

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

Introducción: El drástico aumento del uso de dispositivos digitales en los últimos años evidencia un cambio significativo en los hábitos de la población en general, siendo la población estudiantil quizás la más afectada por la demanda excesiva de trabajo en visión próxima, que causa un deterioro de la salud ocular y visual. **Objetivo:** Determinar las alteraciones en el sistema oculomotor después del uso continuo de videojuegos en individuos jóvenes sanos. **Método:** En una muestra poblacional de 30 sujetos entre 17 y 31 años se evaluaron el estado vergencial, el estado acomodativo y la estereopsis antes y después de jugar por 1 hora un videojuego de acción en dispositivos electrónicos (tablet o smartphone). **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, así como 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

Introduction: The significant increase in the usage of digital devices in recent years has resulted in a notable change in the habits of the general population, with the student population being possibly the most affected due to the excessive demand for near vision work, leading to a deterioration of eye and vision health. **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

*Correspondencia:

Carlos A. Castillo-Daza

E-mail: ccastillo44@areandina.edu.co

0187-4519/© 2025 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: 09-04-2025

DOI: 10.24875/RMO.M25000274

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):29-36

www.rmo.com.mx

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, and a reduction in fine stereopsis 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, que se está viviendo en la cuarta revolución industrial según Klaus Schwab: «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 facilita el acceso y la comunicación de gran parte de la población mundial con una diversidad cada vez más grande de dispositivos tecnológicos, como *laptops*, *tablets*, relojes inteligentes, *smartphones* y consolas para videojuegos. Actualmente hay 5190 millones de usuarios únicos en dispositivos móviles, lo que cubre el 67% de la población mundial. De acuerdo con Shum², en 2020, en todo el mundo, los servicios de telecomunicaciones y de Internet estaban empezando a ser más asequibles; entre 2008 y 2011, el precio de los servicios de tecnología de la información y la comunicación disminuyó un 30% mundialmente, 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 para acceder a Internet y la posibilidad de adquirir dispositivos tecnológicos de mejor calidad a menor precios ha sido aprovechada por los amantes de los videojuegos para disfrutar miles de opciones presentes en el mercado global. Según datos de la *European Space Agency* (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 *smartphones* y consolas de juegos dedicadas con un 36% cada uno. Los terceros más utilizados, con un 24%, son dispositivos inalámbricos, como tabletas. 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 cada vez más una mayor preocupación para los profesionales de la salud visual, ya que el uso prolongado de 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 la visión borrosa y la 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 videojugadores se ve afectada por el uso de dispositivos electrónicos y videojuegos, siendo la acomodación y la vergencia dos de las funciones más alteradas después de la exposición, dado que estos sistemas están vinculados directamente interactuando entre sí, donde la acomodación es estimulada por la borrosidad retiniana mientras que la vergencia es estimulada por la profundidad. Estos son los componentes de base útil 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.

De acuerdo con 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, en Colombia.

Método

Tipo de estudio

La presente investigación es cuantitativa, analítica, descriptiva y de corte transversal.

Población

La investigación contó con 48 sujetos entre 17 y 31 años, pasados por un proceso de selección y filtrado hasta obtener 30 individuos aptos, estudiantes universitarios de la Fundación Universitaria del Área Andina de la ciudad de Bogotá, 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 sujetos con estrabismos congénitos, ambliopías refractivas o estrábicas, alteraciones patológicas del 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

A cada participante se le evaluó el estado acomodativo determinando el Lag de acomodación con retinoscopia de Nott, la flexibilidad de acomodación con *flippers* y la amplitud de acomodación con una técnica subjetiva Donders Push Down (MPD) y una objetiva con el método objetivo de amplitud de acomodación (MODAA). La valoración de las vergencias se hizo mediante la prueba de *cover test*, tanto en visión lejana como en visión próxima, el punto próximo de convergencia (PPC) con luz, objeto real (OR) y filtro rojo (FR), y las reservas fusionales negativas y positivas (RFN y RFP), antes y después de jugar por 1 hora un videojuego de acción en *tablet* o *smartphone*.

Los procedimientos que se llevaron a cabo fueron:

- Agudeza visual: para evaluarla en visión lejana se empleó la cartilla LogMAR a 3 m del paciente, y en visión próxima, a 40 cm de este. 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 OR, luz y FR. Se determinaron el punto de ruptura y el punto de recuperación de la visión binocular. Se registró la distancia de diplopía sobre la recuperación en centímetros⁷.
- Reservas fusionales: se midió la RFN anteponiendo una barra de prismas con base nasal en el ojo dominante, que se aumentó hasta que el participante reportara ver doble. Se anotó el valor dióptrico del prisma y luego se redujo sucesivamente hasta que el participante reportara ver una imagen sencilla de nuevo y se anotó este valor. Se realizó el mismo procedimiento para medir las RFN en visión próxima a una distancia de 40 cm. El mismo proceso se desarrolló para la medición de la RFP anteponiendo la barra de prismas con base externa, se anotaron los datos de visión doble y recuperación tanto en visión lejana como en visión próxima, y se anotaron 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 sujeto que leyera en voz alta los componentes de una línea inferior a su agudeza visual a una distancia de 40 cm, inmediatamente se antepuso un *flipper* de +2,00/-2,00 y, si el participante era capaz de ver nítidas las letras del nivel visual mencionado, se procedió 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, que lentamente la alejara y que se detuviera en el momento en que observara las letras de forma clara y nítida. 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 observado era «con», debía alejarse del punto de fijación hasta observar el punto neutro o la inversión del movimiento. Si la sombra era «contra», 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:

$$\text{MODAA}(\text{dioptrías}) = [(1/x) \cdot 100] + 4$$

siendo x es la distancia expresada en centímetros. Al resultado se le suman 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 a observar. 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 Krimsky. Al valor se le adicionaron 4.00 D que correspondían 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 de 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 utilizaron 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 utilizó un modelo de regresión lineal *backward* para determinar la ecuación característica

del punto próximo de convergencia en convergencia y recobro.

Resultados

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

- *Cover test* (visión lejana y visión próxima): los valores negativos hacen referencia a las desviaciones de tipo divergente, mientras que los positivos a las desviaciones de tipo convergente.
- PPC: se evaluó con OR, FR y luz. El valor obtenido se expresó en centímetros.
- RFP: tanto en visión lejana como en visión próxima, y se tuvo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- RFN: tanto en visión lejana como en visión próxima, y se tuvo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- Estereopsis (test de Randot): medición obtenida en segundos de arco.

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

- MODAA para ojo derecho y ojo izquierdo): obtenido en dioptrías.
- Retraso acomodativo (Lag ACC): determinado mediante la técnica de la rinoscopia de Nott para el ojo derecho y el ojo izquierdo, obtenido en dioptrías.
- Flexibilidad acomodativa (Flex ACC): determinada mediante la técnica de *flippers* $+2,00/-2,00$, en ciclos por minuto (cpm).

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento del PPC ruptura con OR después de realizar la intervención se plantea un modelo de regresión lineal con las características $F(10.21) = 5.45$ y $p < 0.001$, representada por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PPC OR ruptura} = & -6,567 + \\ & (4,123 \cdot \text{cover test lejos pre}) + \\ & (0,359 \cdot \text{PPC luz recobro pre}) + \\ & (0,906 \cdot \text{PPC FR ruptura pre}) - \\ & (0,289 \cdot \text{RFP VL recobro}) + \\ & (0,553 \cdot \text{RFN VL ruptura pre}) + \\ & (0,372 \cdot \text{RFN VP ruptura pre}) \end{aligned}$$

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento de PPC recobro con OR después de realizar la intervención se plantea un modelo de regresión lineal con las características $F(10.23) = 3.852$ y $p = 0.008$, representada por la siguiente ecuación:

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

Variable	Prueba	Momento	Promedio	DE	Min	Max	p	d Cohen
Cover test	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 OR	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 FR	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 [†]
		Pos	11.60	3.56	6	18		
	Recobr0	Pre	10.97	1.82	9	16	0.002*	0.635 [†]
		Pos	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		

DE: desviación estándar; FR: filtro rojo; OR: objeto real; PPC: punto próximo de convergencia; RFN: reserva fusional negativa; RFP: reserva fusional positiva.

*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).

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

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

AA: amplitud de acomodación; DE: desviación estándar; Flex ACC: flexibilidad acomodativa; Lag ACC: retraso acomodativo; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo.

*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).

$$\begin{aligned}
 & \text{PPC OR recobro} = 10,278 - \\
 & (0,184 * \text{RFP VP ruptura pre}) + \\
 & (1,492 * \text{PPC OR ruptura pre}) - \\
 & (1,686 * \text{PPC OR recobro pre}) - \\
 & (1,488 * \text{PPC luz ruptura}) + \\
 & (1,314 * \text{PPC luz recobro}) + \\
 & (0,842 * \text{RFN VP ruptura pre})
 \end{aligned}$$

Discusión

La valoración completa del estado acomodativo y vergencial antes y después de la exposición a videojuegos en jóvenes universitarios ha permitido evidenciar que, después de una fuerte demanda visual en visión próxima, la acomodación tónica incrementa, evidenciando 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. Se encontró una reducción en el componente vergencial en la muestra analizada, hallando una insuficiencia de convergencia

correlacionada con la aparición de una desviación de tipo divergencia en visión próxima, un punto próximo más alejado tanto en ruptura como en recobro, y una RFP y una RFN alteradas, con mayor efecto en la RFP en visión próxima (d de Cohen 0.72 en recobro).

Los estudios previos sobre el uso excesivo de dispositivos electrónicos han demostrado la variación en la funcionalidad de la capacidad vergencial. Según Tejada Zapata¹⁶, 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 punto próximo de convergencia más alejado y la aparición de una exodesviación. Esta discrepancia quizás se deba a que en el presente trabajo los jugadores solo estuvieron expuestos a juegos en visión próxima por 1 hora. 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 investigación¹³⁻¹⁷.

En los últimos años han sido objeto de estudio los videojuegos de realidad virtual. En el año 2020, un estudio observó una disminución en la convergencia después de al menos 20 minutos de uso de estos videojuegos, en concordancia con lo reportado en este estudio¹⁷.

Watten et al.¹⁵ estudiaron una muestra poblacional de 43 personas entre 18 y 36 años, a las que se pidió trabajar en computadores por más de 6 horas a una distancia de 40 cm. Este estudio demostró que disminuyeron la RFN y la RFP en visión lejana y en visión próxima, mientras que en la presente investigación hubo una disminución en la RFP solo 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.

En otro estudio con gran similitud a la presente investigación, realizado en estudiantes universitarios de 19 a 35 años en Corea del Sur, los sujetos jugaron de manera continua durante 4 horas, de 6:00 a 10:00 pm. Como resultados se reportaron forias en visión cercana, específicamente un cambio exofórico, mientras que la foria en visión lejana no tuvo ningún cambio; dicho hallazgo es concordante con el presente trabajo por factores como el tiempo de juego y la edad de la muestra poblacional¹⁸.

Rechichi et al.¹⁹ estudiaron a 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: < 30 minutos al día y no todos los días (grupo de control), o \geq 30 minutos todos los días (grupo de videojuegos). Los niños examinados tuvieron diplopía transitoria principalmente en el grupo de videojuegos, el 52.6% de la totalidad de la muestra reportaron exoforias, siendo esta la más común de las alteraciones encontradas, y la ausencia de estereopsis fina fue más frecuente en el grupo de videojuegos¹⁸. 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 de entre 19 y 39 años luego de usar dispositivos como *tablets* y teléfonos inteligentes durante 20 minutos. Fueron evidentes los cambios visuales, pero fueron pocos los cambios en la acomodación; se observó una disminución mayor de la facilidad o flexibilidad de acomodación cuando se utilizó una pantalla de gran tamaño, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa. Los resultados no son concordantes con la presente investigación, posiblemente porque la exposición a los dispositivos no fue mayor de 1 hora. De igual manera, Tejada Zapata¹⁶, en su estudio de sujetos de 18 a 38 años que jugaron 2 horas al día durante 1 semana, revela hallazgos reflejados en la acomodación, como una inflexibilidad de esta. Muchos otros estudios han comparado la lectura en un teléfono inteligente o en una copia impresa, así como leer en teléfonos inteligentes y *tablets* a 35-40 cm de distancia durante 12 y 30 minutos, y resultó en un retraso mayor estadísticamente significativo, acorde a la presente investigación posiblemente por la gran similitud en el tiempo de exposición y los dispositivos utilizados^{14,20-22}.

Como trabajos futuros, considerando las tendencias en el uso de dispositivos móviles y de videojuegos bajo estas plataformas, se sugiere aumentar la población evaluada y desarrollar estudios con población juvenil e infantil, teniendo en cuenta 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 videojuegos, evidenciados en un aumento de la acomodación tónica y un incremento en la amplitud de acomodación, que a su vez afecta la flexibilidad de acomodación haciendo que los sujetos tengan imposibilidad de enfoque, generando un desequilibrio motor reflejado en desviaciones de tipo divergente asociadas a 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 OR y FR.

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

Los cambios fisiológicos observados ocurren 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 ninguna financiación específica 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. Los autores han seguido los protocolos de confidencialidad de su institución, han obtenido el consentimiento informado de los pacientes, y cuentan con la aprobación del Comité de Ética. 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.

Referencias

- 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 22-04-2020.) 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;2019(6).
- 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 22-04-2020.) 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: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2008. 748 p.
- Soria Peña L. *Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico*. Universidad de Sevilla; 2017. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <https://idus.us.es/items/1519e560-ea18-47aa-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 22-04-2020.) 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 22-04-2021.) 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*. 2010;81:63-71.
- 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*. 1994;23:27-39.
- 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 22-04-2020.) Disponible en: <http://www.internetworldstats.com>.
- 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*. 2021;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 18-12-2023.) Disponible en: <https://www.unicef.org/media/48611/file>.