Desarrollo de test 3D automatizado en la Fundación Boliviana de Oftalmología durante la gestión 2014, para valorar estereopsis.

Development of 3D automated test in the Bolivian Ophthalmology Foundation during 2014 management, to assess stereopsis.

Víctor Hugo Céspedes Oporto[1,a], Patricia Elizabeth Ortuño Lazarte[1,b]

Resumen

Objetivo: desarrollar un test 3D automatizado para valorar la estereopsis, test que podría ser ampliamente difundido con el actual auge de la tecnología 3D en video juegos. **Métodos**: se realizó un estudio comparativo, prospectivo, transversal, inicialmente se desarrolló el test 3D con Scratch versión 1.4 y posteriormente se realizó el mismo en 19 personas entre 15 y 40 años con agudeza visual de 20/20 ó 20/25, se compararon los resultados con los obtenidos con el Test de Titmus. **Resultados**: encontramos una Agudeza Visual Estereoscópica (AVE) media de 55,32 arcos por segundo con el test 3D automatizado, con el Test de Titmus encontramos una AVE media de 57,89. Realizamos el análisis estadístico con el programa SPSS, con un Alfa de Cronbach de 0,988 lo que indica que existe correlación entre los resultados obtenidos por ambos test. **Conclusión**: consideramos que el test 3D automatizado es válido para su utilización en posteriores investigaciones y se constituye en una buena opción para valoración de estereopsis.

Palabras claves: *test, 3D, estereopsis.*

Abstract

Objective: to develop a 3D automated test to assess stereopsis, test could be widely disseminated with the current boom of 3D technology in video games. **Methods**: a comparative, prospective, cross-sectional study, initially the 3D test was developed with Scratch version 1.4 and later it was performed in 19 people between 15 and 40 years with visual acuity of 20/20 or 20/25, were compared the results with those obtained with the Titmus test. **Results**: we found an average Stereoscopic Visual Acuity (AVE) of 55.32 arcs per second with automated 3D test with the Titmus test found a mean of 57.89 AVE. We performed statistical analysis using the SPSS program, with a Cronbach's alpha of 0.988 indicating that there is a correlation between the results obtained by both tests. **Conclusion**: we believe that 3D automated test is valid for use in further research and constitutes a good choice for assessment of stereopsis.

Keywords: *test, 3D, stereopsis.*

La estereopsis (sensación de profundidad) se produce cuando detalles del objeto observado caen en áreas retinianas ligeramente diferentes, por consiguiente, una estereopsis normal refleja la integridad de la visión binocular, que implica fusión y un alto nivel de agudeza estereoscópica[1].

Por experimentos realizados con animales, se sabe que si no existe el estímulo adecuado se produce afectación de las neuronas de la corteza visual, produciendo ambliopía (reducción unilateral, menos frecuente bilateral, de la agudeza visual mejor corregida que no puede ser atribuida directamente al efecto de una anomalía estructural del ojo o de la vía visual posterior), por interferencia del proceso de aprendizaje visual del cerebro[2]. Identificamos como principal causa de ambliopía al estrabismo y anisometropía, considerando que el aprendizaje visual del cerebro se consolida hasta los 7 a 9 años. Cuanto más temprana la interferencia mayor será la ambliopía, por tanto el éxito del tratamiento depende del diagnóstico precoz en menores de 7 años[3].

Para evaluar la función visual, existen distintos métodos, dentro los principales tenemos:

Agudeza Visual, que puede ser medida por:

- Test de Teller: Se realiza normalmente con una serie de barras de diferentes tamaños, cuyo objetivo es determinar las rayas más finas que un niño puede resolver [4].
- Test de Snellen: con el uso de optotipos (10 letras) de tamaño decreciente.

Agudeza visual estereoscópica (AVE), se mide en arcos por segundo, para calcularla necesitamos conocer la distancia interpupilar, la distancia entre el objeto frontal y el de atrás y la distancia entre el observador y el objeto frontal[5]. Dentro de los test para medirla, tenemos:

Test estáticos:

- Test Titmus Wirt, consiste en tres tipos de estereogramas: el test de la mosca, el test de círculos y test de animales se basa en la utilización de imágenes conocidas como anaglifos que buscan reproducir la disparidad binocular desplazando una de las imágenes respecto a la otra, a una distancia de 40 cm, con gafas polarizadas y buena iluminación[6].
- Test de Frisby, es un conjunto de láminas transparentes de diferente espesor (6 mm, 3 mm, 1,5 mm). En cada lámina se imprimen cuatro discos de puntos aleatorios, tres en la superficie anterior o posterior de la lámina, mientras que el cuarto se imprime siempre en la superficie opuesta. El espesor de la lámina crea

[1]Fundación Boliviana de Oftalmología.
[a]Médico Cirujano Oftalmólogo, [b]Residente de Tercer año de Oftalmología.
*Correspondencia a: Patricia Elizabeth Ortuño Lazarte
Correo electrónico: ely211087@gmail.com
Recibido el 21 de abril de 2016. Aceptado el 13 de mayo de 2016.

una diferencia de profundidad que va de los 15 a los 340 segundos de arco, dependiendo de la distancia de observación. La tarea del observador es identificar qué disco se encuentra en una superficie diferente a la de los otros tres.

- Test TNO, consiste en siete láminas de puntos aleatorios impresos como anaglifos que se observan a través de gafas verde/rojo. Tres de ellos están diseñados para niños y tienen un objeto visible monocularmente y otro que sólo es visible en visión ciclópea.
- Test de Lang, combina dos elementos, los puntos al azar y las rejillas cilíndricas. Los puntos al azar (puntos de Julesz) hacen que por un ojo solo, no podamos ver ninguna imagen, pero sí empleando los dos ojos. Se realiza a 40 cm del paciente.
- Test Randot Dot E, test diseñado para medir la estereopsis a los niños. Se compone de dos láminas una de las cuales contiene una 'E' y la otra no tiene nada. La prueba se realiza con gafas polarizadas y a la distancia de 50 cm. La AVE varía de acuerdo a la distancia a la cual se distingue la "E", con una disparidad de 168 a 504 arcos por segundo.
- Automatizado, video Game interactive. En Japón desarrollaron un video juego para evaluar la agudeza visual y estereopsis, evaluaron la estereopsis en los niños a 3 m de distancia presentándoles un anáglifo y cuatro posibilidades de las cuales debían escoger la que correspondía con el anáglifo. Evaluaron la AVE de 60, 100, 200 y 400 segundos de arco. Tuvo una validez aceptable comparado con el Randot Stereotest a distancia (95% límites de acuerdo ± 0,35 log arc second, 93.9% de las diferencias de 0.3 log arc second)[7]

Test Dinámicos Automatizados:

- Test de las tres ruedas. examina un tipo de estereopsis dinámica, consiste en presentar tres ruedas al paciente, dos estáticas y una que va variando en profundidad, el paciente debe indicar cuando las tres ruedas están a la misma profundidad. Toshihiko et al. compararon el TNO Stereotest y Titmus Stereotest con el test de las tres ruedas y encontraron una fuerte correlación positiva entre ellos ($p = 0.0017$)[8]
- Stereo Motion Test: Watanabe et al[9] desarrollaron el stereo motion test usando cuatro tipos de estímulos visuales dinámicos generados por un computador. Tres de ellos estereogramas en dos planos paralelos moviéndose en profundidad. El paciente debe indicar la dirección de rotación de los planos o la presencia/ausencia de movimiento en profundidad. El cuarto tipo de estímulo era un estereograma punteado de un cilindro en rotación. La porción alta y baja del cilindro rotan en direcciones opuestas, el paciente debe indicar la posición del borde entre las dos partes. Su objetivo era comparar la percepción de profundidad con el stereo motion test y el test de Titmus en pacientes con estrabismo, encontraron una pobre correlación entre el stereo motion test y el test de Titmus, puesto que la percepción de profundidad con el test dinámico estaba preservada en algunos pacientes que fallaron en el test estático.
- 3D Estereopsis Test, Jinu et al. desarrollaron un test de estereopsis en 3D, para el cual utilizaron una laptop a 66 cm de distancia del sujeto donde proyectaron "La era del hielo 2" por 2 min El examinador incremento lentamente el parámetro de 3-D desde 0 (0 mm de disparidad de imagen) hasta 100 (15 mm de disparidad de imagen). Cuando se compararon con los controles, el umbral medio del test de estereopsis en 3D estaba significativamente reducido en pacientes con esotropia ($p<0,001$) y pacientes con ambliopía anisometrica ($p<0,001$), comparados con los controles normales. El test de estereopsis 3D fue correlacionado con el Titmus Stereotest usando el test de correlación de Spearman´s (Spearman's rho=0.690, $p<0,001$) (10).

Durante la gestión 2014, en el laboratorio de investigación visual y tecnología aplicada de la Fundación Boliviana de Oftalmología desarrollamos un test 3D automatizado para la evaluación de estereopsis, siendo nuestro objetivo brindar accesibilidad a la población en general y poder así realizar un diagnóstico temprano y oportuno de anormalidades en la visión binocular. Se pretende desarrollar nuevo test 3D automatizado en la FBO para valoración de estereopsis.

Material y métodos

Se trata de un estudio piloto comparativo, transversal enfocado en la validación de un test 3D automatizado en comparación con el test de Titmus.

El estudio se realizó en la Fundación Boliviana de Oftalmología, considerando el test de Titmus como uno de los gold estándar para la valoración de estereopsis, se compararon los resultados del mismo con los obtenidos por el nuevo test 3D automatizado que desarrollamos en 19 participantes, durante el segundo semestre de la gestión 2014.

El test fue desarrollado por el Dr. Víctor Hugo Céspedes Oporto, con Scratch versión 1,4. Este software permite la creación de disparidad de imágenes de 0,3 a 1,1 cm, lo que genera la visión de las imágenes en 3D con el uso de gafas verde/rojo, seleccionamos tres imágenes, un oso, una flor y un racimo de uvas. La disparidad de imágenes puede generarse aleatoriamente con la tecla A o ser establecida por quien maneja el programa, la disparidad de imagen puede ser incrementada de forma ordenada en la secuencia: 0,3 - 0,5 – 0,8 – 1,1 cm.

Se realizó inicialmente la medición de agudeza visual con la tabla de Snellen a 6 m de distancia, posteriormente se determinó la agudeza visual estereoscópica con el test de Titmus (puntos) evaluando de 800 a 40 segundos de arco con el uso de gafas polarizadas, finalmente se realizó el test 3D automatizado con el paciente sentado a 100 cm de distancia de la pantalla de 1 920 x 1 080 megapíxeles de resolución, con procesador Intel Pentium Dual CPU E2220 de 2,40 GHz con RAM: 4,00 GB; sistema operativo de 64 bits, usando

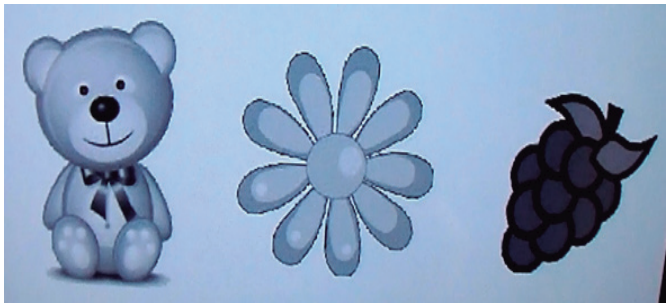


Figura 1. Imágenes utilizadas para el test 3D automatizado

gafas verde/rojo, inicialmente se mostraron las imágenes en escala de grises sin disparidad (Figura 1), para verificar el reconocimiento de las mismas, posteriormente se fue variando la disparidad de las imágenes y se anotó la menor disparidad percibida por el paciente en tres oportunidades, posteriormente se registró la distancia interpupilar.

La agudeza visual estereoscópica obtenida con el test 3D automatizado fue calculada con la siguiente fórmula:

Arcos por segundo = Distancia interpupilar x Δz / D2 × (206 265)

Donde: Δz: distancia entre el objeto frontal y el de atrás; D: distancia entre el observador y el objeto frontal

Como ejemplo, con un paciente X con distancia interpupilar de 6 cm, distancia entre objeto frontal y el de atrás de 0,3 cm y 100 cm la distancia entre observador y objeto, tenemos que:

Arcos por segundo = ((6 x 0,3) /1 002) x 206 265

Arcos por segundo = 37

El cálculo descrito se realizó para cada paciente usando la hoja de calculo Excel, en el cual se introdujo la fórmula detallada previamente.

Criterios de inclusión

Se incluyeron 19 pacientes de 15 a 40 años de edad que acudieron a la Fundación Boliviana de Oftalmología, en su primera consulta oftalmológica sin tratamiento previo, sin antecedentes de cirugía oftalmológica ni patología asociada que pueda afectar la visión; con agudeza visual de 20/20 o 20/25 con corrección.

Criterios de exclusión

Pacientes menores de 15 años y mayores de 40 años.

Pacientes con agudeza visual peor o igual a 20/30.

Pacientes post-operados por cualquier causa oftalmológica.

Pacientes con estrabismo, anisometropía o ambliopía.

Pacientes con ojo único o visión monocular.

Definición de variables (Tabla 1)

Tabla 1: Definición de variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	ESCALAS DE MEDICIÓN
Edad	La variable edad se consideró en años cumplidos.	15 a 40 años
Género	El género se refiere a los conceptos sociales de las funciones, comportamientos, actividades y atributos que cada sociedad considera apropiados para los hombres y las mujeres (OMS)	Masculino Femenino
Distancia interpupilar	Se midió la distancia interpupilar con una regla y una linterna, observando el reflejo corneal.	Expresada en centímetros
Distancia entre objeto frontal y trasero	Una vez diseñado el test 3D automatizado, se realizó la medición de la distancia entre el objeto frontal y trasero con una regla, en las distintas disparidades de imágenes inducidas.	0,3 cm 0,6 cm 0,9 cm 1,1 cm
Distancia observador - objeto	Se midió con un metro la distancia entre la pantalla donde se proyectó el test 3D y el observador.	100 cm
Agudeza visual estereoscópica (AVE) obtenida con el test 3D automatizado	Medida con la fórmula: AVE en arcos por segundo = Distancia interpupilar x $\hat{u}z$ / D^2 × (206265) Donde: $\hat{u}z$: distancia entre el objeto frontal y el de atrás; D: distancia entre el observador y el objeto frontal	Expresada en arcos por segundo
AVE Titmus (puntos)	Se realizó el test a 40 cm de distancia con el uso de gafas polarizadas, donde las respuestas consideradas correctas del test fueron: 1. Abajo 2. Izquierda 3. Abajo 4. Arriba 5. Arriba 6. Izquierda 7. Derecha 8. Izquierda 9. Derecha	1 = 800 arcos por segundo 2 = 400 arcos por segundo 3 = 200 arcos por segundo 4 = 140 arcos por segundo 5 = 100 arcos por segundo 6 = 80 arcos por segundo 7 = 60 arcos por segundo 8 = 50 arcos por segundo 9 = 40 arcos por segundo

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Tras la evaluación de 19 pacientes, encontramos lo siguiente (Tabla 2)

Realizado el análisis de variables con el programa SPSS, calculamos el Alfa de Cronbach con un resultado de 0,988. El coeficiente Alfa de Cronbach es un modelo de consistencia interna, basado en el promedio de las correlaciones entre los ítems. A mayor valor de Alfa, mayor fiabilidad, el mayor valor teórico de Alfa es 1, y en general 0,80 se considera un valor aceptable; lo que significa que nuestros resultados son fiables.

Discusión

Tabla 2. Resultados

VARIABLE	VALOR	
EDAD	30.4+/-8.2 años	
SEXO	Femenino 74%	
AVE	TITMUS	57.9 +/-21 arcos por segundo
	TEST 3D	55.3+/- 21 arcos por segundo

Fuente: Elaboración propia.

La media de agudeza visual estereoscópica encontrada con el test de Titmus (57,89 ± 20,97 arcos por segundo) y el test 3D automatizado (55,32 ± 20,87 arcos por segundo), son comparables con la encontrada por Toshihiko et al[8] con el Test de Titmus (40 arcos por segundo) y con los obtenidos por SY Lee, et al.[11] 40 (± 4,7) arcos por segundo con el test de Titmus; de 29 (±17,1) con el Randot Dot Test y de 75 (±30,7) con el TNO test.

Dae Joong Ma, et al[7]. desarrollaron un test automatizado computarizado con la forma de un video juego interactivo, valoraron la estereopsis con el uso de anaglifos y compararon los resultados con el Random Dot test, obteniendo buenos resultados; también encontraron valores más exactos de agudeza visual estereoscópica, puesto que el video juego captaba la atención de los niños por mayor tiempo.

Jinu Han, et al.[10] realizaron un test de estereopsis proyectando una película 3D, incrementando progresivamente la disparidad de las imágenes y correlacionaron sus resultados con los obtenidos con el Test de Titmus. En el grupo control encontraron que el test de Titmus era mejor (68,86±65,88 arcos por segundo) que el test 3D (1 502,5±904,8 arcos por segundo).

Watanabe, et al [9] desarrollaron el stereo motion test usando cuatro tipos de estímulos visuales dinámicos generados por un computador, encontraron una pobre correlación entre el stereo motion test y el test de Titmus, puesto que la percepción de profundidad con el test dinámico estaba preservada en algunos pacientes que fallaron en el test estático.

Estos resultados son contrarios a los encontrados en nuestra investigación, podemos atribuir esta diferencia significativa al hecho de que Jinu Han, et al. y Watanabe, et al. realizaron test dinámicos lo que probablemente disminuyó el nivel de atención de los participantes.

Tras el análisis estadístico de las variables podemos validar nuestro test (en población normal y adulta), por la alta correlación entre la agudeza visual estereoscópica medida por el nuevo test 3D automatizado y la medida por el test de Titmus, siendo fiable para ser utilizado en investigaciones posteriores.

Conflictos de interés: los autores declaramos que no existe conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Arias-Díaz A et al. Medición de agudeza visual estereoscópica en una población infantil sana. Rev Mex Oftalmol 2013; 87(4): 215-219

2. D. Bavelier, D.M. Levi, R.W. Li, Y. Dan, and T.K. Hensch. Removing brakes on adult brain plasticity: from molecular to behavioral interventions. J Neurosci 2010; November 10; 30(45): 14964–14971.

3. Eibschitz-Tsimhoni M, Friedman T, Naor J, Eibschitz N, Friedman Z. Early screening for amblyogenic risk factors lowers the prevalence and severity of amblyopia. J AAPOS. 2000; 4(4):194-9.

4. Merchán M y cols. Agudeza visual de Snellen versus frecuencia espacial del test de mirada preferencial. Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2010; 8(2): 117 - 27

5. Westheimer G. Clinical evaluation of stereopsis. Vision Research. 2013 ; 90: 38–42

6. Birch E, Williams C, Drover J, et al. Randot preschool stereoacuity test: Normative data and validity. J AAPOS. 2008 February ; 12(1): 23–26.

7. Dae Joong Ma, Hee Kyung Yang, Jeong-Min Hwang. Reliability and Validity of an Automated Computerized Visual Acuity and Stereoacuity Test in Children Using an Interactive Video Game. Am J Ophthalmol 2013;156: 195–201.

8. Toshihiko M, Ryo N, Hiroyuki S, Kayoko H. Correlation between Depth Perception by Three-Rods Test and Stereoacuity by Distance Randot Stereotest. Strabismus, 2014; 22(3): 133–137

9. Watanabe Y, Kezuka T, Harasawa K, et al. A new method for assessing motion – in- depth perception in strabismic patients. Br J Ophthalmol 2008; 92:47–50.

10. Jinu H, So YH, Seung KL, Jong BL, Sueng-Han H. Real Stereopsis Test Using a Three-Dimensional Display with Tridef Software. Yonsei Med J 2014; 55(6):1672-1677

11. Se-Youp Lee, Nam-Kyun Koo. Change of Stereoacuity with Aging in Normal Eyes. Korean Journal of Ophthalmology 2005; 19(2):136-139