



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Análisis del patrón de rastreo visual en población presbita.

Presentado por: Marina García Domínguez

Tutelado por: Irene Sánchez Pavón/Jessica del Punta

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid a, 29 de mayo del 2025.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
 1. INTRODUCCIÓN.....	 5
 2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	 7
2.1. Material.....	7
2.2. Metodología.....	7
2.2.1. Selección de los sujetos.....	7
2.2.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	7
2.2.3. Procedimiento.....	7
2.3. Análisis estadístico.....	8
 3. RESULTADOS.....	 10
3.1. Análisis del error de rastreo visual cometido por pacientes con VB correcta y alterada.....	11
3.2. Análisis del error de rastreo visual, teniendo en cuenta la dominancia ocular.....	13
 4. DISCUSIÓN.....	 14
 5. CONCLUSIÓN.....	 16
 AGRADECIMIENTOS.....	 17
 6. BIBLIOGRAFÍA.....	 18
 ANEXOS.....	 19
Anexo I-Aprobación del Comité.....	19

RESUMEN:

Introducción

La presbicia es la pérdida fisiológica de capacidad acomodativa y se corrige habitualmente con lentes multifocales, pues la mayoría de esta población padecen ametropías. Aunque son muy eficaces, algunas personas no consiguen adaptarse a ellas y una de las razones podría ser la presencia de alteración de visión binocular. Este TFG busca analizar esa posible relación mediante los movimientos oculares, captados por un eye tracker.

Material y Métodos

Aplicando criterios de inclusión/ exclusión para asegurar la validez del estudio, se evaluó a 18 voluntarios de entre 40-70 años, que hubieran utilizado lentes multifocales, dividiéndolos entre adaptados e inadaptados según su experiencia previa. Se llevó a cabo una exploración completa; empleando diversos instrumentos optométricos con el fin de adquirir información visual de los pacientes y posteriormente un eye tracker para registrar sus movimientos oculares. Por último, se analizaron los resultados estadísticamente.

Resultados

Entre los pacientes con una correcta visión binocular, el 70% parecía adaptarse sin problemas a las lentes multifocales (progresivas), mientras que el 30% no. En el caso de los pacientes con alteración de visión binocular, el 37,5% consiguió buena adaptación, sin embargo, el 62,5% restante no (inadaptados). Los pacientes con alteración de visión binocular cometen, significativamente, un error de rastreo visual mayor, en comparación con aquellos de correcta visión binocular. Además, el ojo no dominante (motor) de los pacientes con alteración de visión binocular cometía, también un error mayor que el de los pacientes restantes (de correcta visión binocular).

Conclusión

Los pacientes con alteración de visión binocular tienden a ser inadaptados a lentes multifocales (progresivas), debido a los síntomas que provoca esa condición de binocularidad. Por esta misma razón, este tipo de pacientes cometen un error mayor al realizar un rastreo visual; analizando tanto, el proporcionado por su ojo no dominante, como el cometido en un rastreo visual global (análisis ambos ojos).

ABSTRACT

Introduction

Presbyopia is the physiological loss of accommodative ability and is commonly corrected with multifocal lenses, as most of this population also suffers from refractive errors. Although these lenses are highly effective, some individuals are unable to adapt to them, and one possible reason could be the presence of dysfunctional binocular vision. This TFG aims to analyze this potential relationship through eye movements, captured using an eye tracker.

Materials and Methods

Using inclusion and exclusion criteria to ensure the validity of the study, 18 volunteers between the ages of 40 and 70 who had previously used multifocal lenses were evaluated and classified as either adapted or non-adapted users. A comprehensive visual examination was conducted using various optometric instruments to gather visual data from the participants, followed using an eye-tracker to record their eye movements. Finally, the results were analyzed statistically.

Results

Among patients with correct binocular vision, 70% appeared to adapt well to multifocal (progressive) lenses, while 30% did not. In contrast, only 37.5% of patients with binocular vision problems achieved good adaptation, whereas the remaining 62.5% were classified as non-adapted. Patients with dysfunctional binocular vision showed greater visual tracking errors compared to those with unimpaired binocular vision. Additionally, the non-dominant (motor) eye of patients with binocular vision issues also exhibited higher error rates than that of patients with good binocular function.

Conclusion

Patients with dysfunctional binocular vision tend to be non-adapted to multifocal (progressive) lenses due to the symptoms caused by this binocular condition. For this reason, these patients make greater errors when performing visual tracking, both in terms of the error made by their non-dominant eye and the errors in global visual tracking (both eyes analysis).

1. INTRODUCCIÓN

La presbicia es la disminución fisiológica de la acomodación, provocada como consecuencia de la pérdida natural de elasticidad del cristalino y del tono del músculo ciliar. Clínicamente presenta síntomas a partir de la 4ª década de la vida, aunque puede depender de cada persona, de su error refractivo y de su ocupación en visión próxima. La corrección de la presbicia consiste en solventar la acomodación mediante un cristal convexo (lente positiva) para su uso en visión próxima, de manera que la potencia de la lente sustituya la acomodación necesaria para ver de cerca.¹

Actualmente, toda la población realiza muchas tareas en visión cercana, las nuevas tecnologías son uno de los factores que más lo fomentan. Por ello, la presbicia supondrá un problema para la mayor parte de esa población adulta. Esta población puede presentar, a mayores, alguna ametropía como la miopía, la hipermetropía o el astigmatismo presentes a cualquier distancia de trabajo, lo que dará lugar a diferentes necesidades visuales (graduaciones) en función de esas distancias de trabajo.^{2,3}

La solución más empleada para solventarlo son las lentes oftálmicas multifocales. Permiten corregir en lejos, en cerca y en distancias intermedias, haciendo que el usuario no tenga que realizar un cambio de gafa/lente al cambiar de distancia de trabajo; facilitando y optimizando así, su día a día.^{4,5,6,7} Este tipo de lentes oftálmicas requieren de un periodo de adaptación para que el usuario identifique la zona óptima para ver de lejos, la de cerca y la intermedia. Este periodo puede durar entre una y tres semanas.^{2,8,9,10} Entre el 90% y el 95% de los usuarios presbíta consiguen adaptarse a ellas, sin embargo, entre el 5% y 10% restante, no, aunque hay que determinar de forma minuciosa si se trata de una inadaptación o puede haber algún parámetro no medido correctamente, bien sea en la refracción o en las medidas faciales.²

Asumiendo que todo es correcto, los factores que pueden provocar una inadaptación a este tipo de lentes son múltiples, ya que el proceso de adaptación es interdependiente de factores como el diseño óptico de la lente, la adaptación neuronal a la misma, la forma de la montura y como se adapta al usuario, es decir, la posición de uso, el movimiento de los ojos y cabeza al realizar tareas visuales a diferentes distancias... También, influiría el desarrollo visual del usuario y su visión binocular (VB).²

Los usuarios que no consiguen una buena adaptación a estas lentes multifocales suelen padecer síntomas como visión borrosa o distorsionada, especialmente en los laterales de las lentes; mareos y sensación de inestabilidad, dificultad para enfocar correctamente, fatiga visual y cefaleas (dolores de cabeza); así como, la existencia de dificultad para ver nítidamente al cambiar de distancia de trabajo y, por lo tanto, al cambiar la posición de la mirada.¹

Pese a no estar muy generalizado y aunque no hay muchos estudios sobre ello, puede que una de las causas de inadaptación a lentes multifocales sea la alteración de VB.¹¹ La VB es aquella que se obtiene con el uso simultáneo de ambos ojos y la fusión en el cerebro de sus respectivas imágenes. Cualquier situación que comprometa esta fusión provocará la alteración de la VB.¹ Dentro de las situaciones que pueden alterar la VB, se encuentran las forias, tropias, ambliopía, estrabismo o problemas de movimientos oculares (Ducciones, Versiones, Sacadas, Seguimiento...). Si el sistema binocular se ve comprometido, aparecen algunos síntomas como una ligera diplopía, dolores de cabeza, fatiga visual, visión borrosa binocular, mareos o incluso problemas de equilibrio.¹ Todo ello puede dificultar el proceso de adaptación a la lente multifocal, derivando en un abandono de estas por

incomodidad; implicando en muchos casos la necesidad de tener y llevar dos gafas constantemente, lo cual es menos práctico y en algunos casos menos económico.

Muy relacionado con la VB y los movimientos oculares, está el término dominancia ocular motora. La mayoría de los individuos tienen dominancia motora de alguno de los dos ojos por muy mínima que sea (independientemente de su condición de binocularidad). Este concepto se define como el ojo que lidera los movimientos oculares (ojo director) y, por tanto, sirve como referencia al ojo contralateral.¹

Para comprender y favorecer la adaptación de estas lentes, se puede emplear un instrumento conocido como eye tracker y el registro de las posiciones de ambos ojos en las diferentes posiciones de mirada, enviando luz infrarroja al ojo del sujeto y detectando y registrando la luz reflejada con una cámara a través de su pupila. Esta luz produce un efecto brillante en la pupila y reflejos corneales, procesados mediante un software avanzado para obtener la posición instantánea de la mirada con alta precisión (150Hz) para después procesar los movimientos oculares, como sacadas o fijaciones. Así, es posible estudiar la eficiencia de los movimientos oculares en función de las características de un texto o el descentramiento/dispersión en los movimientos oculares al realizar una tarea. Especialmente en el ámbito de las lentes multifocales, el eye tracker se ha utilizado para estudiar cómo afectan los errores refractivos laterales de las lentes multifocales, trayectoria de los movimientos oculares.¹²

El objetivo de este proyecto consiste en determinar si existe relación directa entre la inadaptación de un usuario a las lentes oftálmicas multifocales (progresivas), con la presencia de la alteración de su VB, mediante el análisis de los movimientos de seguimiento de los sujetos, registrados con eye tracker.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Exploración a 18 voluntarios usuarios presbitas en un rango de edad desde 40 a 70 años.

2.1. Material

- Proyector con optotipos de Snellen (Topcon ACP-7 o similar).
- Foróptero.
- Frontofocómetro.
- Test de estereopsis con gafas polarizadas (Random dot 1s).
- Optotipos para la medida de la agudeza visual en visión próxima (LogMAR).
- Regla milimetrada para la medida de las distancias nasopupilares, alturas, distancia al vértice, ángulo pantoscópico y de Galbe.
- Luces de Worth con gafas rojo/verde, para determinar si existe supresión de alguno de los dos ojos.
- Hole-in-Card test, para determinar la dominancia ocular.
- Varilla de Maddox y barra de prismas para la medida de forias.
- Gafa de realidad virtual con eye-tracker incorporado.
- Eye tracker de sobre mesa GP3 150 Hz (Gazepoint, Canada).
- Aplicaciones informáticas para la medida de los parámetros faciales.
- Lente oftálmica multifocal junto con montura.
- Cuestionario de valoración subjetiva de la visión con lentes oftálmicas.

2.2. Metodología

2.2.1. Selección de los sujetos

Los sujetos fueron voluntarios, seleccionados de forma no sistemática, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Así se ha podido obtener una muestra de pacientes equilibrada entre adaptados y no a las lentes multifocales.

2.2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluirán en el estudio 18 sujetos de entre 40 y 70 años que usen gafas de lejos y/o de cerca. Se excluirán aquellos sujetos que presenten historia de cirugía ocular previa con mal resultado visual ($AV < 0,7$ en escala Snellen) o aquellos con una $AV < 0,7$ no compensable con refracción (debida a una patología ocular). También se excluirán pacientes con glaucoma avanzado (gran pérdida en el campo visual) y aquellos con patologías sistémicas graves como esclerosis múltiple, párkinson, alzhéimer, cáncer, miastenia gravis, etc. Además, era necesario el correcto registro del eye-tracker por ser la variable principal del estudio.

2.2.3. Procedimiento

En primer lugar, se explicó a los voluntarios la naturaleza del estudio y se realizó una exploración optométrica, explicada previamente. Los sujetos firmaron el consentimiento informado y tras ello, se comprobó que cumplían los criterios de inclusión.

Una vez obtenido este consentimiento, se realizaron las medidas de los parámetros faciales de los sujetos y una exploración optométrica que incluía una anamnesis completa orientada hacia los objetivos del estudio, registrando los datos de posición de mirada y error refractivo. Además, se registraron también aquellos aspectos de salud general y ocular, incluidos en los criterios de exclusión para garantizar la adecuada selección de los voluntarios.

Después de esa exhaustiva anamnesis, se continuó la exploración realizando pruebas clínicas necesarias [agudeza visual y refracción tanto en visión lejana (VL) como en visión próxima (VP), punto próximo de convergencia (PPC), luces de Worth, forias, vergencias (solo a algunos pacientes), estereopsis y dominancia ocular]. Para la validación de estos parámetros se adaptó a los voluntarios un progresivo personalizado durante un mes y se clasificó a cada uno como adaptado o inadaptado, dependiendo de su experiencia previa con las lentes multifocales (progresivas) y tras comprobar que no había errores de montaje o refracción.

Al finalizar ese mes y portando la lente multifocal mencionada, se realizaron pruebas con eye tracker (registro del rastreo visual) del paciente, mediante una pantalla con un objeto que va realizando la forma de un infinito, el cual debe ser seguido por la mirada del paciente.

2.3. Análisis estadístico

Los datos clínicos se utilizaron como variables de agrupación para comparar los obtenidos mediante las nuevas tecnologías para calcular los rangos en los que se encuadran los pacientes que presentan inadaptación a lentes progresivas y validar estos parámetros en una nueva muestra.

Los datos obtenidos del eye tracker incluyen las posiciones de los ojos en cada momento del tiempo. Para el análisis estadístico de los resultados, se asignó a cada tiempo (t_1 , t_2 , etc.) una posición de cada ojo en la pantalla, lo que resulta en un punto formado por dos coordenadas de la posición del ojo derecho/izquierdo en el eje X y posición del ojo derecho/izquierdo en el eje Y, quedando registrado en color verde en la Figura 1. Para este mismo tiempo, se determina como posición ideal aquella en la que se encuentra el punto al que el paciente debería mirar y se nombra como “ideal x”, “ideal i”. Con estas variables, se calcula la distancia entre ambos puntos, el ideal y donde realmente se situó la pupila derecha e izquierda en la pantalla (d_1 , d_2), marcado en rojo en la Figura 1. De esta manera se consigue analizando punto a punto del registro, la distancia entre la posición de la mirada del paciente y la posición real del punto de referencia. Sumando todas estas distancias entre el punto ideal y el punto donde realmente se detectó la pupila de cada ojo se obtiene el error de cada ojo (error OD xy y error OI xy) y el promedio de cada ojo en una posición “xy” en un tiempo determinado (error ambos txy). Además, se realizó también la diferencia de entre el valor calculado para ambos ojos, como diferencia entre OD y OI.

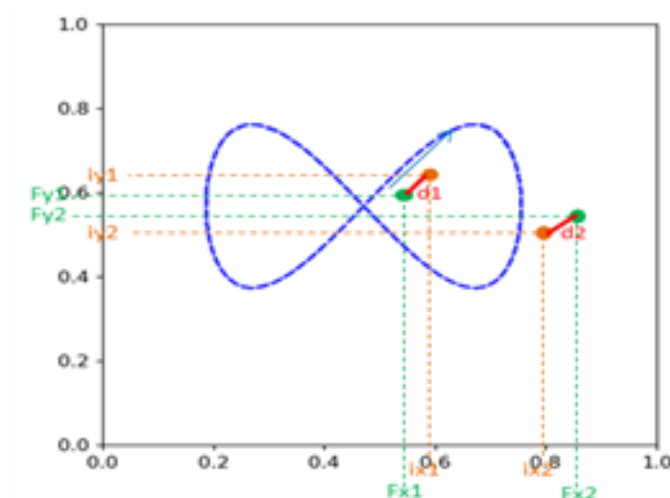


Figura 1. Representación gráfica del movimiento que realiza el objeto de referencia en la prueba realizada a los pacientes. Los puntos de color rojo representan la posición del objeto (ideal) y los verdes el lugar de posición de mirada del paciente. La distancia entre estos puntos (d_1 , d_2) nos proporciona el error cometido por el paciente.

El resto de los errores quedan definidos tomando los componentes “x” e “y” de los ojos por separado. La variable restante (dif od oi), sigue siendo una suma de distancias, pero entre los registros de cada ojo; es decir, para cada tiempo se mide la distancia entre el punto donde está el ojo derecho y el punto donde está el izquierdo para posteriormente sumar todo ello.

Estos indicadores creados para el análisis de este registro de movimientos de seguimiento se comparan entre ambos grupos utilizando la prueba U de Mann-Whitney, tomando como significancia estadísticamente significativa $p < 0.05$.

3. RESULTADOS

Finalmente, se incluyó en el estudio a 18 pacientes con una edad media de 54 años, aproximadamente. De estos, 8 tienen alteración de VB, con una media de edad de 55 años; mientras que los 10 restantes tienen una correcta VB y su media de edad era de 53 años como se observa en la Tabla 1.

La mayor parte de los participantes de este estudio tienen error refractivo, independientemente de la existencia o no, de una alteración de VB. La media del error refractivo es de -1,50D esféricas (rango entre -7,5D y +2,25D). Por grupo, se observa que la media del error refractivo en pacientes con la VB alterada es de -2,00D esféricas; mientras que, en pacientes sin estos problemas, es de -1,00D esférica, aproximadamente, como se muestra en la Tabla 1.

	MEDIA EDADES	MEDIA ERROR REFRACTIVO	% ADAPTADOS A PROGRESIVOS	% INADAPTADOS A PROGRESIVOS
Alteración VB	55±5	-1,84±2,93	37,5%	62,5%
Correcta VB	53±5	-0,93±3,22	70%	30%

Tabla 1. Contiene la media y su desviación estándar de edad de los pacientes, separados por grupos (alteración/ correcta VB). Y la media y desviación estándar de los errores refractivos, haciendo la misma distinción. También incluye el porcentaje de pacientes adaptados a lentes multifocales (progresivas) e inadaptados, agrupados de la misma forma mencionada anteriormente.

La Tabla 1 muestra como el 62,5% de nuestros pacientes con alteración de VB no consiguieron adaptarse a estas lentes (inadaptados), mientras que en los pacientes con una correcta VB este porcentaje es mucho menor, 30%. Por lo tanto, el porcentaje de pacientes de correcta VB adaptados es mayor que el de aquellos pacientes con alteración de su VB; 70% y 37,4% respectivamente.

3.1. Análisis del error de rastreo visual cometido por los pacientes con VB correcta y alterada

Parámetro medido	Correcta VB (n=10) Media $\pm$ DE (Rango Min-Max)	Alteración VB (n=8) Media $\pm$ DE (Rango Min-Max)	p-valor
Error OD txy	0.24 $\pm$ 0.14 (0.22-0.26)	0.28 $\pm$ 0.06 (0.21-0.40)	0.04
Error OI txy	0.24 $\pm$ 0.17 (0.22-0.28)	0.30 $\pm$ 0.08 (0.19-0.43)	0.03
Error Ambos ojos txy	0.06 $\pm$ 0.03 (0.03-0.14)	0.12 $\pm$ 0.04 (0.06-0.16)	<0.01
Diferencia OD-OI	0.06 $\pm$ 0.02 (0.05-0.10)	0.13 $\pm$ 0.06 (0.05-0.24)	0,01

Tabla 2. Contiene la media, la desviación estándar, los máximos y mínimos de los diferentes errores cometidos por los pacientes, agrupados según tengan VB correcta o alterada. Además, incluye el p-valor para cada uno de los parámetros medidos, comparando ambos grupos. Parámetros: Error OD txy (error cometido por el ojo derecho), Error OI txy (error cometido por el ojo izquierdo), Error ambos ojos txy (media del error cometido entre ambos ojos) y Diferencia OD-OI (diferencia de error entre ambos ojos); txy hace referencia al punto de posición de mirada correspondiente al paciente, y error a la diferencia entre este punto y la posición ideal del objeto a seguir.

Al agrupar los pacientes según su condición binocular y comparar la media de cada uno de los parámetros medidos (errores), se puede observar cómo en cada uno de estos el error cometido es mayor en los pacientes con alteración de VB; mientras que el cometido por los pacientes de correcta VB es menor. Este resultado, se considera estadísticamente significativo, debido a que el p-valor de todos los parámetros medidos sigue el criterio establecido ($<0,05$). Por lo tanto, el error cometido por el ojo derecho, el ojo izquierdo, ambos ojos y la diferencia entre ellos; es significativamente mayor en los pacientes con alteración de VB.

La Figura 2 es el registro del rastreo visual de un paciente con una VB correcta. En este se observan puntos (amarillos, verdes y violetas) que se corresponden bastante con el infinito azul de referencia, sin casi desplazamiento aparente y siguiendo la forma del mismo.

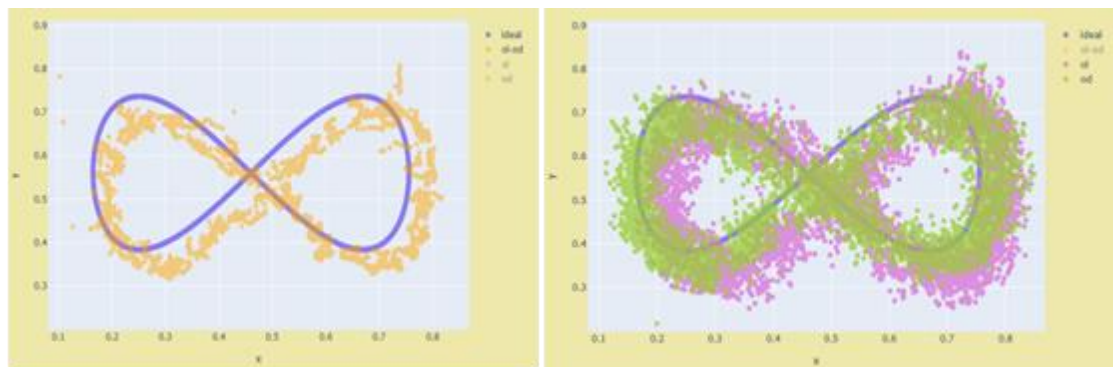


Figura 2. Representación gráfica de una paciente de correcta VB. Consta de un infinito azul que representa el movimiento que realiza el objeto de referencia (ideal) y posteriormente, se representa mediante puntos verdes el seguimiento realizado por el ojo derecho, puntos violetas para el ojo izquierdo (derecha) y puntos amarillos para la representación de la media entre ambos anteriores (izquierda).

Sin embargo, en la Figura 3 se observa el registro de un paciente con alteración de VB, en ella se puede ver como los puntos (amarillos, verdes y violetas) no se corresponden con el infinito azul de referencia, estando muy desplazados del mismo.

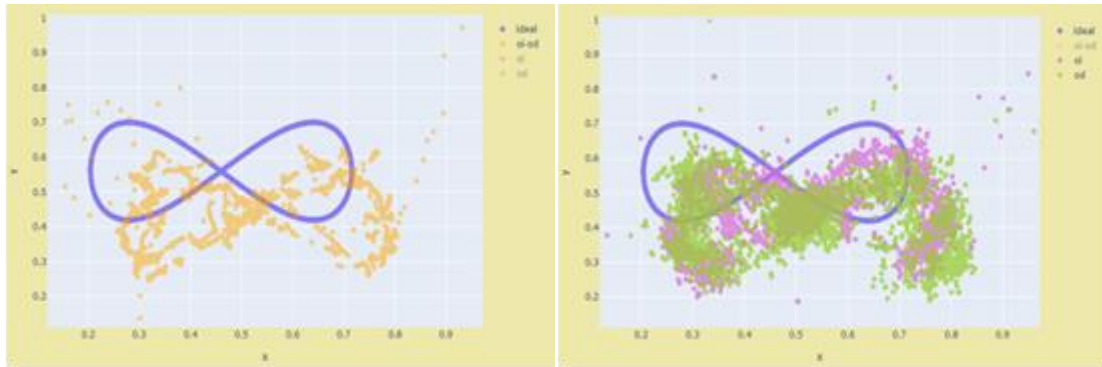


Figura 3. Representación gráfica de una paciente con alteración de VB. Consta de un infinito azul que representa el movimiento que realiza el objeto de referencia (ideal) y posteriormente, se representa mediante puntos verdes el seguimiento realizado por el ojo derecho, puntos violetas para el ojo izquierdo (derecha) y puntos amarillos para la representación de la media entre ambos anteriores (izquierda).

Los pacientes con alteración de su VB presentan un seguimiento irregular, es decir, no siguen la trayectoria ideal, aparecen posiciones de mirada externas que no se corresponden con las zonas de movimiento del objeto de referencia, por estar muy alejadas; o movimientos hacia atrás en zonas ya registradas. En definitiva, los pacientes con alteración de VB no realizan un rastreo/seguimiento adecuado ni preciso con ninguno de los dos ojos.

3.2. Análisis del error de rastreo visual, teniendo en cuenta la dominancia ocular

Todos los pacientes evaluados, tienen dominancia motora de uno de los dos ojos. Así, se analizó el error cometido por cada ojo por separado teniendo esto en cuenta y agrupando a los pacientes dependiendo de su condición de binocularidad.

	OJO DOMINANTE Media $\pm$ DE (Rango Min-Max)	OJO NO DOMINANTE Media $\pm$ DE (Rango Min-Max)	p-valor
Correcta VB	0,24 $\pm$ 0,02 (0,22-0,28)	0,24 $\pm$ 0,01 (0,22-0,25)	0,65
Alteración VB	0,28 $\pm$ 0,06 (0,21-0,40)	0,30 $\pm$ 0,08 (0,20-0,43)	0,16
p-valor	0,12	0,02	

Tabla 3. Contiene la media, desviación estándar, máximos y mínimos de los errores cometido por los ojos dominantes y no dominantes de los pacientes, separados en dos grupos (Correcta VB y Alteración VB). También incluye el p-valor tanto de los resultados obtenidos en ojo dominante y no dominante, como de los de correcta/ alteración VB.

La media del error cometido por el ojo dominante de los pacientes con una correcta VB es similar al que cometen con el ojo contralateral (no dominante), por lo que no es estadísticamente significativo. Lo mismo ocurre con la diferencia entre la media del error cometido por el ojo dominante motor y no dominante de los pacientes con alteración de VB, pues, aunque se puede observar una ligera diferencia entre ambos, su p-valor nos indica que no es estadísticamente significativo (0,16). Tabla 3.

Comparando la media del error cometido por el ojo dominante entre los pacientes de correcta y alteración de VB, se observa que es menor el cometido por los pacientes de correcta VB. En esta ocasión la diferencia no es estadísticamente significativa, pues el p-valor obtenido (0,12) vuelve a ser mayor que 0,05. Sin embargo, lo que sí es estadísticamente significativo es la diferencia de la media del error cometido por el ojo no dominante entre los pacientes con correcta y alteración de VB; pues su p-valor es de 0,02. En esta ocasión, es significativamente mayor el error cometido por el ojo no dominante de los pacientes con alteración de VB como se muestra en la Tabla 3.

Los pacientes con alteración de VB cometen un mayor error con su ojo no dominante, en comparación con el cometido por el de aquellos pacientes cuya VB es correcta.

4. DISCUSIÓN

La VB es una capacidad del sistema visual que no todo el mundo adquiere. Algunas personas no utilizan sus dos ojos de forma simultánea a pesar de que los dos vean bien, otras pueden tener pequeñas descompensaciones cuando sufren de estrés, cansancio, etc. y otros solo utilizan uno de los dos ojos.¹ Aunque no hay muchos estudios al respecto, se cree que algunas de estas alteraciones que comprometen la VB, podrían influir en el proceso de adaptación de lentes multifocales (progresivas).¹¹

Los resultados obtenidos, en este proyecto, muestran que efectivamente, puede haber una relación directa entre la inadaptación a lentes multifocales (progresivas) y la existencia de alteraciones de VB. Más de la mitad de los pacientes con esta condición no se adaptan a estas lentes (inadaptados); como se muestra en la Tabla 1.

La mayoría de los estudios que han relacionado el error de rastreo visual con la existencia de alteración de VB, han utilizado como muestra a sujetos menores (niños) y obtuvieron resultados con conclusiones muy semejantes a las de este proyecto. Por ejemplo, el artículo publicado en *The Journal of the Neurological Sciences*, titulado: *Amblyopia and Fixation Eye Movements*, pudo comprobar que existía relación entre la pérdida de fijación y la existencia de ambliopía en esos pacientes.¹³ Comparando los resultados mencionados, con los de este proyecto, se puede establecer un patrón común, es decir, en los pacientes con alteración de VB, los movimientos de seguimiento son intermitentes, con momentos de refijación o incluso pérdidas de la misma (error mayor); mientras que el seguimiento de los pacientes con VB correcta era mucho más fluido, continuo y preciso (error menor). Premisa que, también, queda plasmada en el artículo *Fixation Instability During Binocular Viewing in Anisometropic and Strabismic Children*.¹⁴ Los estudios en estos campos están encaminados al screening visual pediátrico y a la restauración de ese sistema binocular. Pero parece que no hay estudios en edad adulta, aunque se sabe que muchos de los pacientes con una alteración de la función visual en el periodo de neuro plasticidad cerebral, en su edad adulta pueden presentar ligeras alteraciones y/o adaptaciones de su sistema binocular.

En ocasiones este tipo de pacientes no consigue una buena fusión de la imagen presentada, dando lugar a un seguimiento erróneo o desviado; en otras el paciente puede tener dificultad en el movimiento de los músculos oculares, provocando, así, un seguimiento irregular y poco fluido. Estas alteraciones pueden implicar una mayor dificultad o baja eficiencia para las tareas que requieran habilidades visuales constantes e incluso el paciente puede experimentar sintomatología si la tarea es prolongada como visión borrosa o fatiga visual que impidan seguir el objeto de referencia con calidad.¹

Al estudiar los movimientos de rastreo visual de los pacientes, se analizó el error cometido por cada ojo por separado, teniendo en cuenta la dominancia ocular motora y la condición de binocularidad de cada paciente. Como se menciona en la introducción, el ojo dominante motor es aquel que lidera los movimientos oculares, por lo que debería cometer un error menor que el ojo contralateral.¹ Los artículos: *Fixation Instability During Binocular Viewing in Anisometropic and Strabismic Children*; y *Reading Strategies in Mild to Moderate Strabismic, Amblyopia: An Eye Movement Investigation* ya muestran resultados concluyentes al respecto y coherentes con los resultados obtenidos en este estudio. La ambliopía/estrabismo agrava la inestabilidad de fijación del ojo no dominante.^{14,15} Con este proyecto se

demuestra esa relación entre mayor error de rastreo visual cometido por ojo no dominante en pacientes con alteración de VB (registrado en la Tabla 3).

Por todo ello, el uso del eye tracker puede ser un recurso de gran ayuda en el diseño de lentes multifocales (progresivas), para usuarios con alteración de su VB; teniendo en cuenta el error cometido por cada uno de los dos ojos durante un rastreo visual. Pues, los participantes de esta condición tienden a ser inadaptados a este tipo de lentes y con los registros realizados por el eye tracker podrían ayudar a calcular unas áreas visuales nítidas, adecuadas a estos pacientes que facilite o logre la adaptación a este tipo de lentes.¹²

5. CONCLUSIÓN

El análisis del patrón de rastreo visual en pacientes con alteración de VB muestra un error mayor en cuanto al punto en el que debería posicionarse su ojo, en comparación con el de aquellos pacientes cuya VB es correcta. Creyendo que esto puede provocar algunos de los síntomas que no permiten una adaptación confortable a lentes oftálmicas multifocales (progresivas).

En general, todas las personas tenemos un ojo dominante motor que lidera los movimientos oculares; sin embargo, en aquellas en las que existe una alteración de VB, la diferencia entre este ojo dominante y el contralateral es más evidente como se ha podido constatar, ya que el error que comete su ojo no dominante es significativamente mayor al cometido por el dominante.

Por todo ello, se considera de importancia seguir realizando estudios en este campo y conocer, así, el estado de binocularidad de los usuarios de lentes oftálmicas multifocales (progresivas). Especialmente en los inadaptados, con el fin de constatar si estas alteraciones de VB pueden ser las causantes de sus problemas de adaptación y si conociendo estos datos se puede facilitar el diseño de lentes oftálmicas multifocales (progresivas) adaptadas a estos usuarios.

AGRADECIMIENTOS:

 Mi agradecimiento a la empresa INDO por facilitarnos las lentes multifocales empleadas en este Trabajo de Fin de Grado, sin las que no hubiéramos podido tomar las medidas estudiadas en el mismo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Martín R, Vecilla G. Manual de Optometría; Madrid (España): Editorial médica panamericana; 2018.
2. Han SC, Graham AD, Lin MC. Clinical Assessment of a Customized Free-form Progressive add Lens Spectacle. *Optom. Vis. Sci.* 2011; 88:43-234.
3. Keating MP. Oblique Central Refraction in Spherocylindrical Lenses Tilted Around an off Axis Meridian. *Optom. Vis. Sci.* 1993; 70:91-785.
4. Hitzeman SA, Myers CO. Comparison of the Acceptance of Progressive Addition Multifocal vs. a Standard Multifocal Lens Design. *J Am Optom Assoc.* 1985; 56:10-706.
5. Boroyan HJ, Cho MH, Fuller BC, et al. Lined Multifocal Wearers Prefer Progressive Addition Lenses. *J Am Optom Assoc.* 1995; 66:296–300.
6. Sullivan CM, Fowler CW. Analysis of a progressive addition lens population. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1989; 9:70-163.
7. Boutron I, Touizer C, Pitrou I, Roy C, Ravaud P. The VEPRO trial: a cross-over randomised controlled trial comparing 2 progressive lenses for patients with presbyopia. *Trials.* 2008; 9:54.
8. Muždalo NV, Mihelčič M. Individually designed PALs vs. power optimized PALs adaptation comparison. *Coll. Antropol.* 2015; 39:55–61.
9. Jaschinski W, König M, Mekontso TM, Ohlendorf A, Welscher M. Comparison of Progressive Addition Lenses for General Purpose and for Computer Vision: an Office Field Study. *Clin. Exp. Optom.* 2015; 98: 43-234.
10. Forkel J, Reiniger JL, Muschielok A, et al. Personalized Progressive Addition Lenses: Correlation between Performance and Design. *Optom. Vis. Sci.* 2017; 94:208-218.
11. Martín R, García O, Sánchez I. Parámetros binoculares de usuarios inadaptados al uso de lentes oftálmicas multifocales. En *Optom. Madrid.* 2022.
12. Concepción-Grande P, Chamorro E, Cleva JM, Alonso J, Gómez-Pedrero JA. Evaluation of an eye-tracking-based method to assess visual performance with progressive lens designs. *Appl Sci.* 2023; 13:2.
13. Ghasia F, Wang J. Amblyopia and fixation eye movements. *Journal of the Neurological Sciences.* 2022; 441: 1-16.
14. Kelly KR, Cheng-Patel CS, Jost RM, Wang YZ y Brich EE. Fixation instability during binocular viewing in anisometropic and strabismic children. *Exp Eye Res.* 2019; 183: 29-37.
15. Kanonidou E, Proudlok FA, Gottlob I. Reading strategies in mild to moderate strabismic, amblyopia: an eye movement investigation. *IOVS.* 2010; 51: 3502-3508.