

Parámetros diagnósticos de la electronistagmografía computarizada

Diagnostic parameters of computerized electronistagmography

Bábaro N. Socarras Hernández^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7924-1226>

Eulalia Alfonso Muñoz² <https://orcid.org/0000-0003-3218-4708>

Leonel Téllez Traba¹ <https://orcid.org/0000-0002-9862-4641>

¹Centro de Investigación, Desarrollo y Producción "Grito de Baire", MINFAR. La Habana, Cuba.

²Hospital Militar Central "Dr. Carlos J. Finlay". La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia. bnz2030@gb.reduim.cu

RESUMEN

En la última década se han incrementado las enfermedades vestibulares acompañadas de síntomas como el vértigo no solo en las personas mayores de 60 años, sino también en personas más jóvenes, inclusive en los niños. Como consecuencia de la multiplicidad de las causas que lo provocan, es necesario realizar estudios diagnósticos detallados antes de identificar el origen específico. El objetivo de este trabajo es mostrar la utilidad de la introducción de las nuevas tecnologías en los estudios diagnósticos complejos en el campo de la otoneurología. En el mundo y en Cuba el comportamiento es similar, la mayoría de estas lesiones son periféricas y benignas, un 20 % de ellas despiertan duda, por lo cual es difícil obtener el diagnóstico topográfico mediante el método clínico. El único signo objetivo que presentan estos enfermos es el nistagmo, y su estudio detallado adquiere fundamental interés. Una de las pruebas diagnósticas fundamentales en estos casos es la electronistagmografía.

Palabras clave: electronistagmografía, automatización, sistema vestibular.

ABSTRACT

In the last decade the number of vestibular diseases accompanied by symptoms such as vertigo have increased in people over 60 years, also in younger people, including children.

As a consequence of the multiplicity of causes, detailed diagnostic studies are necessary before identifying the specific origin. The objective of this paper is to show the usefulness of introducing new technologies in complex diagnostic studies in otoneurology. The behavior is similar in the world and in Cuba. most of these lesions are peripheral and benign, 20% of them raise doubt, so it is difficult to obtain the topographic diagnosis through the clinical method. Nystagmus is the only clear sign these patients present, and their detailed study gains fundamental interest. One of the essential diagnostic tests in these cases is electronystagmography.

Keywords: electronystagmography, automation, vestibular system.

Recibido: 16/05/2019

Aceptado: 12/06/2019

Introducción

El mantenimiento del equilibrio en bipedestación estática o en movimiento requiere un intenso control postural basado en la información procedente del órgano de la visión, del sistema vestibular (SV) ubicado en el oído interno y del sistema somato sensorial encargado de la información propioceptiva y cutánea. Estas señales, junto con las corticales y cerebelosas, se integran en los núcleos vestibulares del tronco encefálico para optimizar la respuesta motora adecuada. En toda esta función del sistema nervioso central, el sistema vestibular tiene una función importante ya que origina las aferencias que indican los movimientos lineales y angulares que cambian la posición de la cabeza, provocan la respuesta de equilibrio corporal y la estabilidad de la visión, y esta información integrada provoca además una respuesta muscular activa.^(1,2)

La aplicación de la automatización en el estudio del sistema vestibular y la obtención de herramientas *software* que permiten a los médicos observar directamente los fenómenos que ocurren después de la estimulación inducida en el oído interno, en las vías vestibulares y de asociación hasta los núcleos vestibulares, culmina con los cálculos matemáticos de parámetros como la frecuencia, amplitud, velocidad y dirección del nistagmo en condiciones de confiabilidad y eficacia, también permite realizar diagnósticos topográficos finos y precisos con el fin de determinar si los lesiones son centrales o periféricas.^(1,2,3)

Los estudios en Cuba para generalizar los conocimientos y formular las estadísticas de las enfermedades relacionadas con el estado funcional del sistema vestibular y la función del equilibrio, que permitan evaluar su pronóstico, aún no son suficientes, por tanto, no pueden reflejar la verdadera situación del vértigo, de los mareos y de otros trastornos relacionados con las afecciones vestibulares que se observan con frecuencia en la práctica médica cubana de la Atención Primaria de Salud en una población que se espera que en el 2025 sea la más envejecida de América Latina.⁽¹⁾

Desarrollo

El Centro de Investigación, Desarrollo y Producción “Grito de Baire” en Cuba, ha desarrollado el Sistema de Medición Biomédica para la Exploración Vestibular y lo ha introducido en varios hospitales del Sistema Nacional de Salud. El método implementado en el *software* de este sistema necesita que el movimiento ocular a analizar esté registrado y previamente procesado en el dominio analógico para su posterior análisis con diversas herramientas digitales.

Esta técnica utiliza una combinación de información de parámetros temporales como son la velocidad y posición ocular, inicio o fin de una fase lenta del nistagmo y el final o inicio de una fase rápida, así como la latencia.

La información de entrada se suministra mediante la estimulación inducida o provocada (posicional, visual, calórica o rotatoria) y la de salida se obtiene a partir del registro electrónico del reflejo vestibulo ocular (RVO).^(4,5)

Los parámetros y variables extraídos de los registros de la electronistagmografía (ENG) se evalúan desde el punto de vista cualitativo cuando se analiza la forma de las señales en el dominio digital, y desde el cuantitativo mediante la medición precisa de las variables (parámetros diagnósticos) que definen las características electrofisiológicas del movimiento ocular registrado.⁽⁶⁾

Estímulo visual

El estímulo visual consiste en la generación de un punto luminoso de color rojo (Fig. 1) como indicador para guiar el movimiento intencional de los ojos del sujeto a la frecuencia indicada por el médico especialista. El estímulo que se aplica se genera mediante un programa de diseño y animación 3D, que permite la edición con el control exacto de los cuadros por segundos para obtener la frecuencia estable del estímulo en el tiempo para

lograr el conjunto de pruebas clínicas visuales. Los videos resultantes comprobados se gestionan con un video-proyector para que el sujeto los observe en condiciones determinadas de iluminación y se produzcan las respuestas esperadas a los estímulos inducidos.

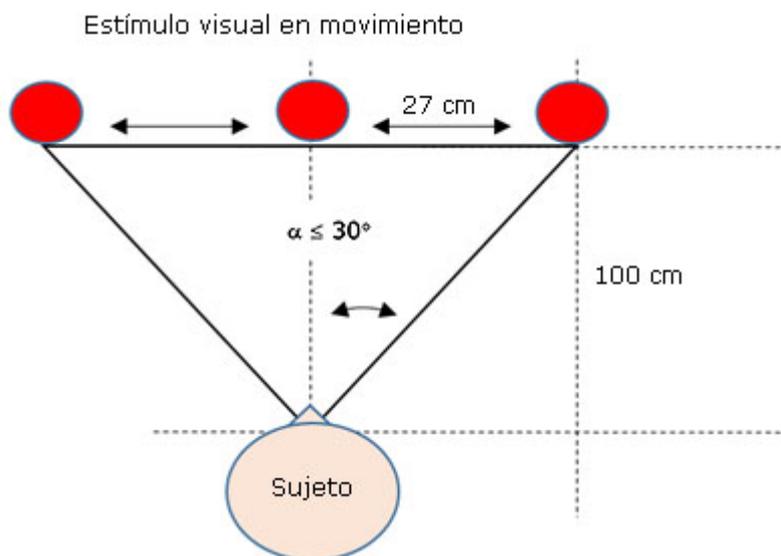


Fig. 1 - Colocación del paciente para efectuar la calibración del sistema utilizando una circunferencia de color rojo como blanco móvil.

El estímulo fundamental que se utiliza en este equipo cubano es el rotatorio, aunque admite otros. El protocolo empleado para la prueba rotatoria comprende tres fases de estimulación; la primera fase es de aceleración angular progresiva; la segunda, de velocidad angular constante y la tercera de desaceleración progresiva.^(7,8,9) La respuesta esperada en la primera fase es un registro de nistagmos inducidos con amplitud variable hasta que se estabiliza la velocidad angular (duración de 15 a 20 s). Una vez alcanzada la velocidad angular estable, el registro típicamente muestra secciones del nistagmo con amplitudes similares (duración: 18 s) y siempre en sentido al giro del sillón.

En la tercera fase (desaceleración hasta la parada del sillón) se evidencia un registro del nistagmo post-rotatorio con cambio del sentido de la fase rápida (inversión del nistagmo) en sentido contrario a la rotación (duración de 15 a 18 s). La prueba rotatoria permite ampliar la evaluación vestibular periférica ya que se puede estimular a frecuencias en el intervalo de 0,01 a 1,28 Hz incluidas en la banda donde se encuentran típicamente las respuestas fisiológicas en la actividad diaria de los sujetos.^(10,11,12)

La repuesta al estímulo en la prueba rotatoria trapezoidal es un nistagmo con velocidad de fase lenta que aumenta en el inicio del estímulo (12,21 – 28,38 °/s) y posteriormente disminuye en el tiempo en la fase de meseta en la que se mantiene constante la velocidad del sillón (31,07 – 16,08 °/s). Cuando comienza la desaceleración del sillón, el nistagmo invierte su fase y comienza a aumentar la velocidad de la fase lenta (6,82 – 27,07 °/s) y continúa aumentando hasta después de la parada del sillón (30,74 °/s) entonces comienza a decrecer en el tiempo con el acomodo de los líquidos endolinfáticos (17,23 °/s).

La respuesta a estos fenómenos se debe a que el sistema canalicular percibe las aceleraciones angulares de la cabeza durante las cuales la endolinfa debido a la inercia se retrasa con respecto a la pared del conducto. Ambos canales de cada plano tendrán una función sinérgica, ya que la aceleración angular en un sentido causará la estimulación de un lado y la inhibición del lado contrario.^(2,4,13,14)

Julius Richard Ewald (1885-1921), después de un trabajo exhaustivo y meticuloso, estableció las conocidas leyes de Ewald en 1892 e introdujo el concepto de corrientes endolinfáticas ampulípetas y ampulífugas. También describió que el movimiento ocular resultante de la estimulación vestibular después de una rotación cefálica se produce en el mismo plano del canal semicircular estimulado y tiene la misma dirección que la corriente endolinfática que lo ha provocado.^(8,15,16)

Las corrientes ampulípetas son las que van en dirección a la ampolla y al utrículo; las que son en dirección contraria, son ampulífugas. Además, estas pueden ser estimuladoras o despolarizantes cuando provocan una desviación de los esterocilios sobre el quincilio, e inhibitoras e hiperpolarizantes cuando ocurre lo contrario.^(17,18)

Debido a la disposición anatomía del kinocilio de la cresta ampular del conducto semicircular horizontal, que está ubicado en la zona más cercana al utrículo y más alejado del canal, los giros cefálicos a la derecha provocan una corriente endolinfática ampulípetas excitatoria en el oído derecho y en el izquierdo, una ampulífuga inhibitoria. Los giros cefálicos a la izquierda producen lo contrario.^(6,8,19)

Los movimientos oculares se dirigen hacia la dirección donde se producen las corrientes ampulípetas al estimular los conductos semicirculares horizontales. En los verticales las corrientes ampulífugas son las excitatorias y el movimiento de los ojos al ser estimulados es hacia esa dirección.^(2,9,20)

La figura 2 muestra la duración de una sacudida del nistagmo en el tiempo, donde se señalan los parámetros temporales que se toman para el análisis cuantitativo.

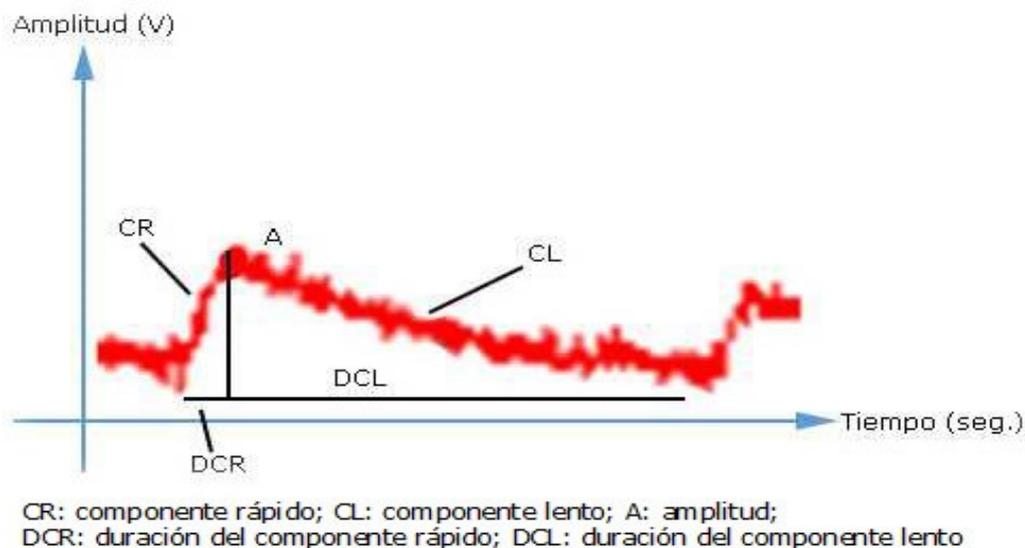
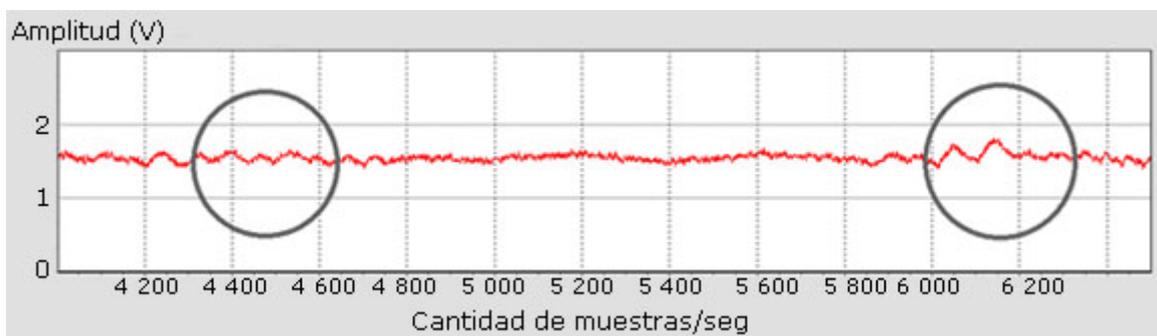


Fig. 2 - Componentes de un tramo del registro real del nistagmo.

La evolución de los medios diagnósticos para evaluar a los pacientes con trastornos vestibulares superó el desempeño de los métodos en los que el factor subjetivo era el medio fundamental para llegar al resultado final.

Las herramientas y el método presentados para la ENG computarizada facilita el análisis cualitativo a partir de la representación gráfica digital y la evaluación por el experto de la respuesta esperada.^(9,10,21,22)

Esta prueba diagnóstica se basa en la observación y el estudio de las características morfológicas de los registros de la ENG en diversas condiciones en las que se sabe cómo será la respuesta esperada y esta se compara con la forma del registro que se observa en el momento de la prueba (Fig. 3).



La circunferencia indica la presencia de nistagmo espontáneo durante el seguimiento de blanco móvil con frecuencia de 0,4 Hz durante la fase de calibración del sistema.

Fig. 3 - Alteraciones electrofisiológicas que modifican la morfología de las respuestas esperadas.

El análisis cualitativo de los registros permite reconocer, en una observación rápida, la conjugación de los movimientos oculares de ambos ojos, la amplitud de la respuesta ante el estímulo e identifica la falta de respuesta como la presencia de un trastorno que debe estudiarse en un paso posterior, la presencia del nistagmo espontáneo durante el seguimiento de blancos móviles o la fijación y supresión de la mirada. Durante las pruebas dinámicas (por ej. rotatoria), la observación cualitativa también se utiliza para evaluar las respuestas ante la presencia simultánea de estimulación inducida y carga cognitiva, lo cual resulta útil para evaluar el daño y establecer el diagnóstico.

Se utiliza el análisis cuantitativo de los registros con el empleo de un grupo de indicadores, para obtener una evaluación objetiva que evalúa la variabilidad del nistagmo a partir de los registros electronistagmográficos, que de otra forma podrían quedar suprimidos por la fijación ocular u ocultado por otras interferencias.

El método de Jongkees^(8,10) es el referente más utilizado en toda la valoración cuantitativa incluida en las variantes desarrolladas en cuanto a la representación gráfica de los valores que pueden calcularse. Esta referencia expresa las relaciones entre ambos laberintos y define los valores normales de sus diferencias funcionales que, en la práctica clínica, se han confirmado como condicionantes de la presencia de afectaciones vestibulares y se calculan en valores porcentuales.^(8,23,24)

Entre los valores que se calculan se destacan la velocidad del componente lento del nistagmo (°/s), la frecuencia del nistagmo, la relación del estímulo con la respuesta (ganancia) y la preponderancia entre la respuesta de un laberinto con respecto al otro.^(25,26)

Se llega a la conclusión de que el tratamiento de las enfermedades que afectan al sistema vestibular en toda su extensión es complejo. El diagnóstico se realiza fundamentalmente por el método clínico; sin embargo, el estudio del reflejo vestibulo-ocular se complementa con pruebas vestibulares mediante la aplicación de la automatización y herramientas *software*, que permiten a los médicos observar directamente los fenómenos que ocurren tras la estimulación inducida, así como realizar diagnósticos topográficos más precisos y, por tanto, aplicar tratamientos más específicos y establecer pronósticos más certeros.

Referencias bibliográficas

1. Alfonso E. Electronistagmografía en pacientes con fractura craneal y secuelas audiológicas vestibulares. [Tesis de grado científico Bioquímico Farmacéutico]. 2012 (citado 11 de agosto de 2018). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3909>
2. Massion J. Postural Control Systems in Developmental Perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 1998;22(4):465-72.
3. Cullen K. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in Neurosciences*. 2012;35(3):185-96.
4. McGeehan M, Woollacott H. Vestibular control of standing balance is enhanced with increased cognitive load. *Experimental Brain Research*. 2017;235(4):1031-40.
5. Wilson V. The vestibulocollic reflex. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*. 2016;5(3):147-70.
6. Hernández B. Exploración de los conductos semicirculares verticales con estimulación rotatoria inducida. *Rev Cub Med Militar*. 2017;47(1).
7. OMS. Caídas, Notas Descriptivas. 2017 (citado 11 de agosto de 2018). Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/es/>
8. Alcalá V, Lambert M, Suárez A. Enfoque clínico del vértigo desde la Atención Primaria de Salud. *Rev Hab Ciencias Méd*. 2014;13(3):394-405.
9. Maxwell R. Effect of Spatial Orientation of the Horizontal Semicircular Canal on the Vestibulo-Ocular Reflex. *Otology & Neurotology*. 2017;38(2):239-43.
10. Radomskij P. Rotational chair testing: "To rotate, or not to rotate, that is the real question". *ENT & Audiology News*. 2015;24(5):72-76.
11. Cyr G, Harker A. Vestibular Function test. *Edit Brazier N.York*. 2008;46:265-8.
12. Pithersson J, Vanne L. Vestibular Function test. *Ann Otolaring, Belgica*. 2009;60:830-4.
13. Schuknecht H. Pathology of the ear. 2nd Ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 2009.
14. Bikman W, Goldman E. Nystagmography. *Neurol Neuro Surg Psych (Baltimore)*. 2009;50:1029-35.
15. Healy G, Moser M, Capella G, Dausatz M. Hearing loss and vertigo secondary to head injury. *N Engl J Med*. 2008;306:1029-31.
16. Lach Y, Coats A, Friedman I. Test in vestibular diagnosis. *Arch Otolaryng (Bélgica)* 2008;97:135-38.

17. Rubin W, Smith T, Wilmout T. Electronystagmography in patients with vestibular disorders. Arch Otolaryngol (Philadelphia). 2008;88:64.
18. Alfonso E. Importancia del estudio audiológico en los pacientes con trauma craneal. Rev Cub Cir. 2005;44(1).
19. Sato Y, Kato I, Kawasakit A. Failure of fixation suppression of caloric nystagmus and ocular motor abnormalities. Arch Neurol (Bélgica). 2009;37:35-38.
20. Collazo S. Visual suppression of vestibular nystagmus after cerebellar lesion. Ann Otol Rhinol Laryngol (Bélgica). 2008;84:36.
21. Stennerson R, Van de Water S. Central Vestibular findings on electronystagmography. Ear Hear Arch ORL (Bélgica). 2009;7:176-81.
22. Norris W. Nistagmography. Technique and instrumentation. Arch Otolaryngol (Philadelphia). 2008;89:301-18.
23. Golman J. Nystagmus in patients with unilateral peripheral vestibular lesion. J Neurol Neurosurg Psych (Bélgica). 2008;50:603-30.
24. Molnar E, Torok N. The effect of ocular fixation on the caloric nystagmus. Arch ORL (Stockholm). 2009;36:76-84.
25. Donald P, Gibson R. Electronystagmography in the investigation of the retrolabyrinthine disorder. Rev Laryngol College London. 2009;97(Suppl. 52):507.
26. Romeo J. Hallazgos Nistagmográficos en lesiones cerebrales. Acta ORL Esp. 2010;78:900.

Conflicto de intereses

Los autores expresan que no existe conflicto de intereses.