



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FUNDACIÓN HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ, I.A.P

Pérdida endotelial en técnica de faco-chop vs femtosegundo en pacientes con catarata senil

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO OFTALMÓLOGO

PRESENTA

Dr. Miguel Zepeda Gálvez

ASESOR DE TESIS:

DRA. ANA BEATRIZ MEDINA PÉREZ
DRA. CLAUDIA PALACIO PASTRANA
DRA. LAURA LETICIA ARROYO MUÑOZ
DR. OSCAR GUERRERO BERGER
DRA. CAROLINA OREA ORTEGA
DRA. CRISTINA MENDOZA VELÁSQUEZ



**HOSPITAL
de la LUZ**

FUNDACIÓN HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ, IAP

CD. MÉXICO, D.F

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. ANA BEATRIZ MEDINA PÉREZ

**ADSCRITA DEL DEPARTAMENTO DE SEGMENTO
ANTERIOR FUNDACIÓN HOSPITAL NUESTRA SEÑORA
DE LA LUZ I.A.P**

DRA. ALEJANDRO BABAYÁN SOSA

**JEFE DE ENSEÑANZA
FUNDACIÓN HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ
I.A.P**

DR. JAIME LOZANO ALCÁZAR

**PROFESOR TITULAR ANTE LA UNAM
DIRECTOR MÉDICO DE LA FUNDACIÓN HOSPITAL
NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ I.A.P**

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, Leopoldo y Blanca y a mi hermano Leopoldo por apoyarme de principio a fin, sobre todo en los momentos difíciles de mi vida, por educarme con principios de ética, moral y valores que enaltecen al espíritu humano.

A mis maestros, asesores y compañeros por compartir conmigo sus enseñanzas en estos 3 años de aprendizaje, sobre todo por su apoyo, confianza y dedicación en los momentos buenos, como en los malos para curtir en mi lo mejor del quehacer oftalmológico.

Y un agradecimiento especial a Dios, por permitir mi andar por esta especialidad tan maravillosa, que sin él, nada de esto hubiera sido posible de realizar.

ÍNDICE

Resumen.....	5
Introducción.....	7
Justificación.....	12
Pregunta de Investigación.....	12
Hipótesis.....	12
Objetivos.....	13
Material y métodos.....	13
Variables.....	14
Análisis estadístico y Cálculo de Muestra.....	17
Aspectos Quirúrgicos.....	18
Metodología.....	19
Aspectos éticos.....	20
Resultados.....	21
Discusión.....	27
Conclusión.....	31
Anexo.....	32
Bibliografía.....	33

Resumen

Objetivo: Se comparó el conteo endotelial en pacientes operados de cirugía de catarata por facoemulsificación asistida con láser de femtosegundo vs técnica de faco-chop.

Material y Métodos: Se sometió a cirugía de catarata por facoemulsificación a dos grupos de pacientes con catarata senil, un grupo asistido por LASER de femtosegundos y otro con técnica de facochop y se comparó la pérdida endotelial al mes y a los tres meses entre ambos grupos y se correlacionó con el balance de líquidos empleado y el CDE utilizado durante ambos procedimientos.

Resultados: Hubo una pérdida endotelial de 9.02% en el grupo de femtosegundo y de 12.9% en el grupo de facochop a las 4 semanas de seguimiento y de 20.1% en el grupo de femtosegundo y de 24.9% en el grupo de facochop a los 3 meses de seguimiento ($p=0.37$ y $p=0.32$ respectivamente) sin presentar diferencias estadísticamente significativas en la pérdida endotelial entre ambos grupos y existió una correlación directa entre la pérdida endotelial y la cantidad de solución utilizada en el primer mes, en el grupo 2 ($r = 0.60$ y $p=0.03$). Posteriormente ya no se encontró ninguna correlación

Conclusión: No hubo una pérdida endotelial estadísticamente significativa entre ambos grupos y ambas técnicas quirúrgicas pueden ser seguras para el endotelio.

Abstract

Objective: To compare the effect on the corneal endothelium of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification cataract surgery

Material and Methods: femtosecond laser (group 1) and phacoemulsification (group 2) was performed. The central endothelial cell density, CDE and fluid balance was measured preoperatively, 4 weeks and 3 months.

Results: Group 1 had a endothelial cell lost of 9.02% and 12.9% in group 2 at 4 weeks of follow up and 20.1% in group 1 vs 24.9% in group 2 at 3 months of follow up ($p=0.37$ y $p=0.32$) without statistically difference between both groups, but existed direct correlation between salt solution balance and lost cell in the first month in the group 2 ($r = 0.60$ y $p=0.03$).

Conclusion: Both groups had not differences statistically significant in endothelial cell lost. Both techniques can be safe for endothelial cells.

Introducción.

La cirugía de catarata se ha ido perfeccionando a lo largo de muchos siglos, siendo su fase más acelerada en el siglo pasado y el presente. Aproximadamente en el siglo 1000 a.C, se encuentra una descripción que habla sobre una técnica quirúrgica llamada abatimiento o couching realizada por Susruta, los egipcios y la civilización mesopotámica.¹ Siglos más tarde se desarrolla la cirugía extracapsular (originada por el Dr. Jacques Daviel en 1747) y la cirugía intracapsular (originada por el Dr. Samuel Sharp en 1753)¹ . Con el fin de obtener una técnica menos invasiva, se ha recurrido a la realización de incisiones pequeñas y en 1967 Charles Kelman inicia la era de la extracción de catarata por facoemulsificación. Esta nueva técnica automatizada permitió eliminar el cristalino a través de una incisión pequeña, otorgando mayores beneficios visuales y una recuperación mucho más rápida para el paciente². Tratando de disminuir el tamaño de las heridas corneales y el efecto deletéreo del ultrasonido asociado al aumento de la temperatura intraocular y la liberación de radicales libres sobre las estructuras intraoculares, se han desarrollado estudios con el uso de diferentes tipos de láser para la eliminación de la catarata, utilizando principalmente el erbio (Er): YAG (2940nm de longitud de onda), el cual enfoca directamente sobre el cristalino y además se absorbe en el agua, evitando así el daño a estructuras vecinas y el Neodimium: YAG láser (1064 de longitud de onda), el cual no se absorbe por completo, obligando a ser muy precisos para evitar daño en otros tejidos³. Algunos resultados obtenidos con esta técnica habla que no existe diferencia significativa entre el ultrasonido sólo y el Er: YAG en cataratas blandas y moderadas pero generando un mayor daño al utilizarlo en cataratas duras, como reporta el Dr. Vergés y cols en el 2003⁴, dicho método quirúrgico cayó en desuso por la ineficiencia para destruir la catarata, además de necesitar de un puerto exclusivo para mantener la irrigación en la cámara anterior.

El endotelio corneal es la capa más profunda de la córnea y se caracteriza por ser una monocapa de células hexagonales de 5 micras de grosor y 20 micras de longitud, con una densidad de 3500 cels/mm² aproximadamente en un adulto joven; su función principal es la de realizar los procesos metabólicos necesarios para mantener la transparencia corneal. Sugar y cols. en 1978, determinaron que cualquier cuadro inflamatorio, generaría disminución de la densidad endotelial, lo que, consecuentemente, desarrollaría edema corneal⁵. Una de las

patologías más temidas, asociadas a la pérdida endotelial, es la queratopatía bulosa, la cual consiste en la presencia de edema corneal y microbulas o microquistes subepiteliales con contenido acuoso, asociado a la incompetencia de las células endoteliales de mantener deshidratado el estroma corneal. Rao y cols en 1984 mencionaron las causas principales que generan queratopatía bulosa (ver la Tabla 1) por lo que, desde entonces, se ha intentado asociar la seguridad de los procedimientos intraoculares con evitar la pérdida endotelial⁶. Una de las características celulares del endotelio es el mantenerse en un estado quiescente en el proceso de división celular (por lo tanto ausentes de mitosis) lo que conlleva a una preocupación real de todo oftalmólogo al observar una pérdida de las mismas. Como consecuencia asociada a la pérdida celular adyacente, las células endoteliales aumentan su tamaño (polimegatismo) y alteran su forma hexagonal (pleomorfismo), dando como resultado, el recubrimiento de los espacios acelulares y el mantenimiento de la transparencia corneal. A mayor pleomorfismo y polimegatismo, su capacidad para mantener esta transparencia y responder a un estrés quirúrgico será menor.⁷

Tabla 1.- FACTORES DE RIESGO PARA QUERATOPATIA BULOSA (Rao 1984, Sugar 1978)		
Patología Corneal Preexistente	Factores Intraoperatorios	Factores Postoperatorios
<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía Previa 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto endotelial con instrumentos, cristalino o LIO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adherencias Vitreocorneales
<ul style="list-style-type: none"> • Uveitis 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos Nocivos de Ultrasonido 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamación persistente
<ul style="list-style-type: none"> • Distrofia Endotelial 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbulencia de líquidos de irrigación (SSB) 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevación de la Presión Intraocular
<ul style="list-style-type: none"> • Baja densidad inexplicada 	<ul style="list-style-type: none"> • Aire Intracamerular 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto de lente-endotelio

Tabla 1.- Factores de riesgo para pérdida de células endoteliales.

Entre los factores de riesgo quirúrgicos para la pérdida de células endoteliales en cirugía de facoemulsificación encontramos: la habilidad del cirujano, la herida quirúrgica, las sustancias utilizadas durante el procedimiento (tinciones, soluciones de irrigación, viscoelásticos), la turbulencia generada por la fluídica, el tamaño de la cámara anterior, las ondas de choque del ultrasonido, el lente intraocular y el cierre de la herida corneal (en caso de realizar un punto perforante).

Se ha observado que a menor profundidad de la cámara anterior, las células endoteliales están en mayor contacto con el ultrasonido, la turbulencia de la fluídica, el calor de la pieza de mano y el cristalino, lo que generaría mayor pérdida de células endoteliales como lo demuestra el Dr Kyeung⁸ y cols en el 2010, en dónde compara la pérdida endotelial vs profundidad de cámara anterior <2.5mm, de 2.5 - 3.5mm y 3.5 – 4.5mm, teniendo un porcentaje de pérdida endotelial de $15 \pm 17\%$ vs $25 \pm 18\%$ vs $17 \pm 14\%$, respectivamente, sin ser estadísticamente significativo.

Los viscoelásticos son dispositivos indispensables en la cirugía de catarata y una de sus principales funciones es la protección endotelial. Un viscoelástico que no es capaz de cubrir y permanecer dentro de la cámara anterior puede influir en la pérdida de células endoteliales como podemos observarlo en el estudio realizado por el Dr. Paulsen y cols. en donde compararon 3 viscoelásticos diferentes, obteniendo una pérdida endotelial del 6.97% en el grupo con Vitrax (dispersivo, Hialuronato de Sodio 3%), del 18.03% en el grupo con Celoftal (dispersivo, Hidroxipropilcelulosa 2%) y del 18.46% en el grupo con Healon (cohesivo, Hialuronato de Sodio 1%), resultando con una pérdida significativamente menor en el grupo de Vitrax⁹. En 2009 el Dr Van den Bruel y cols. realizó un meta-análisis en donde demuestra que existe una menor pérdida endotelial al utilizar viscoelásticos de tipo viscoadaptativos en comparación con los dispersivos de muy baja viscosidad y los cohesivos súper viscosos, pero en todas las comparaciones la diferencia endotelial fue $\leq 100\text{cels./mm}^2$.¹⁰

Ravalico y cols. en 1997, reportaron una pérdida de 10.1% en facoemulsificación y de 8.5% para extracción extracapsular de catarata, sin ser una diferencia estadísticamente

significativa, por lo que determina que el método de faco es seguro¹¹. En el 2004, Bourne y cols. determinaron que en las cataratas duras, puede haber una pérdida endotelial de hasta el 52.6% con la técnica de faco y del 23.1% con extracción extracapsular, por lo que recomendó que en estos casos (de cataratas duras) se opte mejor por realizar EECC¹². En estudios más recientes, comparando ambas técnicas, Gogate y cols en el 2010 observaron en pacientes con cataratas LOCS 4, maduras e hidratadas que la pérdida endotelial era de 15-18% para los pacientes de faco y de 15-17% para los pacientes de EECC, sin obtener diferencias estadísticamente significativas entre ambas¹³. Se menciona que la pérdida endotelial aproximada en la técnica de faco, es del 7 al 12% y que puede llegar hasta el 20%, dependiendo la dureza del cristalino, según Hayashi y cols¹⁴.

Niveles elevados de radicales libres de oxígeno se han observado en la cámara anterior de pacientes que se han sometido a cirugía de catarata mediante facoemulsificación, estos radicales, son el resultado de las ondas ultrasónicas que generan cavitación sobre el material cristalino, los cuales activan la cascada de la apoptosis de las células endoteliales⁷.

Se han realizado muchos estudios en donde se ha comparado la pérdida endotelial en cirugía coaxial con incisiones de 3.2mm y menores vs cirugía bimanual con incisiones de 1.5mm, encontrando resultados diversos que apuntan a una u otra tendencia de acuerdo a la técnica que mejor domine el cirujano del estudio e incluso no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas¹⁵⁻¹⁷.

En los factores quirúrgicos que pueden efectuar un daño endotelial se encuentran, la irrigación utilizada dentro de cámara anterior y la cantidad de energía acumulada (CDE) como lo demuestra el Dr. Soliman y cols. en su estudio del 2012, en el cual, en pacientes con catarata LOCS 1-5, obtuvieron una pérdida endotelial del 15.4% con una correlación directa entre el tiempo de aspiración el volumen del solución salina balanceada y el CDE utilizado y que, a mayor grado de dureza de la catarata, mayor fué la correlación¹⁸.

Existen diferentes formas para realizar la fragmentación del núcleo cristalino, las cuales, también han evolucionado, con la finalidad de hacerla más eficiente y de utilizar menos ultrasonido. Una de ellas es la técnica de Facochop descrita por Chang (1993), la cual consiste

en dividir al cristalino manteniéndolo sostenido por el centro, y apoyándose con un chopper horizontal o vertical, realizar la fractura del núcleo utilizando muy poco ultrasonido y aprovechando la fuerza mecánica de los instrumentos. En el 2004 El Dr. Can y cols. compararon la técnica de faco-chop tipo Nagahara vs la técnica de Stop and Chop, observando menor tiempo de ultrasonido, menor grosor corneal y mayor agudeza visual en el postoperatorio inmediato en la técnica de faco-Chop¹⁹. La Dra Wong en su publicación del 2000 mostró menos tiempo de facoemulsificación (1.4 ± 0.09 vs 3.4 ± 0.1 minutos) y porcentaje de ultrasonido ($25.3 \pm 1.2\%$ vs $35.1\% \pm 1.2\%$) en el grupo de faco-chop vs divide y vencerás, respectivamente²⁰. Posteriormente el Dr. Storr- Paulsen en el 2008 demostró una pérdida endotelial de 6.3% en el grupo de faco-chop vs el 5% en el grupo de divide y vencerás al tercer mes y de 5.7% vs 3.5% a los 12 meses, respectivamente, sin demostrar diferencias significativas en la densidad celular en ambos grupos²¹ y en el 2013 el Dr. Park y cols compararon divide y vencerás ($9.1 \pm 1.2\%$), faco-chop ($5.2 \pm 0.6\%$) y stop and chop (7.2 ± 1.0), siendo la técnica de faco-chop la que menor pérdida endotelial registró²².

En el 2001 se introduce en la oftalmología una nueva herramienta quirúrgica, conocida como láser de femtosegundo utilizada en primera instancia para cirugía corneal y posteriormente para cirugía de catarata. Esta tecnología, consiste en una plataforma láser con una longitud de onda de 1053nm que roza el espectro del infrarrojo y que funciona emitiendo un haz de luz que viaja a 1×10^{-15} segundos, originando fotodisrupción y disección tisular a expensas de burbujas de plasma. La plataforma en cirugía de catarata, permite la realización de las incisiones corneales, la capsulorrexis y la fragmentación del cristalino en distintos patrones²¹.

Una de las ventajas que nos ofrece el femtosegundo es su reproducibilidad; al ser un sistema automatizado realiza todos los procedimientos de una forma metodológica y con ayuda de la succión ocular, permite que todos los procedimientos sean casi idénticos; esto favorece que se puedan realizar las heridas corneales, son autosellables, tener un mejor centrado de la capsulorrexis y por lo tanto, del lente intraocular y realizar múltiples fragmentos del cristalino, ahorrando así ultrasonido²³. El Dr Teuma y cols. en el 2013, estudiaron la pérdida endotelial asociada a la herida corneal, comparando una técnica manual vs femtosegundo con incisión perpendicular y con incisión a 45° , observaron una pérdida endotelial de 1.6% en la

técnica manual, de 0.57% mediante láser con incisión a 45° y de 0.60% con incisión perpendicular, pero no encontraron una diferencia estadísticamente significativa entre éstas²⁴. La Dra. Conrad y cols en su estudio del 2013, encontraron una pérdida endotelial del 8.1% en el grupo de femtosegundo y del 12.1% en el grupo con facoemulsificación en 3 meses de seguimiento²⁵. En el 2014 el Dr Robin y cols observaron el comportamiento endotelial, el grosor y volumen corneal posterior a cirugía de catarata con facoemulsificación y femtosegundo, concluyendo, que el volumen y el grosor corneal aumentan durante los primeros 3 meses, siendo significativamente mayor en el grupo de facoemulsificación y que posteriormente vuelve a valores basales a los 6 meses en ambos grupos sin presentar diferencia significativa, al igual que la pérdida endotelial, siendo de 6.3% en los pacientes de femtosegundo y del 6.2% en los de facoemulsificación²⁶.

Justificación:

Lo que ya sabemos ampliamente, es que todo procedimiento quirúrgico desarrollará un daño endotelial, corriendo el riesgo de desarrollar queratopatía bulosa; existen reportes que indican que la incidencia es del 4.3% según el Dr Taylor y cols en 1983²⁷ y del 1-2% según la Dra Wynn y cols. en un estudio realizado en el 2005²⁸, por lo que es importante disminuir la manipulación del acto quirúrgico. El láser de femtosegundos podría ayudar a disminuir esta incidencia o bien contribuir a ella, de acuerdo al daño endotelial que genere y al compararlo con el uso de ultrasonido solamente. Es por ello que es importante determinar si estos resultados son reproducibles en nuestra población.

Pregunta de Investigación:

¿Existe menor pérdida endotelial en la cirugía de facoemulsificación asistida por femtosegundo en comparación con la técnica de faco-chop en cataratas de dureza media?

Hipótesis Verdadera:

Existe diferencia significativa en la pérdida endotelial entre la cirugía de facoemulsificación asistida por láser de femtosegundos vs la técnica de faco-chop.

Hipótesis Nula:

No exista diferencia significativa en la pérdida endotelial entre ambas técnicas quirúrgicas.

Objetivos:

General: Comparar el conteo endotelial en pacientes operados de cirugía de catarata por facoemulsificación asistida con láser de femtosegundo vs técnica de faco-chop.

Específicos:

1. Realizar el conteo endotelial pre y postoperatorio en ambos grupos de estudio
2. Evaluar la diferencia en la Cantidad de Energía Disipada (CDE) entre grupos
3. Medir el balance de líquidos (SSB o solución salina balanceada) utilizado entre ambos grupos.
4. Correlacionar la pérdida endotelial con el SSB y el CDE en ambos grupos.

Secundario:

- 1.- Analizar las diferencias en el grosor corneal entre ambos grupos.

Material y Métodos:

Tipo de estudio y diseño:

Se trata de un estudio de casos y controles, de tipo prospectivo, longitudinal, experimental y comparativo, en pacientes del departamento de segmento anterior de la Fundación hospital de Nuestra Señora de la Luz I.A.P

Criterios de Inclusión:

- Pacientes con Catarata Senil LOCS III. Se considerará como catarata senil a todo paciente por arriba de los 50 años que padezcan de catarata y se categorizará mediante el sistema de clasificación de opacidad cristalina III (LOCS III)²⁹.
- Sin patologías que puedan influir en la salud endotelial.
- Contar con Expediente completo
- Longitud Axial 22-25mm y Profundidad de Cámara anterior de 2-4mm

- Conteo Endotelial mayor a 1500 cels./mm²

Criterios de Exclusión:

- Pacientes con pseudoexfoliación, trauma ocular, incidentes transquirúrgicos. Algún otro tipo de catarata que no sea senil.
- Presencia de cirugía ocular, patología ocular o antecedente de la misma (glaucoma, retinopatía diabética o con tratamiento previo con láser o antiangiogénicos, oclusiones venosas o arteriales, distrofias o degeneraciones corneales, uveítis, neuritis óptica).

Criterio de Eliminación.

- No acudan a citas de seguimiento.
- No se realice precortado cristaliniario con femtosegundo.

VARIABLES DE ESTUDIO:

VARIABLES DEL ESTUDIO:

Discretas

- Edad
- Conteo endotelial
- Grosor Corneal
- Longitud Axial
- Profundidad de Cámara Anterior.
- Balance de líquidos
- Conteo de CDE

Dicotómicas:

- Sexo

VARIABLES DEMOGRÁFICAS:

- Edad
- Sexo
- Conteo Endotelial
- Longitud Axial
- Profundidad de Cámara Anterior

VARIABLE DEPENDIENTE:

- Conteo Endotelial.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Edad, sexo, CDE, SSB utilizada, profundidad de cámara anterior y longitud axial.

Variable	Definición Conceptual	Categorías	Definición Operacional
a) Sexo	Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer. ³⁰	1.- Hombre 2.- Mujer	Fenotipo y genotipo que corresponden al género
b) Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde el nacimiento. ³⁰	Mayores a 50 años, agrupados por décadas 1.- 50-59 2.- 60-69 3.- 70-79 4.- 80-89 5.- Más de 90	Se mide por los años de vida registrados.
c) Conteo Endotelial	Cantidad de células endoteliales que se observan en una toma de microscopia especular.	Variable continua	Se valorará previo al acto quirúrgico, al mes y a los 3 meses de haberse realizado dicho acto.
d) Grosor Corneal	Grosor que presenta la cornea	Variable Continua	Grosor corneal que encontramos en el resultado de la microscopia especular previa y

			posterior a la cirugía de catarata.
e) Longitud Axial	Medición biométrica de la longitud Antero-posterior del globo ocular	Variable continua	Determinada previa al acto quirúrgico y se tomaran longitudes de 22 a 25mm
f) Profundidad de Cámara Anterior	Medición biométrica que consiste en el espacio que existe entre la cara posterior de la córnea y la cara anterior del cristalino	Variable Continua	Determinada previo, al mes y a los 3 meses del acto quirúrgico y se tomaran cámaras de 2 a 4mm

Valores Correspondientes a la Extracción de la Catarata			
g) Balance de líquidos	Solución salina balanceada utilizada durante la cirugía y dentro de la cámara anterior.	Variable continua	Se medirá la solución utilizada durante el procedimiento quirúrgico al restarla sobre el sobrante de la bolsa utilizada.
h) Conteo de CDE	Cantidad de energía ultrasonica utilizada en el procedimiento de facoemulsificación	Variable Continua	Se tomará el valor obtenido en la plataforma de facoemulsificación al final del procedimiento

- La microscopia especular se tomó como el estudio para el análisis del conteo celular y el grosor corneal, será realizada por los médicos del departamento de Segmento Anterior mediante el Microscopio especular Topcon modelo SP-2000p, realizándose en todos los pacientes con un muestreo de 30 células endoteliales para el análisis de las mismas.
- La profundidad de la cámara anterior se valoró mediante Interferometría de baja coherencia mediante el tomógrafo de coherencia óptica (OCT) Visante de la casa comercial Carl Zeiss Meditec previo al evento quirúrgico.

Análisis Estadístico y Cálculo de la Muestra.

- El cálculo de la muestra para dicho estudio se realizó mediante la prueba de $n = Npq / (N-1D) + pq$, dando como resultado 24 pacientes, los cuales se dividirán en 12 pacientes en cada grupo.
- Análisis de correlación entre variables con la prueba de P de Pearson, realizado con el programa GraphPad Prism, versión 5.00 para Windows y una prueba paramétrica T de Student, con el Software de Microsoft Excel 2013.
- El valor de p será considerado estadísticamente significativo con valores < 0.05 .

Organización de los grupos comparativos:

- Grupo 1: Pacientes con Catarata senil operados con Femtosegundo con Plataforma LensX de Alcon con técnica de 2 Chops e incisiones corneales de 2.2mm en puerto principal y puerto accesorio de 1.0mm a 90° del principal y se continuará el procedimiento quirúrgico con la plataforma Infiniti de la casa Alcon para la facoemulsificación de los fragmentos precortados.
- Grupo 2: Pacientes con Catarata senil operados con Facoemulsificación con incisión de 2.2mm en puerto principal y puerto accesorio de 1.0mm a 90° del principal con faco-chop (Chop horizontal) realizado con la plataforma Infiniti de Alcon.

Aspectos Quirúrgicos:

El procedimiento quirúrgico se realizó por 4 médicos en entrenamiento y 2 médicos adscritos del departamento de segmento anterior de la siguiente manera:

- En todos los procedimientos se realizó el purgado de la plataforma con una bolsa de solución estéril y posteriormente se colocó una bolsa nueva para la contabilización de la SSB utilizada durante el mismo.

Parámetros quirúrgicos:

- **Femtosegundo (Grupo 1).**
 - Se realizó con la Plataforma LensX de Alcon con técnica de 2 Chops e incisiones corneales de 2.2mm en puerto principal y puerto accesorio de 1.0mm a 90° del principal.
 - Apertura de incisiones con la espátula de slade
 - Se verificó que la capsulorrexis estuviera completa y de no ser así, se completó manualmente
 - Se verificó el precortado cristalino y se realizó prechopeo para retiro de burbujas de aire entre cristalino y capsula posterior.

- **Faco chop (Grupo 2)**
 - 35% de Ultrasonido modalidad burst, fijo + Choper de Seibel con técnica de faco-chop horizontal directo (2° instrumento)
 - Vacío: 350mmHg (fijo)
 - Aspiración: 35cc/min (fijo)
 - Altura de la botella: 95 cmH₂O

Para ambos grupos se utilizaron los mismos parámetros los cuales son los siguientes:

- **Cuadrantes:**
 - Ultrasonido 100% oscilatorio, modo burst con 35% on y 30% off y con sistema ip activado (lineal)
 - Vacío: 250mmHg (lineal)
 - Aspiración: 28cc/min (lineal)
 - Altura de la botella: 95cmH₂O

- **Aspiración de Restos Corticales: (Punta de I/A de silicón)**
 - Vacío: 500mmHg (lineal)
 - Aspiración: 35cc/min (lineal)
 - Altura de la botella: 80 cmH₂O

- **A todos los pacientes se les colocó un lente intraocular de acrílico hidrofóbico.**

- **Remoción de Viscoelástico:**
 - Vacío: 550mmHg (lineal)
 - Aspiración: 45cc/min (lineal)
 - Altura de la botella: 85 cmH₂O

Metodología del Procedimiento quirúrgico:

Previo al acto quirúrgico se dilató al paciente con Tropicamida/Fenilefrina, instilando una gota cada 15 minutos, en 3 ocasiones en el ojo a operar; posteriormente, en el grupo 1 se trasladó a la sala del láser de femtosegundo en donde previa asepsia y antisepsia, se colocó el ojo en cuestión bajo succión para realizar las heridas corneales, la capsulorrhexis y los 2 chops sobre el cristalino, una vez finalizado dicho acto se trasladó al paciente al quirófano; En ambos grupos, bajo anestesia local asistida se realizó asepsia y antisepsia, colocación de campos estériles, apertura palpebral con blefaróstato, purgado de plataforma con bolsa de solución salina balanceada estéril y se cambió por una bolsa nueva. En el grupo 1 se realizó apertura de herida corneal con espátula de Slade y en el grupo 2 se realizó herida corneal

escalonada de 2.2mm; en ambos grupos se introdujo azul tripano como medio para teñir la capsula anterior, se mantuvo durante 40 segundos y se retiró mediante irrigación con solución salina balanceada, se reformó cámara anterior con viscoelástico de tipo viscoadaptativo (DisCoVisc® de la casa comercial Alcon); en el grupo 1 se retiró la capsulotomía realizada previamente con el femtosegundo y en el grupo 2 se realizó capsulorrexis circular continua de 5.5-6.5mm; en ambos grupos se realizó hidrodisección y rotación del núcleo; presurizada la cámara con la pieza de mano en su interior, en el grupo 1 se realizó la apertura del puerto accesorio con la espátula de Slade y en el grupo 2 se realizó el puerto accesorio con cuchillete de 15°; en el grupo 1 se inició la facoemulsificación sobre los fragmentos cristalinos previamente precortados y en el grupo 2 se realizó técnica de facochop horizontal con chop tipo Seibel; en ambos grupos se realizó la aspiración de restos corticales con pieza de I/A (Irrigación/Aspiración) con punta de Silicón de 0.3mm y 45° de angulación, se reformó la cámara y la bolsa capsular con viscoelástico, se introdujo el lente esférico, monofocal, monoblock, plegable, de acrílico hidrofóbico dentro del saco capsular (lente Acrysoft Esférica IQ SN60WF de la casa comercial, Alcon), se aspiró el viscoelástico y se cerró la herida corneal con sutura Nylon 10-0.

Aspectos éticos:

Para nuestro estudio, el cual consistió en comparar dos técnicas quirúrgicas diferentes, contamos con un consentimiento informado, firmado por el paciente, en el cual, se especificaron los beneficios, complicaciones y la metodología con la que se realizó dicho procedimiento. Se cumplió con los requisitos y lineamientos que se encuentran vigentes en los estatutos que marca la nueva declaración de Helsinki realizada en el 2013. Los datos personales de los pacientes se utilizaron sólo para fines científicos y no serán divulgados, para proteger su identidad y mantener su derecho de confidencialidad.

Resultados

Se operaron 24 ojos divididos en 2 grupos de 12 pacientes, el grupo 1 de pacientes operados con femtosegundo y el grupo 2 operados con técnica de facochop. En total se operaron 14 mujeres (58.3%) y 10 hombres (41.6%) dividiéndose en: Grupo 1, 5 mujeres (41.6%) y 7 hombres (58.3%) y en el grupo 2 9 mujeres (75%) y 3 hombres (25%) ($p=0.109$); la media de la edad del grupo 1 fue de 71.67 años (65-80) y en el grupo 2 de 69.67 años (52-81). ($p=0.28$); Grupo 1: Longitud axial de 23.57mm (20.97 - 25.01mm), conteo endotelial de 2476 células/mm² (1659 – 3056 cels./mm²) y una profundidad de cámara anterior de 2.97mm (2.03 - 3.99) y el grupo 2: Longitud axial de 23.25mm (21.2 - 25.05), conteo endotelial de 2506 células/mm² (1975-3241 cels./mm²), profundidad de cámara anterior de 2.85mm (2.12 - 3.75) en donde no se encontraron diferencias significativas, (ver la tabla 2).

Tabla 2: Variables Demográficas.

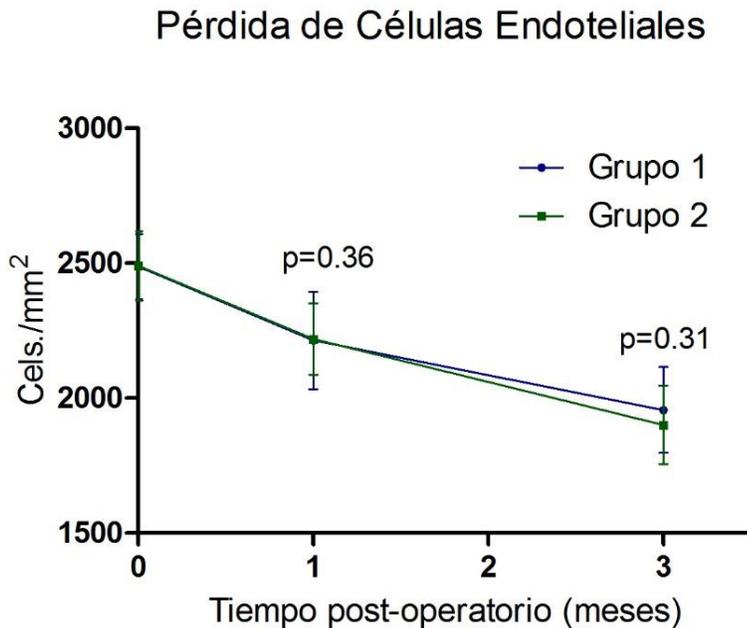
Variables	Media		Valor de P
	Grupo 1	Grupo 2	
Sexo			
Masculino	7	3	
Femenino	5	9	
Total			0.11
Edad	71.67 (65-80)	69.67 (52-81)	0.28
Conteo endotelial (cels/mm ²)	2476 (1659 - 3056)	2506 (1975 - 3241)	
PCA (mm)	2.97 (2.03 - 3.99)	2.85 (2.12 - 3.75)	0.31
LA (mm)	23.57 (22 - 25)	23.25 (22.2 - 25)	0.26
PCA= Profundidad de cámara anterior			
LA = Longitud Axial			

Tabla 2: Valores basales de ambos grupos sin diferencia estadísticamente significativa, por lo que son comparables entre sí.

En grupo 1 la SSB utilizada fue de 117.92cc (50 – 200), CDE de 6.27 (3.32 - 10.4) y el tiempo de aspiración de 5.70'' (3.03 - 9.59) y en el grupo 2 el balance de líquidos fue de 115.5cc (70 – 220), CDE de 9.13 (3.71 - 17.58) en donde no se encontraron resultados estadísticamente significativos (ver la tabla 2.)

El porcentaje de pérdida endotelial al mes en el grupo 1 fue del 9% y para el grupo 2 del 12.9% y al 3 mes del 20% para el grupo 1 y del 24.9% para el grupo 2.

Gráfica 1: Pérdida endotelial en ambos grupos al mes y a los 3 meses.



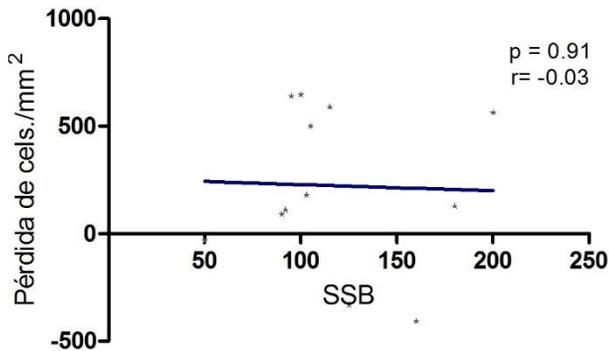
Gráfica 1: Pérdida celular en ambos grupos, en la cual, podemos evidenciar un comportamiento muy parecido entre ambos grupos en el 1er mes y una pérdida mayor en el grupo 2 en el 3er mes sin ser estadísticamente significativo.

Se realizó una correlación de las variables SSB y CDE vs la pérdida endotelial en ambos grupos observando lo siguiente (ver tabla 4 y gráficas 2-13).

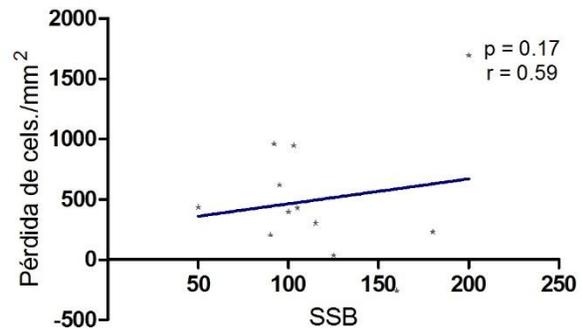
La correlación de pérdida endotelial y SSB del grupo 1 mostró un valor de $p = 0.91$ y $r = -0.03$ (no correlación y no estadísticamente significativo) y en el grupo 2 de $p = 0.03$ y $r = 0.60$ (correlación directa y estadísticamente significativo) (ver gráfica 1 y 6). Las demás correlaciones realizadas con el CDE al mes y a los tres meses, al igual que de la SSB a los 3 meses resultaron sin diferencia estadística entre ambos.

Gráficas 2-3: Correlaciones entre SSB y pérdida endotelial en el Grupo 1

1er MES



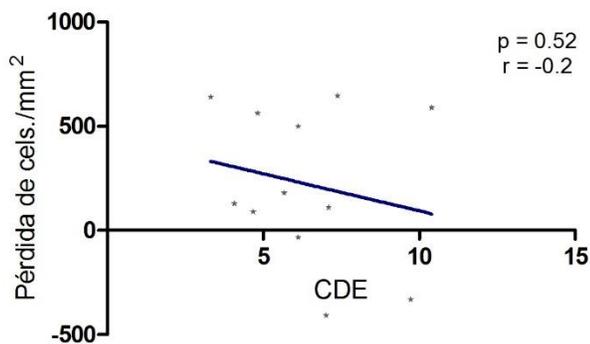
3er MES



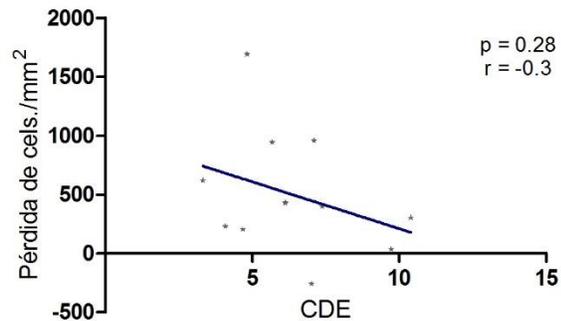
Gráficas 2-3: Comportamiento de la pérdida endotelial correlacionado con la cantidad de SSB utilizada durante el procedimiento quirúrgico en el Grupo 1 sin tener una diferencia estadísticamente significativa al mes y los 3 meses.

Gráficas 4-5: Correlaciones entre CDE y pérdida endotelial en el Grupo 1

1er MES

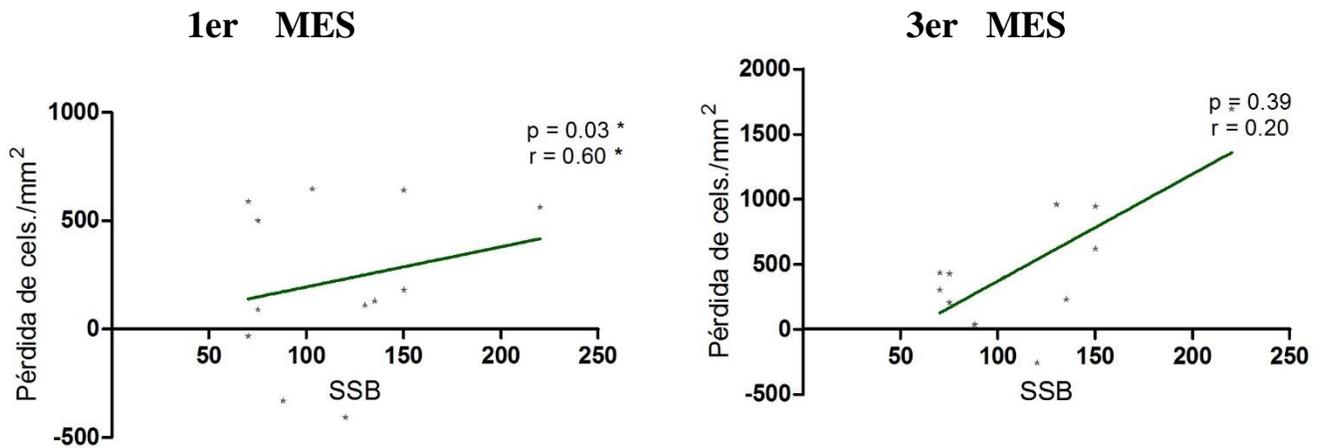


3er MES



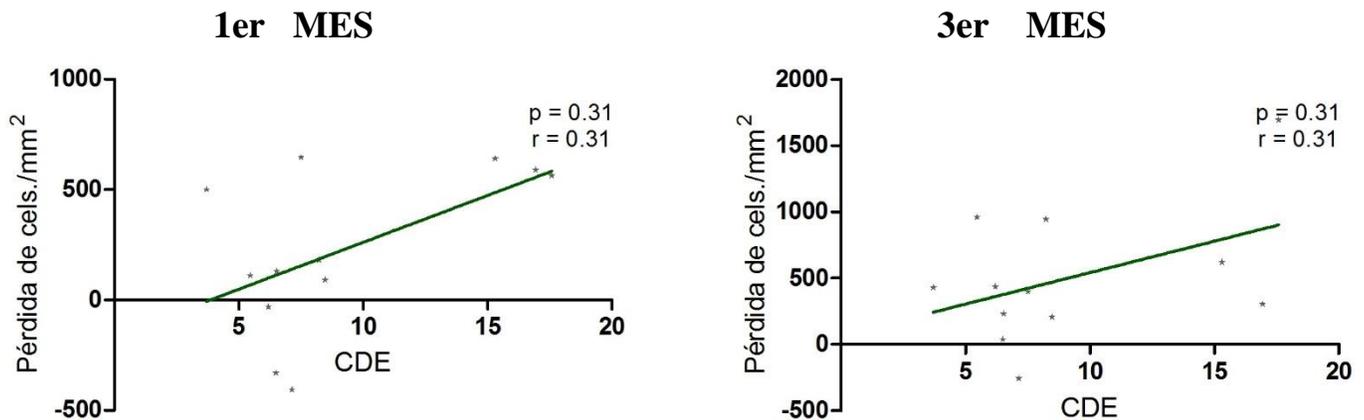
Gráficas 4-5: Comportamiento de la pérdida endotelial correlacionado con la cantidad de CDE utilizada durante el procedimiento quirúrgico en el Grupo 1 sin tener una diferencia estadísticamente significativa al mes y los 3 meses.

Gráficas 6-7: Correlaciones entre SSB y pérdida endotelial en el Grupo 2



Gráficas 8-9: Correlación directa entre la pérdida de células endoteliales y la cantidad de SSB utilizada en el procedimiento quirúrgico al mes de seguimiento ($p = 0.03$ y $r = 0.60$), siendo estadísticamente significativo. En el 3er mes no se muestra correlación estadísticamente significativa.

Gráficas 8-9: Correlaciones entre CDE y pérdida endotelial en el Grupo 2



Gráficas 8-9: Comportamiento de la pérdida endotelial correlacionado con la cantidad de CDE utilizada durante el procedimiento quirúrgico en el Grupo 2 sin tener una diferencia estadísticamente significativa al mes y los 3 meses.

El grosor corneal en el grupo 1 fue: basal de $530.58\mu\text{cs} \pm 21$ ($494 - 557\mu\text{cs}$), al mes de $531.25\mu\text{cs} \pm 40.46$ y a los 3 meses de $521.66 \pm 32\mu\text{cs}$; en el grupo 2 fue: basal $544\mu\text{cs} \pm 32$ ($497 - 587\mu\text{cs}$), al mes de $553 \pm 38\mu\text{cs}$ y a los 3 meses de $554 \pm 27\mu\text{cs}$ (ver tabla 6).

Tabla 6: Grosor Corneal posterior al manejo quirúrgico

Basal Grupo 1	Basal Grupo 2	Valor de P
$530.58 \pm 21\mu\text{cs}$	$544.5 \pm 32\mu\text{cs}$	$p = 0.11$
1er mes		
$531.25 \pm 40\mu\text{cs}$	$553 \pm 38\mu\text{cs}$	$p = 0.09$
3er mes		
$521.6 \pm 32\mu\text{cs}$	$554 \pm 27\mu\text{cs}$	$p = 0.008$
Valor de P por grupo		
$p = 0.31$	$p = 0.22$	

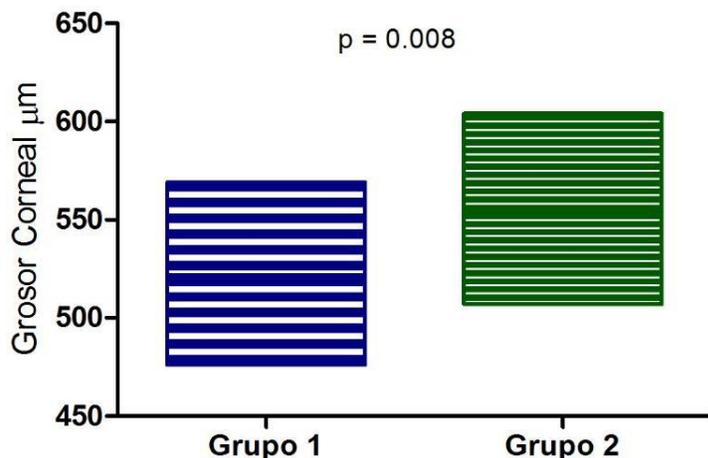
Tabla 6: Comportamiento del grosor corneal posterior al manejo quirúrgico, observamos una diferencia estadísticamente significativa en la comparativa entre ambos grupos al 3er mes. Y sin presentar una diferencia entre el valor basal y los resultados al 3er mes de cada grupo.

Los resultados obtenidos en el grosor corneal a los 3 meses muestran una diferencia estadísticamente significativa con un valor de $p = 0.008$ (grupo 1 de $521.6 \mu\text{cs}$ vs grupo 2 de $554\mu\text{cs}$) las demás no mostraron diferencia estadística. (ver gráfica 10).

Discusión:

Para empezar a analizar nuestros resultados es relevante comentar que el comportamiento de ambos grupos fue muy parecido, con algunas diferencias entre los mismos; la pérdida endotelial obtenida fue de $223 \pm 368 \text{ cels/mm}^2$ con una pérdida del 9% para el Grupo 1 y de $325 \pm 535 \text{ cels/mm}^2$ con una pérdida del 12.9% en el Grupo 2 ($p = 0.36$) al primer mes y de $499 \pm 509 \text{ cels/mm}^2$ con una pérdida del 20% para el Grupo 1 y de $626 \pm 540 \text{ cels/mm}^2$ con una pérdida del 24.9% para el Grupo 2 ($p = 0.31$) sin presentar una diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos.

Gráfica 10: Comparativa del grosor corneal al 3er mes en ambos grupos.



Gráfica 10: Comparativa del grosor corneal siendo estadísticamente significativo entre ambos grupos (p = 0.008).

La pérdida endotelial en nuestro grupo de estudio fue muy alta a los 3 meses de seguimiento (20% para el grupo 1 y 24.9% para el Grupo 2) y esto es probable que sea influido a la habilidad de los cirujanos que estuvieron involucrados en nuestro estudio, ya que participaron tanto médicos residentes en entrenamiento, como médicos con experiencia, podemos observar que el comportamiento fue muy parecido a otras poblaciones estudiadas, ya que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos de estudio, al igual que lo reportado por el Dr. Robin²⁶, los cuales estudiaron la pérdida endotelial en ambas técnicas quirúrgicas sin encontrar diferencias entre ambas.

En la correlación entre SSB y la pérdida endotelial al mes de seguimiento, se encontró que en el grupo 2 hubo una correlación directa (p=0.03 y r= 0.60 vs p=0.91 y r= 0.03 del grupo 1) lo que refleja una pérdida más acelerada de las células endoteliales en comparación al grupo 1, que posteriormente, a los 3 meses de seguimiento, se estabiliza al no manifestar una pérdida significativa entre ambos grupos (p=0.17 y r=0.59 del grupo 1 vs p=0.39 y r=0.20); de igual manera, la correlación entre CDE vs pérdida endotelial, no presentó una relación estadística.

Algunos autores admiten que la pérdida endotelial es directamente proporcional al poder y cantidad de ultrasonido empleado, al volumen de irrigación y la turbulencia generada por la fluídica y al instrumental utilizado durante el acto quirúrgico^{7, 31}. Como podemos observar en nuestros pacientes el gasto de SSB fue de 117.92cc para el grupo 1 y de 115.5 para el grupo 2 (p=0.41) y CDE de 6.27 para el grupo 1 y de 9.13 para el grupo 2 (p=0.053), al no presentar diferencia entre estas variables, es de esperarse que la pérdida endotelial no sea estadísticamente significativa entre ambas, sin embargo, si podemos observar una tendencia de mayor pérdida endotelial en el grupo 2, el cuál puede asociarse al mayor uso de CDE durante el procedimiento quirúrgico.

Al utilizar una técnica ahorradora de ultrasonido, como lo menciona la Dra. Wong en el 2000 y el Dr Can en el 2004¹⁹⁻²⁰, podemos esperar que el CDE resulte con niveles bajos, La técnica de facochop ahorra energía ultrasónica al no requerir la elaboración de surcos en el cristalino y la cirugía asistida por láser de femtosegundo también, debido a que la fragmentación de cristalino no se hace con ultrasonido; en nuestro estudio, donde el CDE fue menor en femtosegundo; pero no con una diferencia estadísticamente significativa, podemos inferir que ambas técnicas se igualan en cuanto a uso de energía cuando se realizan en catarata de dureza media.

El objetivo principal del estudio era determinar el conteo endotelial y se decidió utilizar la microscopia especular como método de estudio y al tener la capacidad de determinar el grosor corneal, se llegó a la decisión de utilizar esta plataforma diagnóstica para ambos parámetros. Los resultados obtenidos al tercer mes manifiestan una diferencia estadísticamente significativa con una $p = 0.008$ (grupo 1 de 521.6 μ cs vs grupo 2 de 554 μ cs) pero al presentar una desviación estándar muy amplia de $\pm 30\mu$ cs en cada grupo y no existiendo más de 30 μ cs de diferencia entre ambos grupos, no puede tomarse como confiable. El Dr Tam y cols en el 2002 realizaron un estudio comparativo entre la microscopia especular, la paquimetría ultrasónica y la biomicroscopia ultrasónica llegando a la conclusión de que la medición del grosor corneal mediante microscopia especular es la menos reproducible de las diferentes técnicas, con una variación de 7.82 μ cs para la microscopia, de

4.14 μ cs para la paquimetría ultrasónica y de 3.9 μ cs para la biomicroscopia ultrasónica, siendo estadísticamente significativa esta diferencia³².

Una forma diferente para valorar el comportamiento corneal y endotelial de los pacientes que se someten a cirugía de catarata es determinando el volumen corneal mediante pentacam, el cual se estudió en pacientes sometidos a facoemulsificación por el Dr. Suzuki y cols en el 2007, los cuales mostraron que el volumen corneal de los 3 mm centrales es de 3.94mm³ basal, 4.1mm³ al día, 4 mm³ a los 7 y los 30 días y de 3.94 mm³ a los 3 meses. Y dentro de los 10mm corneales fue de 54.4 mm³ basal, 64.4 mm³ al primer día, 62 mm³ a los 7 días, 61.4 mm³ al mes y 60.4 mm³ a los 3 meses, estos valores, asociado a la densidad endotelial, se puede determinar el índice de Volumen/Estrés (VSI por sus siglas en inglés) el cuál lo reportaron como estadísticamente significativo³³. Sería interesante realizar dicho procedimiento en nuestra población, para observar el volumen corneal y poder diferenciarlo entre ambas técnicas quirúrgicas.

Una de las debilidades de nuestro estudio es, que las cirugías fueron realizadas por múltiples cirujanos por lo que la habilidad quirúrgica se vuelve un factor importante de sesgo en la pérdida endotelial que se manifestó al final del estudio. Otra debilidad es el haber utilizado la microscopia especular como método de medición para el grosor corneal ya que los resultados no pueden tomarse como confiables para evidenciar un cambio significativo entre ambos grupos de estudio. Sería importante observar el comportamiento del endotelio corneal de nuestra población estudiada para documentar la estabilización del conteo celular como se menciona en la literatura que llega a ser de los 3 a los 6 meses⁷.

Como hemos podido evidenciar en la literatura y en nuestro trabajo, el femtosegundo es una plataforma que otorga seguridad para nuestras cirugías de catarata, por lo que sería sustancial que se llevara a cabo un estudio para observar su comportamiento en córneas con patología endotelial.

Conclusiones:

- No hubo diferencias estadísticamente significativas en la pérdida endotelial entre la cirugía de catarata asistida por femtosegundo y la técnica de faco chop.
- Ambas técnicas pueden ser seguras para la conservación de la transparencia corneal a largo plazo.
- Es importante validar estos resultados en otros grupos de población con patologías oculares y determinar si el comportamiento endotelial es similar.

ANEXO



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ autorizo al hospital de la luz que realice en mi ojo _____ el procedimiento conocido como Facoemulsificación con técnica de Femtosegundo, el cuál tengo el conocimiento que podría tener un tiempo de recuperación más rápido y el cuál en ocasiones no se requerirá de sutura al finalizar el procedimiento ya que dicho procedimiento consiste en realizar un precortado de la catarata y realizar las heridas quirúrgicas en mi córnea mediante el uso de láser y posteriormente desarrollar la segunda parte con facoemulsificación con técnica convencional, la cual, ya se me ha explicado con anterioridad, se me ha dicho que algunas complicaciones que puedan surgir consisten principalmente en hemorragia subconjuntival e interrupción del procedimiento por pérdida de succión y si esto sucedería, se continuaría la cirugía sólo con la técnica de facoemulsificación. Entiendo que el motivo de dicha cirugía se realizará con fines científicos y que los datos obtenidos pueden ser publicados. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante, padre o tutor

Fecha

Testigo 1

Fecha

Testigo 2

Fecha

He explicado al Sr(a). _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación y que el principal propósito de dicho estudio es conocer los beneficios de realizar un precortado de la catarata mediante laser y he contestado a las preguntas en la medida de lo posible. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Bibliografía

- 1.- Lozano J, La cirugía de catarata hasta 1748, *Cir Ciruj* 2001; 69: 141-143.
- 2.- Scorsetti D, Catarata: "The State of the Art", *Arch oftal B. Aires*; vol 80 n°3; pag 109-111; 2009.
- 3.- Aasuri MK, Basti S. Laser cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 1999; 10:53–58
- 4.- Vergés C, Llevat E, Laser cataract surgery: Technique and clinical results, *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1339–1345.
- 5.- Sugar J, Mitchelson J, Kraff M, Endothelial trauma and cell loss from intraocular lens insertion. *Arch Ophthalmol* 1978; 96: 449-450.
- 6.- Rao GN, Aquavella J, Goldberg S, Bork S, Pseudophakic bullous keratopathy. *Ophthalmology* 1984; 91
- 7.- Del Monte D, Kim T, Anatomy and physiology of the cornea, *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:588–598.
- 8.- Kyeung C. Y, Seok C. H, Soo K. M, Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification: Comparison in different anterior chamber depth groups, *Korean J Ophthalmol* 2010;24(1):10-15.
- 9.- Paulsen S, Norregaard J, Farik G, Tarnhoj J, The influence of viscoelastic substances on the corneal endothelial cell population during cataract surgery: a prospective study of cohesive and dispersive viscoelastics, *Acta Ophthalmol Scand* 2007 Mar; 85(2): 183-7
10. – Van den Bruel A, Gailly J, Devriese S, Welton N, Shortt A, Vrijens F, The protective effect of ophthalmic viscoelastic devices on endothelial cell loss during cataract surgery: a meta-analysis using mixed treatment comparisons, *Br J Ophthalmol* 2011;95: 5-10
- 11.- Ravalico G, Tognetto D, Palomba M. A, Lovisato A, Baccara F, Corneal endothelial function after extracapsular cataract extraction and phacoemulsification, *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:1000-1005
12. - Bourne, R. A, Minassian D. C, Dart J. K. G, Rosen P, Kaushal S, Wingate N, Effect of Cataract Surgery on the Corneal Endothelium, *Ophthalmology* 2004; 111:679–685. 20: 44-47.
- 13.- Gogate P, Ambardekar P, Kukarni S, Deshpande R, Joshi S, Deshpande M, Comparison of endothelial cell loss after cataract surgery: Phacoemulsification versus manual small-incision cataract surgery, *J Cataract Refract Surg* 2010.

- 14.- Hayashi K, Nakao F, Hayashi E, Corneal endothelial cell loss after phacoemulsification using nuclear cracking procedures. *J. Cataract Refract Surg* 1994;
- 15.- Alió J., Rodríguez-Prats J.L., Galal A., Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology*. 2005; 112:1997-2003.
- 16.- Mencucci R, Ponchiotti C, Virgili G, Giansanti F, Menchini U, Corneal endothelial damage after cataract surgery: Microincision versus standard technique, *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:1351–1354.
- 17.- Franchini A, Frosini S, Boddi V, Standard coaxial phaco vs microincision cataract surgery: a corneal endothelium study, *Int J Ophthalmol* 2008;1(4) 344-350.
- 18.- Soliman M, Mahdy, Eid M, Abdel M, Hafez A, Bhatia J, Relationship between endothelial cell loss and microcoaxial phacoemulsification parameters in noncomplicated cataract surgery, *Clinical Ophthalmology* 2012;6 503-510
- 19.- Can I, Takmaz T, Cakici F, Ozgul M, Comparison of Nagahara phaco-chop and stop-and-chop phacoemulsification nucleotomy techniques, *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:663–668
- 20.- Wong T, Hingorani M, Lee V, Phacoemulsification time and power requirements in phaco chop and divide and conquer nucleofractis techniques, *J cataract refract surg* 2000; 26: 1374-1378.
- 21.- Storr-Paulsen A, Norregaard J. C, Ahmed S, Storr-Paulsen A, Hyldebrant P. T, Endothelial cell damage after cataract surgery: divide-and-conquer versus phaco-chop technique, *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:996–1000
- 22.- Park J, Ri H, Soo M, Harrison A, Chul E, Comparison of phaco-chop, divide and conquer and stop and chop phaco techniques in microincision coaxial cataract surgery, *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:1463–1469.
- 23.- Donaldson K, Braga-Mele R, Cabot F, Davidson R. Femtosecond laser–assisted cataract surgery, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* - November 2013 (Vol. 39, Issue 11, Pages 1753-1763
- 24.- Teuma V, Bott S, Edelhauser H, Endothelial cell loss with ultrashort-pulse laser and manually generated full-thickness clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40:469–476.

- 25.- Conrad-Hengerer I, Jaburi M. A, Schultz T, Hengerer F. H, Dick B, Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: Three-month follow-up, *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:1307–1313.
- 26.- Abell R, Kerr N, Howie A, Mustaffa M, Allen P, Vote B, Endotelial of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium, *Cataract Refract Surg* 2014; 40:1777–1783.
- 27.- Taylor DM, Atlas BF, Romanchuk KG, et al: Pseudophakic bullous keratopathy. *Ophthalmology* 1983; 90:19-24.
- 28.- Wynn P, Graff J, Goins K, Deep Lamellar endothelial keratoplasty and intraocular lens exchange with anterior vitrectomy, *Ophthalmology and visual sciences*. Eyerounds.org. November 17, 2005.
- 29.- Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, The lens opacities classification system III. The longitudinal study of cataract study group, *Arch. Ophthalmol.* 1993 Jun; 111(6):831-6.
- 30.- Diccionario de la real academia española de la lengua. <http://www.rae.es>.
- 31.- Beesly RD, Olson RJ, Brady SE, The effects of prolonged phacoemulsification time on the corneal endothelium, *Ann Ophthalmol.* 1986 Jun; 18(6):216-9, 222.
- 32.- Tam ES, Rootman DS, Comparison of central corneal thickness measurements by specular microscopy, ultrasound pachymetry and ultrasound biomicroscopy, *J Cataract Refract Surg* 2003 Jun;29(6):1179-84.
- 33.- Suzuki H, Oki K, Takahashi K, Shiwa T, Takahashi H, Functional evaluation of corneal endothelium by combined measurement of corneal volumen alteration and cell density after phacoemulsification, *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:2077–2082.
- 34.- Reuschel A, Bogatsch H, Barth T, Wiedemann R, Comparision of endothelial changes and power settings between torsional and longitudinal phacoemulsification, *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1855–1861.
- 35.- Christakis P, Braga-Mele R, Intraoperative performance and postoperative outcome comparison of longitudinal, torsional and transversal phacoemulsification machines, *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:234–241.
- 36.- Zacharias J, Claus-Dieter, Fluid dynamics, cavitation, and tip-to-tissue interaction of longitudinal and torsional ultrasound modes during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:611–616.

- 37.-Nayak B K, Shukla R, O, Effect on corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: Fortified balanced salt solution versus ringer lactate, *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:1552–1558
- 38.- Gros O. J, Contreras M. I, Blázquez S. V, Hurtado C. F. J, García P. J, Merino H. J y cols. Induced changes in macula and endothelium after femtosecond laser-assisted cataract surgery: comparison with standard phacoemulsification, *J Emmetropia* 2013; 4: 185-189.
- 39.- Takács A, Kovács I, Miháلتz K, Filkorn T, Knorz M, Nagy Z. Central Corneal Volume and Endothelial Cell Count Following Femtosecond Laser–assisted Refractive Cataract Surgery Compared to Conventional, Phacoemulsification, *J Refractive Surgery*, Vol. 28, No. 6, 2012, pags 387-392.
- 40.- Faramarzi A, Javadi M. A, Karimian F, Reza M. J, Baradaran-Rafii, A and colbs, Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: Bevel-up versus bevel-down phaco tip, *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:1971–1976.
- 41.- Abell G. R, Aller L. P, Vote J. B, Anterior chamber flare after femtosecond laser-assisted cataract surgery, *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:1321–1326.
- 42.- Wong T, Hingorani M, Lee V, Phacoemulsification time and power requirements in phaco chop and divide and conquer nucleofractis techniques, *J cataract refract surg* 2000; 26: 1374-1378.
- 43.- Gonen T, Sever O, Horozoglu F, Yasar M, Keskinbora H, Endothelial cell loss: biaxial small-incision torsional phacoemulsification versus biaxial small-incision longitudinal phacoemulsification, *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:1918–1924
- 44.- Stark WJ, Maumenee AE, Datiles M, et al: Intraocular lenses: Complications and visual results. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1983; 81:280-302.
- 45.- Binder P, Sternberg H, Wickham MG, et al. Corneal endothelial damage associated with phacoemulsification. *Am J Ophthalmol* 1976; 82: 48-54.