



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

**INFLUENCIA DE LAS GAFAS DE REALIDAD
VIRTUAL EN LA ADAPTACIÓN DE FORIA**

Yamam Yaser

LLuïsa Quevedo Junyent

DEPARTAMENTO DE ÓPTICA Y OPTOMETRIA

JUNIO 2021



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

INFLUÈNCIA DE LES ULLERES DE REALITAT VIRTUAL EN L'ADAPTACIÓ DE FORIA

RESUM

Objectiu: L'objectiu d'aquest estudi, es observar si 15 minuts d'utilització d'una ullera de realitat virtual varia l'adaptació de foria en persones amb un sistema binocular normal per l'edat i si te relació amb la simptomatologia de fatiga visual.

Introducció: La realitat virtual (RV) es una tecnologia que permet veure, escoltar, sentir i interactuar, amb un món creat gràficament en tres dimensions. La tecnologia ha avançat de tal manera, que en l'actualitat s'utilitza la realitat virtual en diversos camps, ja sigui en medicina, cinema, teràpia. A optometria la RV s'utilitza generalment a les sessions de teràpia visual, ja que és més atractiva aconseguint motivació i major implicació dels pacients durant les sessions. L'adaptació de foria és un fenomen que intenta reduir el sobreesforç de la convergència eliminant la fusió després de realitzar activitat en visió propera prolongades. S'associen disfuncions binoculars i acomodatives amb la disfunció de l'adaptació de foria.

Metodologia: Es va establir un disseny experimental pre-post test. Els criteris d'inclusió pels 24 participants en l'estudi son el rang d'edats compreses entre els 18 i 25 anys, tenir un sistema binocular normal per l'edat, fent referencia sobre tot al punt pròxim de convergència (PPC) i la foria en visió propera, descartant sempre disfuncions binoculars. Es realitzen 14 mesures de foria als 24 participants ("pre test") a continuació, mitjançant les ulleres de RV, 12 participants visualitzen vídeos i els altres 12 sense estímulo, i es tornen a realitzar les 14 mesures de foria ("post test").

Resultats: Les dades es van recopilar en quatre diferents fulls d'un mateix Excel, s'estudia el gradient de canvi de foria asimètriques i l'àrea sota la corba per ambdós grups, control i experimental, on s'observen diferències estadísticament significatives, a favor del grup experimental.

Conclusions: Aquest estudi demostra per primera vegada que l'adaptació de foria en convergència pot influir en les respostes binoculars i acomodatives després de 15 minuts d'ús de realitat virtual. Futurs estudis en aquest àmbit permetrien comprendre millor la relació entre el sistema visual i la realitat virtual.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

INFLUENCIA DE LAS GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL EN LA ADAPTACIÓN DE FORIA

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es observar si 15 minutos de visualización con una gafa de realidad virtual cambia la adaptación de foria en personas con un sistema binocular normal para la edad y si tiene relación con la sintomatología de fatiga visual.

Introducción: La realidad virtual es una tecnología que permite ver, escuchar y sentir e interactuar, con un mundo creado gráficamente en tres dimensiones. La tecnología ha avanzado de tal manera que la realidad virtual en la actualidad se utiliza en diferentes campos, ya sea en medicina, el cine, terapia. En optometría la RV se utiliza generalmente en sesiones de terapia visual, siendo más atractiva, llamativa, logrando motivación e implicación del paciente durante las sesiones. La adaptación de foria es un fenómeno que intenta reducir el sobreesfuerzo de convergencia eliminando la fusión después de realizar una actividad prolongada de visión cercana. Las disfunciones binoculares y acomodaticias se asocian a una disfunción de la adaptación del foria

Metodología: Se estableció un diseño experimental pre-post test. Los criterios de inclusión para los 24 participantes en el estudio son el rango de edades entre 18 y 25 años, teniendo un sistema binocular normal para la edad, haciendo referencia sobre todo al punto de convergencia cercano (PPC) y foria en visión cercana, descartando siempre disfunciones binoculares. Se realizan 14 medidas de foria a los 24 participantes ("pre test") a continuación mediante las gafas de RV, 12 participantes visualizan vídeos y los otros 12 sin estímulo, y realizamos otras 14 medidas de foria ("post test").

Resultados: Los datos obtenidos fueron recopilados en cuatro hojas de un mismo documento Excel, se estudió el gradiente de cambio de foria asimétrico y el área debajo la curva de los dos grupos, el control y experimental, donde se observan diferencias estadísticamente significativas, a favor del grupo experimental.

Conclusiones: Este estudio demuestra por primera vez que la adaptación de foria en convergencia puede influir en las respuestas binoculares y acomodativas después de 15 minutos de uso de realidad virtual. Futuros estudios en este ámbito permitirán comprender mejor la relación entre el sistema visual y el uso de realidad virtual.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA
INFLUENCIA DE LAS GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL EN LA
ADAPTACIÓN DE FORIA

ABSTRACT

Goal: This study aimed to observe whether 15 minutes of viewing with a Virtual Reality Glasses (VRG) changes the phoria adaptation in people with a normal binocular system for their age and whether it is related to the symptoms of visual fatigue.

Introduction: Virtual reality is a technology that allows you to see, listen and feel and interact, with a world created graphically in three dimensions. Advanced technology in such a way that virtual reality is currently used in different fields, whether in medicine, cinema, therapy. In optometry VR is generally used in visual therapy sessions, as it is more attractive, achieving motivation and greater patient involvement during sessions. Phoria adaptation is a phenomenon that tries to reduce the overwork of convergence by eliminating fusion after performing prolonged near vision activity. Binocular and accommodative dysfunctions are associated with phoria adaptation dysfunction.

Methodology: A pre-post-test experimental design was established. Inclusion criteria have been established for the 24 participants in the study are the range of ages between 18 and 25 years, having a normal binocular system for age, referring above all to the nearby point of convergence (PPC) and phoria in near vision, always ruling out binocular dysfunctions. Fourteen phoria measurements were performed on the 24 participants ("pre-test") then using the VR glasses, 12 participants viewed videos and the other 12 without stimulus, and another 14 phoria measurements ("post-test").

Results: The data obtained were collected on four sheets of the same Excel document, the gradient of change of phoria and the area under the curve of the two groups, control and experimental, were studied, where statistically significant differences were observed, the value is significant in the experimental group.

Conclusions: This study shows for the first time that converging phoria adaptation can influence binocular and accommodative responses after 15 minutes of VR use. Currently, we are mostly exposed to screens with an increase in the use of virtual reality glasses at social and/or work level. Future studies in this area will provide a better understanding of the relationship between the visual system and the use of virtual reality.



i

GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

INFLUENCIA DE LAS GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL EN LA ADAPTACIÓN DE FORIA

EXTENSE ABSTRACT

Goal: This study aimed to observe whether 15 minutes of viewing with Virtual Reality Glasses (VRG) changes the phoria adaptation in people with a normal binocular system for their age and whether it is related to the symptoms of visual fatigue. The main reason for this study is the close relationship between phoria adaptation, a normal binocular system for their age, and frequent symptoms of visual fatigue.

State Of the Art: Binocular vision has as main objective to interpret at the level of the cerebral cortex a single image perceived monocularly in the form of two images. This is achieved through sensory fusion. Also, we have motor fusion, which is in charge of aligning the visual axes at the moment a picture of the environment is focused.

The visual axes are part of the binocular system. Sometimes they deviate, this deviation is known as phoria. The phoria is classified into horizontal phorias (exophoria and esophoria) which are the most common, and vertical phorias (hyperphorias of the right eye or vice versa), the latter, a minimal prismatic diopter ($d\Delta$) creates severe symptomatology, contrary to the horizontal ones.

The vergence system is the ocular rotation movements in opposite directions, which aims to maintain the ocular and foveal alignment when focusing on a close object. In the case of convergence, which is when we are performing tasks in near vision, the vergence system performs a nasal movement. And in the case of performing tasks in distant vision, therefore diverge, the vergence system performs a temporal motion. This system is measured by the fusion reserves, which are the ones that help to converge or diverge. The vergence system is classified into normal positive fusion vergence (PFV) measured with temporal-based prisms or also known as base-out prisms (BO) used in

case of esophorias and negative ones with nasal-based prisms or also known as base-in prisms (BI), used in cases of exophoria.

Both phorias and reserves, Morgan (1994) stabilized normal values, which are now used clinically.

In addition, we have two criteria, the Sheard criterion and the Percival criterion, which help us determine whether the patient has a certain binocular dysfunction and needs to be treated, or vice versa. Sheard's criterion says that the reserve must be twice as large as the demand and used mostly in cases of exophoria, although it can also be used in cases of esophoria, while Percival's criterion indicates that the lower range of reserves must be greater than half the higher range of the reserve.

Studies such as that of Henson, and North, (1980) and Judge (1996) indicate that the magnitude of the phoria varies throughout the day from the moment we start our day to the end since one of the most commonly used senses is vision. We look in the distance, in the middle, and close range, depending on the tasks we must do, such as we drive to work, we read, we use our electronic devices, we exercise, and so many more activities. In addition, Morales, Gohel, Scheiman, Li, Santos, Sangoi, and Alvarez (2020), concluded that after performing near vision tasks, the phoria becomes more esophoric, and when performing distant vision tasks, the phoria becomes more exophoric.

Currently, we have several methods for measuring the phoria, whether horizontal or vertical: the CoverTest, Von Graeffe, Maddox Cylinders, and the Thorington Test (the latter two used in the experimental part of this study).

Maddox Cylinders is a qualitative test that allows us to know if we are dealing with a case of phoria or tropia.

Meanwhile, the Thorington test allows quantifying the horizontal hole and the vertical hole.

When fulfilling tasks in close vision, to avoid blurring, the visual system accommodates, and at the same time converges, and the pupil and lens contract (miosis). This is known as the proximal triad. Therefore, if we present an accommodative dysfunction, the convergence will be harder to get and therefore we will notice visual fatigue but if we present a binocular dysfunction such as Convergence Insufficiency (CI), it will be harder to accommodate and that will lead to visual fatigue as well. This visual fatigue is shown in these ways: headache, tearing, red eyes, and tiredness when doing near vision tasks, and so many more ways.

Therefore, it is very important, if you have any accommodative or binocular dysfunction, to go to an optometric center to work on these visual skills (visual therapy), getting rid of or reducing these symptoms. Furthermore, to learning to maintain proper visual hygiene, taking care of lighting, posture, distances while working on near vision.

After performing close vision tasks for a long time, the binocular and accommodative system is under visual stress, so the phoria adaptation works by trying to reduce this convergence over-effort and get to eliminate fusion, thus reducing visual fatigue. Several studies, such as Scheiman and Wick (2020) associate binocular and accommodative dysfunctions with phoria adaptation dysfunction, that is another reason why it is important to learn how Virtual Reality affects the phoria adaptation. In addition, Brautaset and Jennings (2005) and North and Henson (1981) show that phoria adaptation differs significantly between people with a normal binocular system and people with dysfunctions in the binocular system.

Considering the common visual fatigue experienced by most of the population and the close relationship it has with the adaptation of the phoria and consequently the binocular and accommodation system, it is of great importance to carry out studies and improve the visual quality.

Now, this study tries to relate virtual reality with phoria adaptation. Several studies like the on of Hurd, Kurniawan and Teodorescu (2019) have stated that the use of virtual reality as a tool in visual therapy sessions achieves a higher performance in patients, making them get involved in the sessions and notice them more fun and motivating.

The technology of virtual reality glasses consists of showing two slightly different angles of the same image to each eye, managing to simulate a certain depth, this is perceived through the stereoscopic display. It also uses the parallax effect, so that the more distant images convey the feeling that they are going slower.

Methodology: The design applied in this study is an experimental pre-post test based on a previous study by Morales, Gohel, Scheiman, Li, Santos, Sangoi, and Alvarez (2020). Inclusion and exclusion criteria were established: Age range between 18 and 25 years, Best-Corrected distance Visual Acuity in both eyes equal to or greater than 20/25, Near Convergence Point less than or equal to 6/7 cm, Near Phoria in cases of exophoria less than or equal to 10d Δ and in cases of esophoria less than or equal to 5d Δ and finally discard amblyopia or strabismus.

The material used for this study consists of an optotype for close-up vision, an occluder, a Maddox rod, an accommodative stimulus, the Thorington test, the Hart table, the 12-diopters time-based prism, virtual reality glasses, and an optometric sheet prepared in advance to collect the measurements obtained.

The study consisted of 14 "pre" measurements of the phoria with the Thorington test and Maddox rod dissociating the phoria adaptation through a prism of 12d Δ of time base. And 14 "post" measurements to be visualized with the virtual reality glasses of the phoria

with the Thorington test and Maddox rod and as a dissociator a prism of 12Δ of time base.

Once the 14 “pre” measurements were taken, two groups were formed, control and experimental, where the control used virtual reality glasses to visualize a video in 360° format, and the experimental only observed through virtual reality glasses. The videos were chosen randomly, using the YouTube app.

Results: The final sample of participants was 24 with a mean age of 22.73 ± 1.83 years. Each group, experimental, and control, consisted of 12 participants, with no statistically significant differences in age. The gradient of phoria change over time was analyzed by obtaining the rate of phoria change, as well as applying an exponential adjustment to the function of phoria change over time. The rate of change of the slope over time was also analyzed by calculating the area under the curve. Statistically significant differences were observed between the two groups in the area under the curve, where the experimental group showed a greater phoria change compared to the control group.

Conclusions: The conclusions drawn are the following: After observing statistically significant values in the experimental group, deepening the study, and assessing more broadly how virtual reality influences the binocularity system, the visual quality of the population would change significantly; In addition, it is very important to take advantage of technological advances such as new methods of visual therapy, guaranteeing greater fun, involvement, and motivation of patients in the study meetings; And finally, currently, we are mostly exposed to screens, and the population is not aware of the origin of the over-effort of the binocular system, so as optometrists we should value more the state of the binocular system and the close relationship with the adaptation to the phoria and possible binocular dysfunctions.

SUMARIO

RESUM	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
EXTENSE ABSTRACT	5
SUMARIO	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN	11
ESTADO DEL ARTE	12
SISTEMA BINOCULAR Y ACOMODATIVO	12
REALIDAD VIRTUAL	15
ADAPTACIÓN DE FORIA	17
METODOLOGÍA	18
DISEÑO	18
PARTICIPANTES: CRITERIOS DE INCLUSIÓN	18
MATERIAL E INSTALACIONES	19
PROCEDIMIENTO	21
ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	28
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	31
ANEXOS	34
ANEXO I.	34
ANEXO II.	35
ANEXO III.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ILUSTRACIÓN GRÁFICA DE UNA EXOFORIA (IZQUIERDA) Y ENDOFORIA (DERECHA).	13
FIGURA 2 CRITERIO SHEARD.	14
FIGURA 3 CRITERIO PERCIVAL.	15
FIGURA 4 ILUSTRACIÓN REALIDAD VIRTUAL.	16
FIGURA 5 CURVAS DE ADAPTACIÓN DE LA FORIA EN BASE NASAL (IZQUIERDA) Y EN BASE TEMPORAL (DERECHA).	17
FIGURA 6 VARILLA MADDOX, OCLUSOR, TEST THORINGTON, TABLA HART Y PRISMA 12 Δ BT	20
FIGURA 7 ESQUEMA TECNOLOGÍA RV.	20
FIGURA 8 GAFAS REALIDAD VIRTUAL UTILIZADAS DURANTE EL ESTUDIO.	21
FIGURA 9 FUNCIÓN EXPONENCIAL AUC.	25
FIGURA 10 EJEMPLO DEL TEST DE ADAPTACIÓN DE FORIA DE Δ BT EN UNA PARTICIPANTE.	26
FIGURA 11 GRÁFICAS DE TODOS LOS PARTICIPANTES DEL TEST DE ADAPTACIÓN DE FORIA Δ BT.	26

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 VALORES DE NORMALIDAD DE FORIAS. (VL: VISIÓN DE LEJOS; VC: VISIÓN DE CERCA).	13
TABLA 2 VALORES DE NORMALIDAD DE RESERVAS.	13
TABLA 3 VALORES DEL TEST DE ADAPTACIÓN DE FORIA Δ BT.	28

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 ECUACIÓN GRADIENTE DE CAMBIO DE FORIA (∇F).	25
---	----

INTRODUCCIÓN

Cuando escuchamos hablar de realidad virtual (RV), normalmente pensamos en las siguientes palabras: videojuegos, diversión, fantasía, etc. Y si intentamos, relacionar la RV con la visión, en lo que pensamos es: fatiga visual, ojos rojos, cefalea o las míticas frases de la gran mayoría de las madres: “deja de jugar que te estropeas la vista”. Pero, realmente ¿qué sucedería si convertimos este “videojuego” como herramienta para mejorar la salud visual?

Es cierto, que ocasionalmente cuando realizamos tareas en visión de lejos o bien de cerca, referimos cierta sintomatología como son fatiga, cefalea, diplopía, lagrimeo, etc. Esto realmente sucede por un error refractivo no corregido, que se solucionaría fácilmente acudiendo a una óptica o centro optométrico y con una buena refracción, se soluciona. Sin embargo, si presentamos una disfunción del sistema binocular o acomodativo, muchas veces necesitamos entrenar estas habilidades visuales y conseguir reducir y hasta eliminar los síntomas, este aprendizaje es la terapia visual.

Además, es importante conocer los factores que podrían ser la causa de estas disfunciones, y uno de ellos es la adaptación de foria. De forma muy resumida, su función es reducir el sobreesfuerzo del sistema de vergencias eliminando la fusión. Muchas veces, la adaptación de foria no realiza su función principal, por lo que la sintomatología va aumentando.

En la actualidad, la RV ha evolucionado de tal modo que se utiliza en varios ámbitos de la ciencia, en nuestro caso, como herramienta para la terapia visual por ello nos interesa analizar cómo influye sobre el sistema de vergencias y acomodación, principal objetivo de este estudio.

ESTADO DEL ARTE

En este apartado, explicaremos los conceptos más relevantes tratados en este estudio: sistema binocular y acomodativo, realidad virtual y adaptación a la foria.

Comentaremos la definición de adaptación de foria y su gran importancia, además de la relación que tiene con el sistema binocular y de acomodación.

Adicionalmente, la importancia de la realidad virtual en terapia visual y su relación con el sistema visual.

SISTEMA BINOCULAR Y ACOMODATIVO

Como breve introducción recordatoria, la visión binocular se produce cuando de forma monocular se percibe una imagen y el córtex cerebral, una vez recibe ambas informaciones visuales, es capaz de interpretarlas como una única imagen, es decir, fusiona. Esta fusión es conocida como fusión sensorial. Además, está la fusión motora, encargada de alinear los ejes de ambos ojos cuando enfocamos una imagen. Entonces para tener visión binocular es necesario que se cumplan estos tres factores: percepción simultánea, fusión y estereopsis.

Habitualmente, cuando desaparece el estímulo visual se manifiesta una desviación latente de los ejes visuales, que es conocida como foria y que puede clasificarse en: forias horizontales que pueden ser exoforia (en este caso los ejes visuales se cruzan en un punto más alejado que el propio punto de fijación binocular) y endoforia, donde los ejes se cruzan en un punto más próximo al del punto de fijación binocular (**Figura 1**). También se clasifican en forias verticales, donde los ejes visuales se cruzan en otro plano al de la mirada y es cuando tenemos un ojo por encima del otro. Es el caso de las hiperforias del ojo derecho o izquierdo.

Cabe destacar que una mínima dioptría prismática ($d\Delta$) de foria vertical, produce una sintomatología notable, contrario a las forias horizontales.

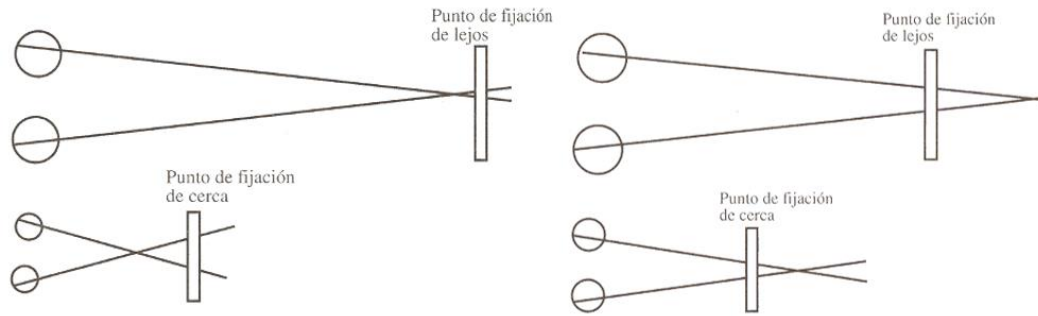


Figura 1 Ilustración gráfica de una exoforia (izquierda) y endoforia (derecha).

Los valores de normalidad de las forias horizontales (**Tabla 1**) según Morgan (1994):

FORIAS	TIPO DE VISION	VALOR DE NORMALIDAD
Horizontal	VL	1 x (± 2)
	VP	3 x (± 5)
Vertical	VL	0
	VP	0

Tabla 1 Valores de normalidad de forias. (VL: visión de lejos; VC: visión de cerca).

En ocasiones es posible no presentar sintomatología severa, ya que el sistema de vergencias dispone de las reservas negativas (CRN) medidas con prismas de base nasal (BN) y que actúan en casos de exoforias fuera de los valores de normalidad, mientras que para casos de endoforia fuera de los valores de normalidad actúan las reservas positivas (CRP) medidas con prismas de base temporal (BT).

Donde también, Morgan (1994) estableció los valores de normalidad (**Tabla 2**):

VISIÓN	BASE	VALOR DE NORMALIDAD
VL	(CRN) Δ BN (exo)	X / 7 / 4 (± 2)
	(CRP) Δ BT (endo)	10 / 20 / 10 (± 5)
VP	(CRN) Δ BN (exo)	15 / 20 / 15 (± 2)
	(CRP) Δ BT(endo)	15 / 20 / 15 (± 5)

Tabla 2 Valores de normalidad de reservas.

La medición de las forias, independientemente de si son horizontales o verticales, se basa en varios métodos:

1. CoverTest (CT): Nos permite conocer si estamos ante una foria o bien tropia. Es un test cualitativo.
2. Von Graeffe: Se realiza mediante los prismas del foróptero. Nos indica el tipo de foria. Es un test cuantitativo.
3. **Cilindros de Maddox** (utilizado en el estudio): Con la varilla de Maddox y un estímulo luminoso. Encontramos aproximadamente si estamos ante un caso de foria horizontal o bien vertical. Es un test cualitativo.
4. **Test de Thorington** (utilizado en este estudio): Es un test binocular, que se coloca a 40 centímetros de la mirada del paciente. Dispone de un estímulo luminoso en el mismo test.

Morales , Gohel y Scheiman et al (2020), concluyen que después de leer, trabajar con dispositivos electrónicos, o realizar tareas en visión cercana en general, la foria se vuelve más endo, contrario a realizar trabajos en vision de lejos, cuando la foria se vuelve más exo.

Según Sheedy y Saladin (1978) disponemos de dos criterios de prescripción prismática Sheard y Percival.

El Criterio de Sheard nos dice que la reserva debe ser dos veces mayor a la demanda (foria), (**Figura 2**). Si cumple, entendemos que el paciente no necesita de prescripción prismática o bien de lentes. Normalmente utilizado en caso de exoforias, aunque actualmente también para las endoforias.

$$\textit{Criterio Sheard: } R \geq 2 \cdot D$$

Figura 2 Criterio Sheard.

El Criterio de Percival afirma que el rango menor de reservas debe ser mayor a la mitad del rango mayor de la reserva a estudiar (**Figura 3**). En caso de que se cumpla, igual que en el caso de Sheard, el paciente no presenta disfunción

binocular y no es necesario tratarla con prismas o lentes. Generalmente utilizada en caso de endoforias.

$$\textit{Criterio Percival: } m \geq \frac{M}{2}$$

Figura 3 Criterio Percival.

La triada proximal une tres fenómenos: acomodación, convergencia y miosis. Mientras realizamos tareas de cerca, para evitar la borrosidad, el sistema visual acomoda y a su vez converge y en consecuencia se produce miosis. Por ello, si la convergencia se ve afectada por una disfunción binocular, como es la insuficiencia de convergencia, y aun teniendo la acomodación dentro de los rangos de normalidad, este sistema visual se verá expuesto a un sobreesfuerzo traducido en fatiga visual.

Esto siempre se puede evitar, ya sea corrigiendo el error refractivo, además de ver el estado del sistema binocular y valorar si es necesario bien corregirlo con lentes o prismas, o empezar terapia visual. Esta consiste en un proceso de aprendizaje de las habilidades visuales con la finalidad de reducir o bien eliminar los síntomas.

En este sentido, pretendemos estudiar cómo influye la realidad virtual, utilizada como herramienta de terapia visual, sobre el sistema de vergencia y la fatiga visual.

REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (RV), según Montemayor y Fábregas (2015) es una tecnología que nos permite ver, oír y sentir en un mundo creado gráficamente en tres dimensiones, además de poder interactuar. Capaz de simular tanto la realidad como un mundo imaginario de fantasía. La RV tiene la capacidad de inmersión, provocando en el usuario la sensación de encontrarse físicamente dentro del mundo virtual percibido, e interacción, a tiempo real. Incluye efectos visuales, sonoros e incluso táctiles. En este estudio, el feedback incorporado es el visual y sonoro.



Figura 4 Ilustración Realidad Virtual.

La RV requiere de dispositivos tecnológicos especiales, para poder recrear esta sensación. Como bien sabemos, la tecnología en estos últimos años ha avanzado de tal manera, que la RV se utiliza en varios campos, como son: organización de proyectos, medicina, terapia, cine, etc.

En el ámbito de la optometría, se utiliza la RV, especialmente en terapia visual. Esta resulta más atractiva, llamativa a los pacientes, consigue motivación e involucrarlos durante las sesiones clínicas.

Según un estudio de Hurd, Kurniawan, y Teodorescu (2019), donde investigan un nuevo método de terapia visual en niños con ambliopía, se concluye que, con 45 minutos de terapia visual (TV) con realidad virtual en casos ambliopes, se consigue una mejora de la agudeza visual y mejor percepción de profundidad. Al finalizar el estudio, preguntaron a los participantes si continuarían este formato de TV. Las respuestas de todos los participantes fue que si tuvieran el material continuarían realizando TV por su cuenta, además indicaron que fue más entretenido y divertido que los ejercicios convencionales practicados anteriormente. En base a estos resultados positivos, los autores propusieron incluir la realidad virtual como herramienta en las sesiones de terapia visual, garantizando motivación, involucración y constancia del paciente durante su aprendizaje de las habilidades visuales y obtener resultados beneficiosos para el propio sistema visual a nivel neurológico.

ADAPTACIÓN DE FORIA

La adaptación de foria, es explicada por los autores Morales, Gohel y Scheiman et al. (2020) como un fenómeno que sucede cuando un individuo, después de realizar tareas en visión de cerca prolongadas, el sistema binocular y de acomodación se ve bajo estrés visual. De este modo, la adaptación de foria intenta reducir el sobreesfuerzo de la convergencia para mantener el sistema visual fusionada y elimina la fusión.

Para evaluar la adaptación de foria, pueden utilizarse diferentes métodos: **Manteniendo fijación visual sostenida**, según los autores: Han, Guo y Granger-Donetti et al, (2010); Kim y Granger - Donetti, et al, (2010); Kim, Vicci, Granger-Donetti, y Alvarez (2011); Lee, Granger - Donetti, Chang, y Alvarez (2009), **Estimulación visual mediante prismas**: Brautaset y Jennings (2005a); Brautaset y Jennings (2005b); Schor (1988) o **Estimulación visual mediante lentes**: Jiang, Tea, y O'Donnell (2007); Sreenivasan y Bobier (2014); Sreenivasan, Irving, y Bobier (2008).

Este estudio, evaluamos la adaptación de foria mediante estimulación visual mediante prismas, ya sean prismas de base temporal equivalen a prismas asimétricos o bien mediante prismas de base nasal es decir prismas simétricos. Una vez la adaptación de foria evaluada, se representa gráficamente mediante una función exponencial en las curvas de adaptación de la foria (**Figura 5**).

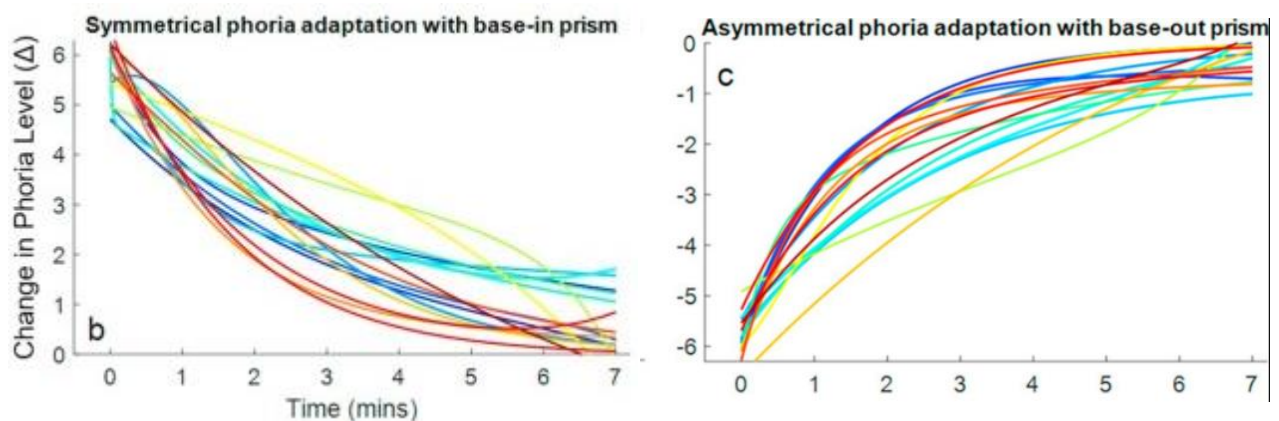


Figura 5 Curvas de adaptación de la foria en Base Nasal (izquierda) y en Base Temporal (derecha).

El eje horizontal representa el tiempo que pasaron los pacientes a través del prisma utilizado. El eje vertical representa la variación de foria en dioptías prismáticas (Δ).

Por su parte, Scheiman y Wick (2020) asocian disfunciones binoculares y acomodativas con la disfunción de la adaptación de foria.

Además, Brautaset, y Jennings (2005a) y North y Henson (1981) demuestran que la adaptación de foria difiere significativamente entre personas con un sistema binocular normal y personas con disfunciones en el sistema binocular. Por ello, la realización de estudios sobre la adaptación a la foria y ver cómo influye al sistema binocular, podría en el futuro cambiar la calidad de vida de muchas personas con disfunciones binoculares como son, la Insuficiencia de Convergencia.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio es observar si 15 minutos de visualización con una gafa de realidad virtual cambia la adaptación de foria en personas con un sistema binocular normal para la edad y si tiene relación con la sintomatología de fatiga visual.

METODOLOGÍA

DISEÑO

El diseño aplicado es: experimental pre-post test, siguiendo la metodología previamente propuesta por otros autores (Morales et al. 2020).

PARTICIPANTES: CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Los criterios de inclusión para este estudio tenían como principal requisito tener un sistema binocular considerado normal para la edad, es decir, conseguir integrar una imagen percibida monocularmente en una única percepción, además de cumplir los siguientes:

- **Edad** entre 18-25 años.
- **AV** de cerca en ambos ojos igual o mayor a 0.9 ($AV \geq 0.9$).
- **PPC** con estímulo acomodativo menor o igual a 6/7cm ($PPC \leq 6/7\text{cm}$) y en caso de realizarse con filtro rojo y luz puntual menor o igual a 10/12 cm ($PPC_{FR} \leq 6/7\text{cm}$).
- **Foria visión de cerca**: exoforia menor o igual a 10 d Δ y una endoforia menor o igual a 5 d Δ . En caso de no cumplir con ello, comprobar que se cumple el criterio de Percival o Sheard (**Figuras 2 y 3**).
- Descartar personas ambiopes o estrábicas.

MATERIAL E INSTALACIONES

El material utilizado para la toma de medidas es el siguiente: optotipo para VC, ocluser (**Figura 6**), varilla de Maddox, estímulo acomodativo y regla milimétrica, test Thorington, tabla de Hart (**Figura 6**), prisma de 12 d Δ BT (**Figura 6**), gafas de realidad virtual (**Figura 8**), dispositivo móvil y cronometro y ficha optométrica (**Anexo I**).

Varilla Maddox (Cilindros de Maddox) (Figura 6): Test cualitativo que permite conocer si es un caso de foria o bien tropia.

Test Thorington (Figura 6): Test que permite cuantificar la foria horizontal y vertical del paciente.

Descripción del test de Thorington: Panel de forma rectangular, con cuatro cuadrantes enumerados para cuantificar la foria. A la izquierda del paciente se encuentra la exoforia, a la derecha la endoforia, superior e inferiormente hiperforias.

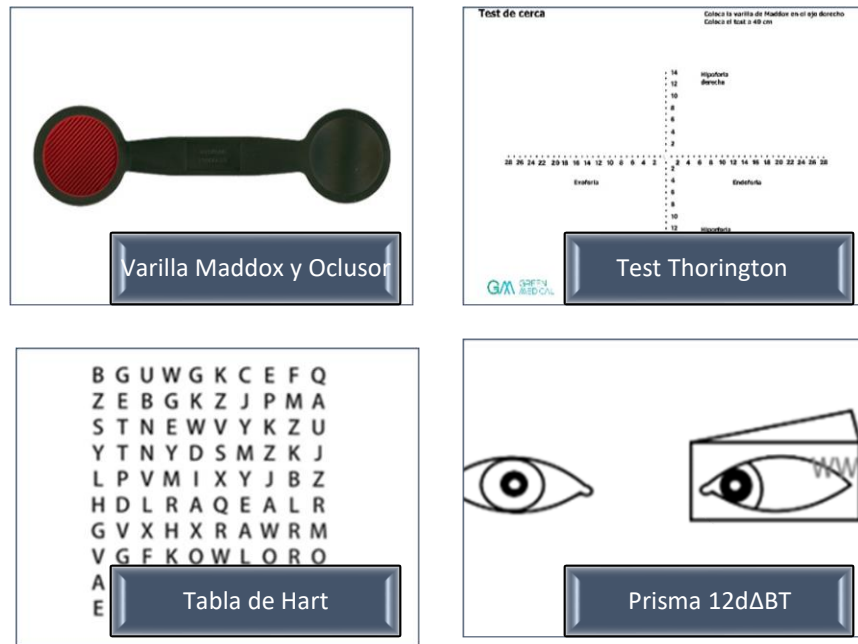


Figura 6 Varilla Maddox, Ocluser, Test Thorington, Tabla Hart y Prisma 12ΔBT

Gafas Realidad Virtual (GRV): Las GRV la tecnología utilizada consiste en mostrar dos ángulos ligeramente diferentes de una misma imagen a cada ojo, de este modo simula profundidad, esto se consigue mediante la pantalla estereoscópica, también utilizan el efecto de paralaje, de modo que las imágenes más lejanas transmiten la sensación de que van más lentas (Figura 7).

How to create stereoscopic 3D images

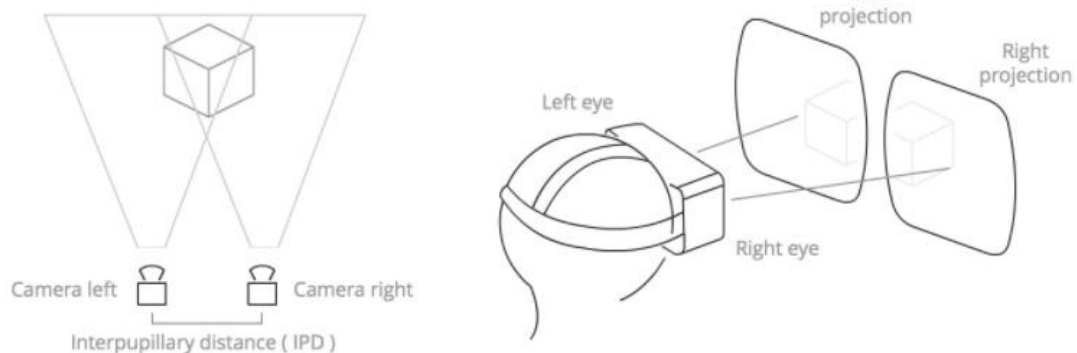


Figura 7 Esquema tecnología RV.

Las GRV utilizadas durante las sesiones experimentales, son de Hamswan de la casa comercial Redstorm, disponibles en la plataforma Amazon (**Figura 8**):



Figura 8 Gafas Realidad virtual utilizadas durante el estudio.

En total se consiguió, contactar con 24 participantes, todos dentro del rango de edad estabilizado y pasando correctamente los criterios de inclusión. Esta toma de medidas se efectuó en el laboratorio de optometría de la FOOT, con inicio el día 27 de abril del 2021 y finalización el 6 de mayo del 2021 según la disponibilidad de los participantes.

PROCEDIMIENTO

1. TOMA DE MEDIDAS

La toma de medidas inicial nos da una información previa para la selección de participantes. Estas son: AV en visión de cerca (VC), PPC y foria en VC. Ulteriormente, procedimos a tomar 14 mediciones de la foria mediante el test de Thorington con un prisma de como disociador: A continuación, separamos los participantes en dos grupos, experimental, al cual le colocamos las gafas de RV juntamente con un estímulo visual interactivo, y el control únicamente bajo el efecto de las gafas de RV, sin estímulo visual.

2. TEST E INSTRUCCIONES A LOS PACIENTES

1. MEDIDAS INICIALES (PRE-TEST)

Agudeza visual Binocular con Optotipo VC y Ocluser para la medición de la AV monocular, empezando por OD, OI y binocularmente en visión de cerca. Tomamos la AV en VC con la iluminación elevada y el optotipo a la distancia de lectura del paciente.

Indicaciones: toma el optotipo a la distancia habitual de lectura (controlando que sea entre 25-30 cm aproximadamente), y a continuación con el ocluser en el OI manteniendo este abierto, hasta que línea consigue leer, y viceversa con el OD ocluido y finalmente con AO.

PPC: Estimulo acomodativo y regla para la medición del punto próximo de convergencia (PPC), hacemos tres medidas, además del retorno. Indicamos al paciente fijar la mirada hacia el estímulo acomodativo y en el momento de ver este doble, avisarnos, y en el momento de volver a percibirlo en una única imagen indicarlo. Es una prueba que se debe de realizar con una correcta iluminación elevada.

Foria horizontal: La finalidad es obtener la foria horizontal inicial ("pre") y final ("post") del paciente. Con la **Varilla de Maddox horizontal** colocando-la horizontalmente en el ojo derecho, y el estímulo luminoso centrado, preguntar al paciente donde percibe el estímulo luminoso respecto la línea vertical, estaríamos ante una exoforia o bien endoforia. Asimismo, colocando la varilla verticalmente obtendríamos la foria vertical, por la que el paciente percibirá una línea horizontal. Inicialmente, en **el test de Thoringont** enganchamos la **Tabla de Hart** en la esquina izquierda del paciente o bien la derecha del examinador. Preparamos la varilla de Maddox colocándola horizontalmente sobre el ojo derecho y también el prisma de base temporal de 12 d Δ sobre el ojo izquierdo mantener la mirada binocularmente sobre el estímulo luminoso e indicar verbalmente la localización de la línea. De este modo, ya tenemos cuantificada la foria.

Un pequeño inciso: La función de la tabla de Hart y el prisma es producir una disociación del sistema binocular con la total finalidad de obtener la totalidad de adaptación de la foria del participante.

Con la mano derecha tendrá la varilla de Maddox que la colocará encima del ojo derecho, y con la mano izquierda el prisma de 12d Δ BT que se colocará en el ojo izquierdo, que iremos alternando entre Maddox y prisma.

Inicialmente durante 30 segundos aproximadamente mantendrá fija la mirada en la tabla de Hart a través del prisma (OI), una vez transcurridos los 30", retirará el prisma y con la varilla de Maddox en el ojo derecho mirando directamente hacia el estímulo luminoso indicará verbalmente donde percibe, de forma periférica, la línea vertical.

Efectuamos este proceso 14 veces, por lo que obtendríamos 14 medidas, la duración aproximadamente de esta prueba, es de 7 minutos. Ir apuntando cada valor en la ficha anteriormente preparada (**Anexo I**).

2. TRATAMIENTO CON GAFAS RV

Una vez tenemos las medidas iniciales (pre-test) es necesario dividir los participantes en dos grupos a la hora de utilizar las GRV:

Grupo Control: GRV con estímulo visual.

Grupo Experimental: GRV sin estímulo visual.

Donde el estímulo visual, es un video de RV en 360° seleccionado aleatoriamente de la plataforma YouTube (**Anexo III**). La selección, fue aleatoria según el gusto de cada participante, había videos de terror, como una ruta en montaña rusa. En ambos grupos, deben de estar bajo el efecto de las GRV durante aproximadamente 15 minutos. Los participantes, pueden moverse libremente en el gabinete utilizando las GRV.

La gran mayoría de los participantes, durante el uso de realidad virtual notaron algo de mareo y tensión ocular, y al finalizar se sintieron fatigados, sobre todo durante la toma de las 14 mediciones con el prisma.

3. MEDIDAS POST TRATAMIENTO (POST-TEST)

Una vez finalizados los 15 minutos, volvemos a tomar las 14 mediciones de la foria juntamente con el prisma de 12d Δ BT. La duración aproximadamente de esta prueba es de 7 minutos. Se registran los valores en la ficha anteriormente preparada (**Anexo I**).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez terminado el proceso de toma de medidas, se registraron los resultados en un Excel que se dividió en cuatro hojas, donde los números 1 y 3 recopilan todos los datos relevantes e irrelevantes de los participantes a la hora de procesar los resultados del estudio.

Estos datos son y en este mismo orden: **núm. paciente**, grupo al que pertenece (experimental o control), nombre, fecha nacimiento, **edad**, AV OD, AV OI, PPC, **foria inicial** y finalmente las **14 medidas “pre” y “post” RV**.

En las hojas 2 y 4 recopilamos la información: **núm. paciente, edad, foria inicial y las 14 medidas “pre” y “post” RV**.

- 1- Hoja nº1 (RV+VIDEO): recopila los datos de los 12 participantes del grupo experimental y los resultados de las medidas realizadas.
- 2- Hoja nº2 (RESULTADOS RV+ VIDEO): recopila únicamente los resultados de la foria tanto “pre” como “post” RV, grupo experimental.
- 3- Hoja nº3 (RV+ SIN VIDEO): recopila los datos de los 12 participantes del grupo control y los resultados de las medidas realizadas.
- 4- Hoja nº4 (RESULTADOS RV+ SIN VIDEO): recopila únicamente los resultados de la foria tanto “pre” como “post” RV, grupo control.

RESULTADOS

La muestra final de participantes fue de 24 (N=24) con una media de edad de 22.73 ± 1.83 años . Se aleatorizó la muestra para los dos grupos (relación 1:1), 12 en el grupo experimental (22.00 ± 1.89 años) y 12 en el grupo control (23.00 ± 1.96 años), sin diferencias estadísticamente significativas en la edad entre los dos grupos (U=58, P=0.442). Las funciones del test de adaptación de forias se analizaron en varias etapas. En primer lugar, se analizó el gradiente de cambio de foria (∇F) en el tiempo, a través de la ecuación:

$$\nabla F = \frac{\Delta_{inicial} - \Delta_{final}}{\text{Tiempo (min)}} = \frac{\Delta}{t}$$

Ecuación 1 Ecuación Gradiente de cambio de Foria (∇F).

Que nos indicaría la tasa de cambio de la foria mediante el test, usado en varias investigaciones previas (Küper et al, 2014; Santos , Yaramothu y Alvarez , 2018), siendo los primeros 90 segundos (1.5 minutos) el tiempo dónde se pueden observar los mejores cambios (Brautaset y Jennings, 2005). En segundo lugar, aplicamos un ajuste exponencial a la función del cambio de foria durante el tiempo, y se analizaron las pendientes de la función, que indicarían la tasa de cambio de la pendiente con el tiempo (valor “ Y_0 ” de la dunción), juntamente con el cálculo del área bajo de la curva (*Area Under the Curve*), expresado mediante la siguiente función:

$$ASC = \int_0^{1.5} fx dx$$

Figura 9 Función exponencial AUC.

Donde fx representa la función exponencial

A continuación, se muestra el gráfico (**Figura10**) de una participante aplicando la función exponencial en el test de adaptación de foria . Se puede observar en rojo el ajuste de la función exponencial, en círculos los puntos del cambio de foria (expresados en dioptrías prismáticas) y las líneas discontinuas el punto de interés de 90 segundos para analizar el gradiente de cambio de foria (∇F).

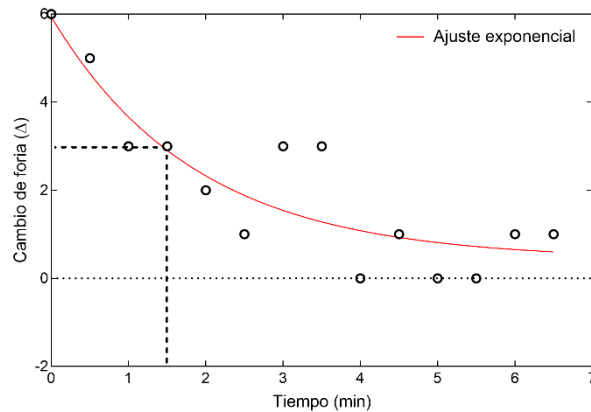


Figura 10 Ejemplo del test de adaptación de foria de ΔBT en una participante.

Figura 10. Ejemplo del test de adaptación de foria de ΔBT en una participante del presente estudio. Se muestra el ajuste exponencial, así como la región de 90 segundos del test.

En la siguiente **Figura 11** se puede observar de manera global todos los participantes del estudio mediante el ajuste exponencial del test de adaptación de foria. En la parte superior se indica el grupo experimental y en la parte inferior el grupo control. En la parte de la izquierda se muestran las gráficas “pre” y en la derecha las “post”.

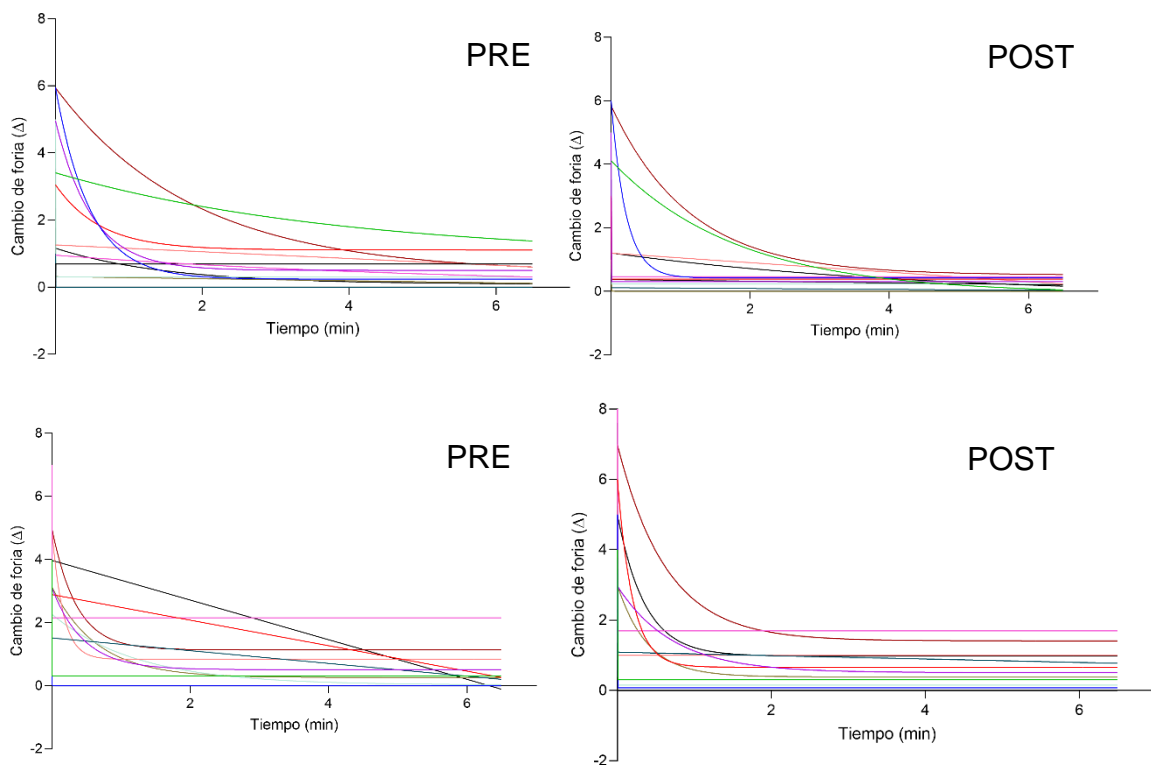


Figura 11 Gráficas de todos los participantes del test de adaptación de foria ΔBT .

Figura 11. Gráficas de todos los participantes del test de adaptación de foria ΔBT . En la parte superior se indica el grupo experimental y en la parte inferior el grupo control. En la parte izquierda se muestran las gráficas “pre” y en la derecha las “post”.

La media de cambio de gradiente de foria ΔBT en los primeros 90 segundos del test “pre” en el grupo experimental fue de $0.69 \pm 1.27 \Delta/\text{min}$ y “post” de $0.67 \pm 1.33 \Delta/\text{min}$, sin diferencias estadísticamente significativas ($W=-2.00$, $P=0.969$). En el grupo control, el gradiente de foria ΔBT “pre” fue de $0.98 \pm 1.63 \Delta/\text{min}$ y en “post” de $1.08 \pm 1.87 \Delta/\text{min}$, sin diferencias estadísticamente significativas ($W=24.00$, $P=0.313$).

El área bajo la curva de la función exponencial en los primeros 90 segundos en el grupo experimental “pre” fue de 2.27 ± 1.78 y “post” de 1.79 ± 1.47 , con diferencias estadísticamente significativas ($W=-50.00$, $P=0.026$). En el grupo control el área bajo la curva “pre” fue de 2.29 ± 1.41 y “post” de 2.16 ± 1.53 , sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ($W=-10.00$, $P=0.597$). Las pendientes de cambio exponencial en los primeros 90 segundos del test de adaptación de vergencia fueron de una media “pre” en el grupo experimental de 2.63 ± 2.47 y “post” de 2.90 ± 2.32 , sin diferencias estadísticamente significativas ($W=-31.00$, $P=0.1309$). En el grupo control, la medida “pre” fue de 3.58 ± 1.18 y “post” de 4.50 ± 2.31 , encontrando diferencias estadísticamente significativas en la pendiente ($W=39.00$, $P=0.015$).

Aun así, a fin de estudiar los cambios de foria en todo el test de adaptación, que estudiaría la adaptabilidad de la vergencia tónica en el tiempo afectando a la fatiga visual, incluimos el análisis de toda la función del test de adaptación (7 minutos) y analizamos el gradiente de foria (∇F) ΔBT , y el área bajo la curva.

En la siguiente **Tabla 3** se incluyen los resultados. Se puede observar diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en el área debajo la curva, siendo el gradiente de cambio de foria muy cerca al valor significativo ($P=0.062$), en comparación al grupo control ($P=0.187$).

Tabla 3. Valores del test de adaptación de foria ΔBT para todo el tiempo (7 min), en los dos grupos de estudio. Los valores del gradiente de foria (∇F) y el área debajo la curva (AUC) se muestran por columnas. Los valores estadísticos “p” se muestran en la fila inferior, a través del test de Wilcoxon de rangos pareados.

Grupo Experimental (n=12)				Grupo Control (n=12)			
∇F		AUC		∇F		AUC	
Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
0.58	\pm 0.48	\pm 5.60	\pm 3.79	\pm 0.60	\pm 0.69	\pm 6.20	\pm 5.81
0.55	0.56	4.23	2.57	0.52	0.65	4.76	4.19
P= 0.062		P=0.021		P= 0.187		P=0.761	

Tabla 3 Valores del test de adaptación de foria ΔBT .

DISCUSIÓN

En este estudio hemos observado una diferencia estadísticamente significativa en la adaptación de foria entre los dos grupos después de estar expuestos a gafas de realidad virtual con y sin estímulo visual durante 15 minutos. En el grupo experimental, el área bajo la curva disminuye de 5.60 ± 4.23 a 3.79 ± 2.57 ($P=0.021$) a diferencia del grupo control, de 6.20 ± 4.76 a 5.81 ± 4.19 ($P=0.761$). No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en el gradiente de foria en el grupo experimental ($P=0.062$) o control ($P=0.187$), aunque parece observarse una tendencia a reducirse con el uso de realidad virtual.

La adaptación de foria reduce el esfuerzo ejercido en el sistema de vergencia para mantener la fusión, y se ha observado que en casos de insuficiencia de convergencia se mejora en terapia visual (Brautaset y Jennings, 2005) y se ve alterada en casos de tareas prolongadas de fijación visual (Han et al, 2010), estimulación con prismas (Brautaset y Jennings, 2005) o lentes (Jiang y Donnel, 2007). Varias áreas de investigación indican que el efecto de la adaptación de foria es mediado a través de mecanismos adaptativos en la corteza cerebelar (Bostan y Strick, 2018).

Estudios previos han utilizado prismas de $6\Delta BT$ o BN para calcular las curvas de adaptación de foria, dando magnitudes de gradiente de foria de

aproximadamente $\approx 4 \Delta/\text{min}$ (Morales et al, 2020), siendo importante si el prisma es simétrico o no ya que puede variar en la respuesta de adaptación de foria (Santos, Yaramothu y Alvarez, 2018). En este estudio se emplearon 12 ΔBT asimétricos para la medida de la adaptación de foria, con el que las medidas comparadas de gradiente de foria con otros estudios hay que tener en cuenta este factor.

El uso de gafas de realidad virtual se ha visto que puede influir en la habilidad de vergencia y acomodación después de 25 minutos de uso (Munsamy et al, 2020), con un incremento de la exoforia y reducida relación AC/A y respuesta acomodativa a los 20 minutos (Morse y Bai-Chuan, 1999), además de un incremento de la sintomatología ocular a los 30 minutos de uso (Mohamed, Batumalai y Azmi, 2019).

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra por primera vez que la adaptación de foria en convergencia puede influir en las respuestas binoculares y acomodativas después de 15 minutos de uso de realidad virtual. En la actualidad nos encontramos expuestos mayoritariamente a las pantallas con un aumento del uso de gafas de realidad virtual a nivel social y/o laboral. Futuros estudios en este ámbito permitirán comprender mejor la relación entre el sistema visual y el uso de realidad virtual.

REFERENCIAS

Henson, D. B., y North, R. (1980). Adaptation to prism-induced heterophoria. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 57 (3), 129 - 137.

Morales C., Gohel S., Scheiman M., Li X., Santos E. M., Sangoi A. y Alvarez T. L. (2020). Test-retest of a phoria adaptation stimulus-induced functional MRI experiment. *J Vis.*

Riaza, C. S., Guisasola. L. V. y Vila, N. V. (2020). Influència de les Alteracions de Binocularitat en el Rendiment Escolar. *Grau en Òptica i Optometria*.

Sheedy, J. E., y Saladin, J. J. (1978). Association of symptoms with measures of oculomotor deficiencies. *Optometry and Physiological Optics*, 55, 670 - 676.

Montemayor, G. A. y Fábregas, J. J. (2015). Programación de un entorno virtual interactivo para Oculus Rift. *Grado en Multimedia*.

Hurd, O., Kurniawan, S., y Teodorescu, M. (2019). Virtual Reality Video Game Paired with Physical Monocular Blurring as Accessible Therapy for Amblyopia. *2019 IEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 492 - 499.

Morales, C., Gohel, S., Scheiman, M., Li, X., Santos, E., M., Sangoi, A. y Alvarez, T., L. (2020). Test-retest of a phoria adaptation stimulus-induced functional MRI experiment. *Journal of Vision* 20(8):17.

Han, S. J., Guo, Y., Granger-Donetti, B., Vicci, V. R., y Alvarez, T. L. (2010). Quantification of heterophoria and phoria adaptation using an automated objective system compared to clinical method. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(1), 95 - 107.

Kim, E. H., Granger-Donetti, B., Vicci, V. R., y Alvarez, T. L. (2010). The relationship between phoria and the ratio of convergence peak velocity to divergence peak velocity. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(8), 4017 - 4027.

Kim, E. H., Vicci, V. R., Granger-Donetti, B., y Alvarez, T. L. (2011). Short-term adaptations of the dynamic disparity vergence and phoria systems. *Experimental Brain Research*, 212(2), 267 - 278.

Lee, Y. Y., Granger-Donetti, B., Chang, C., y Alvarez, T. L. (2009). Sustained convergence induced changes in phoria and divergence dynamics. *Vision Research*, 49(24), 2960 - 2972.

Brautaset, R. L., y Jennings, J. A. M. (2005a). Distance vergence adaptation is abnormal in subjects with convergence insufficiency. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 25(3), 211 - 214.

Brautaset, R. L., y Jennings, J. A. M. (2005b). Horizontal and vertical prism adaptation are different mechanisms. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 25(3), 215 - 218.

Schor, C. M. (1998). Influence of accommodative and vergence adaptation on binocular motor disorders. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 65(6), 464 - 475.

Jiang, B. C., Tea, Y. C., y O'Donnell, D. (2007). Changes in accommodative and vergence responses when viewing through near addition lenses. *Optometry*, 78(3), 129 - 134.

Sreenivasan, V., y Bobier, W. R. (2014). Reduced vergence adaptation is associated with a prolonged output of convergence accommodation in convergence insufficiency. *Vision Research*, 100, 99 – 104.

Sreenivasan, V., Irving, E. L., y Bobier, W. R. (2008). Binocular adaptation to near addition lenses in emmetropic adults. *Vision Research*, 48(10), 1262 – 1269.

Küper y Michael, et al. (2014). Activation of the cerebellar cortex and the dentate nucleus in a prism adaptation fMRI study. *Human Brain Mapping*, 35.4, 1574 – 1586.

Elio, S., M., Yaramothu, C. y Alvarez, T., L. (2018). Comparison of symmetrical prism adaptation to asymmetrical prism adaptation in those with normal binocular vision. *Vision Research*, 149, 59 – 65.

Toole, A., J. y Fogt, N. (2007). The forced vergence cover test and phoria adaptation. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 27(5), 461-472.

Michael C. y Brodsky (2020). Phoria Adaptation: The Ghost in the Machine. *Journal of Binocular Vision and Ocular Motility*, 70(1), 1-10.

Elio, S., M., Yaramothu, C. y Tara, A., L. (2018). Comparison of symmetrical prism adaptation to asymmetrical prism adaptation in those with normal binocular vision.

Curvas de adaptación de foria mediante prisma BN y BT, extraídas del estudio de Elio, S., M., Yaramothu, C. y Tara, A., L. (2018). Comparison of symmetrical prism adaptation to asymmetrical prism adaptation in those with normal binocular vision.

Figura_1 Imagen representando un caso de exoforia extraída de:

[174-6.gif \(499x386\) \(psicothema.com\)](#)

Figura_1 Imagen representando un caso de endoforia extraída de:

[174-5.gif \(508x352\) \(psicothema.com\)](#)

Figura_4 Ilustración extraída de:

[https://th.bing.com/th/id/R94ed2751374448280f39b17d68e763ac?rik=UjckPCTgA0IArg
&pid=ImgRaw](https://th.bing.com/th/id/R94ed2751374448280f39b17d68e763ac?rik=UjckPCTgA0IArg&pid=ImgRaw)

Figura_6 Imagen Varilla Maddox y Ocluser extraída de:

[OCLUSOR NEGRO + MADDOX ROJO -GL - Artículos para Terapia Visual -
www.visionparalaaccion](#)

Figura_6 Imagen Test Thorington extraída de:

[TARJETA FORIAS CERCA CON LUZ - Artículos para Terapia Visual -
www.visionparalaaccion](#)

Figura_6 Imagen Tabla Hart extraída de:

[TARJETAS HART VARIAS TAMAÑOS \(28u\) -VPA - Artículos para Terapia Visual -
www.visionparalaaccion](#)

Figura_6 Imagen Prisma 12dΔBT extraída de:

[1588538909915154045eaf2e1dc29f7.PNG \(3500x3042\) \(eophtha.com\)](#)

Figura_7 Imagen extraída de:

[Cómo funcionan las gafas de realidad virtual por dentro \(xataka.com\)](#)

Figura_8 Imagen extraída de:

[REDSTORM Gafas VR, Vista Panorámica en 3D, Calidad de Imagen HD, Casco de
Realidad Virtual Ligero Compatible con iPhone/Android, Color Gris: Amazon.es:
Electrónica](#)

ANEXOS

ANEXO I. FICHA TOMA MEDIDAS

FECHA	
FECHA NACIMIENTO/ EDAD	
GRUPO	CONTROL
	EXPERIMENTAL
PRUEBAS INICIALES	AV OD
	AV OI
	PPC
	CT VL
	CT VP
	FORIA
	FORIA "PRE RV" + 12 dΔBT
1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.
5.	12.
6.	13.
7.	14.
GX RV 10'-15'	
FORIA "POST RV" + 12 dΔBT	
1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.
5.	12.
6.	13.
7.	14.

ANEXO II. ORGANIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN PARTICIPANTES

DIA 1		HORA	PACIENTE (5)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
MARTES	27/04/2021	13:30	TERESA P.	CON VIDEO
MARTES	27/04/2021	14:00	SHIRLEY	CON VIDEO
MARTES	27/04/2021	14:30	GINGER	CON VIDEO
MARTES	27/04/2021	15:30	VERONICA	CON VIDEO
MARTES	27/04/2021	16:00	JULIETA	CON VIDEO

DIA 2		HORA	PACIENTE (4)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
MIÉRCOLES	28/04/2021	14:00	IRENE AYALA	CON VIDEO
MIÉRCOLES	28/04/2021	15:00	MARIAM G.	CON VIDEO
MIÉRCOLES	28/04/2021	15:30	YOUSSRA	CON VIDEO
MIÉRCOLES	28/04/2021	16:00	SAFAE	SIN VIDEO

DIA 3		HORA	PACIENTE (3)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
JUEVES	29/04/2021	14:00	HAFSA	CON VIDEO
JUEVES	29/04/2021	14:30	LAURA M.	CON VIDEO
JUEVES	29/04/2021	15:00	JANETH	SIN VIDEO

DIA 4		HORA	PACIENTE (2)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
VIERNES	30/04/2021	9:00	ANA C.	SIN VIDEO
VIERNES	30/04/2021	10:00	ARANTXA R.	SIN VIDEO

DIA 5		HORA	PACIENTE (1)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
LUNES	03/05/2021	11:00	AYAMEY	SIN VIDEO

DIA 6		HORA	PACIENTE (2)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
MARTES	04/05/2021	12:00	GEMMA	SIN VIDEO
MARTES	04/05/2021	13:00	TIGIST	SIN VIDEO

DIA 7		HORA	PACIENTE (6)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
MIÉRCOLES	05/05/2021	13:00	MARIA	SIN VIDEO
MIÉRCOLES	05/05/2021	13:30	BRISA	SIN VIDEO
MIÉRCOLES	05/05/2021	14:00	ALEX	CON VIDEO
MIÉRCOLES	05/05/2021	14:30	MARIAM	CON VIDEO
MIÉRCOLES	05/05/2021	15:00	SIBA	SIN VIDEO
MIÉRCOLES	05/05/2021	15:30	LAMA	SIN VIDEO

DIA 8		HORA	PACIENTE (1)	GRUPO CONTROL/ EXPERIMENTAL
JUEVES	06/05/2021	12:00	DENISA C.	SIN VIDEO

ANEXO III. VIDEOS RV FORMATO 360°

Opción I: 360° Horror: The morgue VR Horror experience.

Opción II: 360° VR Horror: Creepy Clown.

Opción III: 360° VR Horror: The Room.

Opción IV: 3D 360° VR: Skydiving experience with the Vuze camera.

Opción V: VR 360°: Coaster rides 4k.

Opción VI: 360° VR: Five nights at Freddy's.