



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

EVALUACIÓN DE LA REFRACCIÓN DE CAMPO PERIFÉRICO EN USUARIOS DE LENTES HIDROFÍLICAS MULTIFOCALES

Autor

Jesús Pérez Gracia

Directores

Jorge Ares García
Sara Perchés Barrena



Facultad de Ciencias / Grado de Óptica y Optometría
Año 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Prevalencia e incidencia de la miopía	3
1.2. Clasificación de la miopía	4
1.3. Etiología de la miopía	4
1.4. Repercusiones oculares de la miopía	4
1.5. Estudios sobre frenar la progresión de la miopía	5
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Material	8
3.1.1. Material principal	8
3.1.2. Materiales adicionales	9
3.2. Métodos	10
3.2.1. Montaje	10
3.2.2. Selección de los pacientes	11
3.2.3. Adaptación lentes de contacto	11
3.2.4. Procedimiento de las medidas	11
3.3. Análisis de los datos	12
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSIÓN	17
5.1. Discusión sobre los resultados obtenidos	17
5.2. Discusión acerca de los métodos y pacientes empleados en el estudio	19
6. CONCLUSIONES	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21

1.INTRODUCCIÓN

Los defectos refractivos o ametropías son una de las principales causas de pérdida de visión reversible en la población y se definen como la condición en la que, en un ojo sin acomodar, el observador no es capaz de formar la imagen de un objeto lejano sobre la retina.

Dentro de los conocidos como defectos refractivos esféricos, la miopía es la ametropía con mayor prevalencia en todo el mundo. En un ojo miope, la imagen de un objeto lejano se forma por delante de la retina (Figura 1a) y su punto remoto (FP) no se encuentra en el infinito (Figura 1b), impidiendo la formación de imágenes nítidas sobre la retina cuando los objetos se sitúan a una distancia lejana.

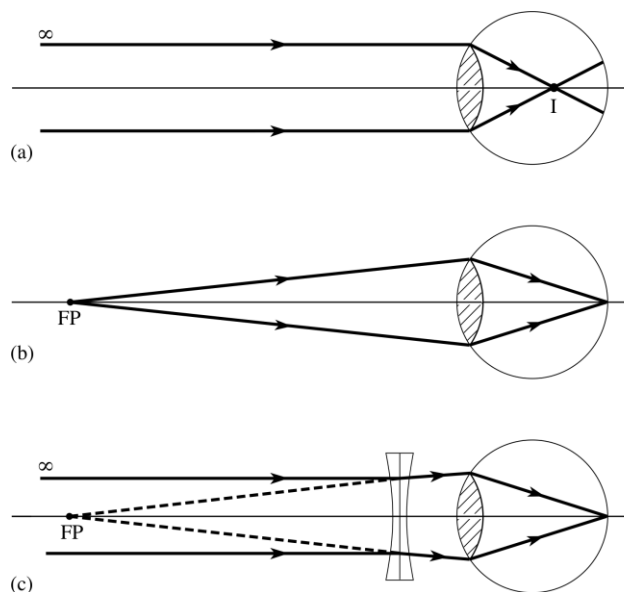


Figura 1. El ojo miope.

Para la corrección de la miopía se emplean lentes divergentes que permiten formar imagen del objeto lejano en el punto remoto del ojo (FP) (Figura 1c). Estas compensaciones se pueden encontrar tanto en lente oftálmica como en lentes de contacto.

1.1. Prevalencia e incidencia de la miopía

Los estudios realizados por *Anton et al.* y *Montés-Micó et al.* muestran que en España la prevalencia de la miopía es del 25,4% en una población comprendida entre los 40 y 79 años, y del 21,2 % de la población global, respectivamente ^{1,2}. En Europa, la prevalencia global de la miopía es del 24,3% ³.

Muchos de los estudios realizados a cerca de la incidencia de la miopía en la población no pueden compararse debido a las discrepancias en la consideración de la miopía, ya que algunos autores consideran como miopía los errores refractivos mayores a -0,50 dioptrías (D) de equivalente esférico (ES), mientras que otros lo hacen a partir de -0,75 D e incluso -1,00 D ⁴.

Actualmente, la miopía es un defecto visual a tener en cuenta debido a su continuo y progresivo aumento en la población, especialmente en la población joven, donde la miopía de aparición juvenil muestra cada año valores mayores tanto en cantidad como en magnitud. Un estudio realizado en 2004 a niños y niñas con edades comprendidas entre 6 y 15 años, todos ellos estudiantes de varios colegios de Hong Kong, demostró que transcurrido un año, el 14,41% de los alumnos que no padecían ninguna deficiencia visual se volvieron miopes. A su vez, se notó un incremento de la miopía de -0,63 D de media por año en cada paciente miope ⁵. También se ha demostrado que la cantidad de población miope en Estados Unidos ha aumentado significativamente, pasando a ser de un 46% en la actualidad con respecto al 25% de miopes que existían en la población general entre los años 1971 y 1972 ⁶.

1.2. Clasificación de la miopía

El origen de la miopía puede tener varios factores, como son una elevada potencia refractiva de la córnea, un aumento en el índice de refracción de los medios oculares, como ocurre en las cataratas, o un aumento de la longitud axial del ojo. Es esta última condición la que origina que la miopía produzca efectos indeseados sobre las estructuras del polo posterior del ojo, existiendo una relación directa entre la magnitud de la miopía y la posibilidad de sufrir una patología que deteriore la calidad visual del paciente, generando incluso la ceguera.

La Tabla 1 muestra dos clasificaciones típicas de la miopía desde el punto de vista clínico y dependiendo del grado de miopía del paciente.

Tipo de clasificación	Clases de miopía
Clínica	Miopía simple Miopía nocturna Pseudomiopía Miopía degenerativa Miopía inducida Miopía congénita
Grado	Baja miopía ($< -3,00$ D) Miopía media ($-3,00$ D $< ES < -6,00$ D) Alta miopía ($> -6,00$ D)

Tabla 1. Clasificación y tipos de miopía⁷.

1.3. Etiología de la miopía

Respecto a la etiología de la miopía, ésta varía notablemente dependiendo de factores geográficos, raciales y ocupacionales. Numerosos estudios afirman la fuerte correlación existente entre las tareas prolongadas en visión próxima y su incidencia^{8,9}, ya que el aumento de la miopía se une al aumento en los años de estudio de los adolescentes⁹, y que el desarrollo de frecuentes actividades en el exterior que no impliquen la visión próxima reduce la prevalencia de la misma¹⁰. También están presentes los factores ambientales y hereditarios, que juegan un papel importante.

En cuanto al tipo de miopía, la etiología de la miopía simple, así como de la miopía degenerativa, son poco conocidos. Sin embargo, para el resto de miopías, la etiología se conoce con más seguridad. La miopía nocturna está provocada por unos niveles significativos de oscuridad que alteran la acomodación y generando así miopía. La pseudomiopía está producida por desórdenes acomodativos, valores de exoforia significativos o ciertos fármacos (agentes colinérgicos agonistas). Finalmente la miopía inducida, como su nombre indica, puede deber su origen a ciertos fármacos (Topiramato, utilizado como antiepiléptico¹¹), a una variabilidad significativa en el nivel de azúcar en sangre (diabetes), o al desarrollo de cataratas nucleares seniles, que daría lugar al desarrollo de una miopía de aparición adulta tardía⁷.

1.4. Repercusiones oculares de la miopía

Las repercusiones de la miopía pueden ir más allá de la disminución de agudeza visual en visión lejana. Esta ametropía, fundamentalmente en altas miopías y miopías degenerativas, puede llevar asociado un ligero riesgo de padecer determinadas patologías oculares del polo posterior.

Dentro de este grupo de patologías se encuentran los desprendimientos de retina, una patología grave que provoca una pérdida visual irreversible. Se estima que el 13% de los altos miopes ($> -6,00$ D) y el 10,5% de los pacientes con baja miopía ($-1,00$ D $< ES < -3,00$ D) sufren desprendimiento de retina ¹².

El desprendimiento de vítreo, que consiste en la separación espontánea entre la hialoides posterior, parte más posterior del humor vítreo, y la membrana limitante interna de la retina, debido a una licuefacción del humor vítreo. Su incidencia es del 12,5% en altos miopes, y del 60,7% en pacientes con una longitud axial superior a los 30mm ¹².

La neovascularización coroidea es otra patología grave que puede originar una pérdida visual central, consistente en la formación de nuevos vasos sanguíneos encargados de la irrigación de zonas coroideas que presentan isquemia. Estos neovasos son frágiles, por lo que pueden producir hemorragias internas, e incluso pueden atravesar la membrana de Bruchs y el epitelio pigmentario de la retina generando graves pérdidas visuales. Entre un 5,2% y un 11,3% de los pacientes que presentan miopía patológica, o alta miopía, pueden desarrollar una neovascularización coroidea ¹³.

Los agujeros maculares son pequeñas roturas de la retina en la zona macular. Estos agujeros pueden ser completos, llegando hasta el epitelio pigmentario de la retina y segmentando todas las capas de la misma. Afectan directamente a la visión central y sus síntomas son visión borrosa y distorsionada de los objetos. Se producen en el 14% de los altos miopes ¹⁴.

Además de las patologías descritas anteriormente, una alta miopía puede producir estafiloma posterior miópico, que consiste en una distensión de la esclera del globo ocular, generando un aumento del diámetro anteroposterior del ojo. Causan ceguera en el 35% de los pacientes que los padecen ¹⁵, y un 9% de los pacientes con esta patología acusan un desprendimiento de retina a nivel foveal sin agujero macular ¹⁶.

Otras manifestaciones frecuentes en los miopes son las manchas de Fuchs y la rotura de la membrana de Bruch. Las primeras, como su nombre indica, consiste en pequeñas manchas de un tono grisáceo-verdoso en torno al área macular y se asocian a la cicatrización de las membranas neovasculares subretinianas. Su prevalencia es del 3,2% en pacientes con alta miopía ¹⁷. La segunda manifestación citada ocurre debido a una hiperextensión del eje anteroposterior del globo ocular que ocurre en casos de miopía magna, de tal manera que la membrana de Bruch es propensa a su rotura al presentar una dureza y elasticidad bajas. Ocurre con poca frecuencia, 0,6% de los miopes magños ¹⁷, y su pronóstico visual dependerá de si existe afectación foveal o no.

1.5. Estudios sobre frenar la progresión de la miopía

Dentro de este contexto donde, además del elevado número de población miope, la miopía está aumentando considerablemente, se está trabajando para encontrar un método eficaz para frenar su progresión.

Actualmente una de las teorías que más protagonismo cobra es la miopización de la retina periférica, ya que los pacientes que son emétropes durante la infancia y mantienen esta condición durante su adolescencia y edad adulta presentan una refracción periférica ligeramente miópica (en torno a $-0,17$ y $-0,31$ D), mientras que los pacientes que desarrollan miopía presentan una refracción periférica más hipermetrope que el grupo que se mantuvo emétrope ¹⁸. Por lo tanto, todos los esfuerzos por frenar la progresión de la miopía se centran en corregir el error refractivo periférico, ya que la visión periférica puede influir en el desarrollo de la ametropía global del ojo ¹⁹.

Para ello se han llevado a cabo pruebas con diferentes métodos, recopilados en la Tabla 2.

Opciones de tratamiento para el control de la miopía	
Tratamiento farmacológico	Atropina
	Pirenzepina
Tratamiento mediante lente oftálmica	Miopización (fogging)
Tratamiento mediante lente de contacto	Ortokeratología nocturna
	Lente de contacto hidrofílica con aberración esférica positiva
	Lente de contacto hidrofílica multifocal (adición en periferia)

Tabla 2. Opciones de tratamiento para el control de la miopía.

• Atropina

Este fármaco, perteneciente a la familia de los antagonistas muscarínicos no selectivos, administrado de forma tópica a través de la vía oftálmica, inhibe temporalmente la acción del receptor muscarínico, que en este caso se trata del músculo ciliar y el iris, provocando la relajación de la acomodación y midriasis.

Diversos estudios han puesto en práctica la instilación diaria de este medicamento para frenar el avance de la miopía en jóvenes y niños, donde se ha demostrado una diferencia, tras dos años de tratamiento, de -0,92 D entre la población tratada con atropina y la población tratada con placebo ²⁰. Otros investigadores han intentado determinar la concentración de atropina necesaria para actuar contra la progresión de la miopía ²¹, ya que su instilación diaria puede causar efectos secundarios indeseados.

• Pirenzepina

Al igual que la atropina, la pirenzepina es un fármaco anticolinérgico antagonista de los receptores muscarínicos M-1, inhibiendo por tanto la acomodación y produciendo midriasis.

Un estudio realizado con escandénitas (pequeños mamíferos placentarios, popularmente conocidos como musarañas) demostró reducción de la miopía inducida en estos mamíferos mediante la inyección subcutánea de la pirenzepina a una concentración del 10% ²². Otro estudio realizado esta vez con niños entre 6 y 12 años, aplicó pirenzepina al 2% en forma de gel a dichos pacientes durante un año, demostrando un incremento medio de -0,47 D en la población donde se aplicó pirenzepina dos veces al día, mientras que se produjo un incremento de la miopía en -0,70 D de media si la aplicación del medicamento se realizaba una única vez por día ²³.

• Miopización en lente oftálmica (fogging)

De manera similar a los estudios de la miopización periférica ^(18, 19), y anteriormente a la aparición de lentes multifocales, era habitual que los optometristas hipocorrigiesen a los pacientes miopes para conseguir una reducción en la progresión de la miopía.

En 1999 se demostró mediante un estudio realizado en monos tití, donde se les colocaba lentes de diferentes potencias entre las semanas 4 y 8 de vida, que se producía un crecimiento del globo ocular mayor y más rápido en los sujetos que portaban las lentes de -4,00 y -8,00 D. Esta diferencia del aumento axial del ojo fue de $0,21 \pm 0,03$ mm ²⁴.

- **Ortokeratología nocturna**

Consiste en una técnica clínica para la eliminación temporal y reversible de la miopía mediante el porte de una lente de contacto de geometría inversa. Inicialmente su porte era diurno, pero actualmente gracias a los nuevos materiales con gran permeabilidad al oxígeno, es posible el porte de este tipo de lentes durante las horas de sueño.

Su diseño de geometría inversa provoca un moldeado corneal mediante el cual se puede corregir hasta un total de 4,00 D para el caso de la miopía. Se ha demostrado que este moldeado consiste en un adelgazamiento y engrosamiento en distintas zonas del epitelio corneal, manteniendo el estroma su habitual espesor, y generando de este modo una corrección refractiva²⁵.

Un estudio llevado a cabo en España, cuya duración fue de 24 meses y donde se evaluó los cambios en la longitud axial de un grupo de jóvenes con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años, todos ellos miopes, llegó a la conclusión de que los pacientes que portaban lentes oftálmicas monofocales para la corrección de sus defectos experimentaban un crecimiento axial del globo ocular de 0,69 mm de media, mientras que en los pacientes que usaron la ortokeratología nocturna este crecimiento axial fue de 0,47 mm de media²⁶.

- **Lente de contacto hidrofílica con aberración esférica positiva**

Esta innovadora técnica para el control de la miopía consiste en la adaptación de lentes de contacto hidrofílicas con una cierta aberración esférica positiva, característica que las diferencia de las lentes de contacto hidrofílicas convencionales donde se pretende corregir todo tipo de aberración existente que pueda afectar a la calidad visual del paciente. Existen pocos estudios al respecto, pero mediante esta técnica se ofrece un menor crecimiento axial del ojo en un periodo de porte de 6 meses²⁷.

- **Lente de contacto hidrofílica multifocal**

La geometría más empleada para el control de la miopía se corresponde con una zona central que corrige la ametropía del paciente, tanto el error refractivo como el astigmático si fuera necesario, donde además es posible ajustar el diámetro de la zona óptica en dependencia de los diámetros pupilares del paciente según condiciones fotópicas, escotópicas u otros factores. La adición, situada en periferia, puede ser tanto de manera bifocal como progresiva.

Las lentes de contacto progresivas son las más empleadas en la actualidad, con adiciones que generalmente son de +2,00 D. Un estudio realizado con un tipo de lentes de contacto similar a las descritas demostró una reducción del 34% en la progresión de la miopía tras un año de porte²⁸.

Los beneficios de este tipo de lentes de contacto residen en su fácil adaptación a los pacientes, incluso en edades tempranas donde la colaboración es escasa, así como una mayor higiene al ser desechadas tras un periodo corto de uso.

2.OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Centrando nuestro mayor interés en los estudios realizados para el control de la miopía, y más concretamente mediante el uso de lentes hidrofílicas multifocales, nuestro propósito será la medición de forma objetiva de la refracción en campo periférico que proporciona la adaptación de dichas lentes.

Será preciso para ello conocer la refracción periférica que presentan los ojos de los pacientes y la que proporciona una adaptación de lente hidrofílica monofocal, para conocer de manera cuantitativa la miopización en periferia que provocan las lentes hidrofílicas multifocales destinadas al control de la miopía.

La hipótesis, por lo tanto, es que las lentes destinadas al control de la miopía a través de una adición en periferia generan una miopización de la refracción de campo periférico sin alterar la visión central.

3.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Material principal

Para la realización del estudio se empleó el siguiente instrumento como principal material de trabajo:

- Un autorrefractómetro de campo abierto *Binocular Accomodation Auto Refractometer/Keratometer WAM-5500* (Grand Seiko Co., Ltd, Fukuyama, Japón) (Figura 2). Se ha demostrado que este instrumento reproduce medidas válidas para el cálculo de la refracción ²⁹.



Figura 2. *Binocular Accomodation Auto Refractometer/Keratometer WAM-5500 (Grand Seiko Co., Ltd, Fukuyama, Japón).*

Este instrumento es un autorrefractómetro de campo abierto, que permite una visión de los estímulos de fijación en condiciones naturales, eliminando el efecto de miopía instrumental. A su vez permite la medición de la refracción en pacientes con lentes de contacto, lentes oftálmicas y lentes intraoculares.

El aparato proyecta luz infrarroja de longitudes de onda comprendidas entre los 800 y 900 nm, preservando la luz visible (entre 380 y 700 nm) para el test de fijación, de modo que se evita la acomodación al no variar el estímulo su posición ni iluminación. El optómetro de Badal que incorpora, a través de un sistema de lentes, se encarga de focalizar la imagen reflejada desde la retina hasta conseguir su nitidez ³⁰. Las características técnicas del instrumento se detallan en la Tabla 3 ³¹.

Medida refracción	Esfera: $\pm 22D$ (pasos de ,01/,02/,25D) Cilindro: $\pm 10D$ (pasos de ,01/,02/,25D) Eje: 0-180° (pasos 1°)	Potencia	100-240V 50/60Hz 80VA
Mínimo diámetro pupilar	2,3 mm	Monitor	5,6'' LCD
Modo de visualización	Binocular de campo abierto	Estímulo de fijación	Ninguno, a elegir por el examinador
Rango movimiento mentonera	Adelante/Atrás: ± 17 mm Derecha/Izquierda: ± 43 mm Arriba/Abajo: ± 15 mm	Movimiento mentonera	Manual

Tabla 3: Características técnicas Binocular Accomodation Auto Refractometer/Keratometer WAM-5500 (Grand Seiko Co., Ltd, Fukuyama, Japón).

3.1.2. Materiales adicionales

Además del autorrefractómetro se emplearon otros materiales e instrumentos que permitieron el correcto desarrollo y análisis de todos los datos necesarios para el estudio:

- Topógrafos corneales *Keratron* (Optikon 2000 SpA, Roma, Italia) (Figura 3) y *Galilei G2 Dual Scheimpflug Analyzer* (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Suiza) (Figura 4). Según diferentes estudios, ambos instrumentos proporcionan valores óptimos de repetibilidad y reproducibilidad de los valores topográficos corneales^{32, 33}.



Figura 3. Topógrafo corneal Keratron.
(Optikon 2000 SpA, Roma, Italia)



Figura 4. Topógrafo corneal Galilei G2.
(Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Suiza)

- Una barra metálica (Figura 5) con libertad de movimiento en dirección horizontal, donde se colocaron los objetos de fijación: estímulos visuales no acomodativos.

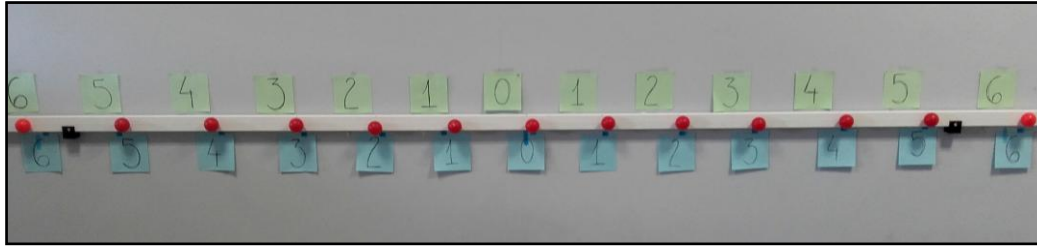


Figura 5. Barra metálica con estímulos visuales.

- Lentes de contacto hidrofílicas, proporcionadas por el fabricante TIEDRA®.

La Tabla 4 muestra las características técnicas de las lentes de contacto empleadas en el estudio.

Diseño	Adición	Curva base (mm)	Ø zona óptica (mm)	Material	Nombre comercial	Fabricante
Monofocal	-	Personalizable	14,00	Enfilcon-A al 54% ³⁴	Horizont®	Tiedra
Asférico	En periferia	Personalizable	14,00	Hioxifilcon-B al 50 % ³⁴	Esencia®	Tiedra

Tabla 4. Características técnicas lentes de contacto empleadas para el estudio.

3.2. Métodos

3.2.1. Montaje

La evaluación de la refracción objetiva de campo periférico se realizó con el autorrefractómetro WAM-5500. A una distancia de 228 cm se colocó una barra metálica con libertad de movimiento en dirección horizontal (Figura 5), donde se colocaron los objetos de fijación, estímulos no acomodativos.

Estos objetos fueron colocados de manera que cubrían 60 grados del campo visual del paciente, 30 grados de la zona visual temporal y 30 grados de la zona visual nasal, en pasos de 5 grados, con un objeto de fijación central (0 grados). El cálculo de la distancia entre los diferentes objetos de fijación se calculó a partir de la distancia disponible en el gabinete y de los grados de separación entre los mismos (Figura 6).

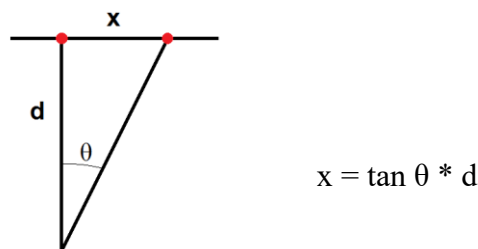


Figura 6. Cálculo distancia entre los objetos de fijación.

La evaluación de los dos ojos requería una modificación en el montaje. La posición del objeto central de 0 grados (objeto de fijación alineado con el ojo examinado del paciente) depende del ojo evaluado por lo que se debía realizar un desplazamiento de 62 mm de la barra donde situamos los estímulos, correspondiente a la distancia interpupilar media^{35, 36}.

La Figura 7 muestra el montaje experimental completo.



Figura 7. Montaje experimental completo.

3.2.2. Selección de los pacientes

Para la realización del estudio se solicitó la participación de 20 pacientes jóvenes adultos (de los cuales 15 fueron mujeres y 5 varones) con edades comprendidas entre los 18 y los 29 años ($21,16 \pm 2,79$ años).

Los requisitos para la participación de los mismos fueron:

- La condición de ser emétopes, o de alcanzar una AV de 1,0 de forma monocular sin la utilización de corrección óptica,
- No haber sufrido ninguna intervención quirúrgica y/o patología que haya podido alterar la geometría corneal o la transparencia de los medios ópticos.

3.2.3. Adaptación lentes de contacto

El estudio realizado fue de doble ciego. La casa de lentes de contacto que proporcionó las lentes de contacto (Tabla 4) las envió separadas en dos grupos (tipo A y tipo B) sin identificar qué diseño tenía cada uno de los grupos. En ningún momento se supo con qué lente se trabajaba.

Cada paciente fue evaluado tanto sin lente de contacto como con los tipos de lentes A y B.

Para garantizar una correcta adaptación de las lentes de contacto se llevó a cabo una topografía corneal a cada paciente para conocer los radios queratométricos y se siguió la regla de adaptación descrita por el fabricante (Tabla 5).

Tipo lente	Curva Base
Tipo A	K + 0,50 mm
Tipo B	K + 0,50 mm

Tabla 5. Regla adaptación para las lentes de contacto empleadas en el estudio³⁴.

3.2.4. Procedimiento de las medidas

Para cada una de las situaciones analizadas (sin lente, lente A y lente B) se realizaron tres medidas en cada una de las trece posiciones (seis temporal, seis nasal y central) para ambos ojos.

En todas las mediciones tomadas se ocluyó el ojo no examinado, y se les colocó para que mantuviesen la cabeza en una posición fija, como se observa en la Figura 8, de modo que era sólo el ojo quien rotaba para localizar los objetos de fijación correspondientes para cada posición oblicua de mirada.

En la realización de las medidas se ignoraron las miras del autorrefractómetro, proyectadas sobre la córnea, y se tomaron en todo momento en el centro pupilar, incluso cuando la pupila adquiría una forma ovalada debido a la perspectiva que tiene el examinador del ojo cuando el paciente realiza la fijación en los estímulos de visión excéntrica, como muestra la Figura 8. Fue en estos en los que se requería el enfoque de uno de los bordes pupilares a la hora de la medición, ya que no resulta posible el enfoque del total de la pupila. Si el aparato no era capaz de realizar la medición, se anotó “error”.

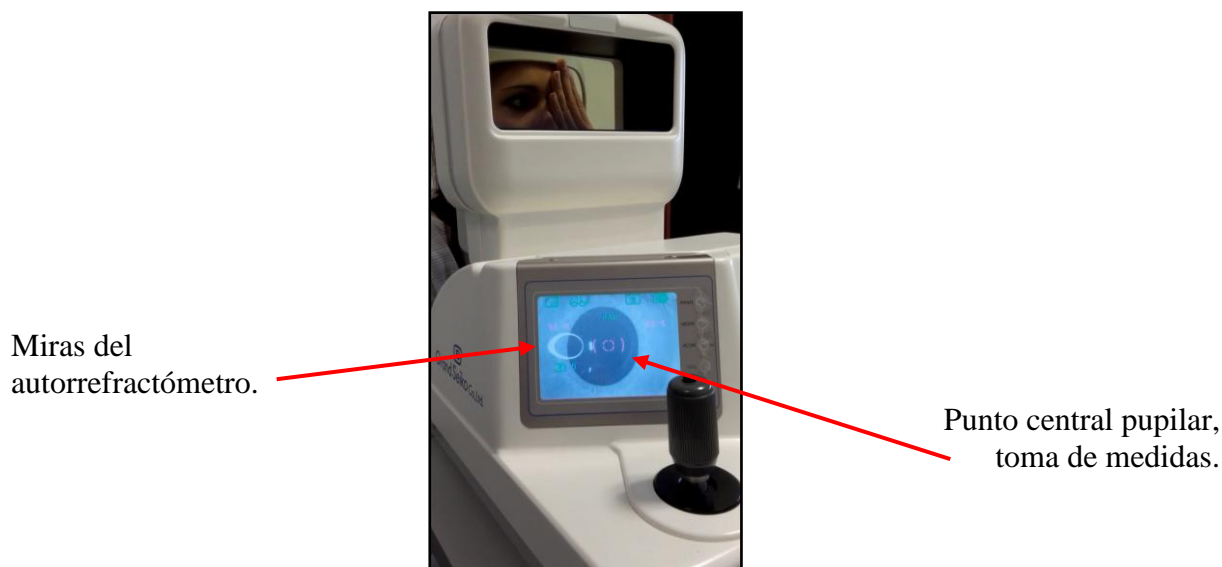


Figura 8. Toma de medidas con ayuda del autorrefractómetro.

3.3. Análisis de los datos

Los datos obtenidos con el autorrefractómetro fueron recopilados en Excel como esfera (S), cilindro (C) y orientación del eje del cilindro (alfa) según el ojo examinado y transformados a notación vectorial M , J_0 y J_{45} mediante las siguientes ecuaciones ³⁷, donde alfa debe operarse en forma de radianes, y no en grados sexagesimales como lo proporciona el autorrefractómetro:

$$M = S + C/2$$

$$J_0 = -C/2 * \cos[2*(\text{alfa}*\pi/180)]$$

$$J_{45} = -C/2 * \text{sen}[2*(\text{alfa}*\pi/180)]$$

Dado que sobre cada paciente se realizaron tres medidas de la refracción periférica en cada objeto de fijación, posteriormente se calculó la media y la desviación estándar (DS) de los valores de cada componente vectorial de la refracción obtenidos con las tres medidas, con el software Matlab.

Se realizó además un filtrado de datos para comprobar si había datos erróneos y se llevó a cabo un análisis estadístico, para comprobar si las diferencias de refracción periférica obtenidos entre las diferentes situaciones (sin lente, lente A y lente B) eran estadísticamente significativas mediante un test de contraste t de Student para muestras normales emparejadas. El nivel de significación elegido para este estudio fue 0.05.

4. RESULTADOS

En las Figuras 10 a 12 se muestran los valores medios de todos los pacientes analizados para cada uno de los componentes de la refracción (M , J_0 , J_{45}), para cada grado de visión excéntrica y para cada ojo.

Por un lado, en el eje abscisas se sitúan los grados de visión excéntrica en dirección horizontal, perteneciendo los valores negativos al campo visual temporal y los valores positivos al campo visual nasal. Por otro lado, el eje de ordenadas viene representada la refracción obtenida en dioptrías en pasos de 0,50 D. Cada valor de refracción analizado, tanto M (Figura 10), J_0 (Figura 11) o J_{45} (Figura 12), viene acompañado de una barra de error que representa la desviación estándar para la muestra ($\pm DS$).

En la Figura 13 se muestra la diferencia de la media de refracción de la componente M para cada posición de mirada excéntrica. Se ha realizado la diferencia entre las medias tomadas con la lente de contacto A y sin la adaptación de LC, la diferencia entre la lente de contacto B y sin LC, y finalmente la diferencia entre la lente de contacto A y B. De este modo se observa la variación de la refracción (en dioptrías) que realiza cada lente de contacto sobre el ojo del paciente sin la adaptación, lo que puede entenderse como una sobre-refracción teórica, y la variación de la refracción que se produce entre la adaptación de la lente A y B. Nuevamente en el eje abscisas se sitúan los grados de visión excéntrica en dirección horizontal, perteneciendo los valores negativos al campo visual temporal y los valores positivos al campo visual nasal, y el eje de ordenadas viene representada la refracción obtenida en dioptrías en pasos de 0,50 D.

Respecto a los resultados de los test de contraste estadístico, las Tablas 6 y 7 muestran los resultados de los test de contraste (t de Student para muestras normales emparejadas) para cuantificar la significancia estadística entre los valores de refracción periférica obtenidos comparando las tres situaciones analizadas (sin lente de contacto, con lente A y con lente B). Aunque antes de conocer si se puede desarrollar dicho test de contraste es preciso saber si las muestras de datos recogidos siguen una distribución normal, ya que el test de contraste t de Student se trata de un test paramétrico. Para ello se comprobó la distribución normal de los datos obtenidos mediante la prueba de Shapiro-Wilk³⁸ con el programa R Commander, dando todas ellas valores de $p > 0,05$ por lo que no se puede rechazar que la distribución sea normal. Nuevamente para los grados de visión excéntrica los valores positivos se corresponden con el campo visual nasal y los valores negativos con el campo visual temporal.

Cabe resaltar la exclusión de un paciente del estudio, una vez realizadas tanto la adaptación de las lentes de contacto como las medidas pertinentes, debido a una incorrecta adaptación de las lentes de contacto que arrojó datos erróneos sobre el estudio, al presentar radios corneales menores a la media. Este hecho provocó una gran inestabilidad de la lente de contacto sobre la córnea, sobre todo en posiciones alejadas de la posición primaria de mirada. Se revisaron las topografías realizadas, descartando finalmente la existencia de cualquier patología sobre el paciente.

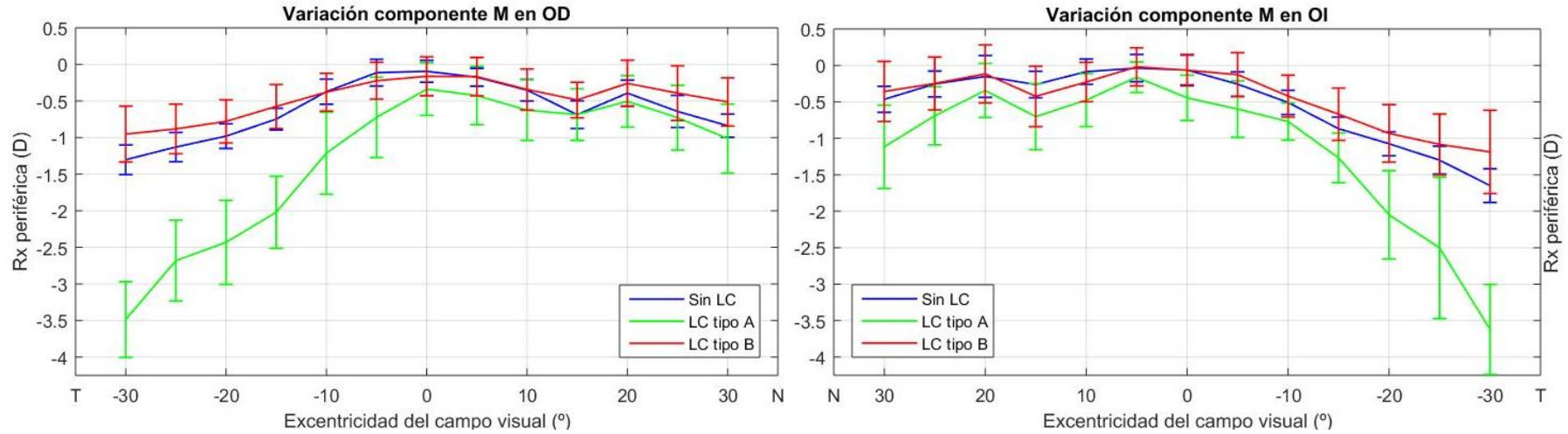


Figura 10. Variación de la refracción periférica relativa según la excentricidad del campo visual en dirección horizontal, en cuanto a la esfera equivalente (M), para el ojo derecho e izquierdo de los pacientes sin lente de contacto (línea azul), con el porte de la lente A (línea verde) y el porte de la lente B (línea roja).

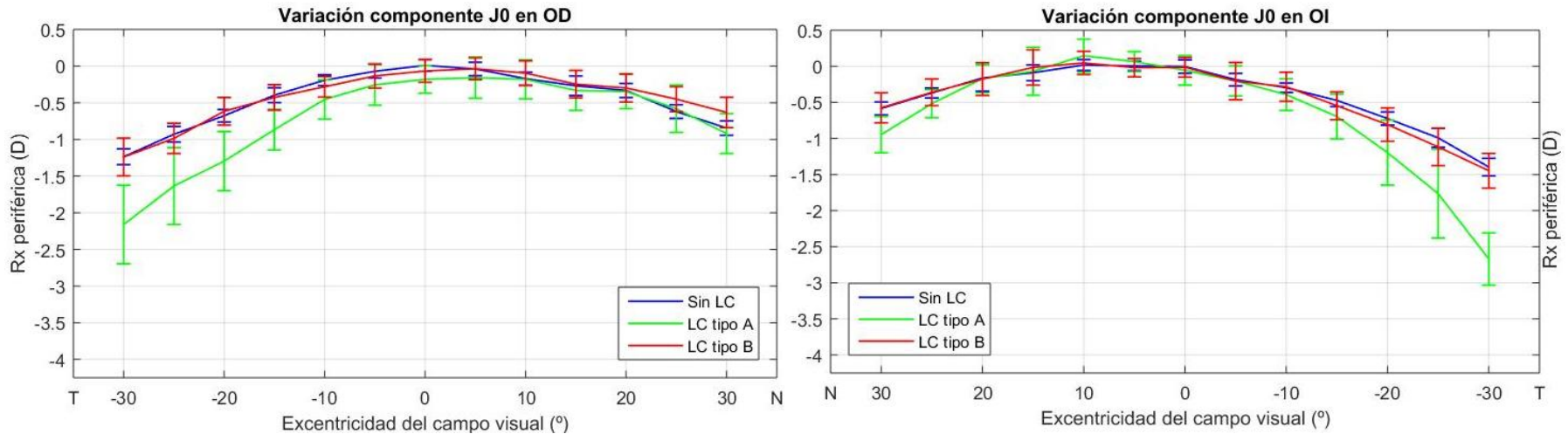


Figura 11. Variación de la refracción periférica relativa según la excentricidad del campo visual en dirección horizontal, en cuanto a la componente horizontal del astigmatismo (J_0) para el ojo derecho e izquierdo de los pacientes sin lente de contacto (línea azul), con el porte de la lente A (línea verde) y el porte de la lente B (línea roja).

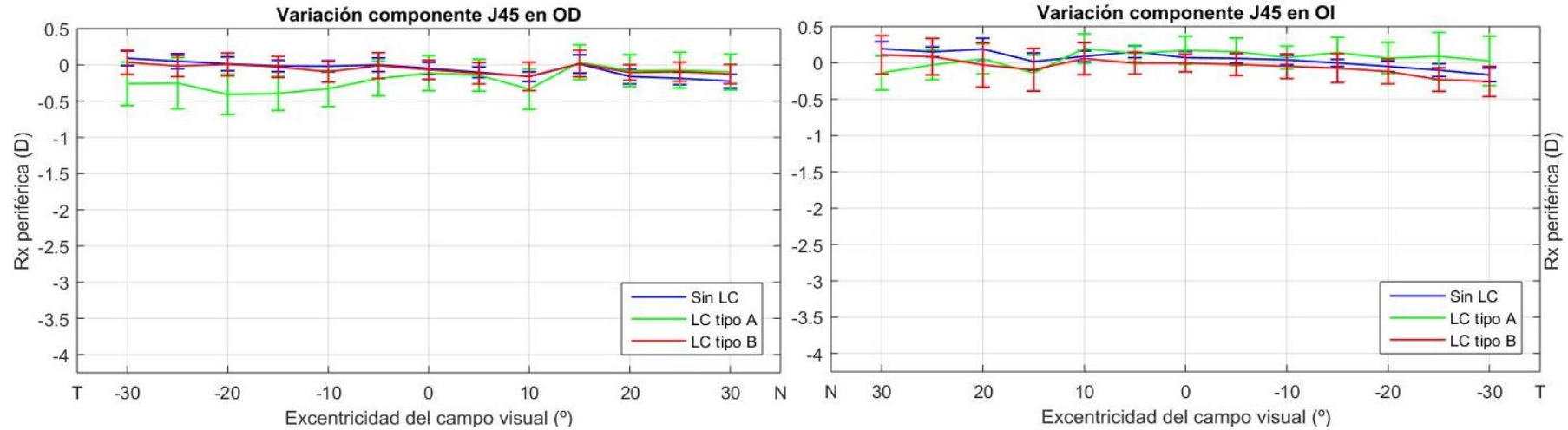


Figura 12. Variación de la refracción periférica relativa según la excentricidad del campo visual en dirección horizontal, en cuanto a la componente oblicua del astigmatismo (J_{45}) para el ojo derecho e izquierdo de los pacientes sin lente de contacto (línea azul), con el porte de la lente A (línea verde) y el porte de la lente B (línea roja).

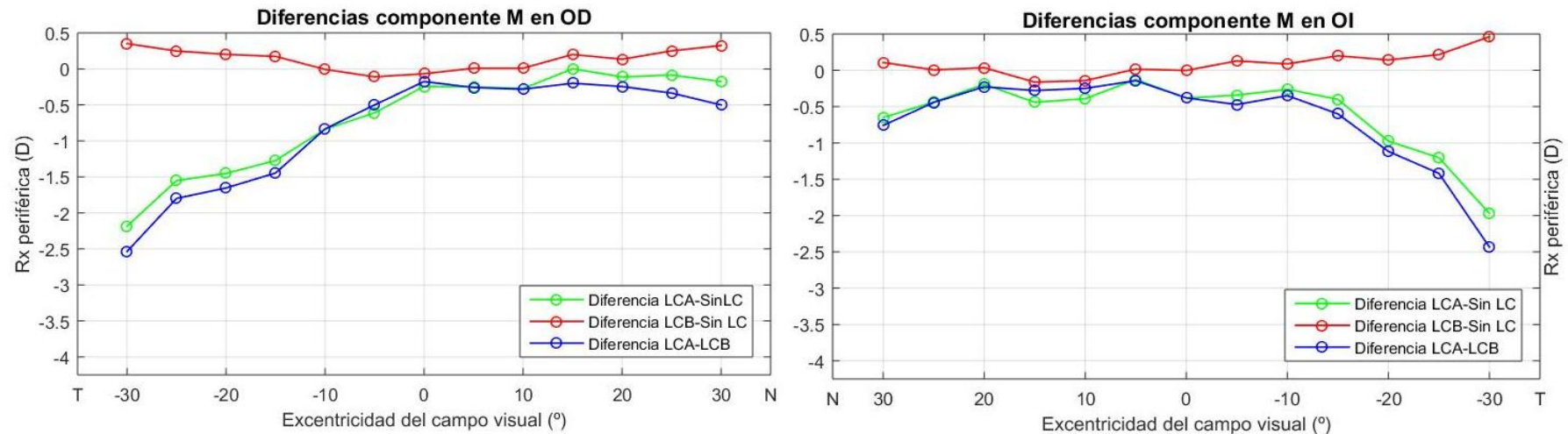


Figura 13. Diferencia entre la componente M en las diferentes condiciones para el ojo derecho de los pacientes, según la excentricidad del campo visual en dirección horizontal.

OD									
+30°	M			J ₀			J ₄₅		
	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-0,84D	-1,01D	0,43	-0,85D	-0,92D	0,81	-0,23D	-0,10D	0,18
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-0,84D	-0,51D	0,09	-0,85D	-0,63D	0,11	-0,23D	-0,13D	0,14
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-0,51D	-1,01D	0,01	-0,63D	-0,92D	0,11	-0,13D	-0,10D	0,83
0°	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-0,09D	-0,34D	0,18	0,01D	-0,18D	0,02	-0,05D	-0,11D	0,08
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-0,09D	-0,16D	0,49	0,01D	-0,07D	0,04	-0,05D	-0,07D	0,55
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-0,16D	-0,34D	0,19	-0,07D	-0,18D	0,11	-0,07D	-0,11D	0,27
-30°	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-1,30D	-3,49D	2,32*10 ⁻¹⁰	-1,24D	-2,16D	3,97*10 ⁻⁵	0,09D	-0,26D	3,69 * 10 ⁻⁴
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-1,30D	-0,95D	0,07	-1,24D	-1,24D	0,97	0,09D	0,03D	0,33
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-0,95D	-3,49D	6,75*10 ⁻¹¹	-2,16D	-1,24D	3,65*10 ⁻⁵	0,03D	-0,26D	0,04

Tabla 6. Resultados test de contraste estadístico (t de Student) realizado sobre la media de las mediciones del ojo derecho de los pacientes en las diferentes condiciones y posiciones de mirada para M, J₀ y J₄₅.

OI									
+30°	M			J ₀			J ₄₅		
	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-0,46D	-1,12D	2,66*10 ⁻⁴	-0,58D	-0,95D	5,77*10 ⁻⁴	0,19D	-0,14D	8,87*10 ⁻⁴
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-0,46D	-0,36D	0,28	-0,58D	-0,58D	0,89	0,19D	0,11D	0,31
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-0,36D	-1,12D	4,92*10 ⁻⁴	-0,58D	-0,95D	3,81*10 ⁻⁴	0,11D	-0,14D	0,24
0°	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-0,06D	-0,45D	3,64*10 ⁻³	0,00D	-0,06D	0,51	0,07D	0,17D	0,02
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-0,06D	-0,07D	0,98	0,00D	-0,01D	0,81	0,07D	0,00D	0,18
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-0,07D	-0,45D	7,89*10 ⁻⁴	-0,01D	-0,06D	0,54	0,00D	0,17D	4,15*10 ⁻³
-30°	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor	Sin LC	LC A	p-valor
	-1,65D	-3,62D	2,32*10 ⁻¹⁰	-1,40D	-2,67D	1,34*10 ⁻¹⁰	-0,17D	0,03D	0,07
	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor	Sin LC	LC B	p-valor
	-1,65D	-1,19D	0,02	-1,40D	-1,45D	0,67	-0,17D	-0,26D	0,17
	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor	LC B	LC A	p-valor
	-1,19D	-3,62D	7,54*10 ⁻⁷	-1,45D	-2,67D	7,15*10 ⁻⁸	-0,26D	0,03D	0,04

Tabla 7. Resultados test de contraste estadístico (t de Student) realizado sobre la media de las mediciones del ojo izquierdo de los pacientes en las diferentes condiciones y posiciones de mirada para M, J₀ y J₄₅.

5.DISCUSIÓN

Este apartado pretende contrastar y justificar los resultados obtenidos en el estudio. Para ello se ha dividido en dos secciones. La primera parte trata sobre los resultados obtenidos, y la segunda sobre los métodos y pacientes empleados, comparando tanto los resultados como los métodos con otras investigaciones de carácter similar.

5.1. Discusión sobre los resultados obtenidos

En primer lugar, la variación de la componente M, correspondiente con el equivalente esférico, tanto para el ojo derecho como izquierdo de los pacientes (Figura 10) muestra una diferencia significativa en la refracción de campo periférico entre las lentes y el ojo del paciente, siguiendo la lente B una trayectoria casi idéntica a las medidas realizadas con el ojo sin ningún tipo de adaptación. A excepción de una ligera hipermetropización de +0,50 D aproximadamente en posición temporal de ambos ojos, empezando dicha variación desde los 5 grados temporales de medida, y una hipermetropización de igual magnitud para la zona nasal del ojo derecho y que comienza a los 10 grados nasales. Sin embargo, la lente de contacto A produce una miopización pronunciada tanto en posición nasal como temporal para ambos ojos, llegando a miopizar más de -0,50 D en posición nasal y casi -3,50 D en posición temporal. Es preciso resaltar que dicha miopización de la lente A no solo se establece en posiciones excéntricas de la mirada, sino que también existe una miopización de -0,25 D aproximadamente en la posición central de la mirada (0 grados de excentricidad de la mirada), hecho que no ocurre con la adaptación de la lente B. Este efecto puede deberse a que el autorrefractómetro empleado, el *WAM-5500 Grand Seiko*, emplea un haz de luz infrarroja de 2,3 mm de diámetro para medir el estado refractivo del ojo ³⁹, y ante un mínimo descentrado de la lente dicho haz puede captar la parte de la lente de contacto destinada a la adición periférica, proporcionando medidas más miopes en el punto central de visión. Las barras de error obtenidas en los resultados muestran que ha existido una mayor variabilidad en los resultados medidos en posiciones excéntricas del campo visual, ya que dichas barras de error aumentan su tamaño conforme se aumenta el grado de visión excéntrica, ocurriendo de una forma más notable en la dirección temporal y sobre la adaptación de la lente de contacto A.

Observando las gráficas correspondientes a la componente M de la refracción, la lente A provoca una refracción periférica asimétrica para los campos visuales nasal y temporal, siendo mayor el efecto provocado sobre el campo visual temporal. Este efecto puede deberse al descentramiento de la lente, ya que el centrado de la misma depende del ápex corneal, punto que corresponde con la mayor curvatura de la córnea y que según estudios se sitúa en una posición temporal en el 62,4 % de los pacientes ⁴⁰. Por lo tanto, al estar la lente desplazada en posición temporal y localizar los estímulos del campo visual nasal, el autorrefractómetro proyectará el haz de luz infrarroja sobre la zona libre de adición periférica, mientras que al observar los estímulos visuales temporales el autorrefractómetro se topará con la adición periférica de la zona nasal. Es este desplazamiento de la lente hacia el ápex corneal el que explica la miopización en posición primaria de mirada (0 grados de excentricidad visual) ya citada.

En segundo lugar, la variación de la componente J0 (mostrada en la Figura 11) correspondiente con el astigmatismo recto, muestra una trayectoria de los datos tomados sin adaptación de lente de contacto y con la lente B casi idéntica para ambos ojos de los pacientes, a excepción del ojo derecho donde se produce una ligera hipermetropización menor a +0,25 D que surge desde los 10 grados de visión excéntrica en dirección nasal. La curva trazada por los datos recopilados en la adaptación de la lente A difiere a las trayectorias trazadas por las demás condiciones, esto se traduce en que la lente A aumenta el astigmatismo recto en visión excéntrica de la mirada, alcanzando su máxima miopización en los 30 grados temporales donde llega a miopizar -1,00 D en ambos ojos. Las barras de error muestran que las medidas realizadas sin lente de contacto y con la lente B han sufrido poca variabilidad, no ocurre lo mismo para la adaptación de la lente A donde las barras de error aumentan en visión excéntrica de la

mirada y especialmente en dirección temporal, hecho que significa una diferencia mayor en los datos obtenidos en dichas medidas.

En tercer lugar, la variación de la componente J45 correspondiente a la componente oblicua del astigmatismo (representada en la Figura 12) no muestra ningún cambio significativo en la refracción de campo periférico para ninguna de las tres condiciones medida, siendo esperable este suceso debido a que la dirección en la que fue evaluada la visión excéntrica fue horizontal, no teniendo por qué variar de este modo la componente oblicua del astigmatismo para ninguna de las condiciones evaluadas. En este caso, las barras de error mantienen su tamaño en todas las posiciones de mirada excéntrica y para cualquiera de las tres condiciones de medida, lo que demuestra junto a la gráfica de valores que apenas existe variación de la componente del astigmatismo oblicuo en posición excéntrica de la mirada en dirección horizontal.

Los datos presentados en la Figura 13 corresponden a la diferencia de refracción obtenida sin la adaptación de ningún tipo de lente, con las adaptaciones de la lente A y B respectivamente, que puede traducirse como una sobre-refracción teórica, y la diferencia de refracción entre las adaptaciones de los dos tipos de lentes de contacto. Por lo tanto esta gráfica muestra como la lente B no produce una variación significativa de la refracción de los pacientes, incluso llegando a producir una ligera hipermetropización (menor de +0,50 D) en las zonas nasal y temporal de la visión. Este efecto sería lo contrario a lo que buscan los diferentes estudios para el control de la miopía basados en la miopización de la retina periférica manteniendo la ametropía a nivel foveal, como se expuso en la Tabla 2. La miopización de la lente A sobre el ojo sin lente se muestra evidente en las respectivas gráficas tanto del ojo derecho como del izquierdo, llegando a producir una miopización de -2,00 D en la zona temporal. Como se citó anteriormente, la zona nasal no sufre un grado tan significativo de miopización, y en la zona central de la visión no se respeta la condición de ametropía, llegando a miopizar -0,25 D en el ojo derecho y -0,50 D en el izquierdo. La trayectoria del gráfico seguida por la diferencia de refracción entre la lente de contacto B y la lente de contacto A es un tanto mayor a la establecida por la lente A sobre el ojo sin adaptación porque, como se ha citado con anterioridad, la lente B produce una ligera hipermetropización sobre ambos ojos de los pacientes, por lo que la diferencia entre las graduaciones de las dos adaptaciones es más grande.

En este estudio se ha optado por medir y analizar la visión excéntrica comprendida entre los 10 y los 15 grados nasales, correspondientes a la posición del nervio óptico, a diferencia de otros estudios de similares características donde se decide prescindir de estos datos y no son analizados ⁴¹. A causa de la variabilidad de la posición del disco óptico entre los diferentes pacientes, genera que siempre existan medidas de la refracción del campo periférico para los grados de visión donde se sitúa el punto ciego, y por lo tanto pueda ser analizado perfectamente. Sin embargo se aprecian resultados que no corresponden con el resto de datos tomados debido posiblemente a la ya citada variabilidad de la posición del nervio óptico y su tamaño. Es preciso recordar que un impacto del haz de luz infrarroja del autorrefractómetro sobre el nervio óptico no producirá respuesta.

Tras la visualización de estos datos, se aprecia claramente como siguen un patrón similar al hallado por un estudio piloto realizado sobre 5 pacientes en los que se evaluó la refracción de campo periférico con la adaptación del mismo tipo de lentes de contacto ⁴². En dicho trabajo también se determina una refracción de campo periférico miopizada por el efecto de una determinada lente de contacto mientras que la otra lente de contacto empleada no produce una diferencia de la refracción periférica significativa. También se aprecia la diferencia en la refracción periférica entre el campo nasal y temporal (mayor miopización en el campo visual temporal) de la lente diseñada para alterar la refracción de campo periférico.

En el análisis de contraste estadístico, el cual considera que las muestras son iguales, si se obtiene un nivel de significación menor a 0,05 (calculado con el test t de Student) las diferencias son estadísticamente significativas, por lo que se rechaza la hipótesis de que las muestras son iguales. Destacan los resultados obtenidos entre los datos de la componente M para la adaptación de la lente A y B en los 30 grados nasales del ojo derecho, donde el test de contraste afirma que las muestras son diferentes, es decir, que miopizan de forma diferente. A su vez se obtiene la misma conclusión para las muestras entre la adaptación de la lente A y las medidas sin lente, y la adaptación de la lente A frente a

la B, para 30 grados nasales del ojo derecho. Lo que significa que la lente A proporciona una refracción en ese grado de visión excéntrica diferente a los proporcionados por el ojo desnudo y con la adaptación de la lente B, ya que según el test de contraste, entre los datos de la lente B y el ojo sin adaptación no existen diferencias significativas. Lo mismo ocurre dentro del ojo derecho en la componente J_0 de la refracción, aunque en este caso se establece que la adaptación de la lente A en posición primaria de mirada (0 grados) proporciona datos diferentes tanto al ojo sin adaptación como a la adaptación de la lente B, y se debe a la ligera miopización que produce de unas -0,25 dioptrías anteriormente citada.

Por otro lado, el análisis estadístico realizado en el ojo izquierdo de los pacientes arroja datos muy similares a los obtenidos para el ojo derecho. La adaptación de la lente A proporciona datos diferentes al resto de adaptaciones, o condiciones, para los 30 grados nasales y temporales tanto de la componente M de la refracción, como de la componente J_0 . Su explicación reside en la miopización de la refracción de campo periférico que la lente A efectúa. Sin embargo, el hecho de que existan diferencias estadísticamente significativas entre los datos de la adaptación de la lente A en posición primaria de mirada vuelve a demostrar que también en el ojo izquierdo de los pacientes produce una ligera miopización, notable en la componente M de la refracción.

5.2. Discusión acerca de los métodos y pacientes empleados en el estudio

Otros estudios encargados de la evaluación de la refracción periférica se han realizado con el movimiento de la cabeza del paciente para la fijación de los estímulos visuales periféricos, sin embargo en este estudio se optó por mantener la cabeza fija y bien acomodada en la mentonera del autorrefractómetro en todo momento y en mover el ojo hasta dirigir la mirada al objeto de fijación, ocluyendo el ojo contralateral no evaluado. En realidad no hay grandes diferencias en la refracción de campo periférico si decidimos mover el ojo únicamente o la cabeza manteniendo el ojo en posición primaria de mirada, según muestra el estudio realizado por *Radhakrishnan et al.*⁴³. Sin embargo se ha preferido hacerlo de esta manera (cabeza fija y ojo localiza estímulo de fijación) para asegurar que el ojo rota los grados que queremos evaluar, ya que de la otra forma se puede mover la cabeza y también rotar ligeramente el ojo, obteniendo una medición de la refracción de campo periférico a unos grados erróneos.

La toma de medidas se realizó en el centro pupilar, independientemente de los grados de rotación del ojo, debido a que el autorrefractómetro proyecta en todo momento las miras (y el haz infrarrojo) en la supuesta dirección de la línea de mirada considerando que el estímulo visual se sitúa en la posición primaria de mirada. Como en este caso los objetos de fijación se situaban en el campo visual periférico, se obvió la imagen de las miras del autorrefractómetro proyectadas sobre la córnea, que gracias a la película lagrimal se comporta como un espejo convexo, y se realizaron las medidas sobre el centro pupilar, como se muestra en la Figura 8.

La adaptación de este tipo de lentillas está indicada en pacientes jóvenes con miopía en progresión, mientras que este estudio se ha realizado sobre pacientes jóvenes adultos emétropes. Sin embargo se ha demostrado que la morfología de la superficie corneal no varía en exceso entre sujetos jóvenes y adultos. Se aprecia un cambio en el astigmatismo, que pasa a ser un astigmatismo a favor de regla a uno en contra de regla conforme más adultos se hacen los individuos, pero esto ocurre en edades superiores a los 60 años. Y pese a este cambio en el tipo de astigmatismo, la cantidad de astigmatismo corneal fisiológico no cambia con la edad⁴⁴. A su vez, no se ha hallado diferencias significativas entre la morfología corneal de sujetos miopes, hipermétropes o emétropes, ni en la curvatura de los meridianos ni en la excentricidad corneal⁴⁵. Los datos de estos estudios confirman la posibilidad de la evaluación de la refracción de campo periférico con la adaptación de lentes hidrofílicas multifocales en pacientes jóvenes adultos emétropes, aunque la finalidad de dichas lentes sea una adaptación sobre pacientes jóvenes miopes. La no existencia de diferencias corneales entre dichos grupos y la realización de una adaptación de las lentes de contacto personalizada a cada paciente, atendiendo a la

regla de adaptación marcada por el fabricante, aseguran las mismas condiciones en el porte de las lentes de contacto en cada paciente, pudiendo por lo tanto ser analizadas en este estudio.

A parte de la posesión de un amplio stock de lentes de contacto de potencia neutra, con disponibilidad inmediata para realizar el estudio con los pacientes, otra importante característica por la que pacientes emétropes fueron escogidos para realizar el estudio fue que la distribución del defecto refractivo en adultos no parece ajustarse a una distribución normal ⁴⁶. Además en pacientes con ametropías, y sobre todo, ametropías diferentes, los valores de refracción de campo periférico pueden variar enormemente, proporcionando barras de error demasiado grandes.

6.CONCLUSIONES

El autorrefractómetro *WAM-5500 Grand Seiko* es capaz de analizar las medidas de refracción de campo periférico en todos los pacientes, debido a su condición de ser un autorrefractómetro de campo abierto. También se ha demostrado la posibilidad de calcular la sobre-refracción de los pacientes cuando estos portan cualquier tipo de lente de contacto.

La refracción periférica de los ojos tiende a la miopización para excentricidades altas, acentuándose dicho efecto en el campo visual temporal.

Las lentes de contacto tipo A son capaces de generar una miopización de la refracción de campo periférico que ronda las -2,00 D, aunque también producen una penalización de la visión central apreciable en las gráficas para la variación de la componente M y J_0 . Esta miopización de la visión central no es deseable y como posible solución puede ser válida la ampliación del diámetro destinado a la visión lejana, provocando que la zona destinada a la adición se aleje del centro óptico de la lente de contacto, o establecer una personalización del diámetro de la zona óptica para visión lejana atendiendo a diversos factores como pueden ser la posición del ápex corneal y el diámetro pupilar, en condiciones fotópicas, escotópicas y mesópicas.

Por todo ello, y por la discusión de la lente tipo A realizada anteriormente, se puede afirmar que la lente A se trata de la lente de contacto multifocal, con adición en periferia, facilitada por el fabricante Tiedra, y que esta sería válida para estudios sobre el control de la miopía basados en la miopización de la retina periférica.

Las lentes tipo B no producen una alteración miópica de la refracción del campo periférico evaluado en los pacientes, apreciándose una trayectoria casi idéntica en los valores obtenidos sin el porte de las lentes y con el porte de la lente B, tanto para las componentes J_0 como J_{45} . Para la componente M se nota una hipermetropización que ronda las +0,25 D en el campo visual temporal del ojo izquierdo de los pacientes, y en el campo visual temporal y nasal del ojo derecho de los pacientes. En cualquier caso no efectúa la miopización de la refracción periférica que sí establece la lente multifocal tipo A, por lo que esta lente, la lente tipo B, se trata de la lente de contacto monofocal proporcionada por el fabricante Tiedra.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anton A, Andrada MT, Mayo A, Portela A, Merayo J. “Epidemiology of Refractive Errors in an Adult European Population: The Segovia Study”. *Ophthalmic Epidemiology*. Volumen 16, número 4 (Marzo 2009), p.231-237.
2. Montés-Mico R, Ferrer-Blasco T. “Distribution of refractive errors in Spain”. *Documenta Ophthalmologica*. Volumen 101 (Junio 2000), p.25-33.
3. Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJM, Anastasopoulos E, et al. “Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education”. *American Academy of Ophthalmology* [en línea]. Volumen 122, número 7 (Julio 2015), p. 1489–1497. [Consulta: 11/02/2016]. Número DOI: 10.1016/j.optha.2015.03.018. Disponible en: <[http://www.aaojournal.org/article/S0161-6420\(15\)00280-8/fulltext](http://www.aaojournal.org/article/S0161-6420(15)00280-8/fulltext)>
4. Pan CW, Ramamurthy D, Saw SM. “Worldwide prevalence and risk factors for myopia”. *Ophthalmic and Physiological Optic. The journal of the college of optometrist* [en línea]. Volumen 32, número 1 (Enero 2012), p. 3-16. [Consulta: 11/02/2016]. Número DOI: 10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x/full>>
5. Dorothy SP, Dennis SC, Robert FR, Joseph TF, King S, Cheung YY, et al. “Prevalence, Incidence, and Progression of Myopia of School Children in Hong Kong”. *Investigative ophthalmology and visual science* [en línea]. Volumen 45, número 4 (Abril 2004), p.1071-1075. [Consulta: 10/02/2016]. Número DOI: 10.1167/iovs.03-1151. Disponible en: <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2200598>>
6. Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL. “Increased Prevalence of Myopia in the United States Between 1971-1972 and 1999-2004”. *JAMA Ophthalmology* [en línea]. Volumen 127, número 12 (Diciembre 2009), p. 1632-1639 [Consulta: 10/02/2016]. Número DOI: 10.1001/archophthmol.2009.303. Disponible en: <<http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=424548#RESULTS>>
7. Grosvenor TP, Goss DA, Keller JT, Marsh-Tootle W, Norton TT, Zadnik K. “Optometric Clinical Practice Guideline Care of the Patient with Myopia. Reference Guide for Clinicians”. *American Optometric Association* [Tipo documento: Guía Clínica]. 3ª edición. Lugar: American Optometric Association, 243 N. Lindbergh Blvd., St. Louis, MO 63141-7881. Año edición 2006 [Consulta: 19/02/2016]. Disponible en: <<http://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-15.pdf>>
8. Matsumura H, Hirai H. “Prevalence of Myopia and Refractive Changes in Students From 3 to 17 Years of Age”. *Survey of Ophthalmology*. Volumen 44, número 1 (Octubre 1999), p. 109-115.
9. Bar Dayan Y, Levin A, Morad Y, Grotto I, Ben-David R, Goldberg A, et al. “The Changing Prevalence of Myopia in Young Adults: A 13-Year Series of Population-Based Prevalence Surveys”. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [en línea]. Volumen 46, número 8 (Agosto 2005), p. 2760-2765 [Consulta: 19/02/2016]. Número DOI: 10.1167/iovs.04-0260. Disponible en: <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2182475>>
10. Rose KA, Morgan IG, Jenny IP, Kifley A, Huynh S, Smith W, Mitchell P. “Outdoor Activity Reduces the Prevalence of Myopia in Children”. *Ophthalmology*. Volumen 115, número 8 (Agosto 2008), p. 1279–1285.
11. Dorronzoro E, Santos-Bueso E, Vico-Ruiz E, Sáenz-Frances F, Argayaa J y Gegúndez-Fernández JA. “Miopía y estrías retinianas por topiramato”. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*

[en línea]. Volumen 86, número 1 (año 2011), p.24–26. [Consulta: 19/02/2016]. Disponible en: <http://www.oftalmo.com/seo/archivos/maquetas/A/7806B707-0AE7-CC29-F297-00003C3440DA/articulo.pdf>

12. Seang-Mei Saw, Gus Gazzard, Edwin Chan Shih-Yen, Wei-Han Chua. “Myopia and associated pathological complications”. *Ophthalmic and Physiological Optics* [en línea]. Volumen 25, número 5 (Septiembre 2005), p. 381–391 [Consulta: 18/02/2016]. Número DOI: 10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x/full>

13. Wong TY, Ferreira A, Hughes R, Carter G, Mitchell P. “Epidemiology and Disease Burden of Pathologic Myopia and Myopic Choroidal Neovascularization: An Evidence-Based Systematic Review”. *American Journal of Ophthalmology*. Volumen 157, número 1 (Enero 2004), p.9–25.

14. Lapido Polanco SI, González Díaz RE, Rodríguez Rodríguez V, González Arias Y, Baldoquín Rodríguez W, López González M. “Alteraciones del polo posterior en la miopía degenerativa”. *Revista Cubana de Oftalmología* [en línea]. Volumen 25, número 2 (Junio 2012). [Consulta: 18/02/2016]. Número ISSN: 1561-3070. Disponible en: http://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/120/html_72

15. Curtin BJ. “The Posterior Staphyloma of Pathologic Myopia”. *Transactions of the American Ophthalmological Society* [en línea]. Volumen 75 (año 1975), p.67-86. Número ISSN: 1545-6110. [Consulta: 18/02/2016]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1311542/pdf/taos00024-0088.pdf>.

16. Baba T, Ohno-Matsui K, Futagami S, Yoshida T, Yasuzumi K, Kojima A, et al. “Prevalence and characteristics of foveal retinal detachment without macular hole in high myopia”. *American Journal of Ophthalmology* [en línea]. Volumen 135, número 3 (Marzo 2003), p.338–342.

17. Grossniklaus HE, Green WR. “Pathologic Findings in Pathologic Myopia. Retina”. *The journal of retinal and vitreous diseases*. Volumen 12, número 2 (año 1992), p.127-133.

18. Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, et al. “Refractive Error, Axial Length, and Relative Peripheral Refractive Error before and after the Onset of Myopia”. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* [en línea]. Volumen 48, número 6 (Junio 2007), p.510-519 [Consulta:18/02/2016]. Número DOI: 10.1167/iovs.06-0562. Disponible en: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2164126>

19. Smith EL, Hung L-F, Arumugam B. “Visual regulation of refractive development: insights from animal studies”. *Eye* [en línea]. Volumen 28 (13 de Diciembre 2013), p.180–188. [Consulta: 18/02/2016]. Número DOI:10.1038/eye.2013.277. Disponible en: <http://www.nature.com/eye/journal/v28/n2/full/eye2013277a.html>

20. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, Tong L, Ling Y, Quah BL, Tan D. “Atropine for the Treatment of Childhood Myopia”. *Ophthalmology*. Volumen 113, número 12 (Diciembre 2006), p. 2285-2291.

21. Chia A, Chua WH, Cheung YB, Wong WL, Lingham A, Fong A, Tan D. “Atropine for the Treatment of Childhood Myopia: Safety and Efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% Doses (Atropine for the Treatment of Myopia 2)”. *Ophthalmology*. Volumen 119, número 2 (Febrero 2012), p. 347-354.

22. Cottriall CL, McBrie NA. “The Mx Muscarinic Antagonist Pirenzepine Reduces Myopia and Eye Enlargement in the Tree Shrew”. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [en línea]. Volumen

37, número 7 (Junio 1996), p. 1368-1379 [Consulta: 17/02/2016]. Número ISSN: 1552-5783. Disponible en: <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2180495>>

23. Tan S, Lam DS, Chua WH, Shu-Ping DF, Crockett RS. "One-year multicenter, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia". *Ophthalmology*. Volumen 112, número 1 (Enero 2005), p.84-91.

24. Graham B, Judge SJ. "The effects of spectacle wear in infancy on eye growth and refractive error in the marmoset (*Callithrix jacchus*)". *Vision Research* [en línea]. Volumen 39, número 2 (Enero 1999), p. 189–206. [Consulta: 17/06/2016]. Número DOI: 10.1016/S0042-6989(98)00189-8. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698998001898>>

25. Helen A Swarbrick. "Orthokeratology review and update". *Clinical and Experimental Optometry* [en línea] Volumen 89, número 3, (Mayo 2006), p.124–143. [Consulta: 17/06/2016]. Número DOI: 10.1111/j.1444-0938.2006.00044.x. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1444-0938.2006.00044.x/full>>

26. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R. "Myopia Control with Orthokeratology Contact Lenses in Spain: Refractive and Biometric Changes". *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [en línea]. Volumen 53, número 8 (Julio 2012) p.5060-5065 [Consulta: 17/02/2016]. Número DOI:10.1167/iovs.11-8005. Disponible en: <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2168338>>

27. Cheng X, Jing X, Chehab K, Exford J, Brennan N. "Soft Contact Lenses with Positive Spherical Aberration for Myopia Control". *Optometry & Vision Science* [en línea]. Volumen 93, número 4 (Abril 2016), p.353-366.

28. Sankaridurg P, Holden B, Smith E, Naduvilath T, Chen C, De la Jara PL, et al. "Decrease in Rate of Myopia Progression with a Contact Lens Designed to Reduce Relative Peripheral Hyperopia: One-Year Results". *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [en línea]. Volumen 52, número 13 (Diciembre 2011), p.9362-9367. [Consulta: 17/02/2016]. Número DOI:10.1167/iovs.11-7260. Disponible en: <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2186642>>

29. Sheppard AL, Davies LN. "Clinical evaluation of the Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM-5500". *Ophthalmic and Physiological Optic. The journal of the college of optometrists*. Volumen 30 (Marzo 2010), páginas 143-151.

30. Martinez Corral M, Furlan WD, Pons A, Saavedra G. "Capítulo 11: Optómetros y autorrefractómetros". En: Instrumentos Ópticos y Optométricos, Teoría y prácticas. Universitat de Valencia, año1998. Páginas 335-350. Número ISBN: 84-370-3490-6.

31. AIT Industries. "WAM-5500 Advanced" [en línea]. Lugar: Benseville, Illinois, Estados Unidos. [Consulta: 22/02/2016]

32. Nakayama N, Kawamorita T, Uozato H. "Repeatability and Reproducibility of Corneal Curvature Measurements Using the Pentacam and Keratron Topography Systems". *Journal of Refractive Surgery*. Volumen 25, número 6 (Junio 2009), p.539-544.

33. Hernández-Camarena JC, Chirinos-Saldaña P, Navas A, Ramirez-Miranda A, De la Mota A, Jimenez-Corona A, Graue-Hernández EO. "Repeatability, Reproducibility, and Agreement Between Three Different Scheimpflug Systems in Measuring Corneal and Anterior Segment Biometry". *Journal of Refractive Surgery*. Volumen 30, número 9 (Septiembre 2014), p.616-621.

34. Tiedra Farmacéutica, SL. Catálogo de productos. Lugar: Alcorcón-Madrid (España), fecha edición: Enero de 2016. [Consulta: 09/02/2016].
35. Pryor HB. "Objective measurement of interpupillary distance". *Pediatrics, official journal of the American academy of pediatrics*. Volumen 44, número 6 (Diciembre 1969), p.973-977. Número ISSN: 1098-4275.
36. Dogson NA. "Variation and extrema of human interpupillary distance". *SPIE. International society for optics and photonics*. Volumen 5291, número 36 (Mayo 2004), p.36-46.
37. Dartt DA, Bex P, D'Amore P, Dana R, Mcloon LK, Niederkorn JY. "Ocular Periphery and Disorders". Oxford U.K.: Editorial Elsevier, año 2011. Número ISBN: 978-0-12-382042-6.
38. Moore DS. "Estadística Aplicada Básica". 2ª edición, editorial Antoni Bosch, Barcelona, 2005.
39. Lopes-Ferreira D, Ribeiro C, Neves H, Faria-Ribeiro M, Queirós A, et al. "Peripheral refraction with dominant design multifocal contact lenses in young myopes". *Journal of Optometry* [en línea]. Volumen 6, número 2 (Abril-Junio 2013), p.85-94. [Consulta: 23/05/2016] Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888429613000022>>
40. Tomlinson A, Schwartz C. "The Position of the Corneal Apex in the Normal Eye". *Optometry and Vision Science*. Volumen 56, número 4 (Abril 1979), p.236-240.
41. Rosén R, Jaeken B, Lundstrom L, Petterson AL, Artal P y Unsbo P. "Influence of Commercial Soft Multifocal Contact Lenses on Peripheral Refraction and Aberrations". *Ophthalmic and Physiological Optics*. Volumen 32, número 6 (Noviembre 2012), p.527-534.
42. Alconchel Cervera R. "Estudio Piloto de la Medida de las Variaciones de la Biometría Ocular Durante el Día". Trabajo Fin de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza (año 2015) [en línea, fecha de consulta: 14/05/2016]. Disponible en: <<https://zaguan.unizar.es/record/31706/files/TAZ-TFG-2015-1966.pdf>>
43. Radhakrishnan H, Charman WN. "Peripheral refraction measurement: does it matter if one turns the eye or the head?". *Ophthalmic and Physiological Optic. The journal of the college of optometrist* [en línea]. Volúmen 28, número 2 (Enero 2008), páginas 73-82 [Consulta: 09/02/2016]. ISSN 1475-1313. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.2007.00521.x/full>>
44. Cavallotti C, Cerulli L."Aged-Related Changes of the Human Eye". Estados Unidos: Editorial Humana Press, año 2008. Número ISBN: 978-1-934115-55-8.
45. Benes P, Synek S, Petrová S. "Comparison of Keratometric Values and Corneal Eccentricity". *Collegium Antropologicum, Journal of the Croatian Anthropological Society*. Volumen 37, número 1 (año 2013), p.31-36.
46. Martínez Lozano V. "Evaluación de la Refracción Esférica Objetiva Obtenida con el Instrumento OQAS". Trabajo Fin de Máster, Escuela Universitaria de Óptica y Optometría de Terrasa, Universidad Politécnica de Cataluña (23 Junio, 2011) [en línea, fecha de consulta: 14/05/2016]. Disponible en: <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13837>>