una distrofia caracterizada por una disminución progresiva en

la densidad celular y formación de pequeñas áreas de material anormal en la córnea llamadas guttae. Esta enfermedad es causada por una combinación compleja de factores ambientales y genéticos.⁽⁵⁾ La PBK es consecuencia del daño a las CEC durante la cirugía de cataratas; aunque la introducción de nuevas técnicas y materiales viscoelásticos especiales ha disminuido el riesgo de edema corneal después de esta cirugía.

Existen factores de riesgo preoperatorios (edad, densidad de cataratas, profundidad de cámara anterior) y operativos (trauma mecánico, uso excesivo de energía ultrasónica, colisión de fragmentos nucleares) asociados con un aumento en la pérdida de CEC durante la cirugía de cataratas.⁽¹⁾

Por otro lado, condiciones raras autosómicas dominantes que afectan el endotelio corneal son la distrofia corneal polimórfica posterior (PPCD, por sus siglas en inglés) y la distrofia endotelial hereditaria congénita (CHED, por sus siglas en inglés). La PPCD se caracteriza por lesiones grises discretas como vesículas agrupadas aisladas y bandas con bordes ondulados similares a “caminos de caracol”; también se observan anomalías pupilares y glaucoma. La CHED es una distrofia que causa edema corneal bilateral que comienza en los primeros años de vida; las CEC están disminuidas en número y son fibrosas.⁽⁶⁾

El daño corneal por diferentes causas es la cuarta causa principal de ceguera en el mundo, con 10 millones de personas afectadas por opacidad corneal.⁽⁷⁾ Un trasplante corneal es el procedimiento estándar para restaurar la transparencia de la córnea e implica el reemplazo de la córnea dañada con tejido de un donante. Sin embargo, la escasez mundial de donantes limita esta estrategia; aproximadamente solo hay 1 córnea disponible por cada 70 pacientes con ceguera corneal.^(7,8) La escasez de tejido corneal disponible destaca la importancia de explorar nuevas estrategias para resolver el problema de falta de donantes.

La medicina regenerativa es el campo interdisciplinario que tiene como objetivo sustituir o regenerar células, tejidos y órganos para restablecer la función normal del organismo. ⁽⁹⁾ La ingeniería de tejidos es parte de las estrategias de medicina regenerativa e implica el trasplante de un constructo generado en el laboratorio y que reemplaza el tejido preexistente. ⁽¹⁰⁾ Una vez que el tejido se implanta en el receptor, se espera que las células trasplantadas formen uniones con las células circundantes del huésped.

La ingeniería de tejidos tiene el potencial para resolver el problema de escasez del donante corneal y es uno de los enfoques recientes para reconstruir varias capas de la córnea. Los desafíos en el desarrollo de una córnea elaborada por ingeniería de tejidos incluyen la necesidad de producir un constructo que sea biocompatible, manipulable quirúrgicamente, ópticamente transparente, con un grosor adecuado e independiente de la donación de tejido corneal. En nuestro laboratorio hemos logrado crear un constructo similar a un endotelio corneal nativo. Nuestro constructo exhibe propiedades ópticas, funcionales y mecánicas apropiadas que son similares a un endotelio corneal saludable. **(Figura 1)**

Ingeniería de Tejidos para la Regeneración Endotelial Corneal

Para una estrategia adecuada de ingeniería de tejidos, hay cinco características que deben cumplirse.

1. Superficie transparente que mimetice la capa tisular.
2. Las CEC puedan adherirse o proliferar.
3. Bioactividad.
4. Propiedades físicas y mecánicas para aplicaciones quirúrgicas.
5. Biocompatibilidad, para no causar efectos dañinos al cuerpo.

Nuestro equipo de investigación se ha centrado en cumplir lo anterior para elaborar un constructo óptimo, dirigido a la regeneración endotelial corneal al ser trasplantado. Esto se logró refinando y estandarizando procesos a través de tres fases fundamentales: selección de biomateriales, obtención de células y evaluaciones de ingeniería de tejidos.

En lo que respecta al cultivo celular, es crucial lograr tanto un área estándar y una forma hexagonal para

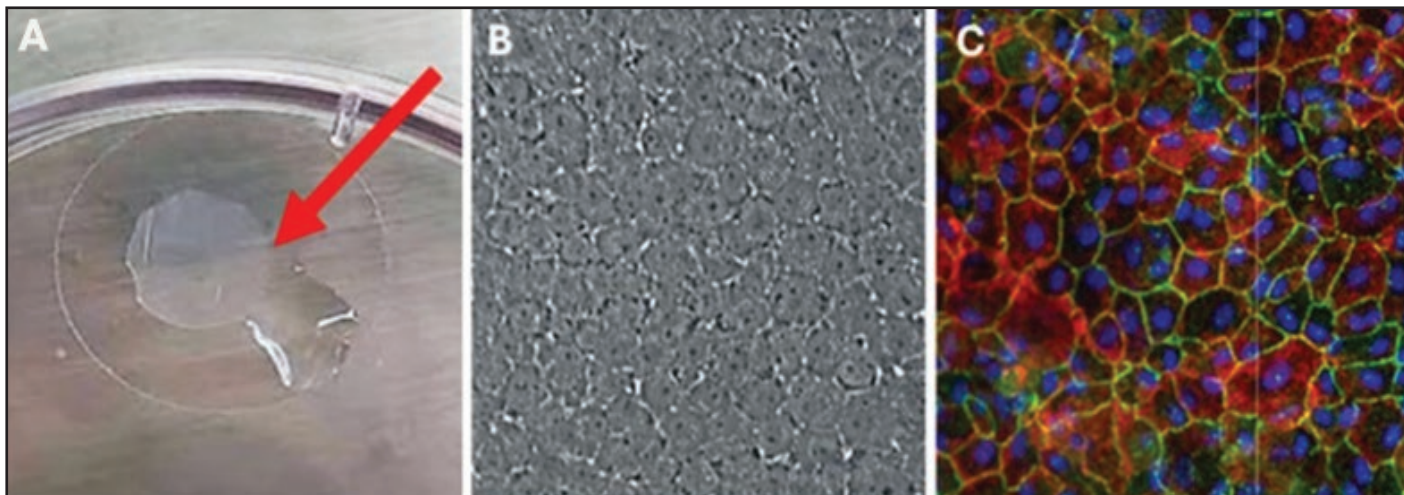


Figura 1. (A) Aspecto macroscópico del constructo elaborado por ingeniería de tejidos. (B) Aspecto microscópico del cultivo de CEC en el constructo. (C) Análisis por inmunofluorescencia del constructo para marcadores moleculares específicos: Na⁺/K⁺ ATPasa en rojo, ZO-1 en verde, núcleos en azul.

asegurar la funcionalidad y las densidades celulares adecuadas. **(Figura 1)** Con todas las características en su lugar, se evalúa la biocompatibilidad y funcionalidad.

La transparencia fue una medida de control de calidad, logrando obtener una transparencia similar a la córnea humana. ⁽¹¹⁾ Logramos con nuestros parámetros optimizar la producción de un constructo listo para trasplante. Este proceso no solo mejora la fabricación del tejido para futuros trasplantes, sino que también aborda la urgente necesidad de una solución sostenible ante la escasez de donantes corneales. Estos resultados han llevado a nuestro equipo de trabajo a un estudio preclínico piloto de trasplante del constructo **(Figura 2)** abriendo la posibilidad de revolucionar la medicina regenerativa ocular y dar pauta para futuros ensayos clínicos.

El Camino hacia la Implementación: Superando los Obstáculos

La ingeniería de tejidos tiene la promesa de solucionar la escasez global de córneas. Ha demostrado ser económicamente más accesible en comparación con el trasplante corneal tradicional. Un análisis de costos realizado en 2014 reveló que el endotelio corneal elaborado por ingeniería de tejidos es aproximadamente un 75% más barato que el tejido donante adquirido. Además, el proceso de ingeniería podría potencialmente producir 28 nuevos implantes a partir de un par de córneas donantes. ⁽¹²⁾ Asimismo, un análisis reciente realizado por nuestro grupo de investigación demostró que el constructo elaborado por ingeniería podría mejorar la calidad de vida de los pacientes, aumentar la tasa de éxito de los trasplantes y reducir las listas de espera, especialmente en una región como América Latina. ⁽¹³⁾

Más allá del costo y la calidad de vida, uno de los criterios clave para que las nuevas tecnologías sean adoptadas en la práctica clínica es la “flexibilidad de uso”. ⁽¹⁴⁾ Para explorar esto, realizamos un

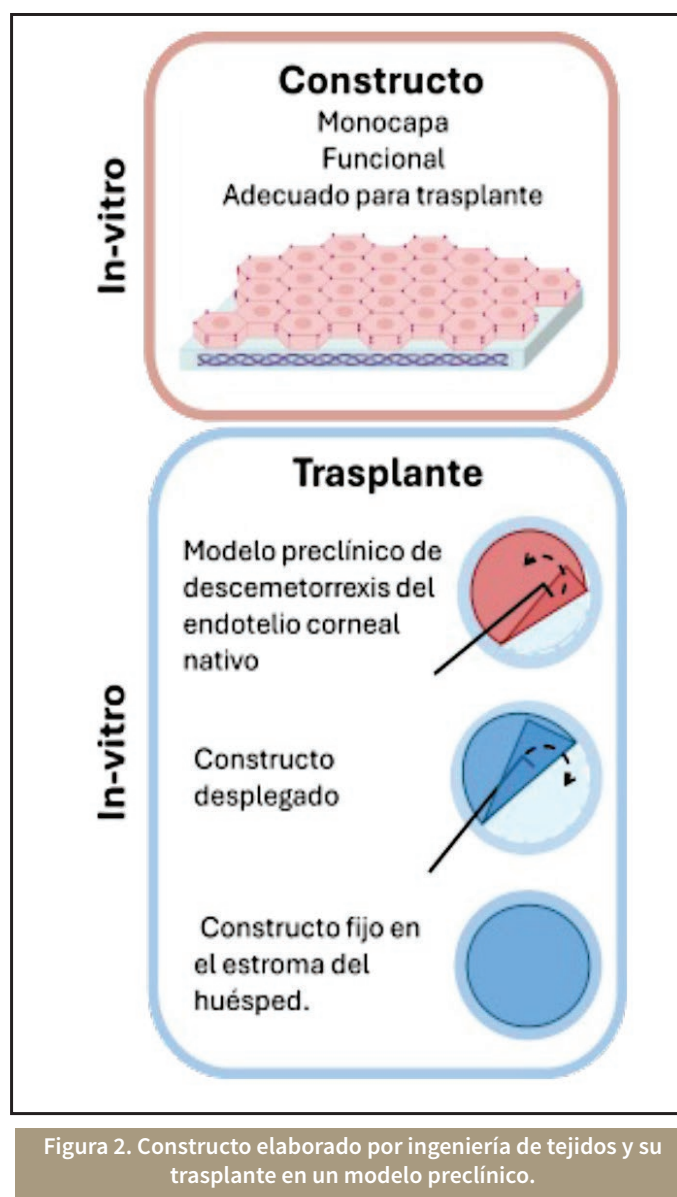


Figura 2. Constructo elaborado por ingeniería de tejidos y su trasplante en un modelo preclínico.

estudio piloto que encuestó a 30 oftalmólogos de América Latina. Encontramos que el 97% estaba dispuesto a utilizar un constructo endotelial elaborado por ingeniería de tejidos como una fuente alternativa para trasplante. También identificamos las características deseadas del constructo para ser elegido como un sustituto endotelial; tales como: biocompatibilidad, funcionalidad y asequibilidad. ⁽¹⁵⁾

Entonces, si el costo, el rendimiento, la calidad de vida y la disposición de los médicos para adoptar esta estrategia se alinean: ¿Por qué los avances tecnológicos en este campo aún no han llegado a la práctica clínica? Los desafíos en la adopción de nuevas tecnologías incluyen la falta de tiempo para la investigación, un pobre compromiso multidisciplinario entre la investigación básica y clínica, y financiación insuficiente. Se ha informado que, para los científicos en oftalmología, el tiempo promedio para asegurar la primera financiación como investigador independiente es de ocho años.⁽¹⁶⁾

La vía de transferencia tecnológica desde los estudios preclínicos hasta el beneficio social real implica cuatro etapas de traslación, cada una con sus desafíos, y dos “valles de la muerte”.^(17,18) El primer valle de la muerte ocurre entre la evidencia preclínica, típicamente desarrollada en la academia, y la transferencia tecnológica debido a la falta de financiación para ensayos clínicos. El segundo ocurre entre la transferencia tecnológica y la implementación clínica, a menudo causado por el rápido agotamiento de los recursos financieros durante la fase de ensayos clínicos, particularmente durante la etapa de licenciamiento. **(Figura 3)**

En un esfuerzo por mapear los avances tecnológicos actuales que progresan hacia la transferencia tecnológica en el campo de la ingeniería endotelial corneal, realizamos un análisis bibliométrico⁽¹⁵⁾ e identificamos 614 publicaciones. Los resultados mostraron una tendencia significativa al alza en los últimos 20 años, destacando los 25 principales autores y revistas. Este análisis reveló que la mayoría de las publicaciones provenían de revistas de oftalmología, alineándose con el desafío reportado de involucrar equipos de investigación multidisciplinarios para avanzar en la adopción de tecnología. Luego realizamos una búsqueda de patentes utilizando criterios similares e identificamos 26 patentes. La disminución en números desde artículos científicos a patentes corresponde con el primer “valle de la muerte”. Además, solo tres de los 25 principales autores del análisis bibliométrico aparecieron entre los 10 principales inventores. Notablemente, algunos de los autores de las publicaciones tenían afiliaciones con empresas. Identificamos 10 empresas, de las cuales una estaba afiliada con artículos que involucraban a tres de los principales autores (e inventores). De estas 10 empresas, cinco están involucradas en investigación en curso con ensayos preclínicos o clínicos, y cinco ya tienen productos

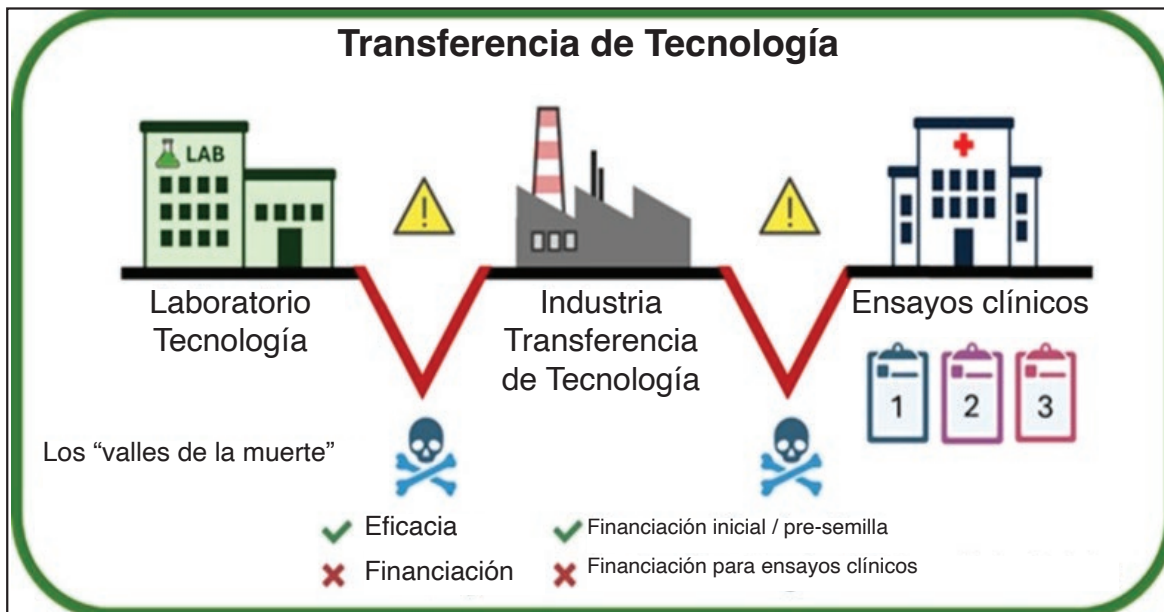


Figura 3. El camino desde los estudios preclínicos hasta los ensayos clínicos y el desafío de los “valles de la muerte”.

en el mercado. La reducción de 26 patentes a 10 empresas podría interpretarse como un segundo “valle de la muerte”.

Aunque la creación de empresas basadas en tecnología no es un proceso lineal, este análisis exploratorio resalta las brechas entre los avances tecnológicos reportados en artículos científicos y su traducción en transferencia tecnológica en la ingeniería del endotelio corneal. Acelerar el proceso para la adopción clínica requerirá una colaboración efectiva entre varios actores, incluyendo pacientes, médicos, especialistas en salud pública, ingenieros, estadísticos, analistas de datos y otros, para integrar la tecnología en la práctica clínica.

Las tendencias de la industria revelan una brecha significativa entre la producción científica y su aplicación, particularmente en oftalmología. Superar los “valles de la muerte” en la ingeniería de tejidos corneales podría generar numerosos beneficios, incluyendo el aumento de la disponibilidad de tejidos, la democratización del acceso a procedimientos quirúrgicos, la reducción de sus costos, la mejora de la calidad de vida de los pacientes trasplantados y hacer más eficiente el proceso de pasar de los avances tecnológicos a la adopción clínica.

Conclusión

Nuestra investigación demuestra la generación exitosa de un constructo de endotelio corneal biocompatible mediante estrategias de ingeniería de tejidos, similar a un endotelio corneal nativo y sano. Estos logros resaltan el potencial de la ingeniería de tejidos corneales y la necesidad de amigarlos con la práctica clínica. Es innegable que este enfoque innovador tiene un gran potencial para superar los desafíos asociados con el trasplante de córnea. De alcanzarlo estaríamos acortando la brecha hacia una independencia de tejido donante para recuperar la transparencia corneal en paciente con ceguera corneal.

Referencias

1. Ruiz-Lozano RE, Padilla-Alanis S, Jimenez-Perez JC, Zavala J, Valdez-García JE. Minimizing the Risk of Corneal Endothelial Damage Associated with Cataract Surgery. *Highlights Ophthalmol.* 29 de julio de 2022;50(4ENG):22-32.
2. Tuft SJ, Coster DJ. The corneal endothelium. *Eye Lond Engl.* 1990;4 (Pt 3):389-424.
3. Valdez-García JE, Ortiz-Morales G, Morales-Mancillas N, Domene-Hickman JL, Hernández-Camarena J, Loya-García D, et al. Age-related Changes of the Corneal Endothelium in the Hispanic Elderly Population.
4. Geroski DH, Matsuda M, Yee RW, Edelhauser HF. Pump function of the human corneal endothelium. Effects of age and cornea guttata. *Ophthalmology.* junio de 1985;92(6):759-63.
5. Altamirano F, Ortiz-Morales G, O'Connor-Cordova MA, Sancén-Herrera JP, Zavala J, Valdez-García JE. Fuchs endothelial corneal dystrophy: an updated review. *Int Ophthalmol.* 12 de febrero de 2024;44(1):61.
6. Feizi S. Corneal endothelial cell dysfunction: etiologies and management. *Ther Adv Ophthalmol.* 7 de diciembre de 2018;10:2515841418815802.
7. Gain P, Jullienne R, He Z, Aldossary M, Acquart S, Cognasse F, et al. Global Survey of Corneal Transplantation and Eye Banking. *JAMA Ophthalmol.* febrero de 2016;134(2):167-73.
8. Tan DTH, Dart JKG, Holland EJ, Kinoshita S. Corneal transplantation. *Lancet Lond Engl.* 5 de mayo de 2012;379(9827):1749-61.
9. Mason C, Dunnill P. A brief definition of regenerative medicine. *Regen Med.* enero de 2008;3(1):1-5.
10. Zhang Z, Niu G, Choi JS, Giegengack M, Atala A, Soker S. Bioengineered multilayered human corneas from discarded human corneal tissue. *Biomed Mater Bristol Engl.* 24 de junio de 2015;10(3):035012.
11. Beems EM, Van Best JA. Light transmission of the cornea in whole human eyes. *Exp Eye Res.* abril de 1990;50(4):393-5.
12. Tan TE, Peh GSL, George BL, Cajucom-Uy HY, Dong D, Finkelstein EA, et al. A cost-minimization analysis of tissue-engineered constructs for corneal endothelial transplantation. *PloS One.* 2014;9(6):e100563.
13. Jorge E Valdez; Marge Vaikjarv; Cirian Oneill; Sead Zejnel; Gabriela Tavcioska; Judith Zavala. Quality-adjusted life year analysis of engineered corneal endothelium transplant for a Hispanic Population. En New Orleans, LA, USA: Investigative Ophthalmology & Visual Science; 2023.
14. Furtado JM, Lansingh VC, Carter MJ, Milanese MF, Peña BN, Ghersi HA, et al. Causes of blindness and visual impairment in Latin America. *Surv Ophthalmol.* 2012;57(2):149-77.
15. ΩFuentes DER, Nucamendi KF, Valdez-García JE, Raquel CDD, Alejandro VPI, Cirian O, et al. Corneal tissue engineering: From research to industry, quality of life impact, and Latin American ophthalmologists' perspectives [Internet]. F1000Research; 2024 [citado 31 de agosto de 2024].
16. Pekel E, Pekel G. Publication trends in corneal transplantation: a bibliometric analysis. *BMC Ophthalmol.* 8 de noviembre de 2016;16(1):194.

17. Fernandez-Moure JS. Lost in Translation: The Gap in Scientific Advancements and Clinical Application. *Front Bioeng Biotechnol.* 2016;4:43.
18. Gohar F, Gohar A, Hülkamp G, Debus O. The Translational Medicine Professional: A Bridge Between Bench and Bedside? *Front Med.* 17 de octubre de 2018;5:294.



SAVE THE DATE

XXV Congreso Internacional
ALACCSA - R

6 AL 8 DE MARZO DE 2025

**The Westin Lima Hotel &
Convention Center**

Lima, Perú

Más información





Congreso Nacional de Oftalmología

3 AL 5 DE ABRIL DE 2025

Hotel Hilton. Buenos Aires

CNO25

www.ofthalmologos.org.ar/cno

CAO



XI Congreso Internacional RETINA Y VÍTREO

marzo
20 · 21 · 22
2 0 2 5

"El Evento que Reíne a los Mejores"

Hyatt Regency
Cartagena de Indias • Colombia

Invitados



Argentina
Andrés Bastián, MD.
Ezequiel Rosendi, MD.



Australia
Adrian Fung, MD.



Brasil
Octaviano Magalhaes, MD.



Costa Rica
Lihteh Wu, MD.



Chile
Sergio Morales, MD.



Francia
Jean-François Korobelnik, MD.



Italia
Francesco Pichi, MD.
Maria Vittoria Cicinelli, MD.
Paolo Lanzetta, MD.



México
Virgilio Morales, MD.
Gerardo Ledesma, MD.
Carlos Quezada, MD.
Abel Ramirez Astudillo, MD.



Estados Unidos
Carol Shields, MD.



Venezuela
Fernando Arevalo, MD.

Inscripciones

Categoría de Inscripción

Octubre 2024 a
Enero 31/2025

A partir de
Febrero 01/2025

Miembros Acorev

\$ 950.000

\$1.000.000

No Miembros Acorev

\$1.250.000

\$1.300.000

Oftalmólogos Miembros
Sociedad Colombiana de Oftalmología

\$1.150.000

\$1.200.000

Residentes / Fellows Nacionales

\$ 550.000

\$ 600.000

Extranjeros - US\$

US\$ 300

US\$ 310

<https://acorev2025.en-vivo.online/>



Reservas
Cujar Turismo
Jacqueline Andrade · Cel: +57 320 4472088
E-mail: corporativo9@cujarturismo.com.co



ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE RETINA Y VÍTREO



2025

**XXXVI
CONGRESO PANAMERICANO
DE OFTALMOLOGÍA**

BOGOTÁ - COLOMBIA

Traducción Simultánea

**MAYO 30 - JUNIO 2 - 2025
ÁGORA - BOGOTÁ**



  @socoftal

INFORMES E INSCRIPCIONES  (+57) 3157179121  eventos@socoftal.com