

## **Exploración de los conductos semicirculares verticales con estimulación rotatoria inducida**

### **Exploration of vertical semicircular ducts with induced rotatory stimulation**

**Bábaro Socarrás Hernández, Leonel Téllez Traba, Eulalia Alfonso Muñoz, Ángel Regueiro Gómez, Carlos Valdespino Martín**

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

---

#### **RESUMEN**

Las pruebas rotatorias han sido utilizadas durante más de un siglo para el estudio de la función vestibular por ser un estímulo fisiológico controlado muy efectivo sobre el laberinto posterior, habitualmente son los conductos semicirculares horizontales los que se exploran, pues se afectan con más frecuencia y son más fáciles de estudiar, sin embargo en ocasiones son los verticales los lesionados y por tanto deben emplearse otras alternativas para llegar a un diagnóstico certero. Se presenta un caso donde se evalúa la función fisiológica de los conductos semicirculares verticales a través de la electronistagmografía con estimulación rotatoria, empleando la técnica de estimulación tiempo-velocidad, con fases sucesivas de aceleración, velocidad constante, desaceleración y parada brusca, con una silla rotatoria computarizada, acoplada a un electronistagmógrafo. Se obtuvo arreflexia del canal vertical anterior derecho. A velocidades inferiores a 1 Hz es posible evaluar el reflejo vestíbulo ocular en los conductos semicirculares verticales, a pesar de que la frecuencia del estímulo está por debajo del nivel en que este reflejo funciona en las actividades diarias.

**Palabras clave:** sistema vestibular; electronistagmografía; prueba rotatoria; reflejo vestíbulo ocular; nistagmo.

## ABSTRACT

Rotatory tests have been used for over a century for the study of vestibular function because it is a very effective physiological controlled stimulus on the posterior labyrinth, usually the horizontal semicircular ducts that are explored, since they are affected more frequently and are more easy to study, however sometimes the injured are vertical and therefore other alternatives must be used to arrive at a correct diagnosis. The aim of this study is to evaluate the range of physiological function of vertical semicircular ducts using electronystagmography and rotary stimulation. The method used was the technique of time - speed stimulation, with successive phases of acceleration, constant speed, deceleration and abrupt stop, with a computerized rotating chair. Vestibulo-ocular arreflexia of the right anterior vertical channel. It was shown that at speeds lower than 1 Hz it is possible to evaluate the Ocular Lobe Reflex in the vertical semicircular ducts, although the frequency of the stimulus is below the level at which this reflex works in daily activities.

**Keywords:** vestibular system; electronystagmography; rotatory test; vestibulo-ocular reflex; nystagmus.

---

## INTRODUCCIÓN

El sistema visual y el vestibular interactúan para mantener la observación de un objeto con claridad durante los movimientos de la cabeza. La visualización óptima se obtiene cuando el objeto se encuentra centrado en la fovea y el mantenimiento de esta capacidad en el sistema ocular se logra mediante el reflejo véstíbulo ocular (RVO).<sup>1</sup> Para la exploración de este reflejo se emplean diferentes métodos de estimulación vestibular como lo son las pruebas calóricas y rotatorias entre otras; las respuestas se registran con una técnica particular conocida como electronistagmografía (ENG).<sup>2,3</sup>

Existen variantes de pruebas rotatorias, en este caso se utilizó la prueba rotatoria trapezoidal clásica con la que se han estudiado numerosos casos como los publicados por *Schmuecker* y *Fisher*.<sup>4</sup>

El estímulo rotatorio y la respuesta del sistema vestibular (SV), fueron descritos por *Barany* en sus experimentos. En el nistagmo fisiológico que provoca esta prueba, los ojos del paciente se mueven en dirección contraria a la rotación de la silla, cuando estos alcanzan una posición excéntrica con relación a la órbita ocular se produce una respuesta correctiva para centrarlos nuevamente, esta reacción se manifiesta en el registro del movimiento ocular describiendo una fase lenta contraria al estímulo y una rápida en la misma dirección.<sup>5</sup>

Los movimientos oculares resultantes del RVO constituyen un método de medición indirecta del estado y funcionamiento del SV, la información aferente, se desata a partir del movimiento de la endolinfa por los canales semicirculares, fenómeno descrito en leyes por *Ernest J, Ewald R* y constituyen las bases de la fisiopatología vestibular actual.<sup>6</sup> Estos aportes experimentales iniciales de la valoración cuantitativa fueron ampliados por *Carl Rudolf* quien junto a *Hallpike* y *Hood*

---

estudiaron valores normativos para la diferenciación entre ambos receptores del SV con el uso de estimulaciones repetidas rotacionales y calóricas, se reafirma la presencia de nistagmo espontáneo y los correspondientes trastornos del equilibrio espacial en pacientes con diferencia de respuestas en ambos laberintos.<sup>5</sup>

Las pruebas rotatorias y calóricas se emplean tradicionalmente para la exploración del RVO de los canales semicirculares horizontales; pero como el daño vestibular puede alcanzar selectivamente cualquiera de los otros canales semicirculares, es necesario examinarlos todos.

Es difícil estimular adecuadamente los canales semicirculares verticales, pues anatómicamente la posición de estos impide el efecto del estímulo calórico con la intensidad que se requiere para obtener un diagnóstico topográfico adecuado.<sup>7-9</sup>

En la ENG, la dificultad técnica del registro del nistagmo vertical radica en la diferencia de distribución del valor del potencial entre la región superciliar y el borde infraorbitario, la mayor limitación radica en que los movimientos verticales hacia arriba no son lineales respecto a los realizados hacia abajo, y se introduce un valor de deriva artefactual obligando a introducir un factor de corrección esto, a su vez, puede ser fuente de errores si no es tratado correctamente.

Se presenta un caso donde se evalúa la función fisiológica de los conductos semicirculares verticales a través de la electronistagmografía (ENG) con estimulación rotatoria.

## CASO CLÍNICO

Paciente femenina de 66 años de edad, con manifestaciones clínicas de episodios de vértigos objetivos que evolucionan por crisis acompañados de náuseas, vómitos en ocasiones, inestabilidad, hipoacusia y *tinnitus*, con períodos asintomáticos de seis meses aproximadamente desde hace varios años.

El examen físico de otorrinolaringología fue normal.

Prueba de *Romberg*: ligera tendencia a caer hacia el lado derecho. Marcha en el lugar, tendencia a lateralizar a la derecha, dinámica; en estrella de *Babinski*, desviación de miembros superiores, simétricos a la derecha.

Audiometría: hipoacusia neurosensorial bilateral simétrica de ligera a moderada más acentuada en las frecuencias agudas, que pudiera corresponder a daño por presbiacusia.

Prueba vestibular: se utilizó el sistema de medición biomédica para la exploración vestibular (SMBEV) que consta de un sillón rotatorio computarizado, un electronistagmógrafo y el sistema informático en la aplicación SoftENG 2.3 para procesar los registros del nistagmo.

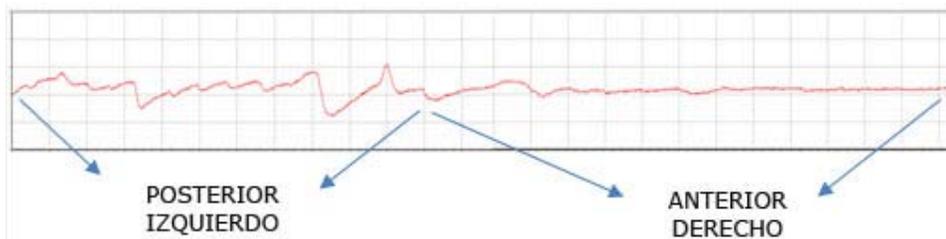
Para la obtención de los movimientos oculares se utilizó el electronistagmógrafo BiorENG-2C de dos canales, a los cuales se les conectaron electrodos desechables

de plata (Ag) con diámetro de 0,7 mm e impedancia inferior a 2 kΩ en la banda de 0,01 Hz a 1 kHz.

La secuencia de la prueba trapezoidal utilizada consistió en aplicar una aceleración de  $10^\circ/s^2$ , hasta alcanzar una velocidad de rotación igual  $180^\circ/s$  la que se mantiene durante 20 segundos, posteriormente se inicia una fase de desaceleración de la silla hasta los  $0^\circ/s$ . Para el desarrollo del test, se le explica al paciente evitar el consumo de alcohol o drogas (las cuales actúan sobre el sistema nervioso central o afectan las vías vestibulares) durante cinco días previos a la realización de los estudios clínicos, además de abstenerse temporalmente de la medicación específica para el tratamiento del vértigo.

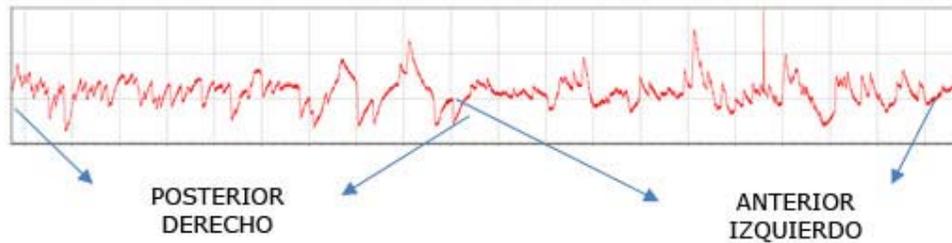
Previo limpieza de la piel se colocaron los electrodos a ambos lados del canto externo de cada ojo para el registro del canal horizontal y para el canal vertical se colocó uno encima y otro debajo del arco superciliar centrado sobre la pupila con el ojo en la posición primaria. Un electrodo adicional se colocó en el centro de la frente, conectado al circuito de referencia.

Procedimiento utilizado en la prueba: para la exploración de los conductos semicirculares verticales, una vez sentada la paciente en la silla, se realizó la calibración vertical, posteriormente se colocó la cabeza  $45^\circ$  hacia el hombro derecho, de modo que los canales anterior derecho y el posterior izquierdo quedaran alineados en el plano de rotación. En esta posición y en total oscuridad, se hizo rotar la silla en sentido horario para provocar un movimiento ampulífugo en el canal posterior izquierdo y un nistagmo vertical hacia abajo en la fase de aceleración, posteriormente en la desaceleración y detención de la silla este se invirtió hacia arriba, por el efecto de inhibición provocado por el movimiento ampulífugo desde la ampolla del canal anterior derecho de acuerdo con la segunda ley de Ewald (Fig. 1).



**Fig. 1.** Ilustración del registro realizado de los canales anterior derecho y el posterior izquierdo.

Después de 5 minutos de reposo, se repitió la calibración vertical y se indicó a la paciente inclinar la cabeza  $45^\circ$  hacia la izquierda, se realizó la rotación en sentido anti-horario para explorar los canales anterior izquierdo y posterior derecho, y se obtuvo durante la prueba, el registro como se muestra en la figura 2.



**Fig. 2.** Ilustración del registro realizado de los canales anterior izquierdo y posterior derecho.

Procesamiento de los registros obtenidos: se realizaron los cálculos de los parámetros temporales calibración, velocidad media del componente lento del nistagmo, frecuencia, amplitud media del nistagmo y latencia observada en cada prueba. El análisis permitió la evaluación cuantitativa y cualitativa de los registros obtenidos.

En la exploración del sistema óculo motor, en el rastreo pendular vertical se observa sobre trazado sacádico de nistagmos hacia abajo. La prueba posicional dinámica arrojó, en hiperextensión hacia la izquierda, la presencia de nistagmos verticales hacia abajo. En el caso de la prueba vestibular rotatoria trapezoidal, las principales observaciones durante el experimento fueron:

Exploración de los canales semicirculares horizontales con valores de velocidad de la fase lenta para el vestíbulo derecho de  $11,65^{\circ}/s$  y del izquierdo  $10,9^{\circ}/s$ .

Exploración de los conductos semicirculares verticales, del canal vertical anterior derecho no se obtiene respuesta, del anterior izquierdo la velocidad de la fase lenta es de  $18,4^{\circ}/s$ , del vertical posterior derecho  $35^{\circ}/s$  y del posterior izquierdo  $22,9^{\circ}/s$ .

En esta paciente, con síntomas clínicos de trastorno vestibular, se observan signos que apuntan hacia una vestibulopatía derecha, como son la lateropulsión del test de *Romberg* y la exploración del rastreo pendular que muestra un sobre trazado sacádico hacia abajo, evidenciando la existencia de una arreflexia del conducto semicircular vertical anterior derecho. La prueba vestibular rotatoria en la silla de *Barany*, para la exploración de los canales semicirculares horizontales mostró valores de ambos lados normales, aunque bajos.

En los datos temporales calculados (tabla) se observa un comportamiento similar en valores a los reportados en la literatura especializada.<sup>4</sup>

En el estudio se pudo apreciar con claridad los cambios de posición de las tensiones de los registros según la frecuencia del estímulo inducido en el experimento ( $0,5$  Hz en la fase de velocidad constante), donde se detectan los cambios de fase en el nistagmo al comenzar la desaceleración del sillón rotatorio.

**Tabla.** Resultados del análisis cuantitativo, exploración de conductos semicirculares verticales

Tipo de prueba	Latencia (s)	Aceleración (g/s)	Frecuencia (g/s)	Amplitud (V)	Parada (g/s)	Frecuencia (g/s)	Amplitud (V)
Vertical anterior derecho/ posterior izquierdo	2,4	22,85	3	1,19	0	0	0
Vertical anterior izquierdo/ posterior derecho	0,1	35,06	4,40	1,20	18,38	2,84	1,12

## COMENTARIOS

El diagnóstico del enfermo con lesión vestibular es clínico en un 80 %, las pruebas complementarias son para casos dudosos y son importantes, pues estos cuadros pueden poner en riesgo la vida de estos pacientes.

La exploración realizada durante las crisis vertiginosas, permite detectar signos vestibulares que a veces son transitorios. El examen físico consta de la evaluación de las vías vestíbulo oculares y vestíbulo espinales (maniobras de los índices, de *Romberg*, la marcha etc.), aspectos que fueron realizados detalladamente a esta paciente.

Las pruebas rotatorias emplean estímulos fisiológicos, los cuales tienen muy pocas contraindicaciones, tienen el inconveniente que estimulan ambos laberintos al unísono, no obstante, resultan ser las ideales en todo tipo de pacientes y en especial en los niños, en enfermos con trastornos mentales y en aquellos pacientes con falta de integridad en la membrana timpánica. En los casos que sea necesario hacer el estudio de los conductos semicirculares verticales también resultan ser muy eficaces a diferencia de otras pruebas.<sup>8,10</sup>

En este caso específicamente, los resultados obtenidos se deben a que en los conductos semicirculares verticales (CSV) posteriores el nistagmo que aparece al ser estimulados es hacia abajo, en los anteriores hacia arriba. Según las leyes de *Edwald*, en los CSV los movimientos de la endolinfa ampulífugos son excitantes, es decir los más eficaces y el nistagmo se dirige hacia ese conducto, por tanto en esta paciente al colocar la cabeza inclinada 45 grados a la derecha y girar en sentido horario, se crea una corriente ampulífuga en el CSV posterior por eso el nistagmo es hacia abajo, de la misma forma al girar anti-horario ocurre lo contrario.

La técnica aplicada de estimulación rotatoria (tiempo - velocidad), permitió evaluar el reflejo vestíbulo ocular en los conductos semicirculares verticales, que permitió detectar lesiones en estas estructuras, que pasarían inadvertidas con otras alternativas complementarias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Naik C. Investigating a patient of vertigo. *Indian Journal of Otology*. 2017;23(2):63-7.

2. Gila L, Villanueva A, Cabeza R. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra (España)*. 2009;32(1):9-26.
3. Constable P. Standard for clinical electro-oculography. *Documenta Ophthalmologica (Pensilvania)*. 2017;134(1):1-9.
4. Claussen P, Bergmann J, Bertora D, *Equilibriometría y Tinnitología Práctica*. Kissingen Germany. 2009
5. Caruezo V, Ruiz G. Evaluación del paciente con un trastorno del equilibrio. Del vértigo y sus síndromes. *Arch Otolaryngology (Belgica)*. 2017;42(3):61-70.
6. Kerber K, Baloh R. Dizziness, vertigo and hearing loss. *Neurology in Clinical Practice (Philadelphia)*. 2016;25(3):237-54.
7. Haguener J. *Guía práctica para el diagnóstico y tratamiento del vértigo*. Hosp Croix Rousse (Lyon, Francia). 2013;21(4):1-8.
8. Ichijo H. Can caloric testing evaluate the function of vertical semicircular canals? *Actaoto-laryngologica (Livingston)*. 2014;131(7):716-21.
9. Honrubia V. Contemporary vestibular function testing: future perspectives. *Otolaryngol Head Neck Surg (England)*. 2014;112(2):64-77.
10. House J. *Otologic and neurotologic and physical examination*. Baltimore, Maryland. 2015;4(1):102-66.

Recibido: 20 de noviembre de 2017.

Aprobado: 21 de diciembre de 2017.

*Bárbaro Nicolás Socarras Hernández*. Centro de Investigación, Desarrollo y Producción Grito de Baire, Unión de la Industria Militar. La Habana, Cuba. Correo electrónico: bnz2030@gb.reduim.cu