



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Visión Deportiva. Tiempo de Reacción Motora
Frente a Estímulos Visuales.

Presentado por María León González

Tutelado por: Irene Sánchez Pavón

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a, 29 de mayo de 2024

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MATERIAL Y MÉTODO	8
2.1. Diseño	8
2.2. Metodología	8
2.3. Análisis estadístico	10
3. RESULTADOS	12
4. DISCUSIÓN	14
5. CONCLUSIONES	16
6. BIBLIOGRAFÍA	17
7. ANEXOS	18
7.1. Anexo I Aprobación del Comité.....	18
7.2. Anexo II Cuestionario de Actividad Visual y Deportiva.....	19

RESUMEN

El tiempo de localización y reacción frente a estímulos dinámicos y estáticos es un valor relevante en diferentes actividades de la vida diaria como conducir o el deporte. En este trabajo el objetivo es determinar los valores de normalidad referidas a tiempos de localización y reacción motora frente a diferentes tipos de estímulos visuales a sujetos entre 18 y 40 años. Para ello se reclutaron 30 sujetos voluntarios a los que se evaluó los tiempos de localización y los tiempos de reacción o respuesta frente a diferentes estímulos visuales con el software VSport (VisionaryTool, S.L.). Como resultado se obtuvieron tiempos de reacción mejores o menores en el caso de personas que conducen y que parece que estos tiempos pueden tener una correlación entre una buena coordinación ojo-mano y una visión binocular estable. Se concluyó que no podemos discriminar que la parte visual sea la única influyente en los tiempos de reacción ya que puede haber otros factores no medidos que lo hagan así que es importante seguir realizando estudios que demuestren la relación.

ABSTRACT

Location and reaction time to dynamic and static stimuli is a relevant value in different activities of daily life such as driving or sports. In this work the objective is to determine the normality values referring to localization times and motor reaction to different types of visual stimuli in subjects between 18 and 40 years old. To do this, 30 volunteers were recruited and their localization times and reaction or response times to different visual stimuli were evaluated with the VSport software (VisionaryTool, S.L.). As a result, better or shorter reaction times were obtained in the case of people who drive and a correlation and seems to exist a correlation between good eye-hand coordination and stable binocular vision. It is concluded that we cannot discriminate that the visual function is the only one that influences reaction times because there may be other unmeasured factors, so it is important to continue carrying out studies that demonstrate the relationship.

1. INTRODUCCIÓN

En la vida diaria la información sensorial visual es fundamental para ejercer una respuesta motora, junto con el sistema perceptivo, el de decisión, y el de acción.¹ El córtex prefrontal y el córtex parietal posterior se encargan de identificar la información visual relevante en función de la atención y de la experiencia previa del sujeto para llevar a cabo una respuesta motora.²

Los estímulos visuales se procesan por la vía visual principal de forma aferente a través de los axones de las células ganglionares de la retina que van a formar el nervio óptico, pasando por el quiasma, donde se decusa las fibras nasales de cada ojo, hasta llegar al núcleo geniculado lateral (NGL). El proceso que se encarga de traspasar la imagen al cerebro se separa en dos vías con especificidades e histología diferente que trascurren paralelas del NGL hasta en córtex cerebral, donde se obtendrá la representación de la imagen global. Estas son la vía parvocelular y magnocelular (Fig.1). La vía parvocelular lleva la información sobre la forma, el contraste y el color, y se dividen en las capas 3, 4, 5 y 6 que a su vez sinaptan en el córtex visual primario (área XVII), en las capas 4C β y de esta capa se dirigen a las capas 2 y 3. La vía magnocelular lleva la información sobre el movimiento, la profundidad de campo y la visión binocular y se divide en las capas 1 y 2 en el córtex visual primario (área XVII) donde sinapta en la capa 4C α y 4B. Por lo tanto, el procesamiento visual al ver un estímulo en movimiento seguirá la vía magnocelular.³

La vía magnocelular (Fig.1) proyecta sus axones en la vía V1, donde hay células simples y complejas con selectividad direccional. Desde V1, los axones se dirigen a V2 y luego a V3 o V5, que finalmente proyectan al lóbulo parietal. En V3 se detecta la forma dinámica del objeto en movimiento, mientras que en V5 se percibe el movimiento global y la profundidad de campo. V5 se subdivide en dos áreas: una analiza el movimiento en el campo visual y la otra nuestro propio movimiento sobre el campo visual. Estas subáreas son altamente sensibles al movimiento tal como lo percibimos, con selectividad de orientación y dirección, y son capaces de percibir la profundidad de campo. La información sobre el movimiento y la profundidad de campo se transmite rápidamente a través de la vía magnocelular, que es sensible a la dirección y a la disparidad binocular, y que demuestra una alta resolución temporal.³

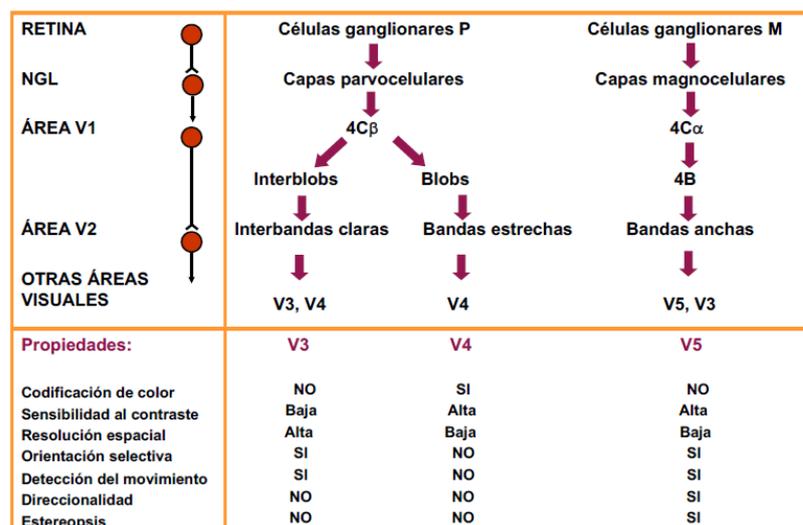


Fig. 1. Principales conexiones del sistema visual

La corteza motora está compuesta principalmente por dos áreas en el lóbulo frontal: la corteza motora primaria (área 4 de Brodmann) y la corteza premotora (incluyendo el área motora suplementaria y las áreas 6 y 8 de Brodmann). Es ahí donde se planifica, se inicia y se ejecuta el movimiento. El efecto puede ser: Directo, sale una única neurona que hace sinapsis en la medula espinal, o indirecto, no va directamente a la medula, habrá sinapsis en distintas zonas del tronco del encéfalo, por lo que elaboran una respuesta más compleja.³

Esta señal motora, es decir, la señal neuronal, se divide en dos canales neuronales: el canal dorsal que proyecta desde la corteza occipital hasta la corteza parietal posterior proporcionando información de propiedades espaciales y donde termina la vía magnocelular y el canal ventral, a través del córtex temporal inferior que proporciona más información sobre detalles e identificación de los objetos percibidos donde termina la vía parvocelular. La coordinación ojo-mano se basa en la interacción entre las corrientes visuales ventral y dorsal. En la vía dorsal se proyecta la información desde la corteza visual primaria hacia la corteza pre-estriada dorsal y, posteriormente, a la corteza parietal posterior. Funcionalmente, está relacionada con la percepción del “dónde”. Es decir, ayuda a localizar objetos en el espacio. Sin embargo, la vía ventral es la relacionada con la identificación de características de los objetos (como forma y color) y recorre desde la corteza visual primaria hacia la corteza pre-estriada ventral y, luego, a la corteza infero-temporal. Esta vía no está directamente involucrada en la localización espacial, pero es crucial para reconocer y describir los objetos. Ambas vías trabajan juntas para lograr una coordinación efectiva entre la visión y los movimientos de las manos en la coordinación ojo-mano.³

Estos dos canales convergen en áreas del córtex prefrontal y del córtex parietal posterior, proporcionando información significativa para asistir a la toma

de decisiones. Los nuevos modelos indican que el foco atencional y la experiencia previa dirigen conjuntamente el proceso de selección de la información relevante.^{2,4}

Una vez procesado el estímulo visual se produce el movimiento. Existen movimientos involuntarios y movimientos voluntarios que pueden mejorar con la practica por procesos de retroalimentación y mecanismos anticipatorios. Los sistemas motores están organizados jerárquicamente: las motoneuronas espinales ejecutan el movimiento, el troncoencéfalo modula la acción de los circuitos motores espinales, el córtex cerebral modula la acción de las motoneuronas troncoencefálicas y espinales, el cerebelo y los ganglios basales influyen los sistemas motores a nivel cortical y del troncoencéfalo y la información sensorial relativa al movimiento se procesa en sistemas diferentes que operan en paralelo (Fig. 2.). El movimiento es modulado por el cerebelo. Las funciones del cerebelo en el control motor son la coordinación de movimientos (detección y corrección de errores entre el programa motor y el movimiento realizado), la postura y el equilibrio y el aprendizaje motor.³



Fig. 2. Organización de los Sistemas Neurales Implicados en el Control del Movimiento³

Hay diferentes tipos de movimientos, como son los estáticos y dinámicos. Las demandas de tareas estáticas son aquellas en las que la información visual es estacionaria, lo que permite procesar una imagen estable. Las demandas de tareas no estáticas son aquellas en las que la información está en movimiento, lo que requiere el procesamiento constante de cambios de la escena visual en busca de la nueva información visual.⁵

También influyen en el procesamiento visual el tamaño del objeto, el rango de espacio visual delimitado por el rango de espacio físico, el color, la textura, el contraste figura/fondo, la localización direccional, la discriminación de profundidad y localización espacial, el ángulo de mirada, la posición del cuerpo, el equilibrio, el estrés y las demandas de atención visual.⁵

En el mecanismo perceptual se incluye la resolución visual, el juicio de profundidad, los movimientos oculares y la visión periférica. Junto con el mecanismo de decisión y el mecanismo efector da lugar al procesamiento de la información visual. La toma de decisiones pone en juego numerosos procesos cognitivos, entre ellos el procesamiento de los estímulos presentes en la tarea, el recuerdo de experiencias anteriores y la estimación de las posibles consecuencias de las diferentes opciones.⁵ Durante la vida diaria cada individuo está sometido a diferentes experiencias influenciadas por el tiempo de reacción como son conducir, cocinar, caminar, jugar a videojuegos, hacer ejercicios mentales o practicar algún deporte, entre otras cosas. La capacidad visual y el tiempo de reacción influyen en su respuesta motora. Medir el tiempo de reacción en diferentes sujetos y en diferentes situaciones ayuda a analizar y relacionar la implicación de la información sensorial visual con la respuesta motora y por ende el rendimiento en un sujeto para así conocer si se pueden plantear estrategias que mejoren los tiempos de reacción a estímulos visuales y por lo tanto el rendimiento. De esta manera se miden de forma integrada todos estos conceptos, midiendo el tiempo de reacción a estímulos estáticos y dinámicos con y sin distractores. En este trabajo el objetivo es determinar los valores de normalidad referidas a tiempos de localización y reacción motora frente a diferentes tipos de estímulos visuales a sujetos entre 18 y 40 años.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Diseño

Se reclutaron voluntarios entre la población universitaria entre 18-40 años. La muestra debía estar formada por al menos 30 sujetos.

Después de una valoración optométrica se evaluó mediante realidad virtual los tiempos de localización y los tiempos de reacción o respuesta frente a diferentes estímulos visuales.

Este fue un estudio prospectivo analítico cuyos criterios de exclusión son:

- Sintomatología visual
- Patología ocular
- Ambliopía
- Estrabismo >10 dp
- Discapacidad mental o daño cognitivo

2.2. Metodología.

Para llevar a cabo las medias se ha utilizado el software Visionary Sport (Visionary tool SL, España). Este Software de realidad virtual muestra la interfaz que aparece en la Fig. 3. La gafa de realidad virtual utilizada para este trabajo es la HTC VIVE PRO EYE (Fig. 4) que incluye un eye tracker que ayuda a la medida los tiempos de localización de los estímulos visuales, pudiendo así conocer tiempo de localización y tiempos de reacción.

El tiempo de localización se mide desde que aparece el estímulo hasta que el eye tracker de la gafa de realidad virtual identifica que los ojos lo han encontrado y el tiempo de reacción, se mide desde que se localiza el objeto hasta que se ejecuta el movimiento correcto. El sujeto tenía que identificar el estímulo a lo largo de su campo visual y una vez localizado reaccionar mecánicamente extendiendo el brazo para seleccionar el tipo de estímulo que había visto (Fig.5). En este tipo de prueba se procesa, entre otras áreas cerebrales, en la subárea V5 quien está implicada en analizar el movimiento en el campo visual, ya que el estímulo ha de verse, y también es la que analiza nuestro propio movimiento para que el cerebro haga los cálculos de extender el brazo y darle al botón virtual del estímulo detectado. Este mecanismo requiere de coordinación ojo-mano.

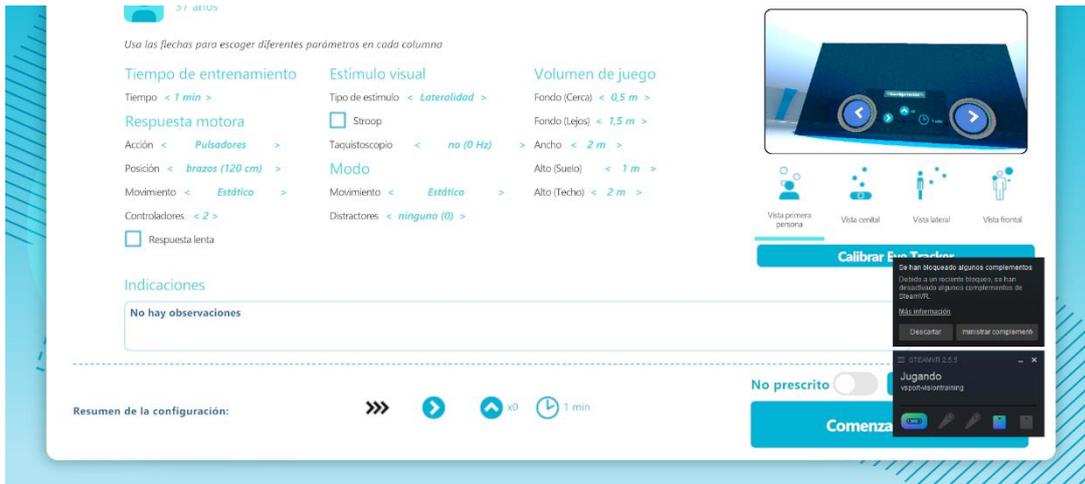


Fig.3 Interfaz del software Visionary Sport (Visionary tool SL, España).



Fig. 4. Gafa de realidad virtual HTC VIVE PRO EYE

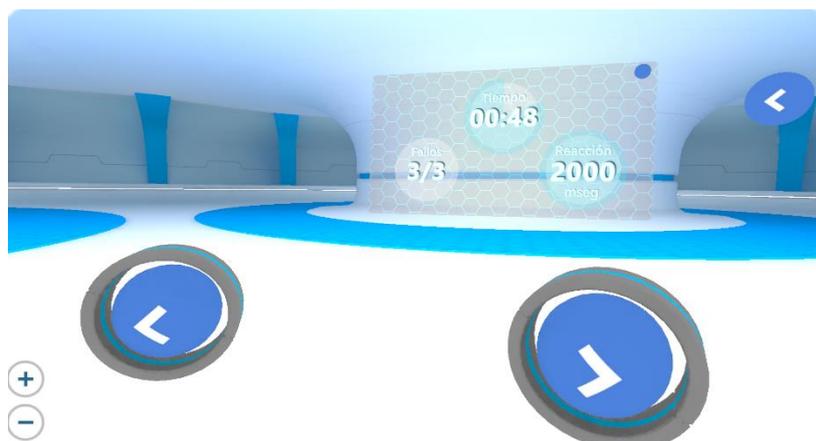


Fig. 5. Imagen de lo que el sujeto ve a través de la gafa de realidad virtual HTC VIVE PRO EYE

Información para los participantes:

Se entregará la hoja de información junto con el consentimiento informado a los participantes. Se les explicará de forma verbal, enfatizando en que la participación es voluntaria y se registrarán los consentimientos informados. Se explicará resumidamente en qué consisten las pruebas y su finalidad.

Los voluntarios serán citados para realizar la evaluación optométrica inicial según detalla el plan de trabajo (siguiente sección), una vez informados y obtenido su consentimiento. Tras verificar que se cumplen los criterios de inclusión y exclusión se procederá a realizar las pruebas que miden los tiempos de reacción, que tendrán una duración de 1 minuto cada una.

Tanto la evaluación optométrica como las pruebas se realizarán en el laboratorio de investigación en Optometría BS01 habilitado para tal fin en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid.

Plan de trabajo:

Anamnesis: A parte de las preguntas habituales se realizará un breve cuestionario a los participantes para conocer su actividad deportiva y laboral en relación con la carga visual que conlleve (ANEXO II).

La evaluación optométrica inicial constará de una valoración completa del estado visual del voluntario, pasando a formar parte del estudio los siguientes datos en caso de que cumpla con los criterios de inclusión y firme el consentimiento informado:

- Edad y sexo
- Estado refractivo
- Agudeza Visual en visión lejana
- Estado acomodativo: amplitud de acomodación, MEM, flexibilidad acomodativa binocular.
 - Estado binocular: Cover Test, varilla de Maddox horizontal y vertical, rangos vergenciales, estereoagudeza en visión próxima con el test random dot 1s.
 - Estado oculomotor: motilidad ocular extrínseca.

2.3. Análisis estadístico

Se tendrán en cuenta las variables recogidas en la evaluación optométrica, además de los resultados de tiempos de reacción que proporciona el software seleccionado y las respuestas de los cuestionarios obtenidas en la anamnesis.

La recogida de los datos se realizó de manera prospectiva. Los datos clínicos se recogieron en una hoja de Excel 2021 y fueron posteriormente analizados mediante IBM SPSS 26.00 para Windows, donde se realizó el análisis estadístico. Para la selección de las pruebas que se utilizarán para la comparación de los tiempos de reacción medios se realizó la prueba de

normalidad (Kolmogorov Smirnov). Al ser un bajo tamaño muestral la distribución de los datos es no paramétrica, como se esperaba, por lo que tanto para comparaciones como para correlaciones se utilizaran test adecuados para este tipo de datos, como es el test de rango de Wilcoxon y el coeficiente de correlación de Spearman.

3. RESULTADOS

En este estudio participaron 33 voluntarios sanos (23 mujeres y 10 hombres) cuyos datos descriptivos se muestran en la tabla 1, tanto variables clínicas, como tiempos de reacción y el promedio de horas en cerca, uso de pantallas y tiempo empleado en hacer deporte. 26 de estos voluntarios conducen y 7 no. No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el tiempo dedicado a hacer deporte, ni el número de horas de trabajo en cerca ($p > 0,09$) y los tiempos medidos con el software informático (tiempos de localización/reacción, fallos o número de intentos). Sin embargo, existe una correlación estadísticamente significativa entre el número de horas de uso de pantallas y el número de fallos en el test estático sin distractores ($r=0,40$; $p<0,01$), en los fallos del test dinámico sin distractores ($r=0,30$; $p=0,04$), el número de intentos, el tiempo total del test dinámico con distractores ($r=-0,30$; $p=0,02$) y el número de trial en el test dinámico con distractores ($r=0,40$; $p<0,01$).

Si se analizan estos datos diferenciando a las personas que conducen de las que no y se comparan los parámetros medidos con el software informático Visionary Sport se observan diferencias estadísticamente significativas ($p<0,03$) en el tiempo total (865,34 vs 973,86 milisegundos), en el tiempo de reacción (525,15 vs 588,00 milisegundos) y en el número de intentos (29 vs 27) del test dinámico sin distractores, siendo menores los tiempos para los que conducen y realizando esto un número mayor de intentos.

En cuanto a las variables optométricas no se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas de los tiempos de reacción y localización medidos con el software informático, con el error refractivo, ni con la estereopsis, la AV o la amplitud de acomodación. Pero se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas entre en retraso acomodativo del OD y los fallos en el test estático con distractores ($r=-0,28$; $p=0,04$), el retraso acomodativo del OI con el tiempo de localización del test dinámico con distractores ($r=-0,30$; $p=0,02$), mientras que la flexibilidad acomodativa binocular presenta correlaciones estadísticamente significativas con tiempo total, el tiempo de localización y el número de fallos del test dinámico con distractores.

Variable analizada	Media ± DE	Rango (Min-Max)
Edad (años)	24,76 ± 5,50	19,00 – 38,00
Días/semana deporte	2,12 ± 2,16	0,00 – 7,00
Horas/día deporte	0,98 ± 1,06	0,00 – 4,00
Horas/día en visión próxima	6,56 ± 3,03	2,00 – 13,00
Horas/día con pantallas	6,20 ± 2,74	2,00 – 13,00
AV OD (escala decimal)	1,00 ± 0,20	0,20 - 1,40
AV OI (escala decimal)	0,98 ± 0,27	0,20 – 1,60
AVvp OD (escala decimal)	0,98 ± 0,05	0,80 -1,00
AVvp OI (escala decimal)	0,98 ± 0,06	0,80 – 1,00
Esf OD (D)	-1,57 ± 1,87	-7,50 – 1,00
Cil OD (D)	-0,28 ± 0,37	-1,50 – 0,00
Esf OI (D)	-1,61 ± 2,11	-8,00 – 3,50
Cil OI (D)	-0,25 ± 0,34	-1,00 – 0,00
AA OD (D)	9,30 ± 2,81	5,00 – 15,00
AA OI (D)	9,69 ± 3,07	6,00 – 18,00
MEM OD (D)	1,31 ± 0,81	0,00 – 3,50
MEM OI (D)	1,29 ± 0,76	0,00 – 3,50
Estereopsis (segundos de arco)	70,78 ± 34,49	63,00 – 250,00
Flexibilidad Ac binocular (cpm)	10,76 ± 4,04	1,00 – 21,00
T. Total Test Estático sin Distractor (ms)	832,30 ± 110,96	535,00 – 1065,00
T. Localización Estático sin Distractor (ms)	334,30 ± 72,80	110,00 – 464,00
T. de Reacción Estático sin Distractor (ms)	498,00 ± 72,27	338,00 – 635,00
Fallos Test Estático sin Distractor	1,73 ± 1,46	0,00 – 5,00
N.º de Intentos del Test Estático sin Distractor	29,58 ± 1,64	26,00 – 34,00
T. Total Test Estático con Distractor (ms)	1375,00 ± 123,78	1011,00 – 1565,00
T. Localización Estático con Distractor (ms)	768,88 ± 148,82	200,00 – 1034,00
T. de Reacción Estático con Distractor (ms)	606,12 ± 98,55	357,00 – 811,00
Fallos Test Estático con Distractor	3,82 ± 2,66	0,00 – 11,00
N.º de Intentos del Test Estático con Distractor	23,64 ± 1,11	22,00 – 27,00
T. Total Test Dinámico sin Distractor (ms)	888,36 ± 119,85	557,00 – 1074,00
T. Localización Dinámico sin Distractor (ms)	349,88 ± 81,76	41,00 – 479,00
T. de Reacción Dinámico sin Distractor (ms)	538,48 ± 81,65	354,00 – 669,00
Fallos Test Dinámico sin Distractor	0,97 ± 1,29	0,00 – 5,00
N.º de Intentos del test dinámico sin distractor	28,79 ± 1,75	26,00 – 34,00
T. Total Test Dinámico con Distractor (ms)	1400,73 ± 193,20	986,00 – 1929,00
T. Localización Dinámico con Distractor (ms)	807,12 ± 172,69	114,00 – 1106,00
T. de Reacción Dinámico con Distractor (ms)	593,61 ± 124,11	326,00 – 902,00
Fallos Test Dinámico con Distractor	3,52 ± 2,46	0,00 – 10,00
N.º de Intentos del Test Dinámico con Distractor	23,55 ± 1,59	21,00 – 28,00

Tabla 1. Variables analizadas. AV: agudeza visual, OD: ojo derecho, OI: ojo izquierdo, D: dioptrías, vp: visión próxima, Cil: cilindro, Esf: esfera, AA: amplitud de acomodación, Ac: acomodativa, cpm: ciclos por minuto T: tiempo.

4. DISCUSIÓN

Una de las acciones más cotidianas hoy en día es conducir, una gran cantidad de la muestra obtenida son conductores habituales. Conducir implica además de un aprendizaje teórico y mecánico, una gran demanda visual que ha de ser cumplimentada con una gran capacidad de reacción ante los estímulos y situaciones que se puedan presentar, ya que la velocidad de reacción depende entre otras cosas de la visión, es decir, de la capacidad de percibir el estímulo como inicio de la reacción. Durante la conducción por una carretera, el ángulo de mirada guía la acción de la mano sobre el volante. La mirada del conductor se dirige 1 o 2 segundos a un punto tangente en el interior de cada curva. La curvatura de la carretera se predice por la dirección de este punto en relación con la dirección del movimiento del coche. En esta y otras tareas similares el cerebro utiliza la misma estrategia.⁶ Según los resultados obtenidos de las medidas de los tiempos de reacción (Tabla 1), los sujetos conductores dan una respuesta más rápida que los sujetos no conductores. Esto concuerda con que los conductores tengan un aprendizaje sobre este mecanismo y hayan obtenido tiempos de reacción más rápidos. La atención dividida requiere específicamente procesar y/o responder a la información de una tarea mientras se realiza otra simultáneamente, lo que en el caso de la conducción implica monitorear continuamente la información de la carretera para controlar el vehículo, mientras se mantiene simultáneamente la conciencia de los peligros potenciales que lo rodean.⁷ De esta forma los conductores han obtenido mejores tiempos al estar familiarizados con este sistema.

Asimismo la velocidad de reacción es importante en la conducción, es un valor crítico en la seguridad, con consecuencias para el conductor y otras personas en la carretera. El riesgo de accidente es 1,8 veces mayor entre individuos que tienen un tiempo de reacción lento.⁸ El estudio, realizado por Lempke et al.,⁸ comparó los tiempos de reacción en la conducción entre personas con conmoción cerebral y personas sanas. La conmoción cerebral es una lesión cerebral difusa que afecta a millones de atletas, miembros del servicio militar y a gente en general cada año. Concluyeron que el tiempo de reacción en la conducción era más lento en personas asintomáticas con conmoción cerebral. Esta información es de vital importancia porque tal vez, este tipo de estrategias o medidas deberían ser incluidas en los exámenes que se realizan a los conductores para la renovación de su permiso de conducción, ya que la medida de estos tiempos podría ser un factor que afecte de manera importante a la seguridad en la circulación.

Al igual que hay pacientes que tienen tiempos de reacción alterados como las personas que han sufrido una conmoción, hay personas que por su tipo de vida, actividades o habilidades están por encima de lo normal. Se han demostrado en varios estudios deportivos^{9,10} que los deportistas presentan mejores habilidades visuales en coordinación ojo-mano teniendo tiempos de reacción menores que el grupo control que no realizaba ningún deporte. Entre la muestra obtenida para la realización de este TFG se encontraban sujetos que

realizaban algún deporte de forma ocasional, sin embargo no se obtuvieron resultados significativos en cuanto a tiempos de reacción si se clasificaba a los voluntarios teniendo en cuenta que practica algún deporte y quien no, por lo que parece que para que esta mejora en los tiempos de reacción se produzca habría que analizar el tipo de deporte, que implique una constante coordinación ojo-mano, como podrían ser el baloncesto, el balonmano, voleibol, etc y el tiempo que se dedica semanalmente de practicarlo. De todos modos, el método de medida con respecto a otros estudios no es el mismo y no se puede hacer una comparativa o extrapolación de forma adecuada a lo que se ha medido en este estudio, pero se ha demostrado que deportistas, conductores y personas con una buena coordinación y practica del mecanismo ojo-mano tienen tiempos de reacción menores.^{8,9}

Respecto a los resultados optométricos, se encontraron algunas correlaciones puntuales, que dado el bajo tamaño muestral podrían indicar que los parámetros de visión binocular pudieran estar relacionados con los tiempos de reacción por lo que las personas con un sistema binocular estable y parámetros dentro de la normalidad se correlaciona con unos tiempos de reacción menores y con una menor cantidad de fallos. Aunque, para corroborar esta información, sería necesario recoger más datos o realizar un nuevo estudio. En el estudio de Thomas et al.¹⁰ concluyeron que el procesamiento visual durante los primeros milisegundos del vuelo de la pelota junto con la visión binocular estable facilita la activación de la retina en jugadores de críquet talentosos. No hay evidencia de cuál es el papel que juega la parte del sistema visual en los tiempos de reacción porque hay numerosas áreas cerebrales implicadas pero, dado los resultados obtenidos y los revisados en otros estudios, tener un sistema visual bien coordinado con una visión binocular estable puede afectar al valor de los tiempos de localización y de reacción ya que se han encontrado ligeras correlaciones entre el retraso acomodativo del OD y los fallos en el test estático con y el retraso acomodativo del OI con el tiempo de localización del test dinámico con distractores.¹¹

En cuanto al número de fallos es bastante variable entre los sujetos, pero esto puede ser, como se describe el estudio de Yeomans et al.,¹² porque a la hora de seguir un estímulo con la mirada, las personas que realizaban movimientos oculares de búsqueda suaves producían errores absolutos más pequeños en comparación con las personas que realizaban movimientos oculares sacádicos. Siendo este un campo de estudio muy interesante por los optometristas en uno de los siguientes objetivos para continuar esta línea de investigación.

5. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que los tiempos de reacción son mejores o menores en el caso de personas que conducen estableciendo así parámetros para gente sana y que pudieran considerarse adecuados para la conducción. Además, parece que los parámetros de visión binocular también guardan cierta relación con los tiempos de localización/reacción. Esto puede ser debido a que la tarea de conducción funciona como un entrenamiento de lo que es el mecanismo analizado, la coordinación ojo-mano y que la coordinación de ambos ojos sea también importante en la precisión de la coordinación ojo-mano al igual que en los deportistas.

Con estos resultados no es posible discriminar que la parte visual sea la única influyente en los tiempos de reacción ya que puede haber otros factores no medidos que lo hagan. Sabiendo que la visión tiene gran relevancia en acciones como la conducción o el deporte además de actividades de la vida diaria donde se requiere velocidad de reacción, es importante seguir realizando estudios que demuestren la relación con estas actividades y que al mejorarlo pueda conducir a un mejor rendimiento ya que hay capacidades visuales que cuando están alteradas podrían afectar a los tiempos de reacción y que están implicados con más mecanismos a parte del visual.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Welford AT. The Measurement of Sensory-motor Performance: Survey and Reappraisal of Twelve Years Progress. *Ergonomics* 1960;3:89–230.
2. Wolfe JM, Horowitz TS. What Attributes Guide the Deployment of Visual Attention and How Do They Do It? *Nat Rev Neurosci* 2004;5:495–501.
3. Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., Lamantia, A.S. & Mcnamara, J.O, 2004. *Neuroscience*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA. 3ª ed.
4. Singer W. Consciousness and the Binding Problem. *Ann N Y Acad Sci* 2001;929:123–46.
5. Erickson GB. *Sports Vision: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. Ed. Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN-13 978-0750675772. Capítulos 2 y 3
6. Battaglia-Mayer A, Caminiti R. Parieto-frontal networks for eye-hand coordination and movements. *Handb Clin Neurol*. 2018;151:499-524. doi: 10.1016/B978-0-444-63622-5.00026-7.
7. Tatham AJ, Boer ER, Gracitelli CP, Rosen PN, Medeiros FA. Relationship Between Motor Vehicle Collisions and Results of Perimetry, Useful Field of View, and Driving Simulation in Drivers With Glaucoma. *Transl Vis Sci Technol*. 2015 May 22;4:5. doi: 10.1167/tvst.4.3.5.
8. Lempke LB, Lynall RC, Hoffman NL, Devos H, Schmidt JD. Slowed driving-reaction time following concussion-symptom resolution. *J Sport Health Sci*. 2021 Mar;10:145-153. doi: 10.1016/j.jshs.2020.09.005.
9. Nascimento H, Alvarez-Peregrina C, Martinez-Perez C, Sánchez-Tena MÁ. Vision in Futsal Players: Coordination and Reaction Time. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Aug 27;18:9069. doi: 10.3390/ijerph18179069.
10. Thomas NG, Harden LM, Rogers GG. Visual evoked potentials, reaction times and eye dominance in cricketers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005;45:428-33.
11. Carey DP. Eye-hand coordination: eye to hand or hand to eye? *Curr Biol*. 2000;10:R416-9. doi: 10.1016/S0960-9822(00)00508-x.
12. Yeomans MA, Phillips B, Dalecki M, Hondzinski JM. Eye movement influences on coupled and decoupled eye-hand coordination tasks. *Exp Brain Res*. 2021;239:2477-2488. doi: 10.1007/s00221-021-06138-0.

7. ANEXOS

7.1. Anexo I Aprobación del Comité



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

Dr F. Javier Álvarez, Secretario Técnico del COMITÉ DE ÉTICA DE LA
INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS del Área de salud Valladolid Este

CERTIFICA

En la reunión del CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE del 23 de noviembre de 2023, se procedió a la evaluación de los aspectos éticos del siguiente trabajo de fin de grado:

PI 23-3386 TFG NO HCUV	OPTOMETRÍA DEPORTIVA. TIEMPO DE REACCIÓN MOTORA FRENTE A ESTÍMULOS VISUALES	I.P.: IRENE SANCHEZ PAVON EQUIPO: AINARA CARRERA SILVA, MARIA LEON GONZA- LEZ UVA
------------------------------	---	---

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

Considerando que el Trabajo fin de grado 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** del Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos Área de Salud Valladolid Este para la realización del trabajo fin de grado.

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@uva.es
jalvarezgo@saludcastillayleon.es
tel.: 983 423077

7.2. Anexo II Cuestionario de Actividad Visual y Deportiva

1. ¿Cuántos días a la semana realizas deporte?
2. ¿Cuántas horas al día realizas deporte?
3. ¿Qué deporte o deportes practicas?
4. ¿Cómo consideras la intensidad de deporte que practicas?
Baja (nivel aficionado)
Media (competiciones ocasionales)
Alta (actividad deportiva federada o profesional)
5. ¿Cuántas horas al día trabajas o estudias de cerca (aproximadamente), incluyendo tanto actividades digitales como actividades con papel?
6. ¿Cuántas horas al día (aproximadamente) estas visualizando pantallas, incluyendo el tiempo de ocio?