

ANÁLISIS ÓPTICO DEL TRATAMIENTO PRESBYLASIK: ALGORITMO DE PATRONES DE LUZ PROPAGADOS

Dolores Ortiz⁽¹⁾, Julián Espinosa⁽²⁾, Jorge L. Alió⁽¹⁾, David Mas⁽¹⁾, Esperanza Sala⁽¹⁾, Jorge Pérez⁽²⁾, Carlos Illueca⁽²⁾

Instituto Oftalmológico de Alicante⁽¹⁾, Depto. Óptica. Universidad de Alicante⁽²⁾,

1. Introducción

La técnica Presbylasik [1] permite realizar un tratamiento de la presbicia mediante cirugía LASIK en pacientes hipermétropes mayores de 50 años en los que la pérdida de acomodación es estable. Este tratamiento consiste en tallar una córnea multifocal mediante la combinación de: i) un tallado del defecto hipermetrópico para una zona óptica de 6 mm, que sirve para la visión lejana; y ii) un tallado central (zona óptica de 3 mm) de la adición que el paciente necesita para visión cercana. La zona de transición entre 3 y 6 mm sirve para la visión a distancia intermedias. En la Figura 1 se muestra un ejemplo del tallado descrito.

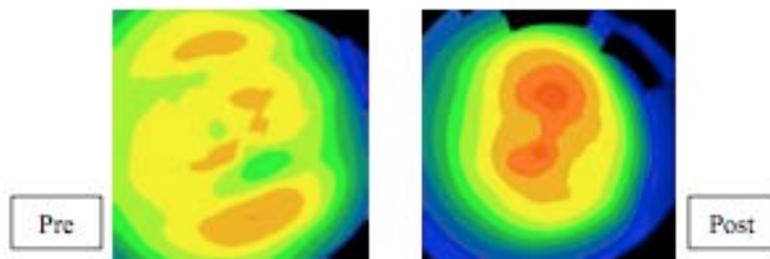


Figura 1. Topografía corneal antes y después del tratamiento Presbylasik para uno de los ojos del estudio.

Con la introducción de nuevas medidas oculares y los avances técnicos en las pruebas clínicas (topografía, paquimetría y biometría) la caracterización del ojo como sistema óptico es más precisa, y por tanto, los cálculos basados en óptica geométrica [2] como aquellos basados en el cálculo numérico de la integral de difracción están ganando fiabilidad [3]. A la hora de evaluar la calidad óptica del ojo tras un tratamiento refractivo, se puede utilizar un modelo de ojo para evaluar la distribución de la luz en diferentes planos a lo largo del eje óptico hasta llegar a la retina.

El objetivo de este estudio es evaluar los cambios de la calidad óptica en córneas de pacientes hipermétropes intervenidos mediante cirugía Presbylasik a través del estudio de los patrones de luz alrededor del plano de la retina. A la hora de cuantificar los efectos del presbylasik se valoran los siguientes parámetros de calidad óptica: razón de Strehl, tamaño de mancha imagen, distribución de energía en la retina y agudeza visual objetiva calculada a partir de la distribución de energía.

2. Pacientes y métodos

2.a Pacientes

Se han incluido un total de 8 ojos pacientes hipermétropes intervenidos de cirugía Presbylasik utilizando el software Presby-one (Chaubart) usando el láser excimer Technovision. La edad media es de 57 años (con un rango de 53 a 68). El equivalente esférico preoperatorio era 1.28 ± 0.87 D.

Antes de la cirugía, todos los pacientes se sometieron a un examen oftalmológico completo que incluye: topografía (CSO Topographer, CSO, Florence, Italy), biometría (IOL master), paquimetría (Ophthasonic, Technar, USA), y refracción. El seguimiento postquirúrgico se realizó 1 día, 1 semana y 1, 3 y 6 meses tras la cirugía. Las principales medias postquirúrgicas fueron agudeza visual (con y sin corrección), defecto refractivo y rango de acomodación.

2.b Cálculo de patrones propagados a través de los medios oculares

A partir de los datos topográficos, se determina la morfología de la córnea y se obtiene su transmitancia evaluando las diferencias de camino óptico. La córnea modelada consiste en una única superficie que, utilizando los datos topográficos, se modela como un elemento de fase que separa aire de un medio de índice queratométrico equivalente $n = 1.3375$. Las distribuciones propagadas de luz se obtienen utilizando un algoritmo de propagación de Fresnel [4].

Si consideramos un tamaño de patrón de entrada $0 \times \Delta$, discretizado en N muestras, la expresión final que proporciona el campo de luz a una distancia z de un campo de entrada u_0 es:

$$(u_r)_\mu = DFT^{-1} \left\{ \exp \left(i \frac{2\pi}{\lambda} z \sqrt{1 - \lambda^2 \frac{\tilde{m}^2}{\Delta x_0^2}} \right) DFT \left[u_0 \left(m \frac{\Delta x_0}{N} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

donde m, m y u son los índices discretos en el espacio, dentro de los dominios de Fourier y de Fresnel respectivamente, DFT es el acrónimo en inglés de Discrete Fourier Transform, u es la longitud de onda en el medio y $0 \times \Delta$ es el tamaño del objeto que forma la ventana.

Introduciendo la transmitancia corneal como distribución de entrada en la ecuación (1) se obtendría la distribución a la entrada del cristalino. Los datos del cristalino se calculan a partir del modelo Kasprzak [5] perfilado con la edad y la ametropía medida del sujeto. Determinada su transmitancia teórica, se obtiene la distribución de luz en el plano inmediatamente posterior, la cual se toma como nueva función de entrada en la ecuación (1). De esta forma se puede obtener la distribución de luz final a cualquier distancia dentro de la cámara posterior. Este algoritmo se aplica para obtener los patrones de luz alrededor del plano de la retina, antes y después del tratamiento Presbylasik.

A partir de las distribuciones de energía luminosa se obtienen varios parámetros de calidad óptica: razón de Strehl (SR), el tamaño de mancha imagen en la retina y la agudeza visual objetiva. Además, se ha evaluado la evolución de estos parámetros tras el tratamiento Presbylasik.

3. Resultados

El equivalente esférico posquirúrgico fue -0.55 ± 0.48 D. El valor medio y la desviación estándar de la agudeza visual con y sin corrección fue 0.94 ± 0.09 y 0.70 ± 0.20 respectivamente. El valor medio y la desviación estándar del rango de acomodación fue 1.6 ± 0.4 D.

En la Figura 2.a) se observa una buena correlación ($R = 0.93$) entre la agudeza visual medida sobre los pacientes y la calculada mediante el modelo. La Figura 2.b) muestra un ejemplo típico de la evolución de la razón de Strehl, calculado para diferentes distancias del apex corneal, tras un tratamiento Presbylasik. Se observa un aumento significativo en el plano retina para todos los ojos del estudio, obteniéndose un factor de incremento medio de 4.7.

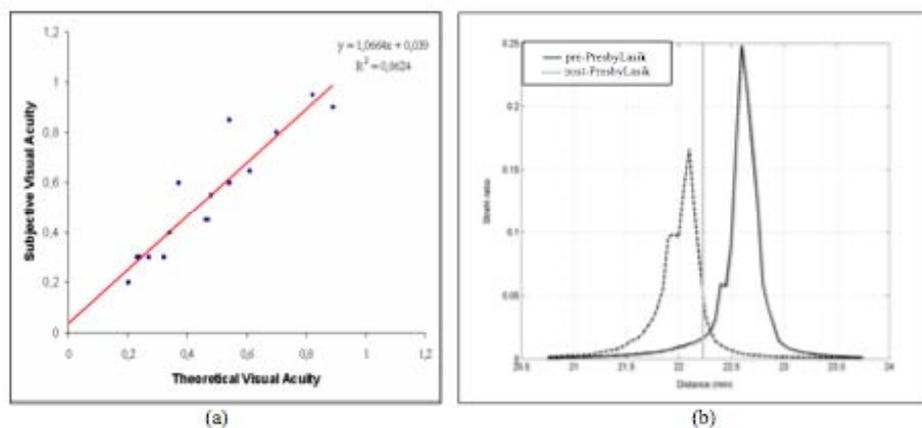


Figura 2. a) Relación entre la agudeza visual subjetiva y la calculada para los 8 ojos del estudio ($R = 0.93$). b) Evolución de la razón de Strehl tras el tratamiento Presbylasik para uno de los ojos del estudio (la posición retiniana se marca con una línea vertical).

4. Conclusiones

Este estudio muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad óptica de pacientes intervenidos mediante Presbylasik utilizando un modelo completo de ojo y un algoritmo de patrones propagados.

Los modelos de análisis óptico proporcionan una excelente herramienta para el estudio de la calidad óptica tras tratamientos refractivos. El tratamiento Presbylasik proporciona una mejora de la calidad óptica, en términos de la razón de Strehl, y un cierto rango de acomodación. El uso de este método para otros tratamientos refractivos permitiría al cirujano elegir el procedimiento más indicado para obtener una mejor calidad óptica postoperatoria.

Bibliografía

- [1] Alio JL, Chaubard J.J., Caliz A., et al. Correction of presbyopia by a central multifocal LASIK (PRESBYLASIK). J Refract Surg 2006;(In press).
- [2] Ortiz D, Saiz JM, Gonzalez F. Influence of local inhomogeneities induced in corneal ablation on the evolution of contrast sensitivity. Opt Lett 2004;29:739-41.
- [3] D.Mas, J.Pérez, C.Vázquez, et al. Near-field light distributions propagated from human corneas: determination of relevant patterns. J Mod Opt 2003;50:1335-52.
- [4] J.Pérez, D.Mas, C.Illueca, et al. Complete algorithm for the calculation light patterns inside the ocular media. J Mod Opt 2005;52:1161-76.
- [5] J.Pérez, D. Mas, J.J. Miret, et al. Fresnel based analysis of Kasprzak's crystalline model: statistical results and individual predictions. Optik 2005;2;49-57.