

Efectos de la práctica de videojuegos sobre el componente acomodativo y vergencial del sistema visual en estudiantes universitarios de una institución de educación superior colombiana

Effects of playing video games on the accommodative and vergential component of the visual system in university students of a Colombian higher education institution

Carlos A. Castillo-Daza^{1*}, Johanna González-Bermúdez², Paula J. Olaya-Triana³ y Luisa F. Díaz³

¹Grupo de Investigación IMED; ²Grupo de Investigación en Ciencias de la Salud y del Deporte; ³Programa de Optometría. Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Fundación Universitaria del Área Andina - Sede Bogotá, Bogotá, Colombia

Resumen

Objetivo: Determinar las alteraciones en el sistema oculomotor después del uso continuo de videojuegos en individuos jóvenes sanos. **Método:** Se incluyó una muestra poblacional de 30 sujetos entre 17 y 31 años. En cada uno se evaluaron el estado vergencial, el estado acomodativo y la estereopsis antes y después de jugar por 1 hora de manera sostenida un videojuego de acción en dispositivos electrónicos como tablets y teléfonos inteligentes. **Resultados:** Fueron evidentes cambios fisiológicos, como la aparición de desviaciones latentes de tipo divergente mayores en visión próxima, un punto próximo de convergencia más alejado específicamente con objeto real y filtro rojo, y reservas fusionales positivas disminuidas en visión próxima. La acomodación se vio afectada específicamente en la flexibilidad, imposibilitando un enfoque rápido con lentes positivos y disminuyendo los ciclos por minuto. También se observó una reducción de la estereopsis fina luego de haber sido expuestos a los videojuegos. **Conclusiones:** La exposición continua a videojuegos genera un incremento en la amplitud de acomodación, afectando la flexibilidad de acomodación y haciendo que los sujetos tengan una dificultad de enfoque, generando un desequilibrio motor reflejado en la aparición de desviaciones de tipo divergente asociadas a fatiga por el tiempo prolongado de exposición.

Palabras clave: Acomodación. Vergencia. Sistema visual. Efectos visuales de la práctica de videojuegos.

Abstract

Objective: To determine the alterations in the oculomotor system that occur after continuous video game use in healthy young individuals. **Method:** The study included a sample population of 30 subjects aged between 17 and 31 years, in whom the vergence state, the accommodative state, and stereopsis were assessed before and after playing an action video game continuously for 1 hour on electronic devices such as tablets and smartphones. **Results:** The study identified physiological changes, including the appearance of larger divergent-type latent deviations in near vision, a near point of convergence that is more distant and specific to real objects and red filters, decreased positive fusional reserves in near vision, accommodation typically affected in flexibility by making fast focusing with positive lenses impossible and decreasing cycles per minute.

*Correspondencia:

Carlos A. Castillo-Daza

E-mail: ccastillo44@areandina.edu.co

0187-4519 / © 2024 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 05-05-2023

Fecha de aceptación: 07-03-2024

DOI: 10.24875/RMO.M23000258

Disponible en internet: 07-07-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(1):9-16

www.rmo.com.mx

A reduction in fine stereopsis was also observed after being exposed to video games. **Conclusions:** Continuous exposure to video games increases the amplitude of accommodation, which affects the flexibility of accommodation, making the subjects unable to focus and revealing a motor imbalance reflected in the appearance of divergent-type deviations associated with fatigue due to prolonged exposure time.

Keywords: Accommodation. Vergence. Visual system. Visual effects of playing video games.

Introducción

Tecnológicamente el mundo está viviendo una de sus más grandes transformaciones. Según Klaus Schwab, se está viviendo la cuarta revolución industrial: «Estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes»¹.

Esta revolución está siendo posible gracias a la infraestructura de la revolución digital anterior, que ha facilitado el acceso y la comunicación de gran parte de la población mundial con una diversidad cada vez mayor de dispositivos tecnológicos, como *laptops*, *tablets*, relojes inteligentes, teléfonos inteligentes o consolas para videojuegos, entre otros. Actualmente hay 5190 millones de usuarios únicos en dispositivos móviles, lo cual cubre el 67% de la población mundial. De acuerdo con Shum², en 2020, en todo el mundo, los servicios de telecomunicaciones y de Internet empezaron a ser más asequibles; entre 2008 y 2011, el precio de las tecnologías de la información y la comunicación disminuyó un 30%, y la reducción más acusada fue la de los servicios de Internet de banda ancha fija, cuyos precios bajaron en promedio un 75%. Esta facilidad tanto para acceder a Internet como para adquirir dispositivos tecnológicos de mejor calidad y mejores precios ha sido aprovechada por los amantes de los videojuegos para disfrutar miles de opciones presentes en el mercado global. Según datos de la ESA, en 2019, «hay más de 2500 millones de *gamers* en todo el mundo. El 41% de los hogares juegan en un PC, el dispositivo más común. Le siguen teléfonos inteligentes y consolas de juegos dedicadas, con un 36% cada uno. Los terceros más utilizados, con un 24%, son dispositivos inalámbricos como *tablets*. Por último, el 14% posee un sistema de mano dedicado PSP, mientras que solo el 8% tiene dispositivos de realidad virtual»².

La creciente popularidad de los videojuegos, con y sin realidad virtual, está causando una gran preocupación en los profesionales de la salud visual, ya que el uso prolongado de los dispositivos electrónicos induce efectos de adaptación visual que alteran no solo la

superficie ocular, sino también el adecuado funcionamiento del sistema vergencial y acomodativo³.

El trabajo prolongado en visión próxima genera una serie de sintomatología que disminuye la calidad visual y afecta la capacidad acomodativa y la amplitud vergencial, que están directamente relacionadas con la aparición de visión borrosa y visión doble durante o después de la exposición a los videojuegos. Lee et al.⁴ evaluaron los efectos de los juegos de computadora sobre el sistema visual en individuos jóvenes sanos, y encontraron alteraciones en la convergencia y en la acomodación después de 4 horas de exposición.

Se ha logrado evidenciar que la función visual de los jugadores de videojuegos se ve afectada con el uso de los dispositivos electrónicos, siendo la acomodación y la vergencia dos de las funciones más alteradas después de la exposición. Dado que estos sistemas están vinculados directamente e interactúan, la acomodación es estimulada por la borrosidad retiniana y la vergencia es estimulada por la profundidad. Estos son los componentes básicos que se requieren para el desempeño de cualquier actividad en visión próxima, y son precisamente los que más se afectan por el uso prolongado de dispositivos en visión próxima⁵.

A partir de los datos anteriores y teniendo en cuenta que cada vez son más los jóvenes que inician a corta edad la práctica de algún tipo de videojuego de manera habitual y prolongada⁶, se plantea como objetivo determinar la relación existente entre las alteraciones oculomotoras y la práctica de videojuegos en una población de jóvenes sanos universitarios en la ciudad de Bogotá.

Método

Tipo de estudio

La presente investigación es cuantitativa de tipo analítica, descriptiva y de corte transversal. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Fundación Universitaria del Área Andina de acuerdo con los lineamientos de la Declaración de Helsinki y el Decreto 8430 de 1993. Se procedió a explicar de forma oral y escrita los procedimientos a los pacientes, y se obtuvo un formulario de consentimiento informado firmado por

cada uno de los estudiantes. Al recibir la aceptación de participación, se procedió a evaluar el estado visual, acomodativo y vergencial.

Población

La investigación contó con un total de 48 sujetos de entre 17 y 31 años, que tras pasar por un proceso de selección y filtrado quedaron en 30 individuos aptos, los cuales fueron estudiantes universitarios de la Fundación Universitaria del Área Andina de la ciudad de Bogotá, Colombia, que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: defectos refractivos corregidos en rango de esfera de +0.25 a -0.50 y cilindros hasta -0.50 o corregidos con más de 1 mes de uso de su prescripción óptica, nivel de agudeza visual entre 20/20 y 20/25 corregida o sin corregir, y binocularidad estable. Se excluyeron 18 pacientes con estrabismos congénitos, ambliopías refractivas o estrábicas, alteraciones patológicas de segmento anterior o posterior que afectaban la agudeza visual, antecedentes oculares de cirugía de estrabismo o trauma ocular, alteraciones o retrasos psicomotores, nistagmo o alteración acomodativa o vergencial previa.

Procedimiento

En cada participante se evaluaron el estado acomodativo determinando el Lag de acomodación con retinoscopia de Nott, la flexibilidad de acomodación con *flippers* y la amplitud de acomodación (AA) con una técnica subjetiva Donders Push Down y una objetiva con el método objetivo de amplitud de acomodación (MODAA). La valoración de las vergencias se realizó mediante *cover test*, tanto en visión lejana como en visión próxima, punto próximo de convergencia (PPC) con luz, objeto real y filtro rojo, reservas fusionales negativas y positivas (RFN y RFP), antes y después de jugar de manera sostenida por 1 hora un videojuego de acción en *tablets* y *smartphones*.

Los procedimientos que se llevaron a cabo fueron:

- Agudeza visual: para evaluar la agudeza visual en visión lejana se empleó la cartilla LogMAR a 3 m del paciente, y en visión próxima a 40 cm. Los resultados se registraron en unidades del logaritmo del mínimo ángulo de resolución⁷.
- Examen externo: se enfocaron las dioptrías del oftalmoscopio para evaluar las diferentes estructuras de ambos ojos desde el segmento anterior hasta el segmento posterior⁷.
- Valoración de la heteroforia: con el método objetivo del prisma *cover test* se evaluaron la presencia, la dirección y la magnitud de la foria⁸.

- Valoración del PPC: se midió con objeto real, luz y filtro rojo. Se determinaron el punto de ruptura y el punto de recuperación de la visión binocular. Se registró la distancia de diplopía sobre recuperación en centímetros⁷.
- Reservas fusionales: se realizó la medición de la RFN anteponiendo una barra de prismas con base nasal en el ojo dominante, y se aumentó hasta que el participante reportará ver doble. Se anotó el valor dióptrico del prisma y luego se redujo sucesivamente el valor del prisma hasta que el participante reportó ver una imagen sencilla de nuevo y se anotó ese valor. Se realizó el mismo procedimiento para medir las RFN en visión próxima a una distancia de 40 cm. El mismo proceso se siguió para la medición de la RFP anteponiendo la barra de prismas base externa, y se anotaron los datos de visión doble y recuperación tanto en visión lejana como en visión próxima, así como los valores de rotura y recobro en dioptrías prismáticas⁹.

VALORACIÓN DEL ESTADO ACOMODATIVO

- Retinoscopia de Nott: se situó la cartilla de visión próxima a una distancia de 40 cm del participante y se le solicitó que leyera las letras del nivel visual de 0.75 M, mientras el examinador observaba el reflejo retinoscópico de ambos ojos. Si el examinador observaba movimiento directo, alejaba el retinoscopio de la cartilla hasta conseguir un punto neutro y determinaba la distancia a la que se produjo la neutralización. Luego se calculó la diferencia dióptrica entre el estímulo acomodativo (tarjeta) y la respuesta acomodativa (distancia a la cual se encuentra el punto neutro). Posteriormente se repitió el procedimiento en el otro ojo y se anotaron los resultados en forma de dioptrías¹⁰.
- Valoración de la flexibilidad de acomodación: se hizo de forma monocular, con la corrección óptica. Se indicó al paciente que leyera en voz alta los componentes de una línea inferior a su agudeza visual a una distancia de 40 cm e inmediatamente se antepuso un *flipper* de +2,00/-2,00; si el participante era capaz de ver nítidas las letras del nivel visual mencionado, se procedía a contar los ciclos por minuto de cada ojo⁸.
- MODAA: se determinó de manera monocular y con el uso de la corrección óptica encontrada. Se adicionó un lente de -4.00 D y se ocluyó el otro ojo. Se pidió al participante que sostuviera la cartilla de fijación pegada a la montura. Se le indicó que lentamente alejara la cartilla y en el momento en que observara las letras de forma clara y nítida se detuviera. A partir de este punto, el evaluador, ubicado a 30 cm por detrás del punto de fijación, observó la sombra del

retinoscopio; si el movimiento retinoscópico era «con» debía alejarse del punto de fijación hasta observar el punto neutro o la inversión del movimiento, y si la sombra era «contra», el examinador debía acercarse hacia el ojo del examinado hasta observar un punto neutro o inversión del movimiento. Se anotó la distancia entre el plano del lente de prueba y el plano del espejo del retinoscopio como el punto próximo de acomodación, y el valor en dioptrías se determinó así:

$$\text{Amplitud de acomodaciyn MODAA} \\ (\text{dioptrías}) = [(1/x) * 100] + 4$$

siendo x la distancia expresada en centímetros. Al resultado se le suma 4.00 D, lo que corresponde al lente colocado en la montura de prueba para que genere una demanda acomodativa¹¹.

- Amplitud de acomodación con la técnica de Donders modificada: se determinó con el uso de la corrección óptica del participante en la montura de pruebas, ocluyendo uno de los ojos. Se adicionó un lente de -4.00 D sobre el ojo a evaluar y se le pidió que lo sostuviera pegado a la montura sobre el ojo dominante, observando la cartilla de fijación en donde se encuentran las letras. Luego se le indicó que lentamente alejara la cartilla y se detuviera en el momento en que observara las letras de forma clara, sostenida y nítida. Se midió la distancia expresada en centímetros empleando la regla de Krinsky. Al valor se le adicionó 4.00 D, correspondientes al lente colocado en la montura y que genera una demanda acomodativa¹².

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de estadística descriptiva por medio del *software* JASP versión 0.16, desarrollado por la Universidad de Ámsterdam, partiendo de las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk. Se organizaron los datos de acuerdo con el tipo de la prueba y el momento de la evaluación (en reposo [PRE] y después de la práctica de videojuegos [POST]). Se utilizó la prueba t de Student para la comparación de los datos PRE y POST, y la prueba de tamaño de efecto d de Cohen. Se realizó un modelo de regresión lineal *backward* para determinar la ecuación característica del punto próximo de convergencia en convergencia y recobro.

Resultados

Se evaluaron las siguientes variables para determinar el estado vergencial antes y después de la intervención (Tabla 1):

- *Cover test* (visión lejana y visión próxima): los valores negativos hacen referencia a las desviaciones de tipo divergente, mientras que los positivos indican las desviaciones de tipo convergente.
- El PPC se evaluó con objeto real, filtro rojo y luz, y se expresó en centímetros.
- RFP tanto en visión lejana como en visión próxima, teniendo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- RFN tanto en visión lejana como en visión próxima, teniendo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- Estereopsis (test de Randot), obteniendo la medición en segundos de arco.

Con el fin de determinar el estado acomodativo antes y después de la intervención se realizaron las siguientes pruebas (Tabla 2):

- AA determinada mediante la técnica MODAA para el ojo derecho y el ojo izquierdo, indicada en dioptrías.
- Retraso acomodativo determinado mediante la técnica de rinoscopia de Nott para el ojo derecho y el ojo izquierdo, indicado en dioptrías.
- Flexibilidad acomodativa determinada mediante la técnica de *flippers* $+2.00/-2.00$, obtenida en ciclos por minuto.

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento del PPC ruptura con objeto real después de realizar la intervención se planteó un modelo de regresión lineal con las características $F(10,21) = 5.45$, $p < 0.001$, que está representado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PPC OR RUPTURA} = & \\ & -6.567 + (4.123 * \text{COVER TESTLEJOS PRE}) \\ & + (0.359 * \text{PPC LUZ RECOBRO PRE}) \\ & + (0.906 * \text{PPC FR RUPTURA PRE}) \\ & - (0.289 * \text{RFP VL RECOBRO}) \\ & + (0.553 * \text{RFN VL RUPTURA PRE}) \\ & + (0.372 * \text{RFN VP RUPTURA PRE}) \end{aligned}$$

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento de PPC recobro con objeto real después de realizar la intervención se planteó un modelo de regresión lineal con las características $F(10,23) = 3.852$, $p = 0.008$, que está representado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PPC OR RECOBRO} = & \\ & 10.278 - (0.184 * \text{RFP VP RUPTURA PRE}) \\ & + (1.492 * \text{PPC OR RUPTURA PRE}) \\ & - (1.686 * \text{PPC OR RECOBRO PRE}) \\ & - (1.488 * \text{PPC LUZ RUPTURA}) \\ & + (1.314 * \text{PPC LUZ RECOBRO}) \\ & + (0.842 * \text{RFN VP RUPTURA PRE}) \end{aligned}$$

Tabla 1. Valoración del estado vergencial antes y después de la intervención

Variable	Prueba	Momento	Promedio	DE	Min	Max	p	d Cohen
<i>Cover test</i>	Visión lejana	PRE	-0.067	0.365	-2	0	0.096	0.311
		POST	-0.233	0.626	-2	0		
	Visión próxima	PRE	-1.433	2.03	-6	0	0.001*	0.82 [†]
		POST	-3.067	2.41	-8	0		
PPC objeto real	Ruptura	PRE	5.60	0.93	3	8	0.001*	1.476 [†]
		POST	9.73	2.56	5	15		
	Recobro	PRE	8.30	1.18	6	12	0.001*	1.427 [†]
		POST	14.07	3.71	9	25		
PPC filtro rojo	Ruptura	PRE	6.93	0.98	5	11	0.001*	1.47 [†]
		POST	11.40	3.82	5	18		
	Recobro	PRE	10.10	0.84	8	13	0.001*	1.267 [†]
		POST	16.10	4.49	9	25		
PPC luz	Ruptura	PRE	8.43	1.81	5	13	0.002*	0.615 [†]
		POST	10.47	3.23	4	17		
	Recobro	PRE	11.43	2.38	5	18	0.001*	0.814 [†]
		POST	15.03	4.31	7	25		
RFP visión lejana	Ruptura	PRE	20.20	5.81	10	30	0.021*	0.446
		POST	16.80	6.56	6	30		
	Recobro	PRE	15.20	4.67	7	25	0.001*	0.888 [†]
		POST	11.80	4.76	4	20		
RFP visión próxima	Ruptura	PRE	24	5.78	18	35	0.004*	0.57 [†]
		POST	19.97	6.71	12	40		
	Recobro	PRE	19.90	5.03	14	30	0.001*	0.72 [†]
		POST	15.30	4.94	6	30		
RFN visión lejana	Ruptura	PRE	10.23	2.88	6	18	0.079	0.33
		POST	9.07	3.51	4	18		
	Recobro	PRE	7.47	3.19	4	16	0.040*	0.39
		POST	6.17	3.30	1	14		
RFN visión próxima	Ruptura	PRE	13.60	1.87	11	18	0.002*	0.637 [†]
		POST	11.60	3.56	6	18		
	Recobro	PRE	10.97	1.82	9	16	0.002*	0.635 [†]
		POST	8.87	3.43	2	16		
Estereopsis	Randot	PRE	25.80	8.15	10	40	0.008*	0.521 [†]
		POST	30	11.3	20	70		

*Representa resultados estadísticamente significativos para un intervalo de confianza del 95%.

[†]Representa un tamaño de efecto mediano (0.5-0.79), grande (0.8-0.99), muy grande (1.0-1.2) y enorme (> 1.21).

DE: desviación estándar; PPC: punto próximo de convergencia; RFN: reserva fusional negativa; RFP: reserva fusional positiva.

Tabla 2. Valoración del estado acomodativo antes y después de la intervención

Variable	Prueba	Momento	Media	DE	Min	Max	p	d Cohen
AA ojo derecho	MODAA	PRE	7.85	0.655	7.00	9	0.001*	0.84 [†]
		POST	7.217	0.73	5.75	8.75		
AA ojo izquierdo	MODAA	PRE	7.71	0.74	6	9	0.001*	0.77 [†]
		POST	7.11	0.67	6	8		
LAG ACC ojo derecho	Nott	PRE	0.083	0.15	0	0.0005	0.004*	0.567 [†]
		POST	-0.256	0.51	-2	0.0005		
LAG ACC ojo izquierdo	Nott	PRE	0.084	0.15	0	0.0005	0.002*	0.62 [†]
		POST	-0.306	0.54	-2	0.0005		
FLEX ACC ojo derecho	Flipper	PRE	8.13	2.03	6	11	0.001*	1.375 [†]
		POST	2.93	2.96	0	8		
FLEX ACC ojo izquierdo	Flipper	PRE	7.71	0.74	6	9	0.001*	1.318 [†]
		POST	3.40	2.81	0	8		

*Representa resultados estadísticamente significativos para un intervalo de confianza del 95%.

[†]Representa un tamaño de efecto mediano (0.5-0.79), grande (0.8-0.99), muy grande (1.0-1.2) y enorme (> 1.21).
DE: desviación estándar; FLEX ACC: flexibilidad acomodativa; LAG ACC: retraso acomodativo.

Discusión

La valoración completa del estado acomodativo y vergencial antes y después de la exposición a videojuegos en jóvenes universitarios ha permitido evidenciar que, tras una fuerte demanda visual en visión próxima, la acomodación tónica incrementa, mostrando un aumento en la amplitud de acomodación, lo cual se relaciona con la imposibilidad de enfoque con lentes positivos (dificultad en la relajación de acomodación y disminución significativa de la flexibilidad de acomodación). Esta afectación en la acomodación influye directamente en el sistema vergencial, pues en la mayoría de los casos, cuando la acomodación se altera, la vergencia intenta compensar el trastorno, funcionando mal de igual manera. En la muestra analizada se encontró una reducción en el componente vergencial, así como una insuficiencia de convergencia correlacionada con la aparición de una desviación de tipo divergencia en visión próxima, un PPC más alejado tanto en ruptura como en recobro y una RFP y una RFN alteradas, teniendo un mayor efecto en la RFP en visión próxima (d de Cohen 0.72 en recobro).

Los estudios previos relacionados con el uso excesivo de dispositivos electrónicos ya demostraron la variación en la funcionalidad de la capacidad vergencial. Según Tejada¹³, en un estudio en el que se evaluaron las condiciones visuales en sujetos jugadores habituales

de videojuegos de entre 18 y 30 años, después de jugar juegos con características similares a los de esta investigación hubo hallazgos clínicos como diplopía en visión lejana y visión próxima, forias en visión lejana y visión próxima, y afectación en la motilidad ocular en ambas distancias. En relación con el presente trabajo, no hay concordancia en cuanto a la afectación motora en visión lejana, pero sí en la visión próxima, donde se encontró un PPC más alejado y la aparición de una exodesviación; dicha discrepancia quizás se deba a que en el presente trabajo los jugadores solo estuvieron expuestos a juegos en visión próxima por un periodo de tiempo de 1 hora. Otros estudios similares reportan la presencia de desviaciones en visión lejana después del uso de dispositivos electrónicos, pero todos ellos tienen en común que el tiempo de exposición es mayor que el empleado en la presente investigación¹⁴⁻¹⁷.

En los últimos tiempos han sido material de estudio los videojuegos de realidad virtual. En el año 2020, un estudio reveló una disminución en la convergencia después de al menos 20 minutos de uso de estos videojuegos, reflejando una acorde asociación con lo reportado en este estudio¹⁷.

Watten et al.¹⁶ estudiaron una muestra poblacional de 43 personas de entre 18 y 36 años, a quienes se les pedía trabajar en computadores por más de 6 horas a una distancia de 40 cm. Se encontró que los sujetos disminuyeron la RFN y la RFP en visión lejana y en

visión próxima, mientras que en la presente investigación solo hubo una disminución en la RFP en visión próxima después del juego; esto quiere decir que posiblemente en el estudio a comparar hubo una mayor alteración debido al mayor tiempo de exposición a las pantallas.

Otro estudio con gran similitud al presente, en estudiantes universitarios de 19 a 35 años en Corea del Sur, se realizó con los sujetos jugando de manera continua durante 4 horas, de las 18:00 a las 22:00 horas. Los resultados mostraron forias en visión cercana, específicamente un cambio exofórico, mientras que la foria en visión lejana no tuvo ningún cambio; dicho hallazgo es concordante con nuestro trabajo por factores como el tiempo de juego y la edad de la muestra poblacional¹⁸.

Rechichi et al.¹⁹ estudiaron una población más joven, incluyendo niños de 3 a 10 años que fueron examinados en dos grupos divididos según el tiempo que dedicaron a jugar: niños que jugaron a videojuegos durante < 30 minutos al día y no todos los días (grupo de control), y niños que jugaron videojuegos durante 30 minutos o más, todos los días (grupo de videojuegos). Los niños examinados mostraron diplopía transitoria principalmente en el grupo de videojuegos, y el 52.6% de la totalidad de la muestra reportaron exoforia, siendo esta la más común de las alteraciones encontradas, y ausencia de estereopsis fina más frecuente en el grupo de videojuegos. En relación con la presente investigación hay correlación, ya que reportaron alteraciones prevalentes como la exoforia y la pérdida de la estereopsis fina luego de ser expuestos a los videojuegos. A pesar de la diferencia en la edad de la muestra poblacional, el resultado es acorde a la dificultad de percepción de profundidad luego de la exposición.

En cuanto a la función de la acomodación monocular visual, se observaron cambios como una inflexibilidad después del juego, evidenciada por la disminución de ciclos por minuto y la intolerancia a los lentes positivos; es decir, en los sujetos se encontraba un déficit de relajación acomodativa después de la exposición prolongada al juego. Se puede inferir que, tras una fuerte demanda visual en visión próxima, inicialmente la acomodación tónica incrementa, ocasionando un aumento en la amplitud de acomodación, lo cual se relaciona con la imposibilidad de enfoque con lentes positivos (dificultad en la relajación de acomodación y disminución significativa de la flexibilidad de acomodación). Esta afectación en la acomodación influye directamente en el sistema vergencial, pues en la mayoría de los casos, cuando la acomodación se altera, la

vergencia intenta compensar el trastorno, funcionando mal de igual manera.

Un estudio realizado por Kang et al.²⁰ en 2021 evaluó a 46 sujetos entre 19 y 39 años de edad luego de usar dispositivos como *tablets* y teléfonos inteligentes durante 20 minutos. Se evidenciaron cambios visuales, pero fueron pocos los cambios en la acomodación; hubo una mayor disminución de facilidad o flexibilidad de acomodación cuando se utilizó una pantalla de gran tamaño, pero no fue estadísticamente significativa, y los resultados no fueron concordantes con la presente investigación, posiblemente porque la exposición a los dispositivos no fue mayor de 1 hora. De igual manera, Tejada¹³, en su estudio de sujetos de 18 a 38 años que jugaron 2 horas al día durante 1 semana, revela inflexibilidad de la acomodación. Muchos otros estudios comparan entre leer en un teléfono inteligente y leer en una copia impresa, y así mismo leer en teléfonos inteligentes y tabletas a 35-40 cm de distancia durante 12 y 30 minutos resultó en un retraso mayor estadísticamente significativo; resultado acorde a la presente investigación, posiblemente por la gran similitud en el tiempo de exposición y el dispositivo utilizado^{15,20-22}.

Como trabajos futuros y teniendo en cuenta las tendencias en el uso de dispositivos móviles y de videojuegos bajo estas plataformas, se sugiere aumentar la población evaluada y desarrollar estos estudios con población juvenil e infantil considerando las cifras de uso de tecnologías publicadas por UNICEF en 2017, que indican que el 71% de los niños y adolescentes menores de 18 años están en línea, y que el 94% cuentan con un dispositivo móvil²³.

Conclusiones

Los resultados muestran cambios en las funciones visuales después del uso de los videojuegos, evidenciados en el aumento de la acomodación tónica y el incremento en la amplitud de acomodación, que a su vez afecta la flexibilidad de acomodación, haciendo que los sujetos tengan una imposibilidad de enfoque, generando un desequilibrio motor reflejado en desviaciones de tipo divergente asociadas a una fatiga por el tiempo prolongado de exposición, donde específicamente el músculo recto medio entra en un estado de hipofunción leve, junto con una insuficiencia de convergencia demostrada con un PPC más alejado con objeto real y filtro rojo.

De igual modo, la RFP y la RFN presentan alteración, con una mayor disminución en la RFP en visión próxima, generando una alteración principalmente en la estereopsis fina.

Los cambios fisiológicos observados se dan por una fatiga en las funciones visuales como resultado de una estimulación prolongada en visión próxima, debido a la interacción con los dispositivos móviles durante la práctica de videojuegos.

Financiamiento

Esta investigación no ha recibido ningún financiamiento específico de ningún organismo público, privado o sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no existe ningún conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Los procedimientos fueron autorizados por el Comité de Ética de la institución.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El presente trabajo fue avalado por el comité de ética de la Fundación Universitaria del Área Andina bajo acta del 25 de mayo de 2021. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER, según la naturaleza del estudio.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Bibliografía

- Perasso V. Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). BBC News Mundo. 2016. (Consultado el 12-08-2021.) Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>.
- Shum YM. Situación Global Mobile 2020 - 5.190 millones de usuarios únicos. Yi Min Shum Xie, social media. 2020. (Consultado el 20-04-2022.) Disponible en: <https://yiminshum.com/mobile-movil-app-2020/>.
- Mohamed Elias Z, Batumalai UM, Azmi ANH. Virtual reality games on accommodation and convergence. Appl Ergon. 2019;81:102879.
- Lee JW, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yu DS. Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. PeerJ. 2019;7:e7050.
- Bharadwaj SR, Candy TR. Accommodative and vergence responses to conflicting blur and disparity stimuli during development. J Vis. 2009;9:4.1.
- Forero GA, Sala XB, Chalezquer CS. La generación interactiva en Colombia: adolescentes frente a la Internet, el celular y los videojuegos. Anagramas Rumbos y Sentidos la Comun. 2010;9:45-56.
- Guerrero J. Optometría clínica. 2.ª ed. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina; 2012. (Consultado el 20-04-2022.) Disponible en: <https://isbn.cloud/9789588494494/optometria-clinica/>.
- Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. 748 p.
- Soría Peña L. Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico. Sevilla: Universidad de Sevilla; 2017. (Consultado el 20-04-2022.) Disponible en: <https://idus.us.es/items/1519e560-aa18-47aa-9e29-7015311e505d>.
- Borras M, Gispets J, Ondategui M, Pacheco M, Sánchez E, Varón C. Visión binocular: diagnóstico y tratamiento. Barcelona: Ediciones Universitat Politècnica de Catalunya; 1996. 290 p. (Consultado el 21-04-2022.) Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-vision-binocular-diagnostico-y-tratamiento/9788483011591/777080>.
- León Álvarez A. Validación de una técnica objetiva para determinar la amplitud de acomodación. Bogotá: Universidad de la Salle; 2009. (Consultado el 21-04-2022.) Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/29](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/29).
- Chen AH, O'Leary DJ. Validity and repeatability of the modified push-up method for measuring the amplitude of accommodation. Clin Exp Optom. 2021;81:63-71.
- Tejada Zapata M. Análisis y comparación de la función visual en jugadores de videojuegos, antes y después de jugar. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2016. (Consultado el 20-04-2022.) Disponible en: <http://www.internetworldstats.com>.
- Torres-Narváez M, Sánchez-Romero J, Pérez-Viatela A, Arias EB, Villamil-Ballesteros J, Valero-Sánchez K. Entrenamiento motor en el continuo de la realidad a la virtualidad. Rev Fac Med. 2018;66:117-23.
- Jaiswal S, Asper L, Long J, Lee A, Harrison K, Golebiowski B. Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. Clin Exp Optom. 2019;102:463-77.
- Watten RG, Lie I, Birketvedt O. The influence of long-term visual near-work on accommodation and vergence: a field study. J Hum Ergol (Tokyo). 1994;23:27-39.
- Munsamy AJ, Paruk H, Gopichunder B, Luggya A, Majola T, Khulu S. The effect of gaming on accommodative and vergence facilities after exposure to virtual reality head-mounted display. J Optom. 2020;13:163-70.
- Lee JW, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yu DS. Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. PeerJ. 2019;2019:e7050.
- Rechichi C, De Mojà G, Aragona P. Video game vision syndrome: a new clinical picture in children? J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 2017;54:346-55.
- Kang JW, Chun YS, Moon NJ. A comparison of accommodation and ocular discomfort change according to display size of smart devices. BMC Ophthalmol;21:1-9.
- Park M, Ahn YJ, Kim SJ, You J, Park KE, Kim SR. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19:253-60.
- Ha N-R, Kim C-J, Jung SA, Choi EJ, Kim HJ. Comparison of accommodative system according to the material and font size of near visual media. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19:217-24.
- UNICEF. Niños en un mundo digital. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia; 2017. (Consultado el 15-12-2023.) Disponible en: <https://www.unicef.org/media/48611/file>.