

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

**“SENSIBILIDAD AL CONTRASTE
TRAS LASIK CONVENCIONAL Y
PERSONALIZADO”**

Yolanda Iribarne Ferrer

Barcelona, 2005

A mis padres.

A mi hija.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

“SENSIBILIDAD AL CONTRASTE
TRAS LASIK CONVENCIONAL Y
PERSONALIZADO”

Trabajo de investigación que presenta la licenciada Yolanda Iribarne Ferrer
para optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía

Barcelona, 2005

Don Julio Ortega Usobiaga, doctor en Medicina y Cirugía y don Tomás Martí Huguet, profesor asociado de Oftalmología del departamento de Cirugía de la Universidad de Barcelona,

CERTIFICAN que el trabajo *Sensibilidad al contraste tras LASIK convencional y personalizado*, realizado por Yolanda Iribarne Ferrer bajo la dirección del Dr. J. Ortega Usobiaga y la codirección del Dr. T. Martí Huguet, reúne las condiciones necesarias para ser presentado y defendido frente al tribunal correspondiente y optar al grado de doctor en medicina y cirugía.

Y para que así conste, firman el presente certificado en Barcelona a 6 de Septiembre de 2005.

Dr. J. Ortega Usobiaga

Dr. T. Martí Huguet

AGRADECIMIENTOS

No quisiera comenzar este trabajo sin antes agradecer a todas las personas que han contribuido en su realización:

- Al Dr. J. Ortega Usobiaga por haberme dirigido la tesis y sin cuyo apoyo y estímulo hubiera sido imposible la presentación de este trabajo.
- Al Dr. T. Martí Huguet, médico adjunto del servicio de Oftalmología del Hospital de Bellvitge, por codirigirme la tesis y ayudarme durante todo el proceso de presentación.
- Al Dr. J. Baviera, director de la Clínica Baviera- Instituto Oftalmológico Europeo, en el que se han aplicado los tratamientos con láser para la miopía de este estudio, por el apoyo que me ha ofrecido en la realización de este trabajo.
- Al Dr. J. Beltrán, director del departamento de Investigación y Desarrollo de la Clínica Baviera – Instituto Oftalmológico Europeo por facilitarme el acceso a las historias clínicas de los pacientes incluidos en este trabajo.
- Una mención especial a M^a Jesús Jimeno, sin cuya ayuda hubiera sido imposible realizar la ingrata labor de la recogida de datos para poder elaborar este estudio.
- A todos los miembros de la Clínica Baviera – Instituto Oftalmológico Europeo donde me he sentido gratamente orientada y completamente integrada.
- A la Dra. S. Duch, por su apoyo incondicional en todo momento.
- A la Dra. C. Masuet, del Departamento de Medicina Preventiva del Hospital de Bellvitge, por su colaboración inestimable en el análisis estadístico de este trabajo.

- A todos los miembros del Servicio de Oftalmología del Hospital de Viladecans, por haber confiado en mí tras terminar mi formación.
- A todos los miembros del Servicio de Oftalmología del Hospital Clínico de Valencia, por la ayuda y comprensión que tuvieron conmigo durante el periodo de mi formación.
- A mi marido y a mi hija, por estar a mi lado todas esas horas que he tenido que dedicar a la realización de este estudio.
- A Alex Sala, por solucionarme a cualquier día y hora los problemas técnicos surgidos durante la elaboración de este trabajo.
- A todas las personas que de algún modo han hecho posible la realización de este estudio.

INDICE

1. <u>JUSTIFICACIÓN</u>	14
2. <u>INTRODUCCIÓN</u>	17
2.1.FUNCIÓN VISUAL	18
2.1.1. Agudeza visual	18
2.1.1.1. Introducción.....	18
2.1.1.2. Definición.....	18
2.1.1.3. Test de Snellen.....	19
2.1.1.4. Tipos de tests utilizados.....	22
2.1.1.5. Factores que influyen en la AV.....	22
2.1.2. Sensibilidad al contraste (SC)	23
2.1.2.1. Concepto.....	23
2.1.2.2. Tipos de pruebas para medir la SC.....	24
2.1.2.3. Sensibilidad al contraste.....	25
2.1.2.4. Métodos de medición de la SC.....	26
2.1.2.5. Sensibilidad al contraste en un sujeto normal.....	28
2.1.2.6. Miopía y SC.....	29
2.1.2.7. SC tras cirugía refractiva.....	29
2.2. TRATAMIENTO DE LA MIOPIA	32
2.2.1. Definición y características del ojo miope	32
2.2.1.1. Concepto.....	32
2.2.1.2. Características.....	32
2.2.1.3. Evolución.....	33
2.2.1.4. Genética.....	34
2.2.1.5. Prevalencia.....	34
2.2.1.6. Clasificación de la miopía.....	34
2.2.2. Tratamiento de la miopía	35
2.2.2.1. Tratamiento médico.....	35
2.2.2.2. Tratamiento óptico.....	35
2.2.2.3. Tratamiento quirúrgico.....	35
2.2.2.3.1. Cirugía corneal o extraocular.....	35
2.2.2.3.2. Cirugía intraocular.....	39

2.2.2.4. Evolución del láser en Oftalmología	40
2.2.2.4.1. Revisión histórica	40
2.2.2.4.2. Consideraciones previas	44
2.2.2.4.3. Características de la luz del láser	46
2.2.2.4.4. Interacción de la luz del láser con la córnea	47
2.2.2.4.5. Láser Excímer	48
2.2.2.4.6. Patrones de ablación corneal	53
2.3. ABERRACIONES ÓPTICAS	55
2.3.1. Introducción.....	55
2.3.2. Concepto de aberración.....	55
2.3.3. Clasificación de las aberraciones.....	56
2.3.3.1. Aberraciones cromáticas	56
2.3.3.2. Aberraciones monocromáticas	57
2.3.4. Factores que modifican las aberraciones	59
2.3.5. Factores que empeoran la visión	61
2.3.6. Aberraciones tras cirugía refractiva	62
2.3.7. Aberrometría: sistemas de medición de aberraciones	63
2.3.7.1. Introducción	63
2.3.7.2. Historia	63
2.3.7.3. Tipos de aberrómetros	65
2.3.7.4. Análisis de las imágenes	68
2.3.7.5. Análisis de las aberraciones	70
2.3.7.6. Representación de las aberraciones	72
2.3.7.6.1. Representación numérica: Polinomios de Zernike	72
2.3.7.6.2. Representación en plano retiniano	73
2.3.7.6.3. Representación esquemática en plano pupilar	73
2.3.7.7. Factores que influyen en la visión	74
2.3.7.7.1. Factores que mejoran la visión	74
2.3.7.7.2. Factores que limitan la visión	76
2.4. TTO. PERSONALIZADO DE LA MIOPIA	78
2.4.1. Definición	78
2.4.2. Objetivos.....	78
2.4.3. Factores que influyen en el tratamiento personalizado	79
2.4.4. Cuantificación del beneficio visual tras el tto. personalizado.....	80

2.4.4.1.	Función de modulación de transferencia (MTF)	80
2.4.4.2.	Sensibilidad al Contraste	80
2.4.4.3.	Agudeza visual	81
2.4.5.	Inconvenientes del tratamiento personalizado	81
2.4.6.	Requerimientos tecnológicos en la ablación corneal personalizada	83
2.4.6.1.	Sistema de entrega con disparo flotante	83
2.4.6.2.	Sistema veloz de seguimiento del ojo	84
2.4.6.3.	Equipos de medición del frente de onda	85
2.4.6.4.	Interfase frente de onda / perfil de ablación	85
2.4.7.	Zyoptix	86
2.4.7.1.	Orbscan IIz	87
2.4.7.2.	Aberrómetro Zywave	89
2.4.7.3.	Zylink	89
2.4.7.4.	Láser Technolas 217z	90
2.4.8.	Resultados clínicos del tratamiento personalizado	90
3.	<u>OBJETIVOS</u>	92
4.	<u>MATERIAL Y MÉTODO</u>	94
4.1.	Población de estudio	95
4.2.	Diseño del estudio	96
4.3.	Material clínico necesario	96
4.4.	Procedimiento	98
4.4.1.	Historia clínica	98
4.4.2.	Examen oftalmológico	99
4.4.3.	Intervención quirúrgica	100
4.4.4.	Seguimiento postoperatorio	101
4.4.5.	Tratamiento postoperatorio	105
4.5.	Variables de estudio	105
4.6.	Método estadístico	108
4.6.1.	Estadística descriptiva	108
4.6.2.	Estadística analítica	109
5.	<u>RESULTADOS</u>	110
5.1.	Estudio de la población seleccionada	111
5.1.1.	Características de la población completa	112
5.1.2.	Características de los dos tipos de poblaciones	113

5.1.3. Distribución de la miopía	115
5.1.4. Distribución del astigmatismo	116
5.1.5. Distribución del equivalente esférico	117
5.1.6. Distribución de las aberraciones	118
5.1.6.1. Distribución del RMS total	118
5.1.6.2. Distribución del RMS	119
5.1.6.3. Distribución de las HOA	120
5.1.6.4. Distribución de las aberraciones de 3º orden	121
5.1.6.5. Distribución de las aberraciones de 4º orden	122
5.1.6.6. Distribución de las aberraciones de 5º orden	123
5.1.7. Distribución de la Sensibilidad al contraste	124
5.1.8. Interacciones entre los distintos factores	125
5.1.8.1. Aberración Z200 y miopía	125
5.1.8.2. HOA y edad	126
5.1.8.3. Desenfoque y edad	126
5.1.8.4. Coma y edad	127
5.1.8.5. Z400 y edad	127
5.1.8.6. Z440 y edad	127
5.1.8.7. Pentafoil y edad	128
5.1.8.8. Aberraciones de alto orden y miopía	128
5.1.8.9. Sensibilidad al contraste y edad	128
5.1.8.10. Sensibilidad al contraste y equivalente esférico	129
5.1.8.11. Relación entre PPR y equivalente esférico	131
5.2. Resultados de la calidad visual	132
5.2.1. Agudeza visual	132
5.2.1.1. Ganancia o pérdida de líneas de visión	136
5.2.2. Sensación subjetiva del paciente.....	144
5.2.3. Sensibilidad al contraste	145
5.2.3.1. Sensibilidad al Contraste A (3 ciclos / grado)	145
5.2.3.2. Sensibilidad al Contraste B (6 ciclos / grado)	147
5.2.3.3. Sensibilidad al Contraste C (12 ciclos / grado)	149
5.2.3.4. Sensibilidad al Contraste D (18 ciclos / grado)	151
5.3. Resultados de las aberraciones ópticas	153
5.3.1. Aberraciones de 2º orden	153

5.3.1.1.Z200	153
5.3.1.2.Z220	155
5.3.1.3.Z221	157
5.3.2. Aberraciones de 3° orden	159
5.3.2.1.Z310	159
5.3.2.2.Z311	161
5.3.2.3.Otras aberraciones de 3° orden	163
5.3.3. Aberraciones de 4° orden.....	164
5.3.3.1.Z400	164
5.3.3.2.Z440	165
5.3.3.3.Z441	167
5.3.3.4.Astigmatismo secundario	168
5.3.3.5.Cuadrafoil	170
5.3.3.6.Otras aberraciones de 4° orden	171
5.3.4. Aberraciones de 5° orden	172
5.3.4.1.Z510	172
5.3.4.2.Z511	173
5.3.4.3.Z531	175
5.3.4.4.Z551	176
5.3.4.5.Otras aberraciones de 5° orden	178
5.4.Resultados de las técnicas quirúrgicas	179
5.4.1. Predictibilidad	179
5.4.2. Eficacia	182
5.4.3. Efectividad	184
5.4.4. Estabilidad	186
5.4.5. Seguridad	190
6. <u>DISCUSIÓN</u>.....	192
6.1.Discusión del material	193
6.1.1. Discusión de la población	193
6.1.2. Discusión del aberrómetro	195
6.2.Discusión de los resultados	195
6.2.1. Agudeza visual	195
6.2.1.1.Ganancia o pérdida de líneas de agudeza visual.....	196
6.2.2. Sensación subjetiva.....	197

6.2.3.	Sensibilidad al contraste	198
6.2.4.	Aberraciones ópticas	202
6.2.4.1.	Aberraciones de 2º orden	202
6.2.4.2.	Aberraciones de 3º orden	202
6.2.4.3.	Aberraciones de 4º orden	204
6.2.4.4.	Aberraciones de 5º orden	206
6.2.5.	Discusión de la técnica refractiva	207
6.2.5.1.	Predictibilidad	207
6.2.5.2.	Eficacia	207
6.2.5.3.	Efectividad	208
6.2.5.4.	Estabilidad	208
6.2.5.5.	Seguridad	209
6.2.6.	Retratamientos (RELASIK)	209
6.3.	Resumen de la discusión	210
7.	<u>CONCLUSIONES</u>	212
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	214
8.1.	Bibliografía por orden alfabético	215
8.2.	Bibliografía por orden de aparición	238
9.	<u>ANEXOS</u>	261
9.1.	Abreviaturas	262
9.2.	Tablas	263
9.3.	Figuras	263
9.4.	Consentimiento informado para tratamiento con LASIK	264
9.5.	Tablas estadísticas utilizadas	266
9.5.1.	Estudio de la población seleccionada.....	266
9.5.2.	Estudio de la calidad visual	274
9.5.3.	Estudio de las aberraciones ópticas.....	293
9.5.4.	Estudio de la técnica refractiva.....	312

1- JUSTIFICACIÓN

1- JUSTIFICACIÓN

La justificación de este trabajo de investigación se debe a la voluntad de mejorar el resultado visual de la cirugía refractiva con la técnica LASIK. Actualmente está aceptado que la agudeza visual (AV) y el error refractivo residual tras la intervención quirúrgica están profundamente relacionados con la función visual del paciente¹ y su grado de satisfacción con la cirugía^{2,3}; sin embargo existen muchos pacientes sometidos a cirugía refractiva con un error refractivo residual mínimo y una excelente AV, que no están satisfechos con su calidad visual post-operatoria⁴, ya que refieren visión de halos⁵ y deslumbramientos, sobre todo en condiciones de baja luminosidad⁶.

Esto se debe a que el LASIK sólo corrige el defecto esferocilíndrico (LOA: aberraciones de bajo orden) utilizando unos algoritmos⁷ comunes a todos los pacientes, sin tener en cuenta las aberraciones de alto orden (HOA) que también están presentes en el sistema óptico ocular⁸. Además, cuando el LASIK corrige las LOA induce la formación de nuevas HOA, siendo la causa de la pérdida de calidad visual de estos pacientes^{9,10,11}.

La función visual después del LASIK suele evaluarse en términos de AV de Snellen¹² (mide la visión a una determinada distancia con alto contraste), pero estas medidas son limitadas y no describen la función visual para una variedad de frecuencias espaciales y contrastes. Las pruebas de sensibilidad al contraste (SC) amplían la información suministrada por el test de Snellen determinando el poder de resolución del ojo sobre un espectro de tamaños de imagen¹³. Por ello es importante evaluar la SC en pacientes intervenidos de LASIK¹⁴, pues pueden producirse cambios sutiles en los medios ópticos que podrían afectar a la función visual sólo bajo condiciones de contraste reducido⁶. Dado que el objetivo de la cirugía refractiva es mejorar la visión del paciente, es comprensible que esta discordancia entre AV y función visual es crucial.

Actualmente existe un creciente interés por comprender y evaluar las aberraciones ópticas del ojo como un sistema y utilizar este análisis para refinar la cirugía refractiva con láser¹⁵. La cirugía refractiva convencional aumenta las aberraciones corneales^{16,17,18,19} y totales²⁰. Sin embargo, los resultados preliminares de

la cirugía guiada con frente de ondas son esperanzadores pues muestran una disminución de las aberraciones inducidas por la cirugía^{21,22,23}, por lo que debería mejorar la calidad visual del paciente. De todos modos, aunque la imagen óptica mejore, no está claro que la retina neural sea capaz de interpretar estas imágenes mejoradas, pues podría existir una ambliopía refractiva²⁴.

Recientemente se ha desarrollado una tecnología capaz de medir²⁵ (aberrómetros) y de corregir²⁶ (tratamiento personalizado) esta refracción aberrométrica (incluyendo la refracción esferocilíndrica y las HOA) del ojo humano, para así mejorar la calidad visual de estos pacientes^{22,23,,27}.

La presente Tesis Doctoral se desarrolla bajo la hipótesis de que al corregir las HOA cuando se realiza la intervención quirúrgica de LASIK también se produce una mejora de la calidad visual de estos pacientes.