

La tecnología en la estrabología

Technology in strabismus exploration

Lourdes Rita Hernández Santos^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-9551-1916>

Pedro Daniel Castro Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0151-7584>

Teresita de Jesús Méndez Sánchez¹ <https://orcid.org/0000-0002-1589-7784>

Alcira Milena Benavides Chamorro¹ <https://orcid.org/0000-0001-7192-3679>

Lucy Pons Castro¹ <https://orcid.org/0000-0002-3792-9169>

¹Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: lourdesrita@infomed.sld.cu

RESUMEN

La exploración oculomotora incluye una extensa batería de exámenes que fundamentalmente en los niños y en los adultos poco cooperadores se hace compleja y difícil por su poca cooperación, el agotamiento y el entretenimiento frecuente. Esto se ha visto modificado con el surgimiento de la videoculografía, lo que permite el estudio de los movimientos oculares en tiempo real. Con esta revisión bibliográfica se pretende reflejar su utilidad, así como las ventajas y los inconvenientes de esta tecnología, para lo cual se realizó una búsqueda en diferentes publicaciones y textos de la especialidad desde hace 14 años. Concluimos que la videoculografía ha revolucionado la exploración del paciente estrábico y permite un examen preciso y rápido, lo que facilita el desarrollo de numerosas investigaciones y constituye una técnica con gran futuro.

Palabras clave: Videoculografía; VOG *Perea*; Gazelab.

ABSTRACT

Oculomotor exploration comprises a large set of tests, the performance of which may be difficult with children and unhelpful adults, because they are not cooperative, become tired and get distracted. But such a situation has changed with the emergence of videoculography, which makes it possible to observe eye movements in real time. The purpose of the present

bibliographic review was to gain insight into the usefulness, advantages and drawbacks of this technology, to achieve which a search was conducted in various publications and texts about the specialty since 14 years ago. We conclude that videoculography has revolutionized strabismus exploration, enabling accurate and fast examination and facilitating the development of numerous studies, all of which makes it a very promising technique.

Key words: Videoculography; *Perea* VOG; Gazelab.

Recibido: 30/04/2020

Aceptado: 19/05/2020

Introducción

La exploración del equilibrio oculomotor abarca un arsenal extenso de pruebas que incluyen exámenes para exploración sensorial y motora. En dependencia de las características clínicas del paciente se decidirá cuáles serían las pruebas a realizar. La complejidad de las pruebas y sus resultados en ocasiones no son concluyentes, sobre todo en niños pequeños o niños que se distraen y agotan muy rápido o adultos que no cooperan, y hay que repetirlos varias veces o, por el contrario, conformarnos con una exploración básica y elemental.

En un continuo interés por la investigación, el Dr. *Perea*,⁽¹⁾ en el año 2003, propuso su invento basado en la videoculografía denominado VOG *Perea*, que tiene como antecedente histórico más remoto al genial filósofo checo *Jan Evangelista Purkinje* (1787-1869), quien fue el primero en estudiar la motilidad ocular utilizando el tacto a través de los ojos cerrados de los pacientes.⁽¹⁾

El estudio de los movimientos oculares ha ido evolucionando en el tiempo hasta los años 50 (Siglo XX), con la llegada de la electroculografía (EOG).⁽¹⁾ Este examen tiene como inconvenientes la necesidad de equipar al paciente con electrodos periorbitales, así como la imprecisión y la imposibilidad del estudio de los movimientos verticales y oblicuos. El otro sistema empleado fue la videonistagmografía, utilizada para el estudio del nistagmo, principalmente por especialistas de Otorrinolaringología.

En el año 1989, en el coloquio de *Nantes*, se determinaron los requisitos que debe cumplir el procedimiento ideal de exploración de los movimientos oculares.⁽¹⁾ Partiendo de ahí,

Perea utilizó un dispositivo, como el empleado por estos especialistas de Otorrinolaringología, el cual instaló en el Servicio de Oftalmología de su Hospital, tras documentarse con gran parte de los trabajos de electroculografía publicados hasta ese momento, especialmente los del Profesor *Maurice Quéré de Nantes*. Consiguió explorar los movimientos oculares con ventaja sobre la electroculografía, y publicó sus primeros resultados en enero del año 2006 en su libro “Estrabismos”.⁽²⁾

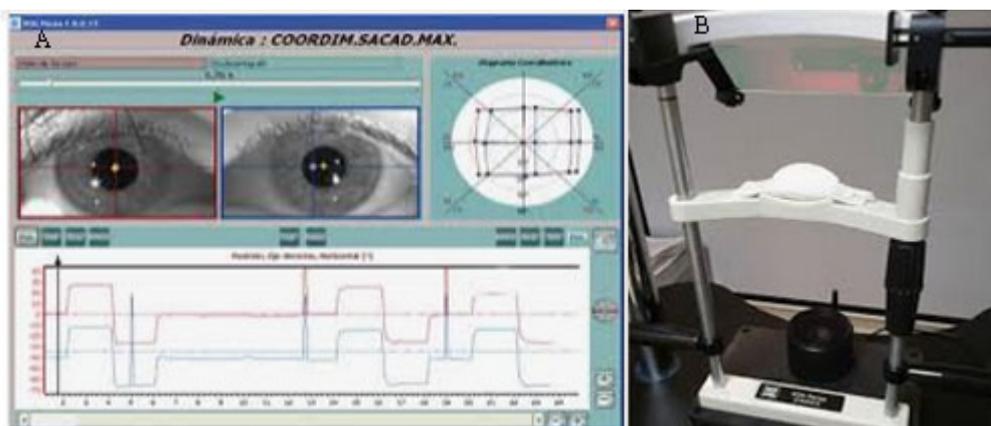
Poco después la publicación de sus primeros trabajos fue visitada por un grupo de físicos y de informáticos residentes en Marsella, quienes habían desarrollado el vídeo-nistagmógrafo, y le propusieron desarrollar un videoculógrafo con protocolo informático específico para la Oftalmología y la Neurooftalmología. Así nació el VOG-*Perea*, aprobado por la Unión Europea en el año 2010, desarrollado por la Empresa Francesa Synapsis.⁽¹⁾

Otro videoculógrafo muy conocido surgió prácticamente al mismo tiempo que el VOG-*Perea*: el Gazelab, con algunas opciones más avanzadas que se utilizan para el estudio rápido y exacto de los pacientes, con la finalidad de valorar los resultados después de la terapia visual y, más recientemente, su empleo en cirugía de estrabismo. Con el avance cada vez mayor de las tecnologías siguen surgiendo otras propuestas más modernas de estos equipos, que permiten que la exploración de los pacientes sea más precisa y rápida.

Videoculografía 3D

La exploración del paciente estrábico siempre ha supuesto un reto para el clínico entrenado y optometrista, sobre todo en aquellos casos de estrabismo incoordinado (paralíticos o restrictivos), estrabismos mixtos (con componentes horizontal y vertical), de pequeña cuantía, nistagmo o incluso en pacientes no cooperadores. Por lo expuesto anteriormente sabemos que en ocasiones hay que repetir determinadas pruebas para llegar al diagnóstico adecuado, y muchas de ellas se extienden en el tiempo. Esto ha permitido el interés de algunos investigadores en los últimos años de mejorar este aspecto con la introducción de equipos, como el videoculógrafo (VOG), como una herramienta precisa, rápida y repetible. El VOG-*Perea* fue el primer dispositivo destinado al estudio de la motilidad ocular (Fig.1), el cual permite el registro de los movimientos oculares en tiempo real. Es utilizable tanto en la clínica como en la investigación. Permite detectar movimientos oculares que hasta ahora no habían sido descritos. Con este equipo se puede analizar si hay, o no, alteración a través del estudio estático del equilibrio biocular, y, sobre todo, los movimientos normales o

enfermos que pueden efectuar los ojos. En la práctica clínica, la dinámica ocular se está estudiando, simplemente, haciendo que el paciente siga la luz de una linterna u objeto pequeño para controlar la acomodación, por lo que las alteraciones pequeñas no pueden ser percibidas^a.



Tomado de: VOG-Perea. (areadocente.blogspot.com).

Fig. 1 - Las imágenes A y B corresponden al dispositivo VOG-Perea, destinado al estudio de la motilidad ocular.

El VOG *Perea* presenta un cristal dicróico colocado frente a los ojos del paciente, el cual permite la reflexión total de la radiación impermeable al cristal transparente para el enfermo y el observador. Por la cualidad física del cristal (dicróismo) posibilita que la cámara de alta resolución, situada en los pies del aparato, pueda filmar los dos ojos simultáneamente en el límite del infrarojo (870 nm). Este equipo está orientado para el uso oftalmológico. Sus características técnicas se pueden revisar en el libro *Perea*, segunda edición.⁽¹⁾ Antes de realizar el estudio oculomotor con esta tecnología hay que realizarle al paciente una revisión oftalmológica general. El protocolo de exploración del equipo es el siguiente:

1. Cálculo de distancia interpupilar y parámetros pupilares.
2. Posición de reposo fisiológico.
3. Fijación disociada.
4. Fijación asociada.
5. *Cover test* alternante.
6. *Test* de las 4 dioptrías.
7. Ducciones.

8. Versiones.
9. Vergencias.
10. Coordimetría sacádica y de seguimiento.

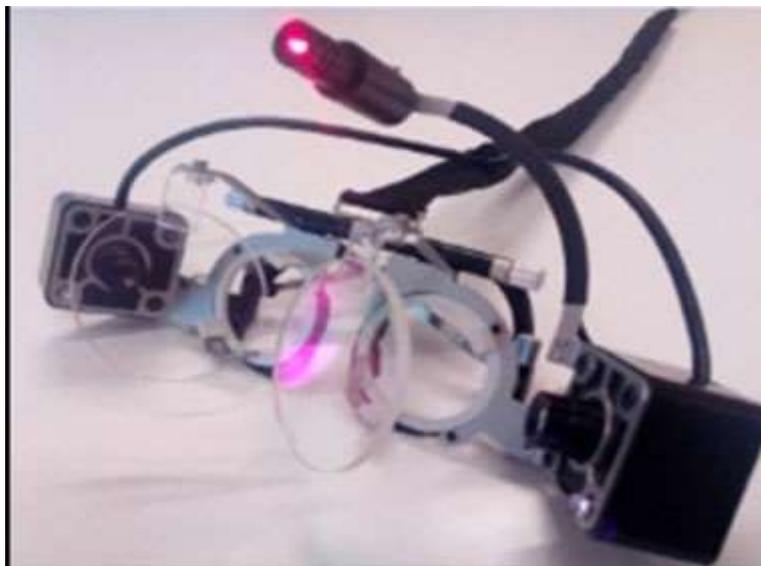
Su aplicación en clínica se centra, fundamentalmente, en heteroforias, estrabismos, paresias o parálisis oculares y nistagmo. Estas son las principales patologías para las que está indicado, además de tratarse de un equipo de investigación en fisiología motora ocular.

Con este equipo se puede analizar si hay o no alteración a través de los delicados movimientos que pueden efectuar los ojos, los que quedan grabados y registrados por un sistema de vídeo. Pueden valorarse los desplazamientos oculares cada cuatro centésimas de segundo. Seguidamente, y a la velocidad que se desee, se puede examinar el comportamiento que han tenido los ojos comparando su movimiento en el oculoscopio con el registro gráfico en el oculógrafo. El aparato es útil para el diagnóstico, no solo de la estática (olvidándonos del engorroso procedimiento de los prismas), sino de todo lo relacionado con las alteraciones de la dinámica ocular. En parálisis oculares también reviste gran interés, ya que permite medir con total exactitud la limitación de movimiento de cualquier ojo, a través de la técnica de “coordimetría infrarroja”. Durante el tratamiento de la parálisis ocular, la utilidad del VOG se centra en poder hacer un fiel seguimiento del proceso.⁽¹⁾

Casi al mismo tiempo que el VOG-*Perea* salió al mercado el Gazelab, otro videoculógrafo, el cual ofrece algunas ventajas sobre el anterior. *Carlos Laria* afirma que la técnica más moderna existente para el diagnóstico de los estrabismos y los nistagmos es la denominada videoculografía 3D, que nos aporta una precisión muy por encima de lo que el ojo humano es capaz de valorar. El inconveniente supeditado a la edad requerida para poder realizarla ha sido superado con el Gazelab, que requiere una mínima cooperación por parte del paciente, por lo que se puede usar en niños de 5 a 6 años de edad.⁽³⁾

Con esta técnica no invasiva y que puede aplicarse como si se tratara de un juego, podemos registrar el movimiento de los ojos en los tres ejes del espacio y en distintas posiciones de la mirada. Se puede realizar una grabación y analizarla en detalle, así como obtener una medición de la desviación con precisiones superiores a 0,1 %, algo que hasta la fecha no era imaginable. Solamente mediante la colocación de unas gafas que nos permite graduar al paciente, junto con unas cámaras infrarrojas para el análisis de cada ojo independientemente, podemos en unos minutos tener un completo análisis de los

movimientos oculares, tanto horizontales como verticales, y lo que es más difícil, la torsión ocular, registro que en ocasiones era imposible analizar (Fig. 2).⁽³⁾



Tomado de: Bcn Innova. Ocular Motility Community. Disponible en: <http://www.BcnInnova.com/>

Fig. 2 – Videoculógrafo Gazelab.

El Gazelab es una plataforma modular que incluye:⁽⁴⁾

- *Módulo de estrabismo*: incluye el *test* 9 GPT (9 posiciones de mirada) y el *test* libre (medición del estrabismo en cualquier posición del espacio).
- *Módulo refractiva*: incluye el *test* de pupila y el *test* de ángulo Kappa (este *test* lleva dos focos infrarrojos adicionales).
- *Módulo Traking*: incluye el *test* de nistagmo y el *test* de movimientos sacádicos y lectura.

Está disponible en 4 configuraciones estándar:⁽⁴⁾

1. *Gazelab control*: solo incluye el *test* libre para estrabismo.
2. *Gazelab diagnóstico*: incluye el módulo de estrabismo completo, *test* de pupila, módulo *traking* y el *test* de prótesis.
3. *Gazelab refractivo*: incluye *test* libre para estrabismo y módulo refractiva.
4. *Gazelab completo*: Incluye todos los módulos y *tests*.

Con todos estos datos, podemos decir que la videoculografía 3D nos aporta una gran ventaja a la hora de decidir el tipo de intervención que se debe realizar en cada caso y sus resultados, especialmente en casos muy complejos, como pueden ser el nistagmo, las parálisis oculares o los estrabismos que han sufrido varias intervenciones y, por tanto, requieren de una valoración mucho más precisa de la que hasta la fecha disponíamos.

El sistema Gazelab

El sistema Gazelab se basa en el registro de imágenes en video de las pupilas y su procesamiento posterior mediante un sistema de visión infrarroja mediado por un ordenador que permite detectar la pupila y todas las características de los puntos del ojo. La aplicación posee un algoritmo basado en la geometría del ojo, que permite conocer la dirección de la mirada.⁽⁵⁾

Este dispositivo consta de una montura de prueba (a la que se le pueden acoplar lentes con su graduación) con cámaras infrarrojas que permiten grabar los ojos del paciente, incluso ocluidos. Posee un proyector láser acoplado, situado justo encima de la frente del paciente, que proyecta una rejilla cuadrada sobre una superficie clara.⁽⁵⁾

Los componentes del sistema Gazelab ⁽⁴⁾ son:

1. *Proyector láser:* este láser está situado en la parte superior del dispositivo y proyecta un patrón en la pared/pantalla, donde debe mirar el paciente.
2. *Cámaras de visión infrarroja:* estas cámaras están situadas en los lados del paciente y registran imágenes con luz infrarroja, de alta calidad y sin reflejos.
3. *Luz LED infrarroja:* la luz infrarroja situada en el costado de cada cámara permite iluminar cada ojo con la luz necesaria para capturar las imágenes.
4. *Vidrio infrarrojo/espejo:* Esta lámina especial filtra la luz infrarroja y sirve de espejo para que pueda grabarla la cámara del Gazelab.

El Gazelab presenta una serie de ventajas:

En la video-pupilometría: permite medir exactamente el diámetro y el área pupilar de cada uno de los ojos en todo momento, así como la forma en que reaccionan ante estímulos luminosos. Es una herramienta muy fina para medir diferencias muy sutiles en los tamaños pupilares.

En la video-nistagmometría: permite medir la cuantía del nistagmus en todas las posiciones de la mirada, así como la posición de máximo nistagmus y la posición de bloqueo.

En otros módulos, gracias a su sistema acoplado sobre gafas, permite hacer la exploración de *Bielschowsky*, cosa que otros modelos de videoculógrafos no permiten, así como la desviación para pacientes poco colaboradores gracias al módulo de *Hirschberg*. También permite medir la motilidad ocular y la posición de la prótesis ocular.

En los últimos tiempos se ha señalado el uso del Gazelab en la cirugía de estrabismo, principalmente en pacientes con diplopía, en los que –con el ajuste de una sutura ajustable y mediante la medición del ángulo de desviación posoperatorio con ayuda del VOG– podemos lograr mejor alineamiento quirúrgico. Su uso durante la cirugía con anestesia local tiene como ventajas:⁽⁶⁾

- Exactitud.
- Objetividad.
- Repetibilidad.
- Permite el ajuste intraoperatorio.
- Menor riesgo anestésico.
- Permite comprobar si desaparece o no la visión doble y si la movilidad de los ojos es la adecuada.

Dentro de los inconvenientes actuales, está principalmente el que requiere un mínimo de colaboración para la prueba de nueve posiciones. También ocurre que, algunas veces, el maquillaje puede confundir al aparato a la hora de medir las pupilas. Por eso se pide a las pacientes que realicen la prueba que vengan sin rímel de pestañas o sin maquillaje.

En los últimos años ha habido un gran avance en estos sistemas. Los más relevantes en la actualidad son VOG-*Perea* y Gazelab, pero hay nuevos prototipos presentados en publicaciones recientes.⁽⁷⁾

Dentro de los últimos modelos podemos citar el videoculógrafo monocular *Firewire* (VO425),⁽⁷⁾ el cual está diseñado para clínicas que realizan investigaciones de equilibrio a profundidad. Contiene todas las características del VN415, además de un análisis computarizado de las pruebas oculomotoras. La tecnología de transferencia rápida de datos permite un video de alta calidad y mediciones precisas con todos los resultados almacenados

en la base de datos OtoAccess™. El sistema también incluye funciones para imprimir informes y compartir datos.⁽⁸⁾ Entre sus ventajas tenemos:

- Ajuste de seguimiento ocular de última generación para pupilas dilatadas y ojos maquillados.
- Observación del movimiento ocular torsional, con imágenes de ojo a pantalla completa.
- Diseño elegante y portátil.
- Personalizable.
- Monocular.
- Reproducción de vídeo sincronizada.

Los estudios donde se reflejan los beneficios de los videoculógrafos son escasos. Los más estudiados son el VOG-*Perea*, cuyo autor publicó sus resultados en sus libros en los años 2006 y 2008,^(1,2) y el Gazelab, del cual relacionamos algunos de sus resultados a continuación.

El estudio de *D. Fernández* y otros,⁽⁹⁾ donde se comparan las medidas del ángulo del estrabismo obtenidas con sinoptóforo y con el videoculógrafo Gazelab, evalúan el manejo del VOG en la obtención de medidas de la desviación en 20 pacientes estrábitos, en cinco posiciones diagnósticas de la mirada (posición primaria de mirada, dextroversión, levoversión, superversión e infraversión). Los resultados obtenidos indican que no hay diferencia estadísticamente significativa en las medidas obtenidas entre el GazeLab y el sinoptóforo, excepto en infraversión. En cuanto a la comodidad y a la rapidez del uso clínico, señalan que con el sinoptóforo es más fácil la preparación y el posicionamiento del paciente; sin embargo, el uso del Gazelab muestra una nueva perspectiva en la evaluación dinámica del estrabismo y la medida objetiva de las cicl torsiones. Concluyen que el Gazelab puede abrir nuevos horizontes en la investigación del paciente estrábico y da una impresión más favorable al paciente en cuanto a su uso e implementación de nuevas tecnologías en la consulta oftalmológica y optométrica.

Carlos Laria y *Piñero* realizaron una investigación que tuvo como objetivo evaluar la eficacia del tratamiento en 3 casos de exotropía intermitente mediante ejercicios de terapia visual. Completaron la exploración clínica con la videoculografía 3D y evidenciaron la potencial aplicabilidad de esta tecnología. Concluyeron que el empleo de la tecnología VOG 3D permite un registro objetivo de la compensación y la estabilidad de la desviación ocular

después de realizar ejercicios de terapia visual, a la vez que ofrece un detallado análisis de los cambios producidos en los componentes vertical y torsional.⁽¹⁰⁾

En el estudio de *Hakim, Kaoud y Sadek*,⁽¹¹⁾ donde se plantearon como objetivo la comparación de las medidas de estrabismo entre Gazelab y *cover test* (CT), señalan que la videoculografía es superior al CT y representa el futuro en el manejo y en la investigación del estrabismo.

Ana Dorado López-Rosado y otros utilizaron la videoculografía en los diferentes tipos de nistagmo para el estudio de sus fases. La forma de onda del nistagmo no es útil en el diagnóstico mediante observación clínica únicamente, según la mayoría de los profesionales. Sin embargo, el síndrome de nistagmo infantil puede identificarse mediante grabaciones de movimientos oculares por sus formas de onda específicas, que no se encuentran en ningún otro tipo de nistagmo. Concluyen que esta tecnología puede proporcionar una nueva base para la clasificación, la etiología y el tratamiento de los movimientos oculares anormales, y recomiendan que como este equipo no está disponible de forma rutinaria en las consultas de Oftalmología pediátrica, es importante dominar la parte clínica para llegar al diagnóstico.⁽¹²⁾

Álvarez y otros⁽¹³⁾ realizaron un estudio con el VOG sobre la repetibilidad de la medida del ángulo Kappa, cuyo objetivo fue valorar la repetibilidad de las medidas obtenidas con el VOG Gazelab en condiciones escotópicas y fotópicas a diferentes distancias. Este estudio demostró que el Gazelab es un instrumento con una alta repetibilidad, tanto en condiciones fotópicas como escotópicas, así como en distancia de 1,5 m o 35 cm. Los últimos estudios publicados relacionan el ángulo Kappa con un aumento en los fenómenos disfotópsicos tras el implante de lentes multifocales intraoculares.⁽¹³⁾

Es una tecnología que permite realizar diagnósticos precisos y rápidos, principalmente en casos complejos, así como ampliar el campo de investigación, por la opción de realizar protocolos de estudio en varias afecciones estrabológicas por la posibilidad de grabar cada estudio y quedar registrado los movimientos oculares en los 3 ejes. Lo anterior permite el análisis del comité de expertos y aprovechar al máximo toda la información que brinda. Constituye una técnica con gran futuro, aunque no está generalizado su uso a nivel internacional, ni ninguna institución nacional lo posee, a pesar de sus bondades en la clínica y en la investigación.

Referencias bibliográficas

1. Perea García J. Estrabismo. España: Artes gráficas Toledo, S.A.U; 2008.
2. Perea García J. Estrabismo. España: Artes gráficas Toledo, S.A.U; 2006.
3. Laria C. Avances en estrabismos. España: Faro de Vigo; 2014 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en: <https://www.farodevigo.es/vida-y-estilo/salud/expertos/2014/01/07/avances-estrabismos/943550.html>
4. Blossgroup. Gazelab (BCN Innova). Blossgroup; 2020 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en: <http://www.blossgroup.com/gazelab>
5. Bcn Innova. Gazelab. España: Folleto; 2012 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/Bcninnova>
6. Hurtado J. Utilización de las nuevas tecnologías para la cirugía de estrabismo:videoculografía. España: Blog de Medicina; 2019 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en: <https://blogs.medicinatv.com/ofthalmologojavierhurtado/utilizacion-de-las-nuevas-tecnologias-para-la-cirugia-de-estrabismo-videoculografia/>
7. Gómez de Liaño R. Es imprescindible la videoculografía en la Consulta de Motilidad Ocular. Boletín de la Sociedad de Oftalmología de Madrid; 2017 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en. <https://sociedadoftalmologicademadrid.com/revistas/revista-2017/m2017-15h.html>
8. Interacoustics. Operation Manual VNG System VO425. Software; 2014 [acceso: 15/08/2020]. Disponible en: <https://www.interacoustics.com/balance/software/vn415-vo425>
9. Fernández-Agrafojo D, Martín P, Morales H. Estudio comparativo de la medida del ángulo de estrabismo por medio del sinoptóforo y del videoculógrafo Gazelab. Acta Estrabol. 2016;45(1):31-6.
10. Laria C, Piñero DP. Análisis de la eficacia de la terapia visual en el tratamiento de la exotropía intermitente mediante videoculografía 3D. Acta Estrabol. 2013;42(2):183-90.
11. Hakim OM, Kaoud M, Sadek A. Evaluation and valuation of an innovative digital ocular motility measuring system. Jaapos. 2018 [acceso: 15/08/2020];22(4):[aprox 6 p]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2018.07.015>
12. López-Rosado AD, Muñoz-Gallego A, Tejada-Palacios P. Aproximación diagnóstica en nistagmus en edad pediátrica. Acta Estrabol.2018;47(2):151-76.

13. Álvarez M, Lozano J, Prieto G, Cerqueira L, Pinar A, Bagur D, et al. Repetibilidad de la medida del ángulo Kappa mediante videoculografía. Madrid: 25 Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica, OPTOM; 2018.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Lourdes Rita Hernández Santos: Participación importante en la idea y diseño de la investigación.

Pedro Daniel Castro Pérez: Búsqueda de la información.

Teresita de Jesús Méndez Sánchez: Redactó el borrador del trabajo y realizó la revisión crítica de la versión final.

Alcira Milena Benavides Chamorro: Redacción de su versión final.

Lucy Pons Castro: Revisión crítica de la versión final.

Todos los autores aprueban la versión finalmente remitida.

^a Entrevista con el Dr. *José Perea*, investigador y jefe del Servicio de Oftalmología del Hospital de la Misericordia de Toledo; 2020 [acceso: 23/08/2020]. Disponible en: <http://www.medicospacientes.com/articulo/entrevista>