

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---



FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE POSGRADO

INSTITUTO DE OFTALMOLOGÍA  
FUNDACIÓN CONDE DE VALENCIANA

**HISTERESIS CORNEAL EN PACIENTES  
OPERADOS DE LASIK**

TESIS DE POSGRADO

Para obtener el diplomado de especialidad en

OFTALMOLOGÍA

Presenta el

**DR. RENÉ DÁVILA MENDOZA**



DIRECTOR DE TESIS

DR ALBERTO HABER OLGUÍN

MEXICO D.F.

2008



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.

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres por su amor y apoyo incondicional, que me ha impulsado a ser la persona que soy ahora.*

*A mis abuelos, por que en ellos comenzó esta historia.*

*A mis amigos por estar en momentos difíciles y por todos los momentos de alegría que me han brindado.*

*A mis nuevos amigos que conocí en este instituto, por que muchos serán amigos para toda la vida.*

*A todos mis profesores dentro del instituto por su sabiduría.*

*A todo las personas que hicieron posible la realización de este protocolo, en especial al Dr. Alejandro Navas.*

# INDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	4
II. OBJETIVO .....	9
III. JUSTIFICACIÓN .....	10
IV. HIPÓTESIS .....	10
V. DISEÑO .....	11
VI. MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
VII. ESTADÍSTICA .....	12
VIII. RESULTADOS .....	12
IX. DISCUSIÓN .....	18
X. CONCLUSIÓN .....	20
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	21

## INTRODUCCIÓN

La cirugía refractiva láser in situ keratomilesius (LASIK), término usado por Pallikaris et al (1), es la cirugía refractiva más popular en todo el mundo se estima que en el mundo 1.4 millones de personas se someten a esta cirugía anualmente (2). La ectasia corneal es una de las peores complicaciones después de una cirugía refractiva técnica LASIK. Desde el primer reporte de Seile y colaboradores (3) en 1998, se han reportado aproximadamente 150 casos en la literatura (3). La incidencia actual no está bien determinada, varios estudios la estiman entre un 0.04% hasta un 0.6%, pero muchos casos no son reportados y estén en el anonimato. La cirugía corneal refractiva técnica LASIK altera la efectividad de la curvatura anterior de la cornea, el grosor, estructura, y fuerzas tensiles corneales. Anderssen y colaboradores (3) encontraron el modo elástico de las corneas con queratocono es de 1.6 a 2.5 (promedio 2.1) menos que en las corneas sanas. En las ectasias post-LASIK tienen estos mismos valores. La ectasia corneal post LASIK se ha reportado en pacientes con queratocono, con queratocono frustrado y en los pacientes con alta miopía. Sin embargo hay reportes de de pacientes con baja a moderada miopía los cuales no muestran aparentemente factores de riesgo (3). Esto se debe a que no podemos considerar a la cornea como un "pedazo de plástico" (4), ya que este tejido tiene propiedades

biomecánicas in vivo, las cuales varían entre los individuos y corneas de los mismos pacientes. En esta nueva era exige tener aparatos que sean capaces de medir estas propiedades biomecánicas de la cornea in vivo (5). Y de esta manera reducir los riesgos de la ectasia post-LASIK en los pacientes y determinar cuales sí son candidatos para esta técnica quirúrgica.

Recientemente salió un instrumento al mercado, el Analizador de Respuesta Ocular (ORA; Reicher Inc., Depew, NY), que es capaz de establecer las propiedades biomecánicas de la cornea. y con esta información ajusta los valores de presión intraocular (PIO) de acuerdo a estas propiedades.

El ORA registra cuatro medidas: la Presión Intraocular (P.I.O.) de Goldmann correlacionada, la P.I.O. corneal compensada, el factor de resistencia corneal y la histéresis corneal. La máquina funciona de esta manera, se libera un pulso de aire colimado hacia la cornea en forma perpendicular al centro de su curvatura anterior, causa que la superficie anterior de la cornea se desplace hacia atrás, se aplane y después tome una forma cóncava. Milisegundos después de la aplanación, la bomba de aire se apaga, y la cornea gradualmente recobra su configuración normal, pasando por una segunda aplanación. Un sistema electro óptico

monitorea la deformación de la cornea durante todo el proceso, y dos valores independientes son obtenidos, la aplanación interior y la exterior. Las cuales son dos presiones diferentes. El promedio de esas dos presiones da la PIO de Goldmann correlacionada y esta es reproducible, y la diferencia entre estas dos presiones es lo que llamamos histeresis corneal. (6)

La histéresis corneal nos indica la viscosidad corneal, que se relaciona con la hidratación de la misma, refleja la capacidad de que el tejido corneal absorba y disipe la energía. Estudios previos han revelado que este valor nuevo, del tejido corneal, es independiente del radio de curvatura de la cornea, del astigmatismo corneal, de la agudeza visual o de la longitud axial (6).

La P.I.O. corneal compensada, es una medida de presión que utiliza el valor de la histéresis corneal, para dar un dato de P.I.O. que no es afectada por las propiedades de la cornea, pero también nos da la P.I.O. Goldmann para poder correlacionarla con la anterior (6).

El factor de resistencia corneal, se deriva de la histéresis corneal, sirve como indicador de la resistencia de la cornea, la misma se relaciona

con el grosor central de la cornea y de la P.I.O. por tonometría por aplanación de Goldmann, pero no con la PIO corneal compensada (6).

La histéresis es una propiedad de los cuerpos en relación a la fuerza que se les aplique, ya que estos se deforman y regresan a su estado original, ya sea de una manera lenta o rápida (7-8). Los materiales elásticos son aquellos que se deforman directamente proporcionales al estrés que se les aplique, independientemente del tiempo o frecuencia del estrés. Los materiales viscosos son aquellos que tienen relación entre la fuerza y el estrés y si dependen del tiempo y la frecuencia. La resistencia depende de velocidad con la que se aplique la fuerza. (a mayor velocidad mayor resistencia). Los materiales que conocemos viscoelásticos contienen características de ambos. La cornea por la estructura de su tejido tiene estas mismas propiedades. Y la histéresis medida es la viscosidad del tejido corneal. Este fenómeno representa la velocidad con la que cornea es deformada durante un proceso dinámico bidireccional de aplanación (7-8).

Desde hace tiempo ya se sabe que la P.I.O. basada en la indentación o por aplanación varia en los pacientes post operados de cirugía refractiva técnica LASIK, estos errores corresponden a las variaciones de la rigidez y de la curvatura corneal (9), debido a que se



modifica la parte anterior de la cornea, dejando la posterior sin alteraciones aparentemente, ahora con este nuevo instrumento, podemos valorar las características biomecánicas de la cornea.

Por numerosos estudios, se ha determinado sugiere que la medida de histéresis corneal (CH, por sus siglas en ingles), en sujetos normales de 8 a 12 mmHg. Se ha observado que la histéresis corneal no tiene correlación de esta con el grosor corneal (10).

El factor de resistencia corneal (CRF, por sus siglas en ingles), es una medida, que refleja las propiedades de la viscosidad y la elasticidad, por la columna de aire que deforma la cornea (1-7-8).

Se ha reportado una reducción de la histéresis corneal después la cirugía refractiva técnica LASIK, el primero que lo describió fue Luce (10). Se sabe que esto no solo es por el adelgazamiento corneal, si no que se relaciona con la creación del flap.

## OBJETIVO

### GENERAL:

Examinar la histéresis corneal en pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK.

### ESPECIFICOS:

Observar si la histéresis corneal en pacientes sanos, corresponde con la literatura.

Valorar la histéresis corneal en pacientes operados de cirugía técnica LASIK y en pacientes sanos.

Valorar el factor de resistencia corneal en pacientes operados de cirugía técnica LASIK y en pacientes sanos.

Valorar la P.I.O. corneal compensada en pacientes operados de cirugía técnica LASIK y en pacientes sanos.

Valorar la P.I.O. Goldmann en pacientes operados de cirugía técnica LASIK y en pacientes sanos.

Valorar la paquimetría corneal central en pacientes operados de cirugía técnica LASIK y en pacientes sanos.

## **JUSTIFICACIÓN**

Aumentar el acervo de los conocimientos sobre biomecánica corneal en pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK en nuestro país.

## **HIPOTESIS**

**NULA:**

Los pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK presentan una disminución en la histéresis corneal medida con el Analizador de Respuesta Ocular (ORA).

**ALTERNA:**

Los pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK no presentan una disminución en la histéresis corneal medida con el Analizador de Respuesta Ocular (ORA).

## **DISEÑO**

Es un estudio prospectivo, serie de casos y comparativo.

## **MATERIAL Y METODOS**

Estudio prospectivo de serie de casos comparativo de pacientes sometidos a cirugía técnica LASIK entre una semana y menos de un año después de cirugía evaluados durante marzo a mayo del 2007 en el Departamento de Córnea y Cirugía Refractiva del Instituto de Oftalmología "Conde de Valenciana", Ciudad de México, México. El estudio se apegó a la Declaración de Helsinki y obtuvo la aprobación de los comités de ética locales del Instituto y se mantuvieron datos anónimos.

Se revisaron los expedientes médicos para validar el tiempo de cirugía LASIK así como la profundidad del flap y de ablación.

Se realizaron por lo menos cuatro tomas con el Analizador de Respuesta Ocular (ORA; Reicher Inc., Depew, NY), en donde se registraban histéresis corneal, resistencia corneal, presión intraocular Goldmann correlacionada y presión intraocular compensada corneal.

Además se utilizó el paquímetro ultrasónico del ORA para evaluar grosor corneal central. Se eliminaron los registros que se consideraban extremos. Un solo médico realizó las mediciones.

Los resultados se compararon con un grupo control, que consta de sujetos sanos voluntarios.

## **ESTADÍSTICA**

Se utilizó prueba t de Student para comparaambos grupos asignando valor de P de  $< 0.05$ .

correlacionada y presión intraocular compensada corneal. Además se utilizó el paquímetro ultrasónico del ORA para evaluar grosor corneal central. Se eliminaron los registros que se consideraban extremos. Un solo médico realizó las mediciones.

Los resultados se compararon con un grupo control, que consta de sujetos sanos voluntarios.

## **ESTADÍSTICA**

Se utilizó prueba t de Student para comparaambos grupos asignando valor de P de  $< 0.05$ .

## **RESULTADOS**

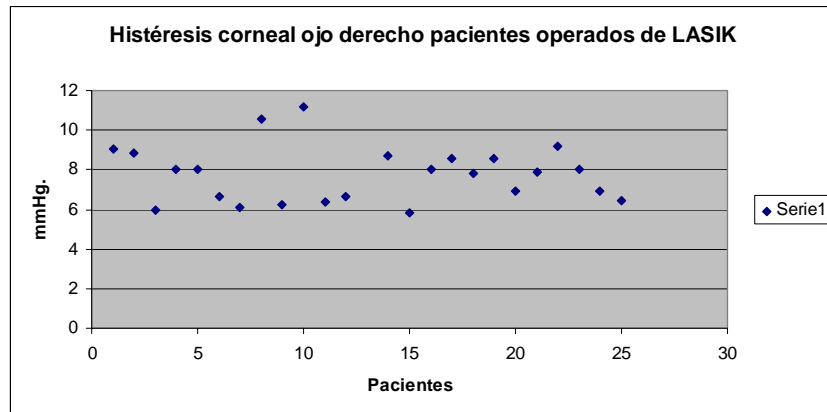
Se incluyeron 24 pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK de un promedio de 34 años de edad (rango 23-50 años), 18 mujeres y 6 hombres. Se obtuvo un promedio de histéresis corneal de 7.67 mmHg (ver gráfica 1 y 2), otros valores obtenidos fueron resistencia corneal 7.80, la presión intraocular Goldmann fue de 14.71 mmHg, y la corregida de 18.56, el grosor corneal promedio fue de 477.32  $\mu$ . (ver tabla 1)

Tabla 1

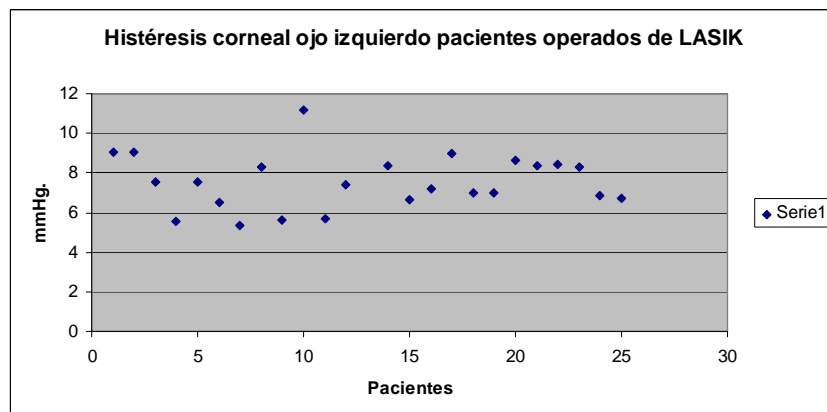
## Valores del grupo de pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK

<b>OJO DERECHO</b>				
<b>PIOg</b>	<b>PIOcc</b>	<b>CRF</b>	<b>CH</b>	<b>CCT</b>
14.52291	17.97395	7.8885416	7.777083	455.3020
<b>OJO IZQUIERDO</b>				
<b>PIOg</b>	<b>PIOcc</b>	<b>CRF</b>	<b>CH</b>	<b>CCT</b>
14.91041	18.56145	7.8052083	7.552083	499.35416

Gráfica 1



Gráfica 2



El grupo control consta de 63 pacientes sanos con un promedio de edad de 30 años (20-53 años), 40 mujeres y 23 hombres. Se obtuvo un promedio de histéresis corneal de 8.8 mmHg. (ver gráfica 3 y 4), el resto

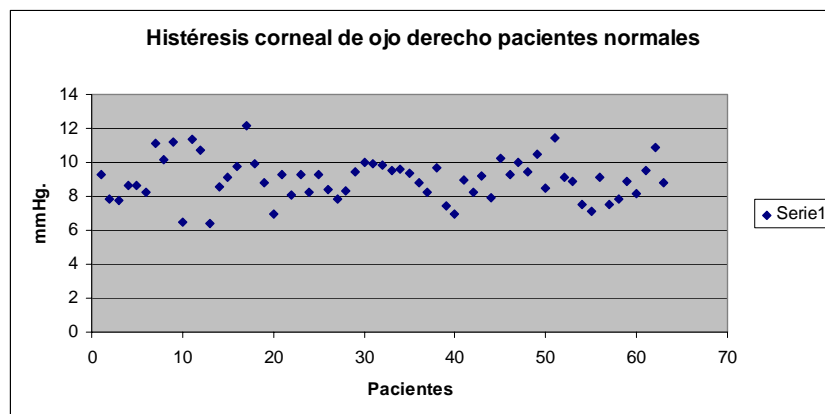
de los valores fueron resistencia corneal 9.4, presión intraocular Goldmann 16.73 mmHg y la corregida de 18.76, el grosor corneal promedio fue de 545  $\mu$  (ver tabla 2).

Tabla 2

**Valores del grupo de pacientes operados  
de cirugía refractiva técnica LASIK**

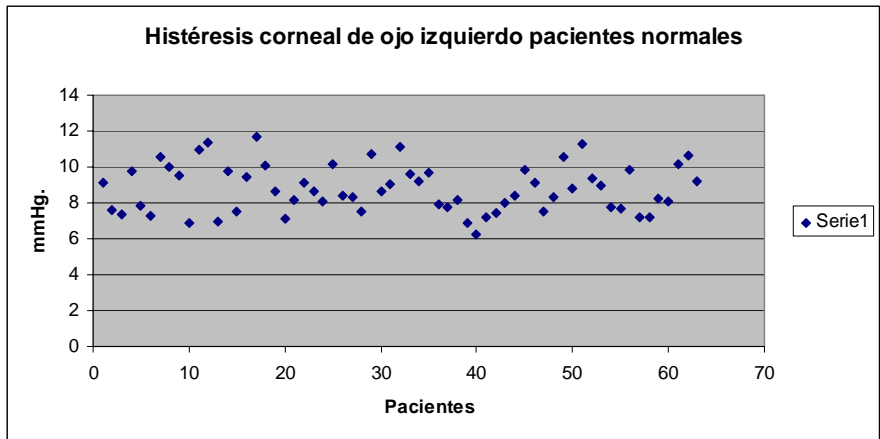
<b>OJO DERECHO</b>				
<b>PIOg</b>	<b>PIOcc</b>	<b>CRF</b>	<b>CH</b>	<b>CCT</b>
16.75595	18.57222	9.599206	9.010714	561.2222
<b>OJO IZQUIERDO</b>				
<b>PIOg</b>	<b>PIOcc</b>	<b>CRF</b>	<b>CH</b>	<b>CCT</b>
16.70515	18.76388	9.400793	8.787698	530.3888

Gráfica 3



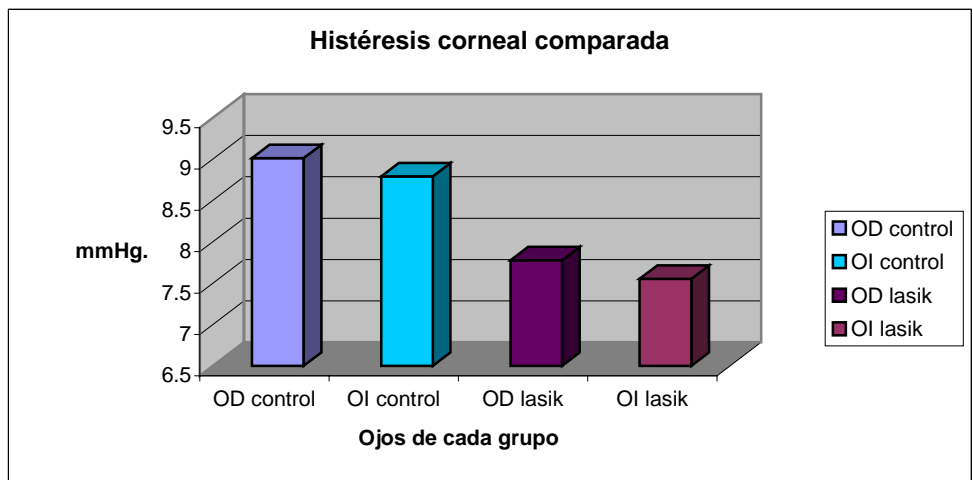
Gráfica 4





Se realizo una prueba t de student para comparar ambos grupos asignando valor de P de  $< 0.05$  para considerarlos estadísticamente significativos. Obtuvimos comparando la histéresis corneal de los pacientes sanos con la de los pacientes operados de cirugía LASIK una p de 0.00021 para el ojo derecho y una p de 0.00021 para el ojo izquierdo, por lo cual es estadísticamente significativo. (ver grafico 5).

Gráfico 5



Al valorar los otros datos usando el Analizador de Respuesta Ocular, se les realizo una prueba t de student para comparar ambos

grupos asignando valor de P de  $< 0.05$  para considerarlos estadísticamente significativos.

Aquellos que fueron estadísticamente significativas fueron el grosor corneal con una p de 0.0063 para el ojo derecho y de 0.0097 para el ojo izquierdo; la P.I.O. de Goldmann con una p de 0.0064 para el ojo derecho y 0.0003 para el ojo izquierdo. (ver gráfico 6 y 7).

Gráfico 6

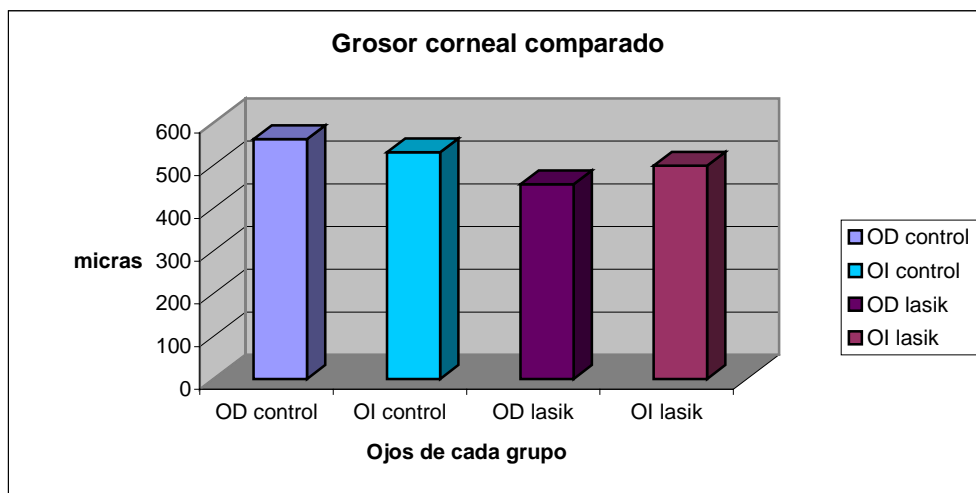
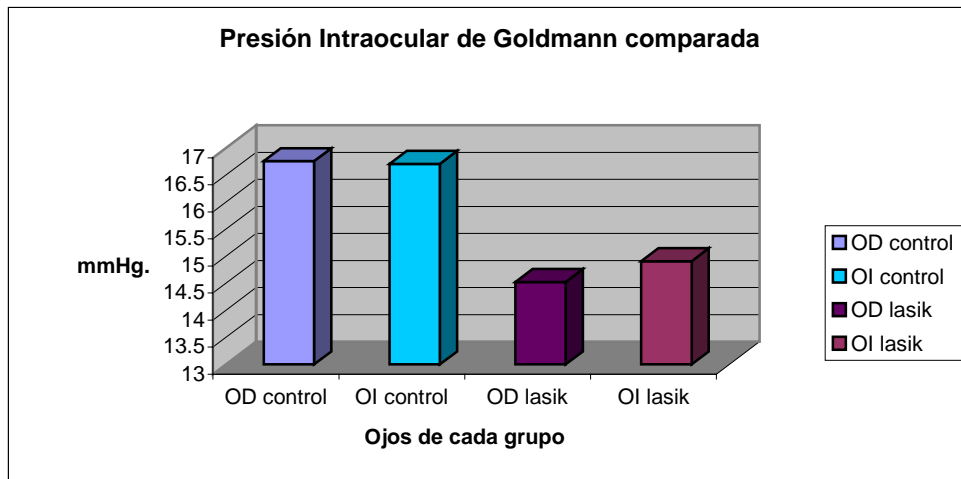


Gráfico 7



Los datos que no fueron estadísticamente significativos fueron la presión intraocular compensada con una p de 0.2501 para el ojo derecho y 0.7299 para el ojo izquierdo; y el factor de resistencia corneal con una p de 8.5746 para el ojo derecho y 3.5026 para el ojo izquierdo. (ver gráfico 8 y 9).

Gráfico 8

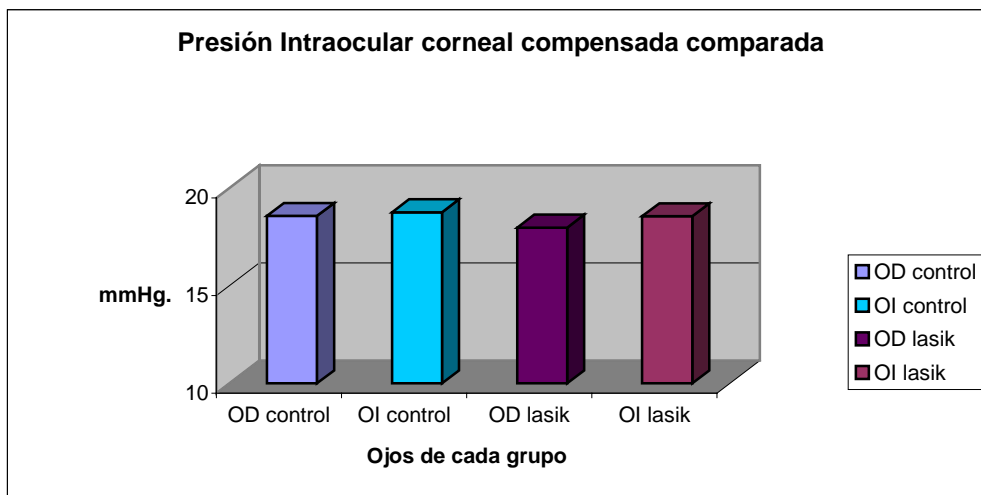


Gráfico 9

**Factor de Resistencia Corneal comparada**

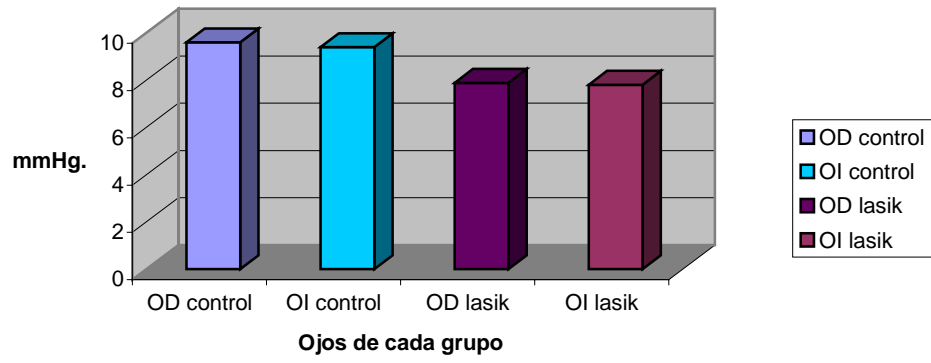
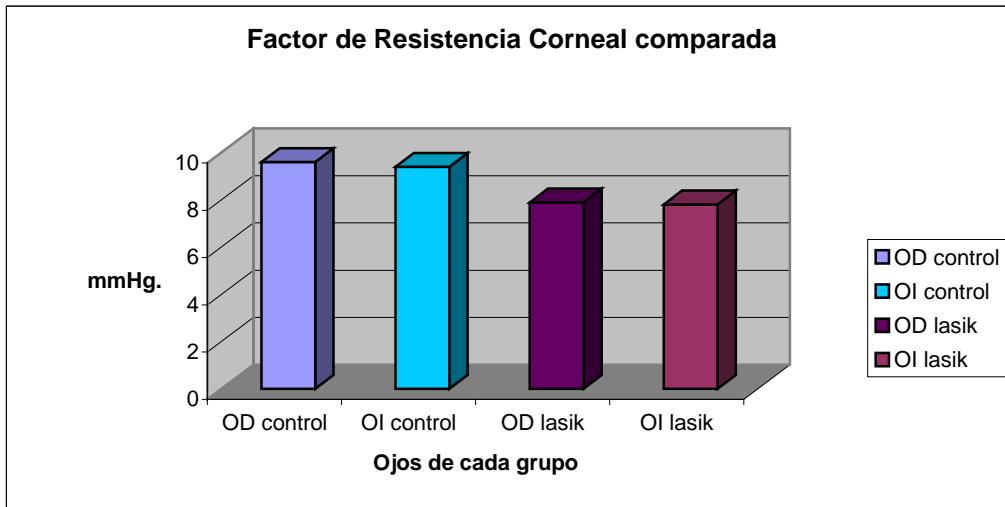


Gráfico 9



## DISCUSIÓN

La histéresis corneal es una medición reciente de la biomecánica corneal basada en una aplanación dinámica bidireccional usando el analizador de respuesta ocular. Nuestros resultados en los dos grupos se encuentran en el rango de lo anteriormente propuesto como normal (8-12 mmHg), sin embargo para el promedio propuesto en la literatura de 11 mmHg estos resultados se encuentran por debajo.

Es posible que exista diferencias en la histéresis corneal entre distintas poblaciones, en nuestra población encontramos un promedio de histéresis corneal de 8.8992 mmHg para pacientes sanos. Y una histéresis

corneal de 7.6645 mmHg para pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK (5).

Luce menciona una disminución de histéresis corneal posterior a LASIK, nosotros encontramos diferencias estadísticamente significativas en nuestro estudio (16).

Otro valor con diferencia estadísticamente significativa fue el grosor corneal centra y la presión intraocular de Goldmann. Hay que recordar que la disminución de la P.I.O. en pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK, la cornea se encuentra más adelgazada, lo cual disminuye la presión intraocular de Goldmann, por lo tanto la presión esta siendo subestimada.

La histéresis corneal es un valor más en el estudio de pacientes que desean cirugía refractiva, esta puede orientarnos a tomar decisiones en casos limítrofes o bien en re-tratamientos.

Existe una diferencia significativa en pacientes operados de LASIK comparados con sujetos normales.

## **CONCLUSIÓN**

Existe una diferencia en la histéresis corneal, el grosor central corneal y la presión intraocular de Goldmann, estadísticamente significativa en pacientes operados de cirugía refractiva técnica LASIK comparados con sujetos normales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alan Sugar, MD, MS Christopher J. Rapuano, MD, et al. Laser in situ Keratomileusis for Myopia and Astigmatism: safety and efficacy. *Ophthalmology* 2002;109:175-187 2002 by the American Academy of Ophthalmology.
2. Nathan G. Congdon, MD, MPH Aimee T. Broman, MA et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. *Am J Ophthalmol* 2006; 141:868-875.
3. J. Bradley Randleman, MD, Buddy Russell, FCLSA, et al. Risk Factors and Prognosis for Corneal Ectasia after LASIK. *Ophthalmology*. 2003; 110:267-275 2003 by the American Academy of Ophthalmology.
4. Cynthia Roberts, PhD. The cornea is not a piece of Plastic. *J Refract Surg* 2000; 16: 407-413.
5. Dan Z Reinstein, MD, MA (cantab), FRCSC; et al Biomechanics of corneal refractive surgery. *J Refract Surg* 2006; 22: 285.



6. Jose M Martinez-de-la-casa, Julian García-Fejoo, et al. Ocular Response Analyzer versus Goldmann applanation tonometry for intraocular Pressure Measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:4410-4414.
7. Felipe A Medeiros, MD and Robert N Weinreb, MD. Evaluation of the Influence of Corneal Biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma* 2006; 15:364-370.
8. William J. Dupps, Jr, MD PhD. Biomechanical Modeling of Cornea Ectasia. *J Refract Surg* 2005; 21:186-190.
9. Arthur C. K. Cheng MRCS, FHKAM, Dorothy Fan. FRCS, FHKAM, et al. Effect of corneal curvature and corneal thickness on assessment of intraocular pressure using noncontact tonometry in patients after myopic Lasik surgery. *Cornea* 2006;25:26-28.
10. Damien Gatiel, MD, PhD; Slim Chaabouni, MD; et al. Corneal Hysteresis, Resilience Factor Topography, and Pachymetry After Corneal lamellar flap. *J Refract Surg* 2007; 23: 76-84.

11. Caitriona Kirwan, MRCOPHTH, Michael O Keefe, FRCS, et al Corneal hysteresis and intraocular pressure measurement in children using the Reichert Ocular Response Analyzer. *Am J Ophthalmol* 2006;142:990-992.
12. Fan Lu, MD OD, Suzhong XU, MD, MSc, JIA QU, MD, MSc, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *Am J Ophthalmol* 2007;xx:xxx.
13. J. Bradley Randelman. Post-laser in-situ keratomilesius ectasia: current understanding and future directios. *Curr Opin Ophthalmol* 17:406-412.
14. Kristen Elizabeth Hamilton, B Optom (Hons), David Cecil Pye, M Optom, et al. Diurnal variation of central corneal thickness and Goldmann applanation tonometry estimates of intraocular pressure. *J Glaucoma* 2007;16:29-35.
15. Yan Li, MS, Marcelo V Netto, MD, et al A longitudinal study of Lasik Flap and stromal thickness with High-speed Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology* 2007xx;xxx.
16. D. Luce CR. Methodology for corneal compensated IOP and corneal resistance Factor for an Ocular Response Analyzer. Reichert Inc E, P. Buffalo, New York.

17. Williams J Dupps. Corneal biomechanics- the missing link in post-LASIK ectasia? Dermont McGrath In London.
18. Jürgen Kampmeier, Ph.D., Benno Radt, M. Sc, et al Thermal and Biomechanical parameters of porcine cornea. *Cornea* 19(3): 355-363, 2000.
19. Susana Duch, MD, Alicia Serra, MD, et al Tonometry after laser in situ keratomileusis treatment. *J Glaucoma* 2001;10:261-265.
20. Antonio Guiaro, PhD. Theoretical elastic response of the cornea to refractive surgery: risk factors for keratectasia. *J Refract Surg.* 2005;21:176-185.
21. Michael D. Twa, OD, MS, Jason j. Nichols, OD, MS, MPH, et al Characteristics of corneal ectasia after Lasik for myopia. *Cornea* 2004;23(5)447-457.
22. Ezra Maguen, MD, Alexander Ljubimov, PHD, Increased Metalloproteinases (MMP) in human corneas after complicated Lasik: a possible explanation for post LASIK ectasia. *Cornea* 2001, 20(7) 780.

23. Shawn R. Klein, MD Randy J. Epstein, MD, J. Bradley Randleman, MD, et al. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis in patients without apparent preoperative risk factors. *Cornea* 2006;25:338-403.
24. Bruno M. Fontes, MD and Marian S. Macsai MD. Corneal ectasia after buckling surgery. *Cornea* 2006;25:1257-1259.
25. David Luce, PhD, and David Taylor. Reicher Ocular Response Analyzer Measures Corneal Biomechanical Properties and IOP. Reicher Inc 2006 march.
26. Sanjay N. Rao, MD, Tal Raviv, MD, et al. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642-1646.
27. Matthew M. Marsich, OD, MS and Mark A. Bullimore, MC, Optcom, PhD. The Repeatability of Corneal Thickness Measures. *Cornea* 19(6): 792-795, 2000.
28. Michael K. Smolek, PhD; Stephen D Klyce, PhD. Is keratoconus a true ectasia? *Arch Ophthalmol* 2000: 118:1179-1186.

29. Shoichi Sawanguchi, MD; Takeo Fukuchi, MD; Haruki Abe MD. Three-dimensional scanning electron microscopic study of keratoconus corneas. *Arch Ophthalmol* 1998; 116:62-68.
  
30. Timothy T McMahon, OD Loretta Szczotka-Flynn, OD, MS. A new method for grading the severity of keratoconus. *Cornea* 2006; 25:794-880.
  
31. Luce DA Determinating in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Rferact Surg.* 2005;31:156-162.