



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría
MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

**ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES
EN PERSONAS CON ERROR REFRACTIVO**

Presentado por: Noelia García Talabán

Tutelado por: Irene Sánchez Pavón

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid, a 24 de mayo de 2022

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. MATERIAL Y MÉTODO	6
2.1 DISEÑO	6
2.2 MATERIAL	6
2.2.1 Eye tracker	6
2.2.2 Programa de motricidad ocular (HVPLE)	6
2.2.2.1 Pelota de tenis	6
2.2.2.2 Números del reloj	7
2.2.2.3 Movimientos horizontales	7
2.2.2.4 Movimientos en zig-zag	7
2.3 METODOLOGÍA	7
2.4 ANÁLISIS	8
3. RESULTADOS	9
3.1 EMÉTROPES	9
3.1.1 Test de la pelota	9
3.1.2 Test números del reloj	9
3.1.3 Test movimientos horizontales	9
3.1.4 Test movimientos en zig-zag	10
3.2 AMÉTROPES	10
3.2.1 Test de la pelota	10
3.2.2 Test números del reloj	11
3.2.3 Test de movimientos horizontales	12
3.2.4 Test de movimientos zig-zag	13
4. DISCUSIÓN	14
4.1 LIMITACIONES	15
5. CONCLUSIONES	16
6. BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXO I	18
ANEXO II	19
ANEXO III	20

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. Es importante tener un correcto funcionamiento de los movimientos oculares para el correcto desarrollo visual. Por ello, es crucial detectar los factores ambliogénicos y corregirlos, así como las ametropías que potencialmente sean factores ambliogénicos a edad temprana, impidiendo así que se generen problemas visuales irreparables a largo tiempo. Se analizarán los movimientos oculares intentando relacionarlos con errores refractivos, mediante tecnología Eye Tracker.

MATERIAL Y MÉTODO. Se han realizado pruebas a 23 participantes mediante 4 test de motilidad ocular, estos permiten registrar y analizar movimientos sacádicos, de seguimiento y fijaciones, en la plataforma PsiMesh (Neufitech S.R.L., Bahía Blanca, Argentina). Se han obtenido unos registros mediante el Eye Tracker Tobii 4c realizando un análisis cualitativo de los mismos.

RESULTADOS. Los datos se analizaron dividiendo a los sujetos en dos grupos, emétopes y amétopes. Los registros han sido comparados y ordenados en función de la AV de cada ojo sin corrección. Siendo los registros de los sujetos emétopes más precisos que en el caso de los amétopes. En algunos de los casos encontramos diferencias entre ojo dominante y no dominante a pesar de la AV.

CONCLUSIONES. Existen diferencias en las fijaciones dependiendo de si el sujeto tiene ametropía o no, siendo las fijaciones de amétopes de mayor área que en el caso de los emétopes.

ABSTRACT

PURPOSE. It is important to ensure a correct ocular movement function for proper visual development. For this reason, it is crucial to perform a correct visual screening in order to detect amblyogenic factors at an early age in order to fully develop vision, thus preventing irreversible visual dysfunctions in the long term such as amblyopia. The ocular movements will be analysed trying to relate them to refractive errors, using Eye Tracker technology.

MATERIAL AND METHOD. Twenty-three participants were tested using four ocular motility tests, which measure saccadic movements and fixations taking into account their refractive error, on the PsiMesh platform (Neufitech S.R.L., Bahía Blanca, Argentina). Records were obtained using the Tobii 4c Eye Tracker and a qualitative analysis of these records was performed.

RESULTS. These subjects were divided into two groups, emmetropic and ametropic. The records have been compared and ordered according to the VA of each eye without correction. The records of the emmetropic subjects were accurate than in the case of the ametropic subjects. In some of the cases we found differences between dominant and non-dominant eyes despite of the VA.

CONCLUSIONS. There are differences in the fixations depending on whether the subject has ametropia or not, with the fixations of ametropes being larger in area than in the case of emmetropes.

1. INTRODUCCIÓN

Los movimientos oculares se generan por la acción de la combinación de los músculos extraoculares, cuatro rectos (superior, inferior, medio y lateral) y dos oblicuos (superior e inferior). Estos movimientos pueden ser monoculares (ducciones) o binoculares (versiones o vergencias), de seguimiento (persecución suave), sacádicos (rápidos) y compensatorios (refijación). Una de las alteraciones más graves de los movimientos oculares es el nistagmus, a excepción de alguna circunstancia en la que resulta fisiológico, por ejemplo, en las posiciones extremas de mirada.¹

Los movimientos sacádicos son los desplazamientos rápidos que realizan los ojos entre dos puntos para realizar una fijación. Si hay movimientos sacádicos continuos, entre ellos se realizarán fijaciones, sería el proceso en el que se realiza el rastreo visual. La percepción ocurre al fijar la mirada en un punto, haciendo que la imagen incida sobre la fóvea. Los movimientos de seguimiento se utilizan para estabilizar la imagen foveal de estímulos que están en movimiento. Es decir, los movimientos sacádicos y refijaciones se utilizan para estabilizar la imagen retiniana de un punto determinado y fijo, y los movimientos de seguimiento se realizan para estabilizar la imagen retiniana de un objeto en movimiento.^{2,3}

Desde el nacimiento, están presentes los movimientos sacádicos, aunque no son precisos, pero los movimientos de seguimiento suaves no comienzan a desarrollarse hasta los 2 meses y solo en dirección horizontal. A partir de los 4-6 meses de edad se desarrollan en distintas direcciones y a los 6 meses todos los movimientos de seguimiento suaves deberían estar correctamente desarrollados.^{4,5} Continuando con el proceso de desarrollo, se estima que la emetropía se alcanza entorno a los 6 años y por lo tanto un sistema visual maduro. Sin embargo, no es la realidad ya que también depende de otros factores, entre los que se encuentra sobre todo la longitud axial del globo ocular, la curvatura corneal y la profundidad de cámara anterior (distancia entre córnea y cristalino) y podría alcanzarse incluso antes de esa edad.⁶ Teniendo en cuenta estos aspectos se pueden producir dos tipos de errores refractivos: miopía e hipermetropía. La miopía, habitualmente, ocurre cuando la longitud axial del globo ocular es mayor, por lo tanto, los rayos convergen delante de la retina y como consecuencia la imagen se forma borrosa en la retina. En la hipermetropía, al contrario que en el caso anterior, la longitud axial es menor, los rayos convergen detrás de la retina y la imagen también será borrosa, pero con la posibilidad de aclararla si se usa la acomodación, aunque depende de la cantidad. Otro error refractivo es el astigmatismo. Este error no depende de la longitud axial, si no de la curvatura, impidiendo que los rayos puedan converger en un solo foco imagen, provocando dos focales perpendiculares que forman el conoide de Sturm.^{7,8}

Hay errores refractivos que deben corregirse para que haya un correcto desarrollo visual, evitando así que se produzca la ambliopía. Lo normal es que los recién nacidos sean hipermétropes, normalmente mayores de +1,50D y que durante el desarrollo disminuya hasta lograr la emetropía. Por ello, es importante que si se tienen ametropías fuera de la norma se corrijan. En el caso de la hipermetropía, se corregirá si va asociado a un estrabismo o si el paciente tiene síntomas. En la miopía, se corregirá a partir de -0,50D (el paciente verá borroso), lo mismo ocurre con el astigmatismo, este debe corregirse en cuanto se manifieste.⁹ Garantizar una buena visión a edades tempranas es necesario para una buena precisión de los movimientos oculares y un correcto enfoque. En caso contrario, puede haber problemas de aprendizaje en edad escolar, como es el caso de la lectura, ya que ésta, se facilita con una buena coordinación de movimientos sacádicos y correcto desarrollo del sistema visual, aunque no es imprescindible.¹⁰

En este estudio se pretende analizar los movimientos oculares, mediante la tecnología Eye Tracker y ejercicios en los que se utilizan movimientos oculares, sacádicos y de seguimiento, pudiendo llegar a relacionarlos con errores refractivos, y posteriormente poder introducir esta tecnología en la optometría clínica como método de screening pediátrico objetivo, automatizado y sencillo que pueda ser realizado por personal no cualificado.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 DISEÑO

Se trata de un estudio prospectivo, comparativo, randomizado y no invasivo, aprobado por el comité ético de investigación clínica que atiende la Universidad de Valladolid (Anexo I), en el que se incluyen pacientes de entre 18 y 45 años. Estos sujetos no presentan ninguna patología ocular, simplemente tienen un error refractivo. Se les explicó a los sujetos la naturaleza del estudio, se les entregó la hoja de información (Anexo II) y posteriormente el consentimiento informado (Anexo III), que debían firmarlo afirmando querer participar en dicho estudio y así poder comenzar con la exploración pertinente.

2.2 MATERIAL

Para poder realizar este estudio ha sido necesario el uso de gabinetes situados en el aula 316 del Aulario de Ciencias. De estos gabinetes se ha utilizado el material necesario para poder medir los siguientes aspectos a todos los participantes: la agudeza visual (AV) decimal Snellen (Proyector, ACP-8, Topcon, Japón), la dominancia ocular motora y sensorial, la refracción que llevan en sus gafas, (o refracción subjetiva en caso de que fuese necesario) y el alineamiento de los ejes oculares tanto en visión lejana como en visión próxima con el método del cover test.

2.2.1 Eye tracker

Se trata del Eye tracker Tobii 4c (Tobii Tech, Suecia), un dispositivo que captura datos de los movimientos oculares. Este dispositivo se conecta a un ordenador a través de un puerto USB y mediante un sistema de infrarrojos permite realizar el seguimiento de los ojos de la persona que esté frente al dispositivo, mandando dicha información a una plataforma, en este caso PsiMesh.

2.2.2 Programa de motricidad ocular (HVPLE)

PsiMesh es una plataforma desarrollada por el Centro Integral de Neurociencias Aplicadas (CINA) (Neufitech S.R.L., Bahía Blanca, Argentina) en la que se alojan actividades digitales neuro psicológicas. Se creó para que profesionales de la salud pudiesen realizar actividades a pacientes y obtener resultados al instante. Para este estudio se ha utilizado el apartado de optometría y dentro de este, el programa de motilidad ocular (HVPLE). Este programa tiene distintos ejercicios de los cuales hemos usado 4 de ellos.

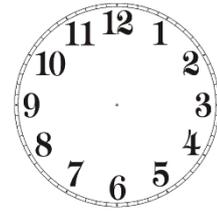
2.2.2.1 Pelota de tenis

En esta actividad hay una pelota de tenis colgada de un hilo, esta va a realizar movimientos de tipo péndulo. Se pide al paciente que siga esta pelota, cinco balanceos completos, es decir, de izquierda a derecha 5 veces.



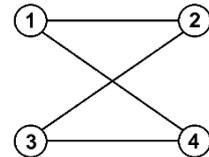
2.2.2.2 Números del reloj

El diseño de este ejercicio es un reloj, se pide al participante que realice movimientos diagonales. Es decir que mire al 12 y seguidamente al 6, posteriormente al 1 y al 7, a continuación, el 2 y 8, luego al 3 y 9, que continúe con el 4 y 10 y por último al 5 y 11. Cada pareja de números deberá observarla 5 veces antes de cambiar al siguiente número, realizando fijaciones en cada número de unos 3 segundos.



2.2.2.3 Movimientos horizontales

Se trata de cuatro números colocados en dos filas, de izquierda a derecha, los números 1 y 2 en la fila superior y los números 3 y 4 en la línea inferior. El paciente deberá mirar en orden a los 4 números realizando movimientos siguiendo las líneas que unen los números. Este ejercicio se realizará cinco veces, manteniendo la mirada en cada número unos 3 segundos.



2.2.2.4 Movimientos en zig-zag

En este ejercicio encontramos un dibujo en forma de zig-zag. El participante debe seguir la línea del dibujo, realizando paradas durante unos 3 segundos en los vértices. Este proceso se realiza cinco veces.



2.3 METODOLOGÍA

Primero, se comprueban los criterios de inclusión/exclusión preguntando al paciente si tiene alguna patología ocular, también si utiliza o no gafas, en caso afirmativo desde cuándo. En el caso de pacientes amétropes, se mide la AV con su refracción para comprobar que tienen AV 1,0 y se mira la potencia refractiva de la gafa en el frontofocómetro, (CL-300, Topcon, Japón). A todos los pacientes se les mide la AV sin corrección.

También se les realiza pruebas para conocer la dominancia ocular motora y sensorial. La dominancia ocular motora se mide con el método Dolman, the Hole in Card test. Por otro lado, la dominancia sensorial se mide con una lente positiva de +1,00D, ésta se coloca encima de la refracción para lejos, primero en un ojo y luego en el otro, se pregunta cuando ve más borroso binocularmente, y donde se encuentre la lente puesta, será el ojo dominante. Posteriormente se realiza la exploración de la MOE (motilidad ocular extrínseca) mediante los movimientos en forma de H y de la MOI (motilidad ocular intrínseca), por último, se lleva a cabo el cover test, tanto en lejos como en cerca.

Una vez finalizadas las pruebas anteriores, se coloca al paciente a 60cm del ordenador y se calibra el eye tracker. Se procede a la realización de los ejercicios, cada uno de ellos se realizará tres veces, la primera vez binocularmente, y las dos siguientes monocular, primero con un ojo y luego con el otro, se utiliza un parche para ocluir el ojo que no se usa en ese momento. La selección del ojo con el que debe empezar el sujeto está randomizada. El participante comenzará con la actividad de la pelota de tenis, seguidamente con los números del reloj, luego con los movimientos horizontales y por último con los movimientos en zig-zag.

2.4 ANÁLISIS

Los datos clínicos se recogieron mediante una hoja de Excel de Microsoft Office 365 y se analizaron mediante estadística descriptiva para conocer detalladamente la muestra de estudio. En esta fase inicial del proyecto el análisis de los registros obtenidos con el eye tracker se ha realizado de forma cualitativa para observar y describir las diferencias entre grupos para posteriormente encontrar una métrica matemática que permita analizar los registros de forma automática emitiendo el juicio clínico de sano o alterado.

3. RESULTADOS

Han participado en el estudio 23 personas entre 18 y 45 años de las cuales 9 eran emétopes y 14 amétopes. Dentro de los pacientes amétopes, 9 de ellos miopes, 4 anisométricos y un sujeto hipermetrope. De todos los sujetos que participaron, en 6 pacientes la AV era menor de 0,2, en otros 6 sujetos no superaba la AV 0,8 y 15 participantes lograban ver AV 1,0 al menos con uno de los dos ojos, incluso 7 de estos últimos superaban AV 1,0. El 52,17% de los pacientes tienen el OD como ojo dominante, el 30,43% tienen el OI como ojo dominante y el 17,39% no presentan coincidencia del ojo motor con el ojo sensorial.

3.1 EMÉTOPES

Estos sujetos ven como mínimo AV 1,0 sin necesidad de utilizar una corrección. Los registros de estos pacientes en los ejercicios de motilidad deberían ser precisos y ajustarse al ejercicio propuesto, no existiendo fijaciones fuera de las líneas o de las indicaciones establecidas.

3.1.1 Test de la pelota

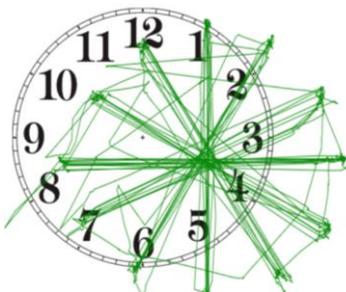
Ejemplo 1. Registro de un ojo dominante sensorial y emétope con AV 1,0.



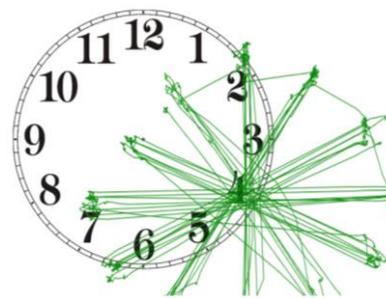
(paciente 16)

3.1.2 Test números del reloj

Ejemplo 2 y 3. Registro de dos ojos dominantes y emétopes con AV 1,0.



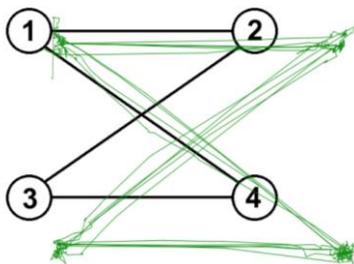
(paciente 38)



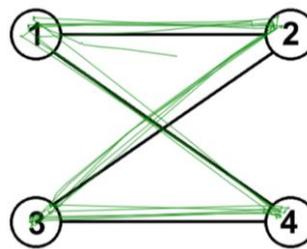
(paciente 16)

3.1.3 Test movimientos horizontales

Ejemplo 4 y 5. Registro de dos ojos dominante motor y emétopes con AV 1,0.



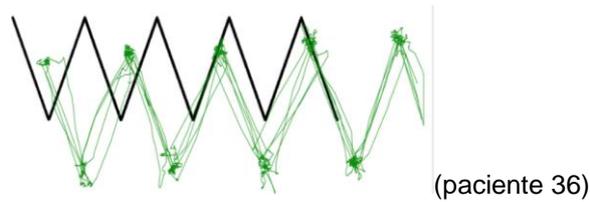
(paciente 38)



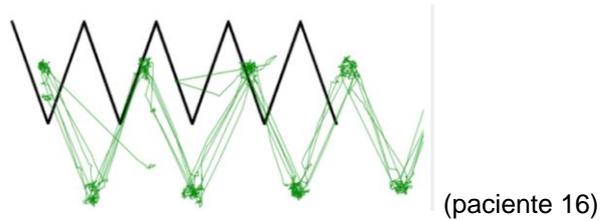
(paciente 16)

3.1.4 Test movimientos en zig-zag

Ejemplo 6. Registro de un ojo dominante y emétrope con AV 1,2.



Ejemplo 7. Registro de un ojo dominante motor y emétrope con AV 1,0.

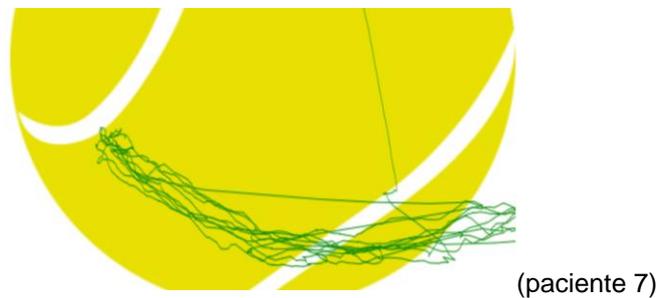


3.2 AMÉTROPES

Estos sujetos no llegan a ver AV 1,0 sin corrección, son pacientes que tienen refracciones de -4,50D hasta -0,50D de miopía consiguiendo así tener AV 1,0. El registro de estos pacientes en los ejercicios es muy distinto al caso anterior.

3.2.1 Test de la pelota

Ejemplo 8. Registro de un ojo dominante y miope de -0,75D con AV 0,8.



Ejemplo 9. Registro de un ojo dominante y miope de -0,75D con AV 0,6.

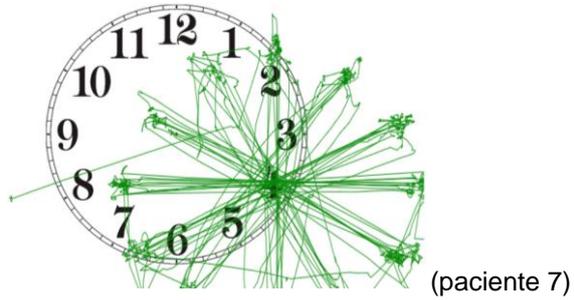


Ejemplo 10. Registro de un ojo dominante y miope de -2,00D con AV 0,1.

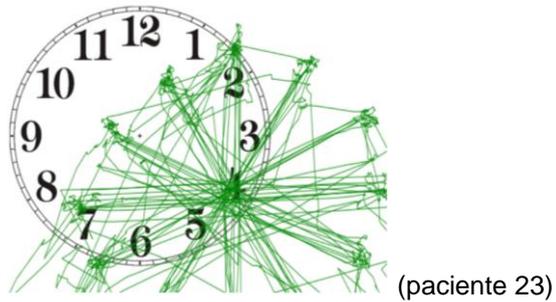


3.2.2 Test números del reloj

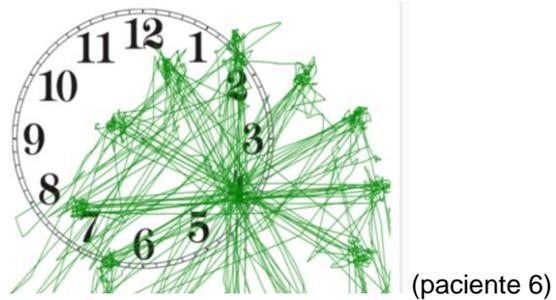
Ejemplo 11. Registro de un ojo dominante y miope de $-0,75D$ con AV $0,8$.



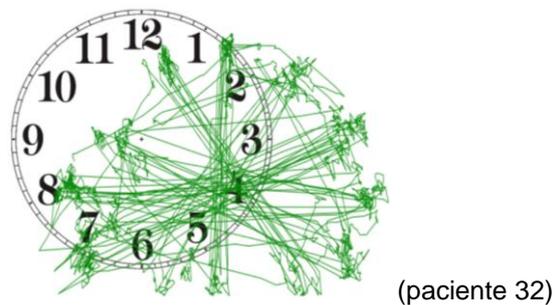
Ejemplo 12. Registro de un ojo dominante y miope de $-0,75D$ con AV $0,6$.



Ejemplo 13. Registro de un ojo dominante y miope de $-2,00D$ con AV $0,1$.

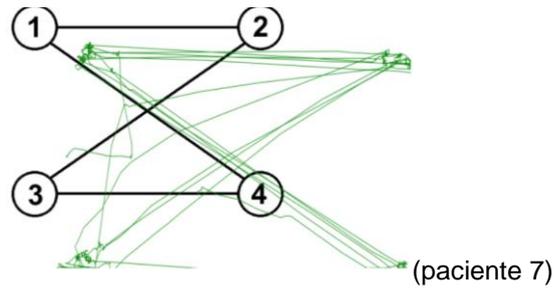


Ejemplo 14. Registro de un ojo no dominante y miope de $-4,50D$ con AV $<0,05$.

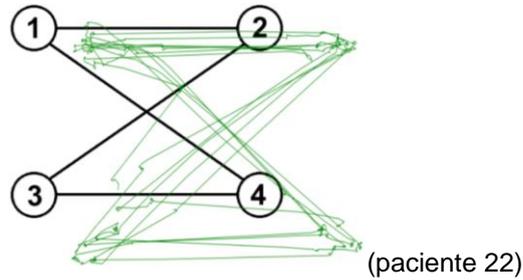


3.2.3 Test de movimientos horizontales

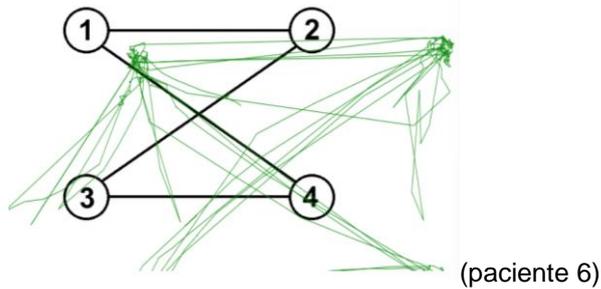
Ejemplo 15. Registro de un ojo dominante y miope de $-0,75D$ con AV $0,8$.



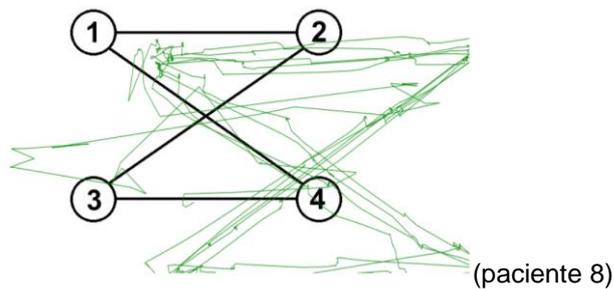
Ejemplo 16. Registro de un ojo dominante y miope de $-1,00D$ con AV $0,5$.



Ejemplo 17. Registro de un ojo dominante y miope de $-2,00D$ con AV $0,1$.

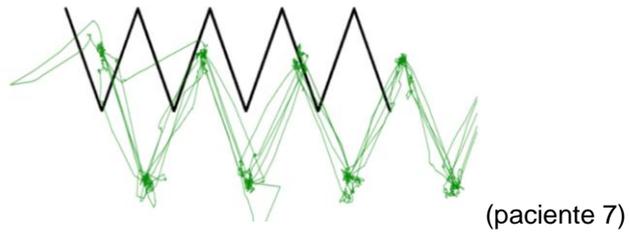


Ejemplo 18. Registro de un ojo no dominante y miope de $-4,50D$ con AV $<0,05$.

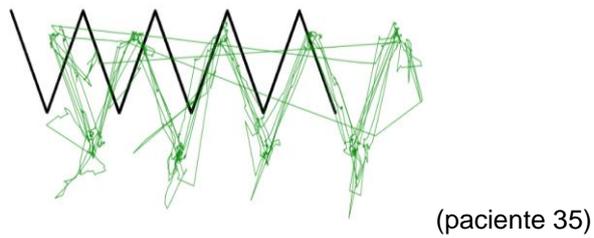


3.2.4 Test de movimientos zig-zag

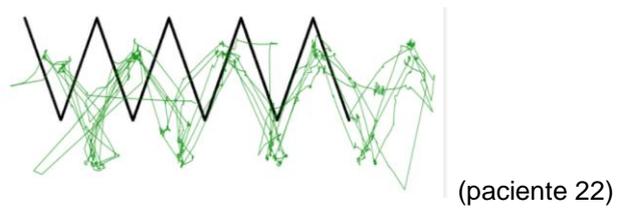
Ejemplo 19. Registro de un ojo dominante y miope de $-0,75D$ con AV $0,8$.



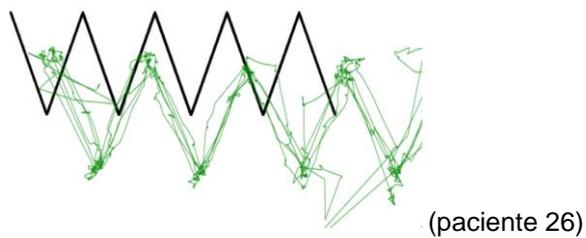
Ejemplo 20. Registro de un ojo no dominante y miope de $-0,75D$ con AV $0,6$.



Ejemplo 21. Registro de un ojo no dominante y miope de $-2,00D$ con AV $0,1$.



Ejemplo 22. Registro de un ojo dominante y miope de $-3,50D$ con AV $<0,05$.



4. DISCUSIÓN

Los defectos de refracción no corregidos son la principal causa de discapacidad visual en todo el mundo.¹¹ Esto se debe a que muchos niños tienen ametropías que no se solucionan a tiempo, llegando al final del desarrollo visual, aproximadamente 8 años, sin la corrección que necesitan.¹¹ Para la detección de defectos refractivos, a veces es necesario el uso de ciclopléjico, para la paralización de la acomodación, teniendo en cuenta que este proceso se realiza por el oftalmólogo y no es aplicable a las labores de screening llevadas a cabo por el pediatra o el optometrista, se han buscado alternativas a este fármaco, concluyendo que mediante la biometría ocular existen similitudes con la refracción que se obtiene del autorrefractómetro bajo cicloplejia.¹² Los errores refractivos sin corregir pueden afectar a los movimientos oculares, y sin una buena coordinación de estos se impide el desarrollo correcto de algunas funciones visuales dependiendo de la cuantía de error refractivo y su capacidad ambiopéica. Se han relacionado algunas alteraciones de los movimientos oculares con los errores refractivos, como que sujetos ambiopes tienen inestabilidad de fijación, así como los anisométricos.¹³ En el caso de miopes, al tener la longitud axial del globo ocular más larga, debido a pequeñas diferencias en los músculos extraoculares hace que afecte a la velocidad de las sacadas, siendo estas más lentas.^{14, 15} Cuanto mayor es el error refractivo no corregido, mayor es la amplitud de las microsacadas, debido al desenfoque visual.^{16,17}

Los resultados que se obtienen en esta investigación concuerdan con lo demostrado en los estudios mencionados. Al tener menor AV el sujeto realiza fijaciones más amplias (menos precisas) siendo éstas más inestables. Al contrario, en el caso de emétricos con AV de unidad las fijaciones son más precisas, concentradas en un área mucho menor alrededor del punto al que se debe mirar.

Se han elaborado varias investigaciones en las que también se han estudiado los movimientos oculares, en concreto los sacádicos, pero en el caso de estos estudios han sido durante la lectura. Pudiendo relacionar así dificultades de aprendizaje con problemas oculomotores.^{18,19}

Respecto a la relación de errores refractivos con los movimientos oculares, no hay muchos estudios que aborden la cuestión. Por ello, es interesante el estudio exploratorio realizado, para proponer el eye tracker como método screening y con la ayuda de ejercicios podemos identificar ametropías sin la necesidad de personal cualificado. Pudiendo así detectar ametropías a edad temprana, sin necesidad de fármacos permitiendo una precoz remisión, un correcto desarrollo visual y una buena coordinación de movimientos oculares.

4.1 LIMITACIONES

El estudio ha tenido ciertas limitaciones, las cuales podrían haber sido gestionadas de forma distinta y serán objeto de mejora. A la hora de tomar las medidas a los sujetos debería haberse realizado una calibración más específica. Muchos registros aparecen desviados y se visualizan en pantalla cortados, esto es debido a la plataforma utilizada para el registro de datos que debería registrar los datos en toda el área de la pantalla, pero si los registros se tomaban descalibrados, no se guardaban de forma completa, por lo que algunos datos no contienen todas las fijaciones deseadas.

También se han encontrado áreas de mejora. Se ha observado que algunas pruebas tienen un factor de aprendizaje, se debía haber realizado una prueba previa de cada ejercicio, para que los sujetos supiesen como se iba a desarrollar. La primera prueba de cada paciente se ha hecho binocularmente y en algunos casos, el registro es peor que el de forma monocular. Monocularmente se tiene menor AV y por lo tanto este registro debía salir peor que el de forma binocular lo cual se atribuye al factor de aprendizaje que, además, no parece afectar a todos por igual.

Otra limitación, ha sido que sujetos con errores refractivos llevan muchos años corregidos. Es decir, a pesar de tener un problema de refracción, a lo largo de los años han realizado movimientos sacádicos y de seguimiento, así como fijaciones de forma correcta. Este estudio pretende ayudar a introducir un método de screening pediátrico objetivo, automatizado y sencillo en la optometría clínica, por lo que quizá deberíamos haber realizado el estudio con participantes con errores refractivos no corregidos, lo cual hubiese complicado el desarrollo del mismo.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, tras la comparación de los movimientos oculares en sujetos emétopes y amétopes mediante los registros de algunos test de motilidad ocular, se establece que las fijaciones son más agrupadas y precisas, es decir, de menor área, cuanto mayor AV tiene el paciente. Existe alguna excepción en la que predomina el ojo dominante a pesar de que la AV sea menor.

Sería recomendable mejorar la calibración, el sistema de registro, así como diseñar nuevos ejercicios y ampliar la muestra, pudiendo obtener datos de mayor fiabilidad y de forma cuantitativa.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Martín R, Vecilla G; Músculos Extraoculares. Leyes de motilidad; En: Martín R, Vecilla G; Manual de optometría; Madrid: Panamericana; 2018:151-159.
2. Gila L, Villanueva A, Cabeza R. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. Anales del Sistema Sanitario de Navarra; 2009; 32: 9-26.
3. Trávez JP, Llerena V del C, Morales MB. Children's eye movements and their participation in reading comprehension and speed. University, Science and Technology; 2020; 24: 59-65.
4. Martín R, Vecilla G; Desarrollo visual. Ambliopía.Nistagmo; En: Martín R, Vecilla G; Manual de optometría; Madrid: Panamericana; 2018:169-188.
5. Martín R, Vecilla G; Ametropías y emetropización; En: Martín R, Vecilla G; Manual de optometría; Madrid: Panamericana; 2018:63-69.
6. Rey DV, Castro S, Álvarez C, Moreno J. Proceso de emetropización y desarrollo de miopía en escolares. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular; 2018; 16: 87-93.
7. Gregorio M. Error refractivo y rendimiento escolar. Universitat Politècnica de Catalunya; TFG; octubre 2019.
8. Douglas MD. Revisiting the conoid of Sturm. Journal of Cataract & Refractive Surgery; 2006; 32; 1071-1072.
9. Ferrán V, Clement A y Jiménez C. Detección precoz de los defectos de refracción. Pediatría Integral (SEPEAP); 2013; 17: 483-488
10. Medrano SM. Influencia del sistema visual en el aprendizaje del proceso de lectura. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular; 2011; 9: 91-103.
11. Dandona L, Dandona R. What is the global burden of visual impairment? BMC medicine; 2006; 4: 6:1-13
12. Magome K, Morishige N, Ueno A, Matsui TA, Uchio E. Prediction of cycloplegic refraction for noninvasive screening of children for refractive error. PLoS One. 2021; 16: 1-15.
13. Murray J, Gupta P, Dulaney C, Garg K, Shaikh AG, Ghasia FF. Effect of Viewing Conditions on Fixation Eye Movements and Eye Alignment in Amblyopia. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 2022; 63: 33: 1-16.
14. Hartwig A, Gowen E, Charman WN, Radhakrishnan H. Binocular Saccades in Myopes and Emmetropes. Optometry and Vision Science; 2014; 90: 980-987.
15. Müller C, Stoll W, Schmal F. The effect of optical devices and repeated trials on the Velocity of saccadic eye movements. Acta Otolaryngol; 2003; 123: 471-476.
16. Ghasia FF, Shaikh AG. Uncorrected Myopic Refractive Error Increases Microsaccade Amplitude. Investigative Ophthalmology & Visual Science; 2015; 56: 2531-2535.
17. Tang S, Skelly P, Otero-Millan J, Jacobs J, Murray J, Shaikh AG, Ghasia FF. Effects of visual blur on microsaccades during visual exploration. Journal of Eye Movement Research; 2019; 12: 1-13.
18. Boussand F. Étude des mouvements binoculaires lors d'activités de poursuites et de lecture. Journal français d'ophtalmologie; 2012; 35: 477-490.
19. Jiménez R, González MD, Pérez MA, García JA. Evolution of accommodative function and development of ocular movements in children. Ophthal. Physiol. Opt.; 2003; 23: 97-107

ANEXO I**Autorización del Comité Ético de Investigación Clínica**

Avda. Ramón y Cajal, 3 - 47003 Valladolid
Tel.: 983 42 00 00 - Fax 983 25 75 11
gerente.hcuv@saludcastillayleon.es



**COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS
ÁREA DE SALUD VALLADOLID**

Valladolid a 16 de septiembre de 2021

En la reunión del CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE del 16 de septiembre de 2021, se procedió a la evaluación de los aspectos éticos del siguiente proyecto de investigación.

PI 21-2439 TFG NO HCUV	ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EYE TRACKER EN OP- TOMETRÍA	I.P.: IRENE SANCHEZ PAVON EQUIPO: NOELIA GARCIA TA- LABAN, MARIA ISABEL ALISTE HERRERA UVA
------------------------------	--	--

A continuación, les señalo los acuerdos tomados por el CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE en relación a dicho Proyecto de Investigación:

Considerando que el Proyecto contempla los Convenios y Normas establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética, se hace constar el **informe favorable** y la **aceptación** del Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos Área de Salud Valladolid Este.

Un cordial saludo.

F. Javier Álvarez

Dr. F. Javier Álvarez.
CEIm Área de Salud Valladolid Este
Hospital Clínico Universitario de Valladolid
Farmacología, Facultad de Medicina,
Universidad de Valladolid,
c/ Ramón y Cajal 7,47005 Valladolid
alvarez@med.uva.es,
jalvarezgo@saludcastillayleon.es
tel.: 983 423077

ANEXO II

Hoja de información para el estudio “Análisis y aplicación de la tecnología de Eye tracker en Optometría”

Antes de que decida participar en este estudio es importante que entienda lo que le solicitamos, por lo que le pedimos que por favor lea cuidadosamente la siguiente información y la comente con el equipo investigador si usted lo desea.

El estudio en el que se le invita a participar trata de analizar el uso de la tecnología de rastreo ocular en el ámbito de la optometría utilizando un dispositivo informático utilizado en videojuegos llamado Tobii. Este dispositivo es capaz de monitorizar y registrar los movimientos oculares mientras se realiza una tarea. El propósito es analizar los datos registrados cuando usted hace una serie de tareas que incluyen la lectura y la visualización de imágenes de manera monocular y binocular. Su participación en este estudio ayudará a conocer el patrón de movimientos oculares que se utiliza para cada tarea y la precisión de los mismos al realizarlas tareas visuales que se le explicaran, para así determinar si la implantación de esta tecnología puede ser de utilidad en la optometría clínica.

Su participación en este estudio solo constará de una visita en la que se le realizará una exploración optométrica completa para garantizar que cumple los criterios de inclusión y estos test explicados anteriormente. Se estima que la duración total de las pruebas será de unos 30 minutos.

Usted es libre de decidir dejar de formar parte de este estudio en cualquier momento, sin necesidad de justificar esta decisión y sin que esto suponga ningún problema o repercusión sobre su atención en Universidad de Valladolid. La información obtenida en este estudio será utilizada en el análisis estadístico de los datos preservándose el anonimato y los datos personales. Toda la información se almacenará informáticamente y se manejará exclusivamente por personal autorizado del equipo investigador, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos en todo momento. Toda esta información y en especial los datos personales se protegerán y ninguna información que permita su identificación será facilitada o compartida con ningún tercero ajeno al equipo investigador. Ninguna referencia personal se incluirá en los informes, reportes o publicaciones finales del estudio (comunicaciones a congresos o publicaciones científicas).

Si requiere información adicional por favor siéntase libre de preguntar todas sus dudas al equipo investigador coordinado por el profesor Irene Sánchez (isanchezp@ioba.med.uva.es). Después de leer esta hoja de información, si está conforme, por favor complete el formulario de Consentimiento Informado y fírmelo. El equipo investigador le facilitará una copia y no dude en realizar cuantas preguntas considere necesarias.

Muchas gracias por su tiempo.

ANEXO III

Consentimiento informado para el estudio “Análisis y aplicación de la tecnología de Eye tracker en Optometría”

D/Dña _____ con DNI _____ y
_____ años de edad residente en _____
provincia de _____ manifiesto que he sido informado/a por
_____ sobre los siguientes aspectos en cuanto a la participación en el
estudio arriba mencionado.

1. He leído la hoja de información que se me ha entregado.
2. La participación en este estudio es de forma voluntaria.
3. Acepto que se realicen las exploraciones complementarias a la exploración habitual (registros con Eye Tracker).
4. Conozco que esta medida no provoca efectos secundarios.
5. He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.
6. He hablado con el equipo investigador abajo firmante.
7. Que la participación en este estudio garantiza la confidencialidad de los datos personales que nunca serán desvelados ni facilitados, analizándose únicamente los datos clínicos de forma anónima.

Por lo que declaro que todas mis dudas y preguntas han sido aclaradas, que he comprendido que la participación es voluntaria y que comprendo que puedo revocar mi consentimiento para este estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos. Por ello doy mi consentimiento para participar en el estudio.

En Valladolid, a ___ de _____ de 2021

Firma del Tutor

Firma del Investigador

Estoy de acuerdo en que mis datos personales relativos a este trabajo sean almacenados, procesados electrónicamente y transmitidos, con propósitos de análisis de los datos derivados de este estudio. Doy mi consentimiento para que el personal autorizado del Departamento de Física Teórica Atómica y Óptica, del IOBA o las autoridades sanitarias revisen que el estudio se está llevando a cabo de manera correcta e inspeccionen los historiales clínicos referente a la colaboración en este estudio.

Así mismo autorizo a mi investigador principal a que emplee la información clínica necesaria recogida en el estudio para que pueda ser procesada y analizada, sin que se revele la identidad del voluntario.

Fecha: