

ABERRACIONES ÓPTICAS EN OJOS CON LENTES DE CONTACTO MEDIDAS CON EL SISTEMA DE TRAZADO DE RAYOS

LASER RAY TRACING TO MEASURE OPTICAL ABERRATIONS IN EYES WITH CONTACT LENSES

BLÁZQUEZ-SÁNCHEZ V¹, MENDOZA-PÉREZ MA², MERAYO-LLOVES JM³, NAVARRO-BELSUÉ R⁴

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el impacto de las lentes de contacto desechables en la calidad visual, comparando aberraciones ópticas, en ojos miopes, con y sin lentes de contacto.

Método: Las aberraciones ópticas se midieron mediante el sistema del Trazado de Rayos Láser, el cuál es un método de medida objetivo, sobre un conjunto de 18 ojos, en 3 condiciones diferentes: a ojo desnudo, ojo más lentes de prueba, ojo con lentes de contacto desechables.

Resultados: Existe una alta variabilidad entre sujetos, pero la tendencia general es que las lentes de prueba no modifican las aberraciones, mientras que las lentes de contacto tienden a incrementar las aberraciones oculares para pupilas grandes cerca de un 40% en promedio. Sin embargo tal incremento es mucho menor para pupilas más pequeñas.

Conclusión: Este estudio revela que no se produce efectos significativos en la calidad de visión en pacientes que usan lentes de contacto desechables bajo condiciones de luz diurna, así como un pequeño descenso en visión nocturna.

Palabras clave: Aberraciones, lentes de contacto blandas, método de trazado de Rayos.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the impact of disposable soft contact lenses upon visual performance by comparing the optical aberrations of myopic eyes with and without the use of contact lenses.

Method: The optical aberrations of a set of 18 eyes were measured by a laser ray tracing system, an objective measurement method, enabling comparison of the findings of the naked eye, the eye plus a test lens, and the eye plus a disposable contact lens.

Results: There was a large variability among subjects, but the general tendency was that test lenses did not modify aberrations, whereas contact lenses tended to increase the ocular aberrations for large pupils by an average of 40%. There was a lower increase for smaller pupils.

Conclusion: This study predicts there will be no significant adverse effects on the quality of vision from the use of disposable contact lenses worn under daylight conditions, but a small decline in night vision (*Arch Soc Esp Ophthalmol 2006; 81: 575-580*).

Key words: Aberrations, soft contact lenses, Laser Ray Tracing.

Recibido: 13/9/04. Aceptado: 23/10/06.

Instituto de Óptica «Daza de Valdés», Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.). Madrid. España.

CEO «Centro de Especialidades Oftalmológicas». Madrid. España.

¹ Diplomada en Óptica y Optometría. Centro de Especialidades Oftalmológicas de Madrid (CEOS). Madrid.

² Licenciada en Ciencias Físicas. Instituto de Óptica «Daza de Valdés», Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.).

³ Doctor en Medicina. CEOS e Instituto de Oftalmobiología Aplicada (IOBA). Universidad de Valladolid.

⁴ Doctor en ciencias Físicas. Instituto de Óptica «Daza de Valdés», Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.).

Correspondencia:

Vanesa Blázquez Sánchez

C/. Antonio López, 149, 1.º B

28026 Madrid

España

E-mail: ltqb347@ifa.cetef.csic.es

INTRODUCCIÓN

La ametropía es actualmente corregida mediante gafas, lentes de contacto (LC) o cirugía refractiva. Cada método tiene ventajas e inconvenientes que el especialista debe dar a conocer al paciente para que éste haga la elección más adecuada a sus necesidades. Como la corrección de ametropía (desenfoque y/o astigmatismo) es directa por cualquiera de los métodos mencionados, es importante tener criterios para elegir la mejor solución para cada individuo concreto.

Para cantidades moderadas de ametropía, las gafas convencionales no modifican significativamente las aberraciones ópticas porque tienen una apertura numérica relativamente baja (aberraciones bajas), y al no estar en contacto directo con el ojo no modifica su geometría. Sin embargo, las técnicas de cirugía refractiva parecen incrementar las aberraciones ópticas del ojo por un factor de 2 (1) o incluso por un 4 (2). Respecto a las LC, recientes estudios demuestran que existen diversos factores que afectan a la calidad visual, como la capa de lágrima, la dinámica de la misma lente, el tiempo, la edad, la hidratación y flexibilidad de la lente, así como el proceso de fabricación de la lente y los cambios de las aberraciones oculares con acomodación (3,4).

Existen pocos estudios que analicen la calidad óptica del sistema óptico formado por el ojo más la lente de contacto con parámetros objetivos, los cuales se basan en la Función de Transferencia de Modulación (5,6), hallada mediante el método de doble paso (7,8). La mayoría de los estudios publicados previamente evalúan la compensación óptica mediante LC utilizando sólo técnicas subjetivas, como son la agudeza visual (AV) o la función de sensibilidad al contraste (SFC). Además, en su mayor parte estudian únicamente L.C. rígidas permeables al gas (RPG). Existe una alta variabilidad en cuanto a los resultados publicados en la literatura, obteniéndose en general diferencias no significativas. En algunos de estos estudios se concluye que las RPG producen una mejora de la calidad de visión gracias a que provocan una reducción de las aberraciones corneales, mientras que para las lentes blandas sólo unos pocos refieren una ligera mejoría con las LC. Otros autores exponen que las mejoras en la calidad de visión con LC son variables y que dependen en cierta medida de la naturaleza de ésta (9-19).

El Departamento de Imagen y Visión en el Instituto de Óptica (CSIC, Madrid, España) es reconocido internacionalmente por sus contribuciones en el campo de la óptica fisiológica y visión. Varios métodos desarrollados en este laboratorio han sido aplicados con éxito en la medición de la calidad óptica del ojo en vivo, en estudios básicos y clínicos. Uno de estos métodos es el método de Trazado Rayos Láser (TRL), que mide objetivamente las aberraciones ópticas (9) del ojo, y el cuál ha sido utilizado en este estudio.

SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación cumple los postulados de la Declaración de Helsinki y todos los sujetos firmaron un informe con su consentimiento después de la explicación de la naturaleza y posibles consecuencias del estudio.

Material

En este estudio se han empleado LC desechables de reemplazo semanal en caso de uso prolongado o de reemplazo quincenal si su uso es diario. Las LC empleadas fueron hidrofílicas, de humedad 58% y radios de 8,30 a 8,70 mm.

Sujetos

Los sujetos fueron 10 voluntarios miopes (18 ojos) sin desórdenes oculares que pudieran producir intolerancia a las lentes de contacto. 6 mujeres y 4 hombres, con edades entre 22 y 27 años. Los errores refractivos comprendían entre $-0,75$ y $-7,00$ D. La tabla I resume los datos para estos sujetos, ordenados por valor ascendente de miopía.

Metodología

Examen ocular

Los sujetos fueron sometidos a una exploración optométrica y oftálmica que incluía: medición de la ametropía, adaptación contactológica, y estudio de la salud ocular (medida de la presión ocular, estudio con la lámpara de hendidura, medida del ángulo iri-

docorneal, estudio de fondo de ojo en los casos necesarios. antecedentes, altas ametropías, etc). El tiempo transcurrido desde la adaptación de las lentes al experimento fue de al menos de dos días.

Medición de la aberración ocular objetiva

La calidad óptica de cada ojo fue medida por el TRL, método desarrollado por Insitituto de Óptica (CSIC) para medir aberraciones ópticas (9) objetivamente. Se envía un haz láser estrecho (rayo) a distintas localizaciones en la retina y se recoge las posiciones del punto de luz formado por cada haz, las diferencias entre las posiciones teóricas y las recogidas nos da una estimación de la aberración que sufre el frente de onda de la luz al atravesar el ojo (1,14).

Las medidas fueron realizadas al menos en dos de las siguientes condiciones para cada ojo:

1. Sin corrección (ojo desnudo), excepto en sujetos con más de 4 dioptrías, ya que valores más altos de miopía podrían exceder el rango de medida del sistema TRL.

2. Con lentes de prueba: nos permiten tener una idea aproximada de como sería la calidad óptica con gafas, debido a los distintos modelos disponibles se prefiere utilizar las lentes de prueba para uniformizar resultados. Fue realizado en la mayor parte de los casos, y cuando el primer caso no era posible.

3. LC a estudiar, en todos los casos.

En cada situación las medidas fueron repetidas 5 veces.

Los sujetos no llevaron LC durante al menos 48 horas antes de las medidas. Las LC blandas fueron colocadas como mínimo en los 30 minutos previos a la medición, para una completa estabilización en el ojo.

Análisis de datos

La aberración de onda puede describirse como una expansión polinómica de Zernike hasta 7° orden (35 coeficientes). El conjunto promedio de coeficientes de Zernike fue calculado ajustando los datos de las cinco mediciones de cada situación, estos coeficientes describen entonces las aberraciones ópticas de los ojos analizados. La raíz cuadrática media (RMS) de los coeficientes (RMS del error

del frente de onda) fue utilizada como métrica para evaluar la calidad óptica global del ojo, o del sistema óptico formado por el ojo más lente (de contacto o de prueba).

Las mediciones fueron realizadas para una pupila de 6,5 mm conseguida mediante dilatación con cicloplegico, pero los coeficientes de Zernike fueron recalculados para una pupila de 3 mm.

Para evaluar si los resultados son estadísticamente significativos se utilizó un test T de muestras pareadas, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS

La figura 1 muestra la RMS del error del frente de onda, excluyendo desenfoque y astigmatismo (es decir, sólo se considera la aberración de 3.º orden y superiores), para los 18 ojos y para pupila de 6,5 mm: sin corrección (SC, barras blancas); con lentes de prueba (LP, barras negras) y con LC (LC, barras con líneas grises diagonales). Los datos son ordenados en función de la miopía (en orden ascendente). Los ojos de 1 a 16 tienen errores esféricos miópicos entre 0,75 y 3,50 D, mientras los ojos 17 y 18 tienen errores hasta 7 D, como se puede ver en la tabla I anteriormente presentada.

Los resultados muestran una alta variabilidad entre ojos en las aberraciones medidas. En prome-

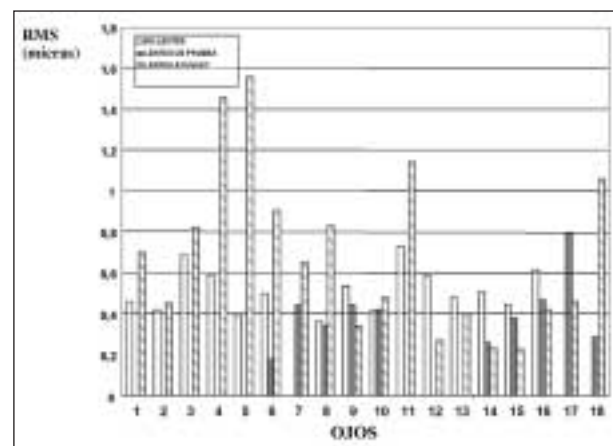


Fig. 1: Aberraciones de 3.º orden y superiores: error de frente de onda RMS para aberraciones de 3.º orden y superiores para un diámetro de pupila de 6,5 mm y para 3 condiciones: sin corrección (blanco), con lentes de prueba (negro), y con L.C. (líneas diagonales grises). Los datos son ordenados por miopía ascendente.

Tabla I. Datos optométricos de los ojos

Ojo	Refracción (D)	queratometría (mm)	Biomicroscopía	Comodidad con lentes de contacto
1	-0,75	8,16 × 8,01	Enrojecimiento	Molestias leves
2	-0,75	8,14 × 8,00	Enrojecimiento	Molestias leves
3	-1,50	8,04 × 7,87	OK	Comfortable
4	-1,50	7,96 × 7,76	OK	Comfortable
5	-1,50	7,94 × 7,73	OK	Comfortable
6	-1,50	7,72	OK	Comfortable
7	-1,50	7,82	OK	Comfortable
8	-2,00	8,17 × 8,03	Enrojecimiento	Comfortable
9	-2,50	7,55 × 7,43	Enrojecimiento	Molestias leves
10	-2,50	8,25 × 8,09	Enrojecimiento	Molestias leves
11	-2,75	7,81 × 7,73	OK	Comfortable
12	-2,75	7,70 × 7,60	OK	Comfortable
13	-2,75	7,76 × 7,71	OK	Molestias leves
14	-2,75	7,76 × 7,71	OK	Molestias leves
15	-2,75	7,70 × 7,6	OK	Comfortable
16	-3,50	7,60 × 7,52	Enrojecimiento	Comfortable
17	-5,25	7,53 × 7,44	OK	Comfortable
18	-7,00	7,59 × 7,35	OK	Comfortable

dio, las lentes de prueba tienden a disminuir ligeramente las aberraciones ópticas del ojo y a incrementar la calidad óptica. Para LC se observa diferentes grupos: Ojos (1-8) con errores refractivos menos o igual que 2,00 D, las LC incrementan las aberraciones en todos los casos. Por el contrario, el 70% de los ojos con un error refractivo de más de 2,50 D (ojos 9-18) mejora su calidad óptica con LC. Aplicando el test T para muestras pareadas obtenemos un p -valor=0,0092 cuando comparamos las distribuciones de OD y LP, y p -valor=0,0229 para las distribuciones de OD y LC, ambas mayor que $\alpha=0,05$ (95% de confianza), con lo cual los resultados son estadísticamente significativos.

En la tabla II se presenta los resultados promedio para distintas aberraciones.

Como se esperaba, las lentes de prueba no modifican significativamente la aberración del ojo, los resultados muestran una ligera mejora. Por otra parte, las LC incrementan las aberraciones ópticas en un 40% en promedio. Sin embargo, es importante notar que las desviaciones estándar son siempre significativamente mayores que la media, lo cual indi-

ca la alta variabilidad y comportamientos no similares en los ojos individuales (20). Hay también una fuerte dependencia del tamaño de pupila: mientras el incremento en aberraciones ópticas es potencialmente más importante para grandes pupilas (6,5 mm), los valores encontrados para pupilas más pequeñas (3 mm) son mucho menores.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con el método TRL predicen un efecto en la calidad de visión despreciable con LC desechables bajo condiciones de luz diurna (diámetro de pupila no mucho mayor que 3 mm), pero un moderado descenso de la calidad de visión durante visión nocturna o bajos niveles de iluminación (pupilas alrededor de 6,5 mm), mientras que las lentes de prueba no modifican la calidad visual. Sin embargo es importante señalar la alta variabilidad de resultados entre los distintos ojos (20). Este estudio debe ser considerado como un experimento piloto, y tendrá que ser llevado a cabo un trabajo

Tabla II. Incremento promedio en RMS con respecto a ojos sin corrección

Variación RMS (mm)	Pupila 6,5 mm		Pupila 3 mm	
	Lentes Prueba	Lente de contacto	Lentes Prueba	Lente de contacto
Global (aberraciones de 3. ^{er} a 7. ^o orden)	-0,06 D. E. 0,21	0,20 D. E. 0,43	-0,010 D. E. 0,033	0,02 D. E. 0,12
Coma (3. ^{er} orden)	-0,08 D. E. 0,21	0,05 D. E. 0,28	-0,010 D. E. 0,032	0,02 D. E. 0,11
4. ^o orden	0,00 D. E. 0,10	0,14 D. E. 0,30	-0,000 D. E. 0,007	0,004 D. E. 0,053

posterior para determinar las fuentes de tan grandes diferencias, incluyendo un número mayor de pacientes y LC de distintas marcas y con más parámetros para realizar adaptaciones más precisas.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por la CICYT (Ministerio de Educación y Ciencia), acción TIC 98-0925-CO2-01. Los autores quieren agradecer la colaboración de la Unidad Asociada de Investigación IOBA (Universidad de Valladolid) — Instituto de Óptica— (CSIC), la Unidad de Contactología del Centro de Especialidades Oftalmológicas de Madrid y a Lourdes Llorente (Instituto de Óptica, CSIC) por su asistencia técnica durante el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, Navarro R, Llorente L, Barbero S. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42: 1396-1403.
- Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Seiler T. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery: a problem of subclinical decentration. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 362-369.
- Dietze HH, Cox MJ. Correcting ocular spherical aberration with soft contact lenses. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2004; 21: 473-485.
- Chateau N, Blanchard A, Baude D. Influence of myopia and aging on the optimal spherical aberration of soft contact lenses. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 1998; 15: 2589-2596.
- Lorente A, Pons AM, Malo J, Artigas JM. Standard criterion for fluctuations of modulation transfer function in the human eye: application to disposable contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1997; 17: 267-272.
- Pons AM, Lorente A, Albarran C, Montes R, Artigas JM. Characterization of the visual performance with soft daily wear disposable contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998; 18: 40-48.
- Torrents A, Navarro R, Losada MA. El método de doble paso para evaluar la calidad óptica de la imagen retiniana. *Ver y Oír* 1995; 97: 29-36.
- Artal P, Marcos S, Navarro R, Williams DR. Odd aberrations and double-pass measurements of retinal image quality. *J Opt Soc Am A* 1995; 12: 195-201.
- Tomlinson A, Mann G. An analysis of visual performance with soft contact lens and spectacle correction. *Ophthalmic Physiol Opt* 1985; 5: 53-57.
- Hong X, Himebaugh N, Thibos LN. On-eye evaluation of optical performance of rigid and soft contact lenses. *Optom Vis Sci* 2001; 78: 872-880.
- Cox IG, Holden BA. Soft contact lens-induced long axial spherical aberration and its effect on contrast sensitivity. *Optom Vis Sci* 1990; 67: 679-683.
- Lorente A, Albarran C, Montes R, Pons AM, Artigas JM. Contact lenses: do they really change the optical performance? *Cont Lens Anterior Eye* 1997; 20: 57-61.
- Navarro R, Losada MA. Aberration and relative efficiency of light pencils in the living human eye. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 540-547.
- Atchinson DA. Aberrations associated with rigid contact lenses. *J Opt Soc Am A* 1995; 12: 2267-2273.
- Dorronsoro C, Barbero S, Llorente L, Marcos S. On-eye measurement of optical performance of rigid gas permeable contact lenses based on ocular and corneal aberrometry. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 115-125.
- Collins MJ, Brown B, Atchinson DA, Newman SD. Tolerance to spherical aberration induced by rigid contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992; 12: 24-28.
- Hammer RM, Holden BA. Spherical aberration of aspheric contact lenses on eye. *Optom Vis Sci* 1994; 71: 522-528.
- Kirkpatrick DL, Roggenkamp R. Effects of soft contact lenses contrast sensitivity. *Am Optom Physiol Opt* 1985; 62: 407-412.
- Moreno-Barriuso E, Navarro R. Laser Ray Tracing versus Hartmann-Shack sensor for measuring optical aberrations in the human eye. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2000; 17: 974-977.
- Gispets I, Parcerisas J. ¿Cambian las aberraciones con el uso de lentes de contacto? In: Gispets I, Parcerisas J. *Aberraciones oculares: aspectos clínicos*. Madrid: ICM; 2005; 53-60.