

Sport Performance

Realidad Virtual para la Mejora del Rendimiento Visual en Deportistas

Virtual Reality for Visual Performance Enhancement in Athletes

Sanz Lainez, María.¹, Saz Onrubia, Elena.¹, Bernárdez Vilaboa, Ricardo.¹, Carracedo Rodríguez, Juan Gonzalo.¹

¹Facultad de Óptica y Optometría. Universidad Complutense de Madrid

Dirección de contacto: ricardob@ucm.es

Ricardo Bernárdez Vilaboa

Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 28 de diciembre de 2023

RESUMEN

La visión juega un papel fundamental en el deporte ya que proporciona información crucial al atleta sobre cómo, cuándo y dónde debe actuar. Se demostró que las habilidades visuales aportan hasta un 85-95% de la información sensorial que recibe el deportista, afectando a la coordinación de movimientos y al equilibrio del jugador. Investigaciones previas han evidenciado diferencias en las habilidades visuales entre deportistas y no deportistas, así como entre deportistas expertos y novatos. Se han identificado diversas habilidades visuales relevantes en el rendimiento deportivo, como la coordinación ojo-extremidad, la agudeza visual (AV) estática y dinámica, la visión periférica, el enfoque espacial, la velocidad de reacción, la búsqueda visual, la percepción de distancias y la estereopsis. Este estudio de investigación analiza el efecto de las gafas de realidad virtual HTC Vive Pro Eye y el programa informático Visionary Sport en las habilidades binoculares de jugadores de baloncesto. Se evaluaron un total de 23 sujetos en el centro Liceo Francés de Conde de Orgaz (Madrid) durante el periodo comprendido entre marzo y mayo de 2023. El protocolo consistió en seis fases de tratamiento con modificaciones de parámetros en el juego de búsqueda visual que aumentaban la dificultad de este. Se compararon las habilidades visuales antes y después del tratamiento, así como las dos pruebas objetivo que se realizaron en la primera y última fase. Tras este entrenamiento se concluyó que existía una mejora significativa en las vergencias fusionales positivas (VFP) y en el tiempo de reacción y tiempo motor entre las distintas fases. Por el contrario, no se hallaron diferencias significativas de los tiempos obtenidos en las pruebas objetivo que se realizaron al principio y al final del entrenamiento.

Palabras Clave: Visionary Sport, habilidades visuales, tiempo de búsqueda, tiempo de reacción, tiempo motor, vergencias fusionales.

ABSTRACT

Vision plays a fundamental role in sport, as it provides crucial information to the athlete on how, when, and where to act. It was shown that visual skills provide up to 85-95% of the sensory information received by the athlete, affecting the player's coordination of movements and balance. Previous research has shown differences in visual skills between athletes and non-athletes, as well as between expert and novice athletes. Several visual skills relevant to sports performance have been identified, such as eye-extremity coordination, static and dynamic visual acuity (VA), peripheral vision, spatial focus, reaction speed, visual search, distance perception and stereopsis. This research study analyzes the effect of HTC Vive Pro Eye virtual reality goggles and Visionary Sport software on binocular skills of basketball players. A total of 23 subjects were evaluated at the Lycée Français center in Conde de Orgaz (Madrid) during the period between March and May 2023. The protocol consisted of six treatment phases, with modifications of parameters in the visual search game that increased the difficulty of the game. Visual skills were compared before and after the treatment, as well as the two target tests performed in the first and last phases. After this training it was concluded that there was a significant improvement in positive fusional vergence (PFV) and in reaction time and motor time between the different phases. On the other hand, no significant differences were found in the times obtained in the target tests performed at the beginning and at the end of the training.

Keywords: Visionary Sport, visual skills, search time, reaction time, motor time, fusional vergences.

INTRODUCCIÓN

Para conseguir un desempeño experto en una determinada actividad se requiere de la inversión de periodos de tiempo de entrenamiento en el área específica que ejercita las habilidades requeridas tanto como para una tarea como para un deporte. Este entrenamiento y también la obtención de nuevas habilidades motoras generalmente implica tres procesos: el aprendizaje por observación, donde se transmite la información referida a la tarea que se quiere entrenar; la interferencia contextual, como se va a estructurar la práctica de las habilidades; y la frecuencia, el tiempo y la precisión de entrenamiento (Miles et al., 2012).

En el ámbito deportivo la visión es un factor de suma importancia a la hora de entrenar habilidades relacionadas con un deporte ya que es el sentido responsable de la reacción a lo que se observa lo que desencadena la respuesta de los músculos ofreciendo así información al deportista de cómo, cuándo y dónde debe actuar (Junyent et al., 2003).

Las capacidades y habilidades de los deportistas han sido examinadas y mejoradas a lo largo de los años, debido a esto han ido apareciendo métodos cada vez más avanzados para evaluar y entrenar estas propiedades físicas de los atletas (Jovanovic et al., 2011).

Relación entre habilidades visuales y el deporte

La competencia en el deporte se basa en que los participantes tengan un conjunto de habilidades físicas y mentales. Los deportistas, junto con los entrenadores, están constantemente buscando formas de mejorarlas. El foco de estos programas de entrenamiento deportivo se encuentra, principalmente, en habilidades de percepción, visuales y motoras. Este nuevo método ha incrementado la visibilidad de la optometría deportiva (Nascimento et al., 2021).

El entrenamiento de diversas habilidades visuales busca mejorar y preservar las funciones visuales con el fin de obtener un mejor rendimiento deportivo (Nascimento et al., 2021).

Las habilidades visuales son esenciales para multitud de deportes puesto que aportan hasta un 85 - 95 % de la información sensorial que recibe el deportista (Knudson & Kluka, 1997). Se demostró que las funciones disminuidas de visión afectan a la coordinación de movimiento, el equilibrio y el estado emocional del jugador (Spera et al., 2019). Además, se relacionó una buena visión, con respuestas rápidas a los diferentes tipos de estímulos, lo que resulta de gran importancia a los deportistas (Sirico et al., 2020).

Diversos estudios demostraron que las personas deportistas presentaban mejores habilidades visuales que las personas que no eran deportistas y también, que dentro del grupo de deportistas había diferencias en el rendimiento deportivo entre los que tenían mejores y peores habilidades visuales. Puesto que, los atletas profesionales, emplean la información visual junto con la experiencia deportiva, utilizando un sistema visomotor más complejo (Presta et al., 2021; Stine et al., 1982).

En relación, se descubrió una mayor precisión en los sacádicos y en los seguimientos de los jugadores profesionales respecto a los de menor categoría (Land et al., 2000).

En otras publicaciones se estudió la capacidad de percepción de profundidad, o estereopsis, obteniendo habilidades superiores en los jugadores que usaban pelota (Boden et al., 2009).

Por lo que hay evidencia de las diferencias de las habilidades visuales entre deportistas y no deportistas, jugadores de deportes con pelota y jugadores de otros deportes sin pelota y atletas expertos contra atletas novatos, por ello se demuestra que las habilidades visuales intervienen en el rendimiento deportivo (Presta et al., 2021).

En general, todos los deportes requieren una acción motora la cual se desencadena por la información visual que recibe el cerebro, por tanto, independientemente del deporte que se practique, los atletas experimentan una constante estimulación del sistema visual. Las principales habilidades visuales que se involucran en la actividad deportiva son: coordinación ojo-extremidad, agudeza visual estática, agudeza visual dinámica, visión periférica, enfoque espacial, velocidad de reacción, búsqueda visual, percepción de distancias y estereopsis (Regan & Gray, 2001).

Entrenamiento mediante realidad virtual

La realidad virtual (RV) es un nuevo tipo de herramienta que integra varios tipos de tecnología: la de simulación, multimedia, detección, red y otras (Liu et al., 2022). Los sistemas de RV se dividen en sistemas no inmersivos, los cuales tienen menos coste económico y se presentan en una pantalla de ordenador, por ello son los más adecuados para el estudio de acciones simples (Lim et al., 2020); por otro lado están los sistemas de RV inmersivos, este tipo de sistemas ofrecen una experiencia más realista mediante el uso de herramientas basadas en cascos, los sistemas inmersivos son los utilizados para la actual investigación de la RV en los últimos años (Summers et al., 2021).

Esta tecnología de RV se ha estado utilizando como herramienta de entretenimiento, pero también tiene una aplicación importante en situaciones reales como: la simulación de entornos militares, entrenamiento técnico y de aviones, conducción de vehículos y simulación de cirugía médica entre otros (Yan, 2022).

Otro de los usos que se le puede dar a la RV, y en el que nos vamos a centrar en esta investigación, es su utilización para llevar a cabo el entrenamiento de un determinado deporte. La popularidad de los deportes está en continuo crecimiento y algunos de ellos constan de un entrenamiento ineficaz que hace que los atletas puedan sufrir lesiones y como consecuencia abandonar la práctica de este deporte. El sistema de simulación de deportes es capaz de simular una escena de la competencia deportiva, permitiendo a los deportistas entrenar sin temor a accidentes y registrar las acciones llevadas a cabo por los deportistas para así evaluar si estas son normales y detectar posibles defectos que corregir (Darnis, 2021; Yan, 2022).

Con este método las habilidades que se quieren practicar en un determinado entrenamiento se llevan a cabo en un entorno controlado completamente, modificando los elementos de la simulación según las reacciones del deportista que se quieran medir. También existe la posibilidad de crear condiciones extremas e irreales de entrenamiento para intentar preparar en exceso a los atletas (Bideau et al., 2004; Oagaz et al., 2022).

Se han realizado numerosas investigaciones sobre el uso de la RV para el entrenamiento de deportes de resistencia como atletismo o remo ya que estos deportes suelen ser autodirigidos y ajenos a factores externos por lo que responden bien al uso de la RV (Tirp et al., 2015). Por otro lado, existen los deportes de habilidad, como el fútbol o el baloncesto, son más complicados de diseñar y evaluar con RV ya que dependen de factores externos como jugadores adicionales, tiempos o infraestructuras y también suelen involucrar la realización de habilidades motoras y toma de decisiones complejas que requieren reacciones precisas, por ello existen menos investigaciones sobre este tipo de deportes (Miles et al., 2012). Entre las investigaciones que hay al respecto existen discrepancias, en algunas se ha demostrado que sí que existe transferencia del rendimiento virtual al real mientras que otras no lo demuestran o incluso demuestran una transferencia negativa (Gray, 2017).

La tecnología está teniendo un gran impacto sobre el deporte, permitiendo comprender más profundamente el rendimiento de los atletas en diferentes situaciones y establecer medidas de rendimiento objetivas (Ali, 2011).

La RV permite experimentar situaciones de entrenamiento cercanas a la realidad y aumenta el interés, la motivación y el compromiso del individuo por el entrenamiento (Bailenson et al., 2008).

La RV se ha utilizado para comprender mejor el control motor humano, pero aún hay pocos estudios para saber si un individuo reacciona de la misma manera en el mundo real que en un entorno virtual (Bideau et al., 2004).

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo principal consiste en la mejora de las habilidades visuales de jugadores de 11 a 12 años de un equipo de baloncesto con entrenamiento visual con gafas de realidad virtual con el software de VSport®

El objetivo secundario consiste en el cuidado visual de estos deportistas y clasificar las posibles anomalías acomodativas y binoculares.

Las hipótesis formuladas son que las vergencias fusionales positivas, los tiempo sensorial y motor deberían mejorar con un entrenamiento con VSport®, la RV debería ser efectiva para entrenar y mejorar algunas habilidades visuales en jugadores de baloncesto y el entrenamiento con RV debería ser más seguro y libre de riesgos respecto del entrenamiento tradicional.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio es un análisis transversal en el cual se ha estudiado el efecto de las gafas de realidad virtual y del programa informático VisionarySport en las habilidades visuales binoculares. Todos los sujetos a estudio fueron evaluados en el propio club de entrenamiento, el centro Liceo Francés de Conde de Orgaz (Madrid), en un rango de fechas comprendido desde marzo del año 2023 hasta mayo del año 2023.

Sujetos a estudio

Se incluyeron 23 sujetos jugadores de baloncesto, 11 varones y 12 mujeres. La edad fue de 11 años, en el 91,3% de los casos, y de 12 años, en el 8,69% de los casos. La distribución por sexos fue la siguiente: un 47,83% fueron varones y el 52,17% restante, mujeres. Tan sólo una persona del total de la muestra era portador habitual de gafas. Los datos demográficos quedan recogidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Perfil demográfico y clínico de los sujetos a estudio.

Edad:	11,09±0,28 años
Sexo:	
Mujeres	12 (52,17%)
Hombres	11 (47,83%)
Portadores de gafas:	
Sí	1 (4,35%)
No	22 (95,65%)

Se incluyeron todos los pacientes con una agudeza visual binocular con su mejor corrección (AVMC), en caso de ser necesaria, igual o superior a 0,8 en escala Snellen. Tampoco debían presentar otro tipo de patología ocular, ni tropias, ni valores de desviaciones latentes fuera de la norma para niños de 7 a 12 años, con valores superiores a $23 \pm 8\Delta BT / 16 \pm 6\Delta BT$ y $12 \pm 5\Delta BN / 7 \pm 4\Delta BN$, según el estudio de Scheiman & Wick, 2014.

Además, los niños debían haber cumplido todas las fases del protocolo de investigación impuesto. Previo a la inclusión en el estudio, los padres o tutores legales de los niños firmaron un consentimiento informado donde se explicaba la participación. El estudio fue valorado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad de Madrid, con código de aprobación 23/165-EC_P.

Material utilizado

Para el análisis de los tiempos de reacción se utilizó la aplicación VisionarySport © (Visionary Tool, Gijón, España). El software fue diseñado en el año 2022 con el fin de mejorar las habilidades visuales de deportistas, independientemente de la edad.

El programa registra datos del tiempo de reacción a diferentes estímulos, con parámetros modificables como el tipo de estímulo, el número de ellos, su movimiento, la velocidad y a la distancia a la que se encuentran del jugador. Presenta, además, dos tipos de ejercicios: de Búsqueda Visual, para trabajar la visión central, y el de Atención Periférica, para ejercitar el campo en su mayor extensión.

VisionarySport (VSport®) requiere de una tecnología de realidad virtual, las gafas HTC Vive Pro Eye © (HTC Corporation, Taoyuan, Taiwán). El instrumento cuenta con un rastreador ocular, o Eye Tracking, Tobii (Core SW 2.16.4.67) (HTC Corporation, Taoyuan, Taiwán), y con Vive SRanipal SDK v1.1.0.1 (HTC Corporation, Taoyuan, Taiwán), ambos incorporados. Gracias a los cuales se puede acceder a los seguimientos oculares analizados y sin analizar respectivamente. Además, también cuentan con un sistema de calibración facilitando la medida de cada sujeto a estudio (Sipatchin et al., 2021).

Figura 1. Gafas HTC Vive Pro Eye ©



HTC Corporation, Taoyuan, Taiwán), junto con sus mandos, Vive Controllers, y las dos SteamVR Base Station 2.0. (vive.com)

El sistema de realidad virtual requiere de varios elementos para su funcionamiento. Principalmente, son: Vive Pro Eye HMD (el casco) y Vive Controllers (los dos mandos). Para conectar el sistema al ordenador, se utiliza *Link Box*, que cuenta con un adaptador de corriente, un cable DisplayPort™ y un cable USB 3.0. Y, por último, también cuenta con dos *SteamVR Base Station 2.0*, que envían señales al casco y a los mandos acerca del área de juego.

El sistema de realidad virtual requiere conexión directa con un ordenador. En este caso se utilizó un ordenador HP DESKTOP - 5M3PM71 (HP Z1 G8, con Tower Desktop PC).

Para el funcionamiento de las gafas HTC Vive Pro Eye © (Figura 1) fue necesario la instalación de Steam y Steam VR. Estas aplicaciones permiten conectar el hardware, (gafas HTC Vive Pro Eye ©, en este caso), con los diferentes juegos y aplicaciones de realidad virtual (VisionarySport, en este caso). Además, mantienen informado acerca del estado de las gafas, los sensores, los mandos del sistema de realidad virtual y permiten la visión a tiempo real de lo que está observando y realizando el sujeto que porta las gafas.

Protocolo de investigación

El protocolo exploratorio consistía en realizar un procedimiento terapéutico con ayuda de la gafa de realidad virtual HTC Vive Pro Eye y el software VSport® con el fin de obtener una mejoría en las habilidades visuales. Para ello se establecieron seis fases de tratamiento mediante la modificación de los parámetros dados por la aplicación en el juego denominado

Búsqueda Visual.

En el presente estudio se comparan las habilidades visuales antes y después del tratamiento terapéutico. Gracias al software VSport®, se obtuvieron los tiempos de reacción ante estímulos visuales, concretamente el tiempo de reacción y el tiempo de búsqueda visual. El sistema tomó las medidas automáticamente en cada ejercicio realizado con las gafas de realidad virtual. Se almacenaron los resultados de manera maquina en la memoria del software.

La primera fase (Fase 1) y la última (Fase 6) sirvieron para toma de datos y medidas clínicas. Incluían las siguientes pruebas optométricas: AVMC en monocular y binocular, medida de las forias en visión próxima (VP) y en visión lejana (VL), flexibilidad de vergencias negativa y positiva, y finalmente, medida de la flexibilidad acomodativa.

En las Fases 2, 3, 4, 5 y 6 se trabajó con el software VisionarySport mediante la gafa de realidad virtual. Se estableció una *prueba objetivo* con unos parámetros definidos, realizándose en la Fase 2 y en la Fase 6, sirviendo la muestra de comparativa entre el principio y el final del tratamiento.

De manera establecida se fue aumentando progresivamente la dificultad de los ejercicios en las distintas fases siendo la Fase 2 la más sencilla y Fase 6 la que mayor dificultad presentaba.

Los parámetros fijos de cada fase fueron: la distancia de los pulsadores, se escogió 120 cm, puesto que es una posición cómoda para un niño; realización del ejercicio en modo estático; duración de la prueba de 2 minutos, en el caso de la prueba objetivo, y de 1 minuto en el resto de los ejercicios; y con un campo de juego de 1,5 metros hasta 5 metros (para trabajar VL), 1,4 metros de ancho y a una altura de 1 metro.

Los ejercicios consistían en localizar un estímulo en forma de flecha de color blanca y pulsar lo más rápido posible al marcador al que indicaban, es decir, a la izquierda o a la derecha. Por ejemplo: si en la pantalla aparecía una flecha blanca indicando a la derecha, una vez localizado el estímulo, debían darle al pulsador de la derecha.

El incremento de la dificultad residía en modificar parámetros del ejercicio, como los *Stroop* (o respuesta inhibida), que son flechas de color negro, mostrando que debían pulsar el marcador contrario al que la flecha indica (por ejemplo: una flecha negra indicando a la derecha, debían tocar el pulsador de la izquierda). Y, los *Distractores*, que son múltiples flechas hacia arriba y hacia abajo, que el participante debía ignorar, haciendo más complicada la búsqueda del estímulo principal. Estos están clasificados a su vez en tres niveles: dificultad baja (2 distractores), dificultad media (4 distractores) y modo caótico (8 distractores).

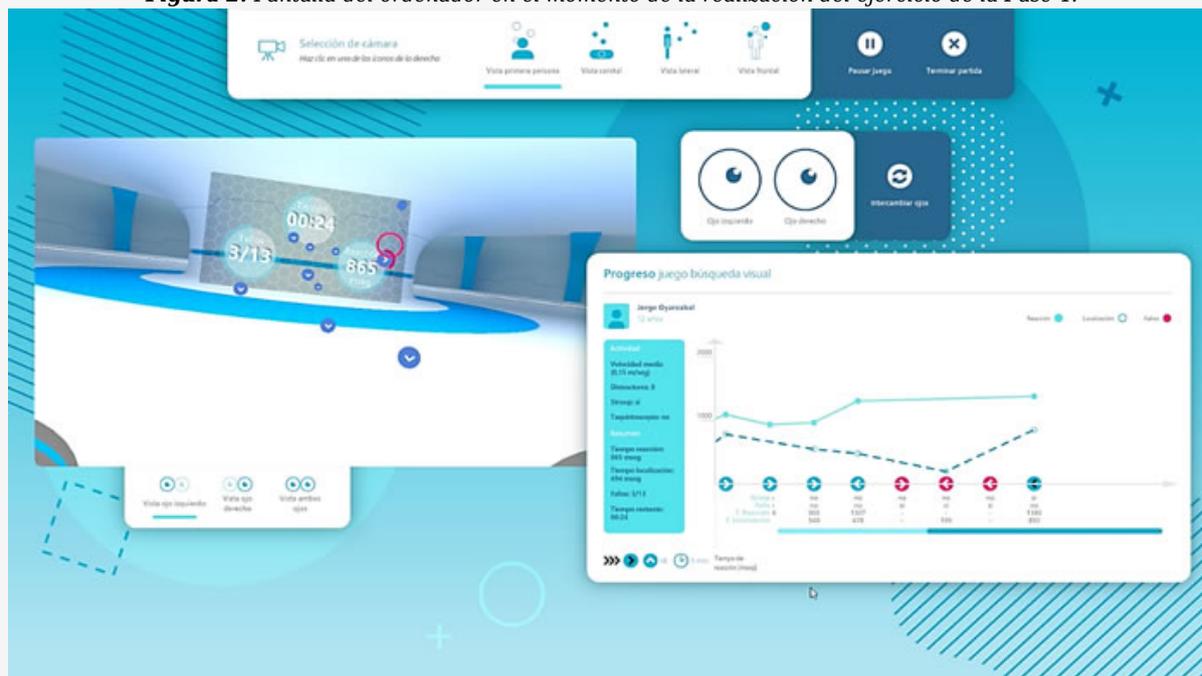
En la Fase 2 se realizaron tres partidas. La primera de ellas fue la *prueba objetivo*, sin *Stroops* ni *Distractores*, además de una duración mayor al resto de ejercicios, 2 minutos. En el siguiente ejercicio se añadieron las respuestas inhibidas, y se redujo el tiempo de entrenamiento a 1 minuto. Y, en el último, también contaban con distractores, en su nivel menor, dificultad baja.

En la Fase 3, tan sólo se realizó un ejercicio, el cual contaba con *Stroop* y *Distractores*, esta vez, en dificultad media.

La prueba se ejecutó con *Distractores* en modo caótico en las Fases 4, 5 y 6, además de con respuestas inhibidas. Como recientemente se ha explicado, en la última fase, se volvió a realizar y evaluar la prueba objetivo.

El ejercicio se observaba en el ordenador de tal manera (véase Figura 2): en la pantalla de la izquierda se obtenía una visión real de lo que el sujeto veía con las gafas HTC Vive Pro Eye ©, siendo el círculo rojo el punto de fijación (no observable por el sujeto); en la derecha, se obtenía una gráfica del progreso del juego, teniendo una previsualización de los tiempos de reacción y de búsqueda de cada estímulo, así como de los fallos; y en la parte superior, el tipo de vista elegido por el examinador y el estado de los ojos del participante (parpadeos y movimiento ocular).

Figura 2. Pantalla del ordenador en el momento de la realización del ejercicio de la Fase 4.



Nota: En el momento, aparece un estímulo normal (no stroop) con un nivel difícil de distractores.

Análisis estadístico

Los datos de los pacientes se introdujeron en una base de datos creada en GoogleForm y fueron recogidos en tablas Microsoft Excel (versión 2205). Los tiempos de reacción se recopilaban en un entorno virtual utilizando el HTC Vive Pro Eye.

Posteriormente, las variables codificadas se trataron estadísticamente mediante el software estadístico SPSS (versión 27.0.1.0). De la muestra poblacional se compararon los tiempos de búsqueda, reacción y motor, así como el porcentaje de fallos realizados entre las distintas fases. La asociación entre las variables cualitativas se analizó mediante el software nombrado anteriormente.

Se calculó la media y su desviación típica, además de la mediana de la muestra, el valor máximo y el mínimo para el análisis de las variables descriptivas.

Dado el tamaño de la muestra (inferior a $n=30$) y la no normalidad de algunos de los datos, se utilizó una generalización del estadístico de Wilcoxon-Mann-Whitney, el test de Kruskal-Wallis, comparando las muestras independientes del estudio: el tiempo de búsqueda, el tiempo de reacción y el tiempo motor. Este test calculó el valor de p , una cifra que indica si el cambio es estadísticamente significativo, o no. Se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$ para los resultados.

Se midió el grado de asociación entre variables cuantitativas según el test de comparación múltiple de HSD Tukey. De igual manera, se estableció el valor de significación de $p < 0,05$.

RESULTADOS

El objetivo principal de esta investigación fue analizar como la aplicación de un entrenamiento con RV puede influir en el desarrollo y mejora de las habilidades visuales en atletas, y como esto puede tener un impacto positivo en el rendimiento deportivo.

Análisis de las pruebas optométricas

Se compararon las medias de las pruebas optométricas previas a empezar con el entrenamiento visual, con las medias obtenidas en el último examen visual.

En la Tabla 2 están recogidos los resultados de las pruebas optométricas realizadas en la Fase 1. Todos los sujetos están dentro de los límites de inclusión establecidos.

Tabla 2. Estadístico descriptivo de las pruebas optométricas realizadas en la Fase 1. Siendo DIP: distancia interpupilar

Pruebas optométricas (N= 23, Ojos= 46)					
		Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
DIP		55	68	59,04	2,91
AVMC	OD	0,8	1,1	1,09	0,06
	OI	0,9	1,1	1,09	0,04
	AO	1,1	1,1	1,1	0
FL		-8	1	-0,37	1,86
FC		-10	4	-1,17	3,13
VFP	Borrosidad	0	25	9,89	10,3
	Rotura	18	40	29,61	7,21
	Recobro	12	30	17,67	5,49
VFN	Borrosidad	0	25	3,17	6,82
	Rotura	6	35	12,78	8,39
	Recobro	2	30	8,94	6,45

AVMC: Agudeza visual mejor corregida, OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo; AO: ambos ojos; FL: forias en visión lejana; FP: forias en visión próxima; VFP: vergencias fusionales positivas; y VFN: vergencias fusionales negativas.

Observando la Tabla 3 podemos afirmar que existen cambios significativos entre las variables rotura de las vergencias fusionales positivas (VFP) antes del entrenamiento y después de este, así como también existen diferencias significativas entre las variables recobro de las VFP antes del entrenamiento y después de este. Existen diferencias, no estadísticamente significativas en el resto de las variables. Exceptuando las agudezas visuales, que no presentan cambios.

Tabla 3. Comparación de las pruebas optométricas previas a un entrenamiento visual y tras dicho entrenamiento (post)

Diferencias entre pruebas optométrica antes y después del entrenamiento		
	Z	P-valor (bilateral)
AV OD post – AV OD	0,000	1,000
AV OI post – AV OI	0,000	1,000
AV AO post – AV AO	0,000	1,000
FL post – FL	-1,518	0,129
EV FP post – EV FP	-1,538	0,124
RT VFP post – RT VFP	-2,068	0,039
RB VFP post – RB VFP	-3,248	0,001
E VFN post – E VFN	-0,170	0,865
RT VFN post – RT VFN	-0,555	0,579
RB VFN post – RB VFN	-0,037	0,971

AV: Agudeza visual; OD: Ojos derecho; OI: Ojo izquierdo; B: Binocular; FL: Forias lejanas; E: Emborronamiento; RT: Rotura; RB: Recobro; VFP: Vergencias fusionales positivas; VFN: Vergencias fusionales negativas.

Atendiendo a las variaciones estadísticamente significativas de las VFP, los valores de borrosidad, rotura y recobro quedan recogidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Estadístico descriptivo de las vergencias fusionales positivas en la primera medida y en la última medida (2) después del entreno.

VFP				
(Dp)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
RT VFP	12	40	25,87	8,17
RB VFP	4	25	14,70	5,54
RT VFP post	18	40	29,04	6,82
RB VFP post	10	30	17,78	5,46

Dp: Dioptrías prismáticas; RT: Rotura; RB: Recobro; VFP: Vergencias fusionales positivas antes del entreno; VFP2: Vergencias fusionales positivas después del entreno.

Se observa un aumento de las dioptrías prismáticas en la rotura y en el recobro, por lo tanto, se puede decir que el entrenamiento con RV mejora significativamente las vergencias fusionales positivas.

Análisis descriptivo por fases

FASE 2

En las Tablas 5, 6 y 7 se recogen el mínimo, el máximo, la media y la desviación estándar de los parámetros medidos durante la Fase 2. Dichos parámetros son los mismos en cada una de la Fases: el tiempo de búsqueda, el tiempo de reacción, el tiempo motor y los fallos obtenidos durante el ejercicio.

En la Tabla 5 se observan los datos obtenidos en la prueba objetivo, la cual se realizó sin *stroop*, ni distractores.

Tabla 5. Estadístico descriptivo de la prueba objetivo (sin *stroop*, ni distractores) de la Fase 2

Prueba objetivo (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	197	952	296,04	145,50
Tiempo de reacción	613	1647	779,96	196,78
Tiempo motor	348	695	483,91	77,76
% Fallos	0	16,67	6,52	4,40

Ms: milisegundos.

El siguiente ejercicio que se llevó a cabo en la Fase 2, consistía en 1 minuto con *stroop* y sin distractores. Los datos sobre los tiempos conseguidos en este ejercicio vienen recogidos en la Tabla 6.

Tabla 6. Estadístico descriptivo del segundo ejercicio (con stroop y sin distractores) de la Fase 2

Stroop / No distractores (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	220	1458	312,39	251,17
Tiempo de reacción	785	2251	943,52	294,88
Tiempo motor	516	834	631,13	84,06
% Fallos	0	44,44	8,46	10,19

Ms: milisegundos.

El último ejercicio de esta fase se realizó con *stroop* y con distractores en dificultad fácil (2 distractores). En la Tabla 7 se observan los tiempos realizados.

Tabla 7. Estadístico descriptivo del tercer ejercicio (con stroop y con distractores fácil) de la Fase 2

Stroop / Distractores Fácil (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	423	709	557,61	82,45
Tiempo de reacción	942	1344	1158,17	113,29
Tiempo motor	357	818	600,57	132,87
% Fallos	4,17	50	19,80	12,26

Ms: milisegundos

Comparando los resultados entre los tres ejercicios de la Fase 2, se observa que a medida que avanzan estos ejercicios y, por tanto, aumenta su dificultad, los tiempos de búsqueda y reacción como el porcentaje de fallos, aumentan. Esto indica que hay una relación directa entre la dificultad del ejercicio y el tiempo que tarda el individuo en encontrar el estímulo correcto, y reaccionar ante él.

FASE 3

En la Tabla 8 se incluye el mínimo, el máximo y la desviación estándar de cada uno de los parámetros medidos durante la Fase 3. Este ejercicio se llevó a cabo con *stroop* y distractores en dificultad media, es decir, 4 distractores.

Tabla 8. Estadístico descriptivo del ejercicio (con stroop y con distractores medio) de la Fase 3

Stroop / Distractores Medio (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	173	961	694,61	172,94
Tiempo de reacción	914	1464	1154,83	142,64
Tiempo motor	56	854	460,22	200,67
% Fallos	4,35	54,55	23,73	13,2

Ms: milisegundos.

Realizando un análisis comparativo del último ejercicio de la Fase 2, con el ejercicio de la Fase 3, se observa un aumento del tiempo de búsqueda en la prueba con mayor dificultad. El tiempo de reacción se mantiene similar en ambas fases, haciendo que el tiempo motor sea inferior en el ejercicio de la Fase 3.

FASE 4

La Fase 4 consistió en un ejercicio de 1 minuto que incluía *stroop* y distractores de máxima dificultad, es decir, 8 distractores. Los tiempos quedan recogidos en la Tabla 9.

Tabla 9. Estadístico descriptivo del ejercicio (con *stroop* y con distractores difícil) de la Fase 4.

Stroop / Distractores Difícil (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	213	1002	743,91	222,33
Tiempo de reacción	854	1304	1033,78	107,44
Tiempo motor	-73	846	289,87	246,57
% Fallos	12	54,55	32,74	11,05

Ms: milisegundos.

FASE 5

La Tabla 10 engloba los datos obtenidos en la Fase 5. Dicha fase se llevó a cabo de la misma manera que la Fase 4.

Tabla 10. Estadístico descriptivo del ejercicio (con *stroop* y con distractores difícil) de la Fase 5

Stroop / Distractores Difícil (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	305	1004	679,35	186,32
Tiempo de reacción	842	1407	1112,13	165,53
Tiempo motor	-103	932	432,78	255,03
% Fallos	4,35	54,55	27,77	11,06

Ms: milisegundos.

Comparando la Fase 4 y la Fase 5, ambas con iguales parámetros, se observa una disminución del tiempo de búsqueda y del porcentaje de fallos en el segundo ejercicio. Sin embargo, el tiempo de reacción es similar en ambas fases, haciendo que aumente el tiempo motor en la Fase 5.

FASE 6

En la Fase 6 se realizaron dos ejercicios, el primero constaba de un minuto de duración, con *stroop* y distractores con dificultad máxima. En la Tabla 11 se recogen los datos obtenidos en dicha prueba.

Tabla 11. Estadístico descriptivo del primer ejercicio (con stroop y con distractores difícil) de la Fase 6

Stroop / Distractores Dificil (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	400	1025	738,87	148,9
Tiempo de reacción	786	1435	1118,65	129,26
Tiempo motor	0	773	379,78	204,04
% Fallos	11,11	34,62	20,24	6,75

Ms: milisegundos.

Comparando estos resultados con los de las Fases 4 y 5, que se realizaron con los mismos ajustes, vemos una disminución en el porcentaje de fallos realizados.

El segundo ejercicio fue la prueba objetivo, ya realizada en la Fase 2. Los datos obtenidos vienen recogidos en la Tabla 12.

Tabla 12. Estadístico descriptivo de la prueba objetivo (sin stroop ni distractores) de la Fase 6

Prueba objetivo (N= 23)				
(ms)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo de búsqueda	203	301	247,26	27,63
Tiempo de reacción	512	831	651,65	72,08
Tiempo motor	274	530	404,39	60,23
% Fallos	0	17,19	7,37	4,88

Ms: milisegundos.

Comparando la última prueba objetivo, realizada en esta fase el último día de entrenamiento con la de la Fase 2, realizada el primer día, podemos observar que el tiempo tardó en encontrar el estímulo correcto, el tiempo motor disminuyó el último día frente al primer día.

Comparaciones entre fases

Se compararon los tiempos de búsqueda, de reacción y el tiempo motor con una generalización del estadístico de Wilcoxon-Mann-Whitney, el test de Kruskal-Wallis.

Mediante un contraste de hipótesis, se acepta la hipótesis de que la distribución de las muestras independientes, son diferentes en las distintas Fases del estudio.

Tiempo de búsqueda

El tiempo de búsqueda de la Fase 2, respecto a las Fases 3, 4, 5 y 6, presenta diferencias estadísticamente significativas, con un p-valor inferior al valor de significación establecido, 0,05. Los valores quedan recogidos en la Tabla 13.

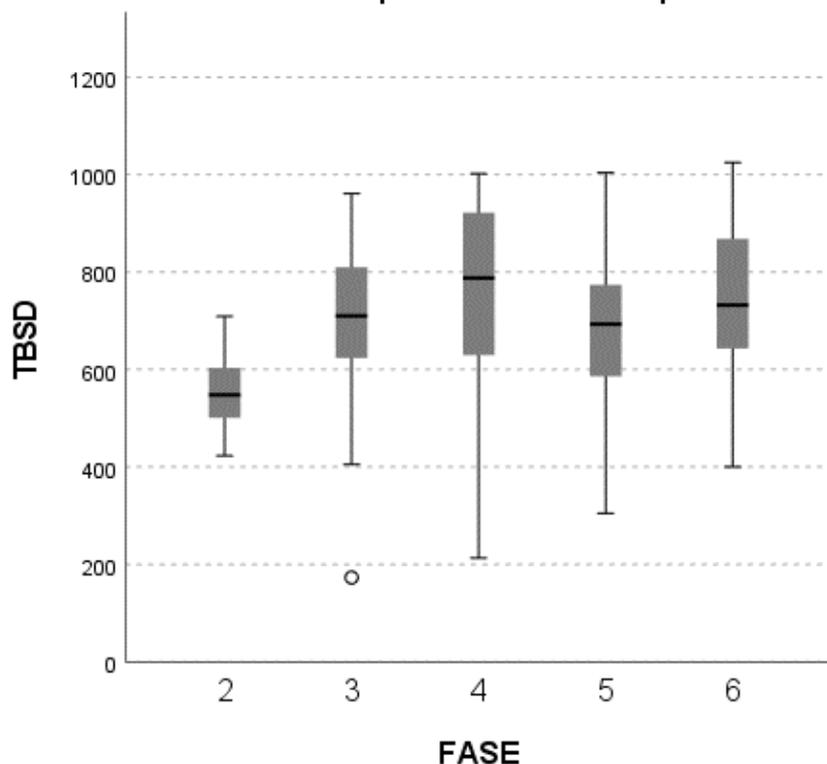
Tabla 13. Comparaciones por parejas de las distintas fases del tiempo de búsqueda

Comparaciones por parejas de FASE del TIEMPO DE BÚSQUEDA					
<i>FASE-FASE</i>	<i>Estadístico de prueba</i>	<i>Desv. Error</i>	<i>Desv. Estadístico de prueba</i>	<i>P-valor</i>	<i>P-valor ajustado</i>
2-5	-28,33	9,83	-2,88	0,004	0,06
2-3	-32,04	9,83	-3,26	0,001	0,02
2-6	-37,98	9,83	-3,86	0,00	0,002
2-4	-41,22	9,83	-4,19	0,00	0,00
5-3	3,72	9,83	0,38	0,71	1,00
5-6	-9,66	9,83	-0,98	0,33	1,00
5-4	12,89	9,83	1,31	0,19	1,00
3-6	-5,94	9,83	-0,60	0,55	1,00
3-4	-9,17	9,83	-0,93	0,35	1,00
6-4	3,24	9,83	0,33	0,74	1,00

Siendo 2: Datos de la Fase 2; 3: Datos de la Fase 3; 4: Datos de la Fase 4; 5: Datos de la Fase 5; y 6: Datos de la Fase 6

Figura 3. Distribución en diagrama de cajas del tiempo de búsqueda, con su desviación típica, en las distintas fases del estudio.

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



TBSD: tiempo de búsqueda con su desviación típica.

El tiempo de búsqueda ha sufrido un empeoramiento progresivo a medida que se ha ido incrementando la dificultad de en las fases. Sufriendo un aumento medio de $137 \pm 49,87$ ms respecto a la Fase 3; de $186,3 \pm 49,87$ ms respecto a la Fase 4; de $121,74 \pm 49,87$ ms respecto a la Fase 5; y de $181,26 \pm 49,87$ ms respecto a la Fase 6. Siendo estadísticamente significativa la variación de la Fase 4 y de la Fase 6, respecto a la Fase 2. Estos datos están recogidos en la Tabla 14.

Tabla 14. Comparaciones múltiples de las fases según HSD Tukey, del tiempo de búsqueda, del tiempo de reacción, del tiempo motor y de los fallos.

Comparaciones múltiples, según HSD Tukey								
Variable dependiente	FASE	FASE	Diferencia de medias entre fases	Error estándar	p-valor	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Tiempo de Búsqueda	2	3	-137,00	49,87	0,054	-275,33	1,33	
		4	-186,30*	49,87	0,003	-324,63	-47,98	
		5	-121,74	49,87	0,112	-260,06	16,59	
		6	-181,26*	49,87	0,004	-319,59	-42,94	
	3	2	137,00	49,87	0,054	-1,33	275,33	
		4	-49,30	49,87	0,860	-187,63	89,02	
		5	15,26	49,87	0,998	-123,06	153,59	
		6	-44,26	49,87	0,901	-182,59	94,06	
	4	2	186,30*	49,87	0,003	47,98	324,63	
		3	49,30	49,87	0,860	-89,02	187,63	
		5	64,57	49,87	0,695	-73,76	202,89	
		6	5,04	49,87	1,000	-133,28	143,37	
	5	2	121,74	49,87	0,112	-16,59	260,06	
		3	-15,26	49,87	0,998	-153,59	123,06	
		4	-64,57	49,87	0,695	-202,89	73,76	
		6	-59,52	49,87	0,755	-197,85	78,80	
	6	2	181,26*	49,87	0,004	42,94	319,59	
		3	44,26	49,87	0,901	-94,06	182,59	
		4	-5,04	49,87	1,000	-143,37	133,28	
		5	59,52	49,87	0,755	-78,80	197,85	
	Tiempo de Reacción	2	3	3,35	39,31	1,000	-105,67	112,36
			4	124,39*	39,31	0,017	15,38	233,41
			5	46,04	39,31	0,768	-62,97	155,06
			6	39,52	39,31	0,852	-69,49	148,54
3		2	-3,35	39,31	1,000	-112,36	105,67	
		4	121,04*	39,31	0,022	12,03	230,06	
		5	42,7	39,31	0,813	-66,32	151,71	
		6	36,17	39,31	0,889	-72,84	145,19	
4		2	-124,39*	39,31	0,017	-233,41	-15,38	
		3	-121,04*	39,31	0,022	-230,06	-12,03	
		5	-78,35	39,31	0,276	-187,36	30,67	
		6	-84,87	39,31	0,203	-193,89	24,15	
5		2	-46,04	39,31	0,768	-155,06	62,97	
		3	-42,7	39,31	0,813	-151,71	66,32	
		4	78,35	39,31	0,276	-30,67	187,36	
		6	-6,52	39,31	1,000	-115,54	102,49	
6		2	-39,52	39,31	0,852	-148,54	69,49	
		3	-36,17	39,31	0,889	-145,19	72,84	
		4	84,87	39,31	0,203	-24,15	193,89	
		5	6,52	39,31	1,000	-102,49	115,54	
2		3	140,35	62,61	0,172	-33,30	314,00	
		4	310,7*	62,61	0,000	137,05	484,34	
		5	167,79	62,61	0,064	-5,87	341,43	

	4	2	-310,7*	62,61	0,000	-484,34	-137,05
		3	-170,35	62,61	0,057	-344,00	3,30
		5	-142,91	62,61	0,158	-316,56	30,74
		6	-89,91	62,61	0,606	-263,56	83,74
	5	2	-167,78	62,61	0,064	-341,43	5,87
		3	-27,44	62,61	0,992	-201,08	146,21
		4	142,91	62,61	0,158	-30,74	316,56
		6	53,00	62,61	0,915	-120,65	226,65
	6	2	-220,78*	62,61	0,005	-394,43	-47,13
		3	-80,44	62,61	0,701	-254,08	93,21
		4	89,91	62,61	0,606	-83,74	263,56
		5	-53,00	62,61	0,915	-226,65	120,65
% de Fallos	2	3	-3,93	3,27	0,750	-13,00	5,14
		4	-12,94*	3,27	0,001	-22,00	-3,87
		5	-7,97	3,27	0,113	-17,04	1,1
		6	-0,43	3,27	1,000	-9,50	8,63
	3	2	3,93	3,27	0,750	-5,14	13,00
		4	-9,01	3,27	0,052	-18,08	0,06
		5	-4,04	3,27	0,730	-13,11	5,03
		6	3,5	3,27	0,822	-5,57	12,56
	4	2	12,94*	3,27	0,001	3,87	22,01
		3	9,01	3,27	0,052	-0,1	18,08
		5	4,97	3,27	0,552	-4,10	14,03
		6	12,51*	3,27	0,002	3,44	21,57
	5	2	7,97	3,27	0,113	-1,1	17,04
		3	4,04	3,27	0,730	-5,03	13,11
		4	-4,97	3,27	0,552	-14,03	4,10
		6	7,54	3,27	0,151	-1,53	16,601
	6	2	0,43	3,27	1,000	-8,63	9,50
		3	-3,5	3,27	0,822	-12,56	5,57
		4	-12,51*	3,27	0,002	-21,57	-3,44
		5	-7,5	3,27	0,151	-16,61	1,53

Siendo 2: Datos de la Fase 2; 3: Datos de la Fase 3; 4: Datos de la Fase 4; 5: Datos de la Fase 5; y 6: Datos de la Fase 6.

Tiempo de reacción

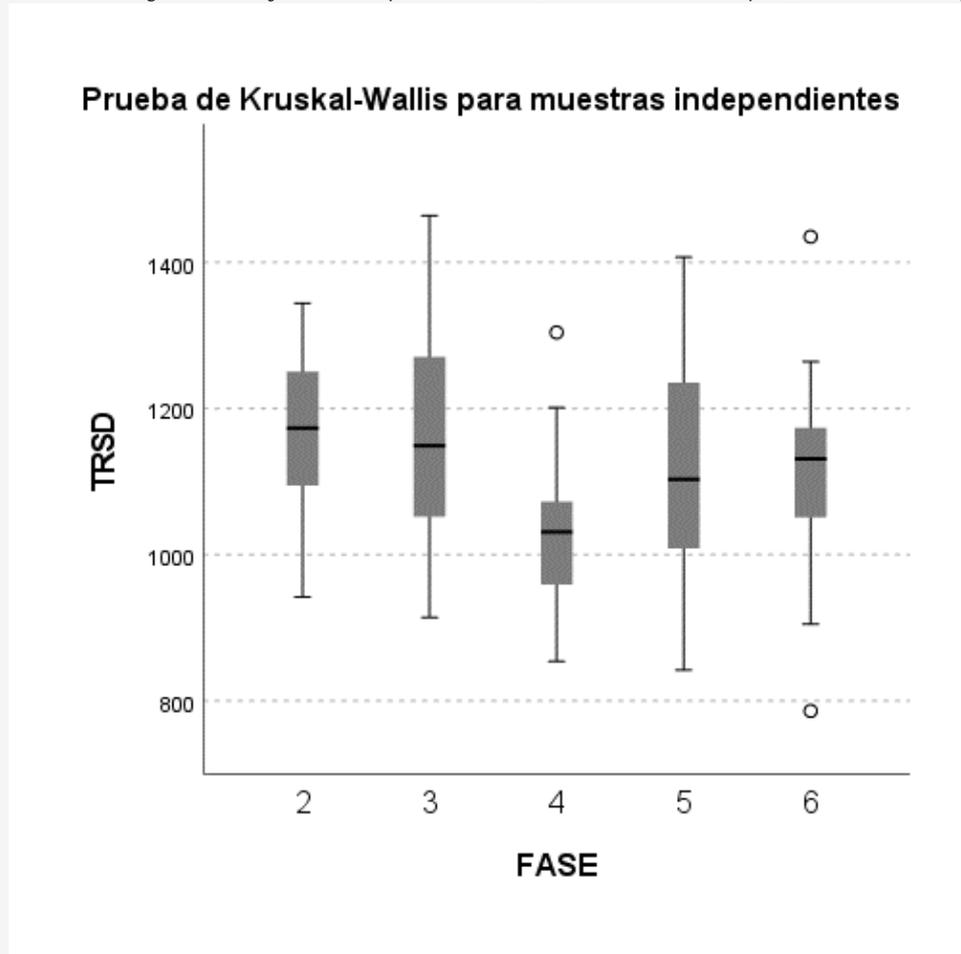
El tiempo de reacción de la Fase 4, respecto a las Fases 2, 3 y 6, presenta diferencias estadísticamente significativas. Los valores quedan recogidos en la Tabla 15.

Tabla 15. Comparaciones por parejas de las distintas fases del tiempo de reacción.

Comparaciones por parejas de FASE del TIEMPO DE REACCIÓN					
<i>FASE-FASE</i>	<i>Estadístico de prueba</i>	<i>Desv. Error</i>	<i>Desv. Estadístico de prueba</i>	<i>P-valor</i>	<i>P-valor ajustado</i>
4-5	-19,00	9,83	-1,93	0,053	0,8
4-6	-21,57	9,83	-2,19	0,03	0,42
4-3	29,35	9,83	2,99	0,00	0,04
4-2	31,61	9,83	3,22	0,00	0,02
5-6	-2,57	9,83	-0,26	0,8	1,00
5-3	10,35	9,83	1,05	0,29	1,00
5-2	12,61	9,83	1,28	0,20	1,00
6-3	7,79	9,83	0,79	0,43	1,00
6-2	10,04	9,83	1,02	0,31	1,00
3-2	2,26	9,83	0,23	0,82	1,00

Siendo 2: Datos de la Fase 2; 3: Datos de la Fase 3; 4: Datos de la Fase 4; 5: Datos de la Fase 5; y 6: Datos de la Fase 6.

Figura 4. Distribución en diagrama de cajas del tiempo de reacción, con su desviación típica, en las distintas fases del estudio.



El tiempo de reacción sufre una disminución progresiva de la Fase 2 a la 4. En las Fases 5 y 6, aumenta sin alcanzar la media de la Fase 2.

Atendiendo a la Tabla 14, se observa una disminución de la media del tiempo de reacción respecto a la Fase 2 de $3,348 \pm 39,30$ ms en la Fase 3, de $124,39 \pm 39,30$ ms en la Fase 4, de $46,04 \pm 39,30$ ms en la Fase 5 y de $39,52 \pm 39,30$ ms en la Fase 6. Siendo, tan sólo, la disminución de la Fase 4 estadísticamente significativa.

Tiempo motor

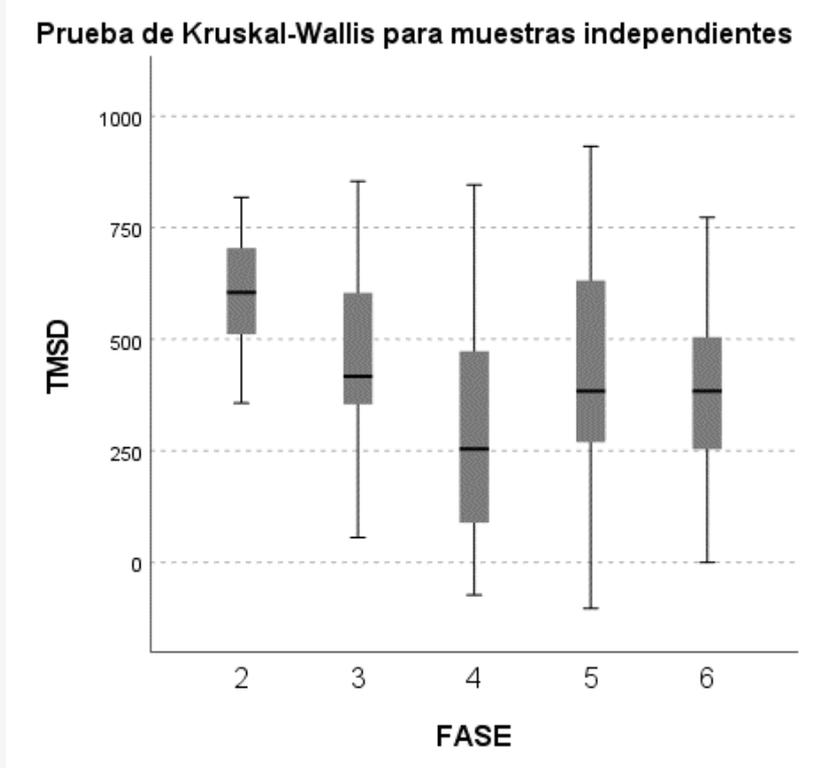
El tiempo motor de la Fase 2, respecto a las Fases 3, 4, 5 y 6, presenta diferencias estadísticamente significativas. Los valores quedan recogidos en la Tabla 16. De igual manera, tiene diferencias estadísticamente significativas el tiempo motor de la Fase 4, respecto a la Fase 3.

Tabla 16. Comparaciones por parejas de las distintas fases del tiempo motor

Comparaciones por parejas de FASE del TIEMPO MOTOR					
<i>FASE-FASE</i>	<i>Estadístico de prueba</i>	<i>Desv. Error</i>	<i>Desv. Estadístico de prueba</i>	<i>p-valor</i>	<i>p-valor ajustado</i>
4-6	-11,15	9,83	-1,13	0,26	1,00
4-5	-18,02	9,83	-1,83	0,07	1,00
4-3	22,87	9,83	2,33	0,02	0,30
4-2	45,24	9,83	4,60	0,00	0,00
6-5	6,87	9,83	0,7	0,49	1,00
6-3	11,72	9,83	1,19	0,23	1,00
6-2	34,09	9,83	3,47	0,00	0,01
5-3	4,85	9,83	0,5	0,62	1,00
5-2	27,22	9,83	2,77	0,01	0,09
3-2	22,37	9,83	2,28	0,02	0,35

Siendo 2: Datos de la Fase 2; 3: Datos de la Fase 3; 4: Datos de la Fase 4; 5: Datos de la Fase 5; y 6: Datos de la Fase 6.

Figura 5. Distribución en diagrama de cajas del tiempo motor, con su desviación típica, en las distintas fases del estudio.



TMSD: tiempo de motor con su desviación típica

Se observa una disminución progresiva del tiempo motor progresiva entre la Fase 2 y la 4. Hay un ligero aumento en la Fase 5 y 6, sin llegar a la media de la Fase inicial.

Según Tabla 14, se observa una disminución de $140,35 \pm 62,61$ ms en la Fase 3 respecto la media de la Fase 2, y en la Fase 4, disminuye $310,7 \pm 62,61$ ms. En menor medida, en la Fase 5 hay una disminución de $167,78 \pm 62,61$ ms, y en la Fase 6 de $220,78 \pm 62,61$ ms. Siendo estadísticamente significativo las variaciones de la Fase 4 y de la Fase 6, respecto a la Fase 2.

Comparación entre pruebas objetivo

Las diferencias entre los tiempos realizados en la prueba objetivo de la Fase 6 y la prueba objetivo de la Fase 2 vienen recogidas en la Tabla 17.

Tabla 17. Comparación de las pruebas objetivo, una realizada antes del empezar el entrenamiento, y otra al finalizarlo. Se comparan las medias de los tiempos de reacción, búsqueda y motor.

Comparación de la prueba objetivo antes y después del entrenamiento			
(ms)	Estadístico de prueba	Desv. Error	P-valor
TB PO 6 – TB PO 2	0,61	0,55	0,27
TR PO 6 – TR PO 2	0,61	0,55	0,27
TM PO 6 – TM PO 2	0,83	0,55	0,13

TB: Tiempo de búsqueda; PO6: Prueba objetivo Fase 6; PO2: Prueba objetivo Fase 2; TR; Tiempo de reacción; TM: Tiempo motor.

Las diferencias que se obtienen entre estas dos pruebas no son estadísticamente significativas en ninguno de los tiempos medidos, siendo el p-valor mayor al valor de significación.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se examinó el efecto de un entrenamiento visual controlado mediante gafas de realidad virtual, en las habilidades visuales y en los distintos tiempos de procesamiento visual.

La medida de las habilidades visuales ya sea manual o digitalmente ha sido objeto de varios estudios e investigaciones científicas, lo que nos permite analizar y contextualizar los resultados obtenidos. Sin embargo, los hallazgos en la evaluación de distintos entrenamientos visuales con ayuda de la realidad virtual se suman a los escasos estudios sobre su uso como herramienta para adquirir y desarrollar habilidades deportivas, haciendo de este un análisis difícil.

De acuerdo con la hipótesis, tras un entrenamiento controlado de las habilidades visuales, con el software Visionary Sport, existe una mejoría significativa en los rangos fusionales.

Un estudio de Stine et al. (1982) a principios de la década de 1980 demostró que las personas deportistas presentaban mejores habilidades visuales que las personas que no eran deportistas y también, que dentro del grupo de deportistas había diferencias en el rendimiento deportivo entre los que tenían mejores y peores habilidades visuales.

Los sujetos examinados, no eran deportistas profesionales, sin embargo, concuerda con los estudios puesto que, según los exámenes visuales realizados al inicio del estudio, la media de las habilidades visuales era ligeramente superior a la norma establecida para personas de su edad (Jiménez et al., 2004).

Se sabe que los atletas no profesionales a la hora de realizar una acción motora utilizan principalmente la información visual que perciben, mientras que los atletas profesionales emplean esta información visual complementada con la experiencia deportiva, por lo que utilizan un sistema visomotor más complejo. Aun así, tanto atletas no profesionales, como profesionales, deben entrenar sus habilidades visuales ya sea mediante tableros de luces, estaciones sensoriales o realidad virtual para mejorar su rendimiento deportivo (Presta et al., 2021).

Por ello, en un estudio realizado por Balasaheb et al. (2008) se sometió a 30 minutos de entrenamiento visual 3 días a la semana durante 6 semanas a un grupo de jugadores de críquet. Con este entrenamiento se consiguió una mejora en la percepción de la profundidad, la acomodación, los movimientos sacádicos y en las estadísticas de bateo en comparación con el grupo placebo y el grupo control.

Además, en una publicación del año 2009, Boden et al. (2009) compararon la capacidad de percepción de profundidad (estereopsis) en jugadores jóvenes de béisbol con la misma capacidad en jugadores, de la misma edad, de deportes en los que no se utiliza pelota. Los resultados que se obtuvieron fueron habilidades superiores en los jugadores que usaban pelota.

Esto contrarresta con los resultados obtenidos tras el entrenamiento visual, puesto que tan sólo se obtuvo una mejora estadísticamente significativa en las vergencias fusionales positivas, concretamente en los puntos de rotura y recobro.

Se apreció una mejora no significativa en las demás habilidades visuales, pudiendo deberse a la corta duración del estudio. Por ello, se necesitan investigaciones futuras con un entrenamiento de mayor duración para evaluar los posibles cambios en las diferentes habilidades visuales.

Según la literatura, el entrenamiento de la visión produce cambios funcionales y de rendimiento que pueden ser monitoreados cuantitativamente para evaluar el rendimiento deportivo. Estos cambios son, por ejemplo, los tiempos de reacción, los tiempos de búsqueda y, en definitiva, el tiempo motor (Balasaheb et al., 2008; Clark et al., 2012; Clark et al., 2015; Krzepota et al., 2015; Zwierko, 2008). Pese a que diversos estudios avalan esta teoría, existen otros que la niegan. Por ejemplo, en una investigación llevada a cabo por Abernethy & Wood (2001) se evaluó la eficacia de dos programas de entrenamiento visual para mejorar el rendimiento en deportes de raqueta. Se dividió a 40 jugadores en 4 grupos en los que a dos de ellos se les proporcionaba un entrenamiento visual y los otros dos eran grupos placebo. Al analizar los resultados se encontraron diferencias significativas entre el antes y el después de las medidas, pero estas diferencias no dependían del grupo, por lo que no se encontraron evidencias de que el entrenamiento visual condujese a una mejora del rendimiento deportivo ni de la visión.

En este estudio, no se obtuvieron cambios significativos de los tiempos señalados para una mejora del rendimiento

deportivo, entre las pruebas objetivo inicial y final. Sin embargo, sí las hubo entre las distintas fases. Lo que indica, de nuevo, que se requiere de un mayor tiempo de entrenamiento.

Se obtuvo una mejora estadísticamente significativa del tiempo de reacción y del tiempo motor entre la Fase 2 y la Fase 6. Los mejores resultados se obtuvieron en la Fase 4, pudiendo deberse a la total comprensión del ejercicio y al seguimiento correcto del entrenamiento.

El tiempo de búsqueda incrementó progresivamente con el avance de las Fases. Es comprensible, puesto que aumentó de manera directamente proporcional al número de distractores y, por ende, de dificultad de cada Fase.

Aunque algunos estudios sugieren que la realidad virtual es beneficiosa para la mejora del rendimiento visual en el deporte, hay que tener en cuenta algunas limitaciones y puntos importantes que pueden hacer diferir los resultados. La duración y frecuencia de los entrenamientos con este tipo de tecnología puede ser diferente entre los estudios anteriormente citados, esto supondría que la comparación de los resultados entre ellos no fuese del todo fiable. También cabe destacar que los resultados sobre la eficacia de la realidad virtual pueden depender del deporte específico que se practica y de las habilidades visuales que se estén entrenando en cada caso.

Puesto que la extrapolación de la mejora adquirida de las habilidades en el contexto de la realidad virtual, concretamente con el Software VSport®, al entorno del deporte en la vida real es un aspecto que no ha sido explorado, es difícil realizar una comparación exhaustiva de los resultados obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio, podemos concluir:

Existe mejora significativa en las vergencias fusionales positivas. Además de una variación positiva en el resto de las habilidades visuales, que podría ser significativa aumentando el tiempo de entrenamiento.

Hay una mejora significativa de los tiempos de reacción y del tiempo motor entre las distintas fases.

No hay una diferencia significativa en los tiempos de las pruebas objetivo, realizadas previo al entrenamiento y una vez finalizado este. Puede deberse a una duración demasiado breve de la preparación.

La RV supone un entorno inmersivo e interactivo que puede ser utilizado de manera efectiva para entrenar y mejorar algunas habilidades visuales en jugadores de baloncesto.

El entrenamiento mediante RV proporciona un medio seguro para el entrenamiento de las habilidades visuales libre de riesgos asociados al entrenamiento tradicional como pueden ser las lesiones.

La RV puede ser utilizada como herramienta de evaluación del rendimiento visual en deportistas y de detección de áreas de mejora, pudiendo llevar un seguimiento de cada deportista.

Para unos resultados más precisos, se necesitaría un mayor tiempo de entrenamiento visual. Además, realizar un mejor acatamiento y seguimiento de las Fases. Para ello, es necesario seguir investigando y desarrollando nuevas aplicaciones y metodologías

Por finalizar, la RV es una herramienta prometedora y efectiva en la mejora de algunas habilidades visuales.

REFERENCIAS

- Abernethy, B., & Wood, J. M. (2001). Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation. *Journal of Sports Sciences*, 19(3), 203-222. <https://doi.org/10.1080/026404101750095376>
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review: Review of soccer skill measurement. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 170-183. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01256.x>
- Bailenson, J., Patel, K., Nielsen, A., Bajscy, R., Jung, S.-H., & Kurillo, G. (2008). The effect of interactivity on learning physical actions in virtual reality. *Media Psychology*, 11(3), 354-376. <https://doi.org/10.1080/15213260802285214>
- Balasaheb, T., Maman, P., & Sandhu, J. S. (2008). The impact of visual skills training on batting performance in cricketers. *SJSS*, 2(1), 17-23.
- Bideau, B., Multon, F., Kulpa, R., Fradet, L., Arnaldi, B., & Delamarche, P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. *Neuroscience Letters*, 372(1-2), 119-122. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.09.023>
- Boden, L. M., Rosengren, K. J., Martin, D. F., & Boden, S. D. (2009). A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non-ball players. *Optometry (St. Louis, Mo.)*, 80(3), 121-125. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2008.06.009>

- Clark, J. F., Colosimo, A., Ellis, J. K., Mangine, R., Bixenmann, B., Hasselfeld, K., Graman, P., Elgendy, H., Myer, G., & Divine, J. (2015). Vision training methods for sports concussion mitigation and management. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 99, e52648. [https:// doi.org/10.3791/52648](https://doi.org/10.3791/52648)
- Clark, J. F., Ellis, J. K., Bench, J., Khoury, J., & Graman, P. (2012). High-performance vision training improves batting statistics for University of Cincinnati baseball players. *PLoS One*, 7(1), e29109. [https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0029109](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029109)
- Darnis, F. (2021). Interactions of Didactic Regulation in PE Socio-constructivist Setting. *Psychol Res*, 11(12), 470-480.
- Gray, R. (2017). Transfer of training from virtual to real baseball batting. *Frontiers in Psychology*, 8, 2183. [https:// doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02183](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02183)
- Jiménez, R., Pérez, M. A., García, J. A., & González, M. D. (2004). Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 24(6), 528-542. [https:// doi.org/10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x)
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., & Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1285-1292. [https:// doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c65](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c65)
- Junyent, L. Q., Revés, C. S., & Fortó, J. S. (2003). Comparative study of visual function of two groups with mental handicaps. *Efdep*, 61.
- Krzepota, J., Zwierko, T., Puchalska-Niedbał, L., Markiewicz, M., Florkiewicz, B., & Lubiński, W. (2015). The efficiency of a visual skills training program on visual search performance. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 231-240. [https:// doi.org/10.1515/hukin-2015-0051](https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0051)
- Land, M. F., & Mcleod, P. (2000). The eye movement strategies of batsmen in cricket. *IOVS*, 41(4).
- Lim, Y. Y., Poronnik, P., Usherwood, T., & Reeve, B. (2020). Medical negligence laws and virtual reality in healthcare. *Australian journal of general practice*, 49(8), 525-529. [https:// doi.org/10.31128/AJGP-08-19-5036](https://doi.org/10.31128/AJGP-08-19-5036)
- Liu, Y., Li, S., Guo, J., Chai, G., & Cao, C. (2022). The application of Virtual Reality technology in sports psychology: Theory, practice, and prospect. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 5941395. [https:// doi.org/10.1155/2022/5941395](https://doi.org/10.1155/2022/5941395)
- Miles, H. C., Pop, S. R., Watt, S. J., Lawrence, G. P., & John, N. W. (2012). A review of virtual environments for training in ball sports. *Computers & Graphics*, 36(6), 714-726. [https:// doi.org/10.1016/j.cag.2012.04.007](https://doi.org/10.1016/j.cag.2012.04.007)
- Oagaz, H., Schoun, B., & Choi, M.-H. (2022). Performance improvement and skill transfer in table tennis through training in Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(12), 4332-4343. [https:// doi.org/10.1109/TVCG.2021.3086403](https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3086403)
- Presta, V., Vitale, C., Ambrosini, L., & Gobbi, G. (2021). Stereopsis in sports: Visual skills and visuomotor integration models in professional and non-professional athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11281. [https:// doi.org/10.3390/ijerph182111281](https://doi.org/10.3390/ijerph182111281)
- Regan, D., & Gray, R. (2001). Hitting what one wants to hit and missing what one wants to miss. *Vision Research*, 41(25-26), 3321-3329. [https:// doi.org/10.1016/s0042-6989\(01\)00068-2](https://doi.org/10.1016/s0042-6989(01)00068-2)
- Scheiman, M., & Wick, B. (2014). Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders (4th ed.). *Lippincott Williams and Wilkins*.
- Sipatchin, A., Wahl, S., & Rifai, K. (2021). Eye-tracking for clinical ophthalmology with virtual reality (VR): A case study of the HTC Vive Pro Eye's usability. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 9(2), 180. [https:// doi.org/10.3390/healthcare9020180](https://doi.org/10.3390/healthcare9020180)
- Sirico, F., Romano, V., Sacco, A. M., Belviso, I., Didonna, V., Nurzynska, D., Castaldo, C., Palermi, S., Sannino, G., Della Valle, E., Montagnani, S., & Di Meglio, F. (2020). Effect of video observation and motor imagery on simple reaction time in cadet pilots. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(4), 89. [https:// doi.org/10.3390/jfkmk5040089](https://doi.org/10.3390/jfkmk5040089)
- Spera, R., Belviso, I., Sirico, F., Palermi, S., Massa, B., Mazzeo, F., & Montesano, P. (2019). Jump and balance test in judo athletes with or without visual impairments. *Journal of Human Sport and Exercise - 2019 - Spring Conferences of Sports Science*.
- Stine, C. D., Arterburn, M. R., & Stern, N. S. (1982). Vision and sports: a review of the literature. *Journal of the American Optometric Association*, 53(8), 627-633.
- Summers, B. J., Schwartzberg, A. C., & Wilhelm, S. (2021). A virtual reality study of cognitive biases in body dysmorphic disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, 130(1), 26-33. [https:// doi.org/10.1037/abn0000563](https://doi.org/10.1037/abn0000563)
- Tirp, J., Steingröver, C., Wattie, N., Baker, J., & Schorer, J. (2015). Virtual realities as optimal learning environments in sport-A transfer study of virtual and real dart throwing. *Psychol Test Assess Model*, 57(1), 57-69.
- Yan, H. (2022). Construction and application of virtual reality-based sports rehabilitation training program. *Occupational Therapy International*, 2022, 4364360. [https:// doi.org/10.1155/2022/4364360](https://doi.org/10.1155/2022/4364360)
- Zwierko, T. (2008). Differences in Peripheral Perception between Athletes and nonathletes. *Journal of Human Kinetics*, 19, 53-62. [https:// doi.org/10.2478/v10078-008-0004-z](https://doi.org/10.2478/v10078-008-0004-z)