

Comparación de la respuesta miogénica vestibular ocular por estimulación acústica a 500 y 1000 Hz en sujetos sanos

Comparison of ocular vestibular myogenic response by acoustic stimulation at 500 and 1000 Hz in healthy subjects

Mónica Segura-Hernández¹, Daniel Ramos-Maldonado¹, Francisco A. Luna-Reyes¹, Ana L. Lino-González² y Emilio Arch-Tirado^{2*}

¹División de Neurociencias, Área de Neurociencia Clínica, Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra; ²Centro Neurológico del Hospital ABC, Sede Santa Fe. Ciudad de México, México

Resumen

Objetivo: Comparar la amplitud de los potenciales miogénicos vestibulooculares por estimulación acústica a 500 y 1000 Hz en sujetos sanos. **Método:** Se estudiaron 25 sujetos y se realizaron potenciales con estímulos acústicos tipo burst a 500 y 1000 Hz con una tasa de estimulación de 5.1 a 100 dB en ambos oídos. Se realizaron pruebas de estadística descriptiva y se calcularon los intervalos de confianza para la media con un 95% de confiabilidad, las gráficas de error estándar y la prueba t para muestras relacionadas. **Resultados:** Los valores obtenidos en amplitud al realizar estímulo acústico a 1000 Hz muestran una respuesta más rápida en comparación con la obtenida en la frecuencia de 500 Hz. La prueba t mostró una diferencia significativa en la amplitud en la frecuencia 1000 Hz entre oídos, con un valor de significancia $p < 0.025$. **Conclusiones:** Se fortalece la hipótesis de que en los potenciales por estimulación acústica aérea en la frecuencia de 1000 Hz se genera una mayor amplitud en relación con la generada en la frecuencia de 500 Hz.

PALABRAS CLAVE: Amplitud. Potencial miogénico vestíbulo ocular. Respuesta miogénica. Respuesta vestibular. Sistema vestibular.

Abstract

Objective: To compare the amplitude of potentials by acoustic stimulation at 500 Hz versus 1000 Hz in healthy subjects. **Methods:** 25 subjects; potentials were performed with acoustic stimuli burst-type at 500 and 1000 Hz with a stimulation rate of 5.1 at 100 dB in both ears. Descriptive statistics tests were performed, confidence intervals were calculated for the mean with 95% reliability, standard error graphs and t-test for related samples. **Results:** The values obtained in amplitude when performing an acoustic stimulus at 1000 Hz show a faster response compared to that obtained in the frequency of 500 Hz. The t-test showed a significant difference in the amplitude in the 1000 Hz frequency between ears with a significance value of $p < 0.025$. **Conclusions:** It is strengthened the hypothesis that in the amplitude of potentials by aerial acoustic stimulation in the frequency of 1000 Hz a greater amplitude is generated in relation to the one generated in the frequency of 500 Hz.

KEY WORDS: Amplitude. Ocular vestibular evoked myogenic potential. Myogenic response. Vestibular response. Vestibular system.

Correspondencia:

*Emilio Arch-Tirado

Carlos Graef Fernández, 154

Col. Santa Fe, Del. Cuajimalpa

C.P. 05300, Ciudad de México, México

E-mail: arch.tirado@gmail.com

Fecha de recepción: 06-10-2018

Fecha de aceptación: 10-06-2019

DOI: 10.24875/CIRU.19000791

Cir Cir. 2019;87:640-644

www.cirugiyacirujanos.com

Introducción

El aparato vestibular es uno de los centros de información sobre el estado de equilibrio del cuerpo. Se ubica en la porción del oído interno denominada laberinto membranoso¹, conformado por epitelio sensorio y las estructuras del sistema vestibular (utrículo, sáculo, conducto semicircular lateral, conducto semicircular superior y conducto semicircular posterior). Los conductos semicirculares son sensibles a aceleraciones angulares o de rotación de la cabeza; el sáculo y el utrículo detectan la orientación de la cabeza en el espacio y responden a la aceleración lineal, gravitacional y a la inclinación de la cabeza mediante la activación otolítica^{2,3}. Se ha reportado que la activación sacular y utricular puede producirse como consecuencia de una estimulación sonora intensa por vía aérea⁴ que puede activar las aferencias vestibulares primarias, posiblemente a consecuencia del movimiento del estribo que genera una onda de presión en el oído interno y provoca una deflexión del estereocilio y la activación de los receptores vestibulares adyacentes⁵.

Las pruebas que evalúan la función otolítica son escasas⁶. Se han desarrollado diversos métodos para el estudio de la función sacular y utricular, entre ellos el reflejo vestibuloespinal o potencial miogénico vestibular (VEMP), el cual es una respuesta electromiográfica de latencia corta desencadenada por estímulos acústicos de alto nivel o alta intensidad^{5,7}; derivado de este, resultaron los potenciales evocados miogénicos vestibulooculares (oVEMP, por sus siglas en inglés), los cuales generan respuesta en los músculos extraoculares y permiten evaluar y registrar la vía del nervio vestibular superior y la vía contralateral ascendente⁸, reportada habitualmente en la literatura en respuesta a una estimulación de 500 Hz⁹. Los potenciales expresan tres parámetros de amplitud: un pico negativo inicial (N1), picos positivos negativos iniciales (N1, P1) y amplitud de pico a pico (P-P) sobre toda la respuesta del oVEMP. Las mediciones se realizan en respuesta a una estimulación sonora en el oído afectado y su registro se efectúa en el ojo contralateral¹⁰.

El objetivo del presente trabajo es comparar la amplitud del oVEMP por estimulación acústica a 500 y 1000 Hz en sujetos sanos.

Método

Se realizó un estudio transversal analítico en 25 sujetos sin signos de patología otológica u otoneurológica,

de columna cervical, enfermedades metabólicas o degenerativas crónicas, enfermedades degenerativas o adquiridas del sistema nervioso central, ni alteraciones de la movilidad ocular. Diecinueve (76%) sujetos eran del sexo femenino y 6 (24%) del masculino. El promedio de edad era de 40.64 ± 9.4 años (media \pm desviación estándar), con un rango de 30 años. El protocolo fue aprobado por el Comité Institucional de Investigación y Ética de un hospital de alta especialidad con sede en Ciudad de México. Todos los sujetos, después de la explicación de las intervenciones, firmaron un consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

El registro y valoración se llevaron a cabo con el programa Interacoustics OtoAcces®. Se limpiaron los párpados y la frente con un algodón humedecido con alcohol y pasta abrasiva para garantizar la limpieza y asegurar las condiciones apropiadas para la colocación de los electrodos. El electrodo activo (electrodo negativo) del canal 1 se colocó 1 cm por debajo del párpado inferior, el electrodo de referencia (electrodo positivo) 1 cm por debajo del electrodo activo, y el electrodo de tierra al centro de la frente. Para obtener el registro de los oVEMP se presentaron estímulos acústicos tipo burst en las frecuencias de 500 y 1000 Hz a una tasa de estimulación de 5.1 a 100 dB en ambos oídos a través de audífonos de inserción, en una sala sonoamortiguada.

Para analizar el comportamiento de los datos se realizaron pruebas de estadística descriptiva con la finalidad de conocer las características de la población con respecto a la media; de la misma manera, se calcularon los intervalos de confianza para la media con un 95% de confiabilidad, se construyeron gráficas de error estándar y se calculó la prueba t para muestras relacionadas.

Resultados

Al calcular los intervalos de confianza para la media con un 95% de confiabilidad, con respecto a las respuestas del oído derecho (OD) en lo referente a amplitud, se observa que en este oído el registro se desencadena de forma más rápida en comparación con el oído izquierdo (OI); así mismo, los intervalos obtenidos son proporcionales con respecto a su anchura. Destaca el hecho de que en el OD, a 1000 Hz, la respuesta es más rápida en comparación con todas las medidas realizadas, ya que el intervalo de amplitud obtenido en el OD a 500 Hz refleja una respuesta más tardía al ubicarse en 0.7662, en comparación con el intervalo de la amplitud obtenida en la frecuencia

Tabla 1. Intervalos de confianza con respecto a la amplitud de los potenciales evocados miogénicos vestibulooculares

Amplitud	Media \pm DE	Índice de confianza
OD 500 Hz	1.49 \pm 1.75	0.7662 $< \mu <$ 2.2138
OI 500 Hz	2.33 \pm 2.78	1.1841 $< \mu <$ 3.4871
OD 1000 Hz	0.88 \pm 1.24	0.3666 $< \mu <$ 1.3936
OI 1000 Hz	2.18 \pm 3.10	0.9002 $< \mu <$ 3.466

Se observa el intervalo más corto y con la respuesta más rápida en la amplitud obtenida en la frecuencia de 1000 Hz en el oído derecho.

DE: desviación estándar; OD: oído derecho; OI: oído izquierdo.

Tabla 2. Intervalos de confianza con respecto a los intervalos N1, P1 de los potenciales evocados miogénicos vestibulooculares

Intervalo N1, P1	Media \pm DE	Índice de confianza
OD 500 Hz	-4.28 \pm 2.94	-5.5001 $< \mu <$ -3.0651
OI 500 Hz	-5.09 \pm 3.09	-6.3697 $< \mu <$ -3.8175
OD 1000 Hz	-3.65 \pm 3.86	-5.2497 $< \mu <$ -2.0567
OI 1000 Hz	-4.63 \pm 4.02	-6.2964 $< \mu <$ -2.9702

Se observan datos similares por oído en los valores superiores de los intervalos.

DE: desviación estándar; OD: oído derecho; OI: oído izquierdo.

Tabla 3. Cálculo de la significancia entre la amplitud y el intervalo N1, P1 a 500 y 100 Hz

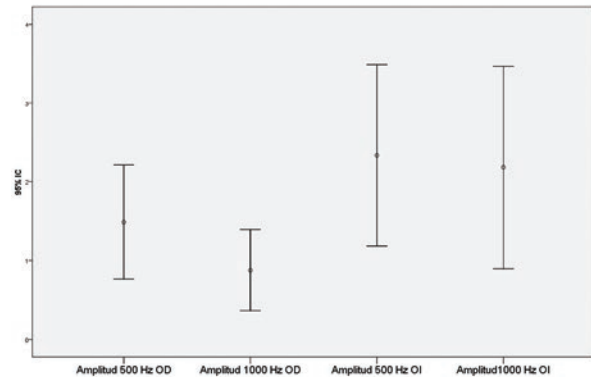
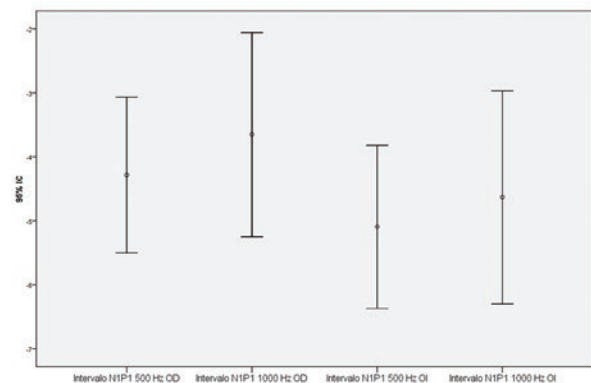
Pares evaluados	Significancia
Amplitud 500 Hz OD – OI	0.187
Amplitud 1000 Hz OD – OI	0.025
Intervalo N1, P1 500 Hz OD – OI	0.317
Intervalo N1, P1 1000 Hz OD – OI	0.385

Se encontró diferencia significativa en la amplitud a 1000 Hz entre OD – OI.

OD: oído derecho; OI: oído izquierdo.

de 1000 Hz, en la que es evidente una respuesta más rápida (0.3666). Por otra parte, la amplitud obtenida en el OI a 500 y 1000 Hz evidenció respuestas tardías en 500 Hz (1.1841) y en 1000 Hz (0.9002), ambas con intervalos alargados (a 500 Hz con un rango de 2.303 y a 1000 Hz de 2.5658). Al comparar las respuestas obtenidas en el OD y el OI se observa un comportamiento opuesto entre ellos, es decir, el OD presenta respuestas rápidas y cortas, mientras que el OI presenta respuestas tardías y alargadas. Los intervalos obtenidos con respecto a la media presentan una mayor amplitud en el OI, en el cual es evidente una mayor dispersión de los valores (Tabla 1 y Fig. 1).

Con respecto a los intervalos de confianza obtenidos para los intervalos de las ondas N1, P1, por oído, tanto a 500 como a 1000 Hz, los valores superiores de los intervalos son similares; en el caso del OD, a 500 Hz, el valor superior fue -5.5001, y a 1000 Hz fue -5.2497;

**Figura 1. Amplitud a 500 y 1000 Hz en el oído derecho (OD) y el oído izquierdo (OI). Se observa una respuesta más rápida en el OD en la frecuencia de 1000 Hz.****Figura 2. Intervalo N1, P1 a 500 y 1000 Hz en el oído derecho (OD) y el oído izquierdo (OI). Se observa una mayor dispersión en la frecuencia de 1000 Hz en ambos oídos, pero en el OD la media se ubica más cercana a cero.**

en el caso del OI, a 500 Hz, fue -6.3697, y a 1000 Hz fue -6.2964. Comparando los valores inferiores de los intervalos, estos presentan mayor diferencia. Por otra parte, se observa una mayor dispersión en la frecuencia 1000 Hz en ambos oídos, pero en el OD, a las frecuencias estudiadas, las medias se ubicaron más cercanas a cero (Tabla 2 y Fig. 2).

Analizando tanto la amplitud como el intervalo N1, P1 en ambos oídos y ambas frecuencias, se observa que en el intervalo N1, P1, a 1000 Hz, tanto el OD como el OI presentan el mismo comportamiento en cuanto a las ponderaciones en el eje y, ya que los promedios de ambas son mayores con respecto a las frecuencias de 500 Hz en el OD y el OI. Con respecto al OI, los valores superiores de los intervalos calculados para 500 y 1000 Hz tienden al mismo valor (-6.3697 y -6.2964, respectivamente; y no así en el OD (Tabla 3 y Fig. 2).

En el valor de las medias por oído no se observa diferencia entre las frecuencias evaluadas, al presentarse la misma tendencia con respecto a la abscisa

(eje x) y su distancia con respecto al cero; para el OD, en la frecuencia de 1000 Hz, la media se ubica más cercana a cero, seguida por la de 500 Hz en el mismo oído (Figs. 1 y 2).

Al calcular la prueba t con la finalidad de analizar si existía diferencia significativa entre la amplitud de las frecuencias 500 y 1000 Hz y los oídos, y el intervalo de las ondas N1 y P1, a 500 y 1000 Hz, en el OD y el OI, se encontró diferencia significativa en la amplitud en la frecuencia 1000 Hz entre el OD y el OI, con $p < 0.025$, lo que significa que al incrementar la frecuencia en la amplitud, aumenta la diferencia significativa entre los valores obtenidos por oído; en caso contrario, los intervalos tienden hacia la igualdad conforme aumentan los Hz (Tabla 3).

Discusión

En la actualidad son escasos los reportes relacionados con la estimulación por vía acústica y el desencadenamiento de respuestas en los oVEMP. Según las frecuencias reportadas en la literatura empleadas para la estimulación, en el presente estudio se analizó la diferencia de medias para establecer si había una diferencia significativa al evaluar los oVEMP por conducción aérea del sonido en las frecuencias de 500 y 1000 Hz.

La literatura internacional reporta que, tradicionalmente, el estudio de los oVEMP venía realizándose con la frecuencia de 500 Hz. Oh et al.¹¹, en 2013, fueron los pioneros en reportar hallazgos sobre el uso de la frecuencia de 1000 Hz en la medición de la respuesta utricular, y hallaron que resultaba útil para medir la actividad del nervio vestibular superior, dando pie para que esta frecuencia fuera utilizada como indicador de respuesta.

Con respecto al sexo de los sujetos estudiados, se observa una mayor proporción del femenino (76%), hecho que no afecta ni sesga el estudio al fundamentarse en los hallazgos reportados por Versino et al.¹², quienes compararon las respuestas obtenidas en los oVEMP según el sexo y no hallaron diferencia significativa en cuanto a los parámetros y las modalidades de estimulación.

Con respecto al comportamiento de la amplitud, un estudio realizado en 2013 reporta hallazgos obtenidos en pacientes con neuritis vestibular a los que se registraron los oVEMP en respuesta a un estímulo acústico en la frecuencia de 1000 Hz mediante tono burst. Se halló que estos pacientes presentaban una alta proporción de anomalías en la estimulación por vía aérea¹², lo que sugiere que la frecuencia de 1000 Hz es útil

para medir la actividad del nervio vestibular superior, y respalda en cierta forma que esta frecuencia sea utilizada como indicador de respuesta utricular.

Los resultados del presente estudio permiten sugerir que los valores obtenidos en la amplitud de los oVEMP confirman la hipótesis, ya que al realizar el estímulo acústico a 1000 Hz se obtiene una respuesta más rápida en comparación con la obtenida con la frecuencia de 500 Hz; al aumentar la frecuencia de estimulación se incrementa la amplitud de la respuesta, hecho que permite inferir que la frecuencia podría ser el indicador numérico que podría utilizarse como parámetro basal en un mismo sujeto, tanto para el OD como para el OI, en poblaciones sin ninguna sintomatología vestibular ni aspectos degenerativos relacionados con la edad. Curthoys, et al.¹³, reportaron en 2016 resultados similares al intentar caracterizar la respuesta de las neuronas otolíticas primarias de mamíferos ante sonidos y vibraciones, midiendo las tasas de descarga en reposo, así como los umbrales de los aumentos de las tasas de disparo y la sensibilidad supraumbral de las aferencias utriculares y saculares utilizando frecuencias de 100 a 3000 Hz. Para ello, marcaron la ubicación de las neuronas con neurobiotina y corroboraron que la mayoría de las aferencias utriculares y saculares pueden ser evocadas tanto por estimulación por vía aérea como por vía ósea; en el caso específico de la estimulación por vía aérea, encontraron que las neuronas utriculares y saculares se activaban con estímulos de alta intensidad en las frecuencias de 250 a 3000 Hz, ubicándose los umbrales más bajos en frecuencias entre 1000 y 2000 Hz, lo que llevó a considerar la posibilidad de estudiar la frecuencia de 1000 Hz en seres humanos para corroborar si se presentaban umbrales más bajos a esta frecuencia expresada por la amplitud del oVEMP¹³.

Un segundo propósito del presente estudio que va ligado a la modificación de la amplitud es el comportamiento del intervalo N1, P1, el cual tiende hacia la igualdad conforme se incrementan los Hz; es decir, no existe diferencia significativa entre el OD y el OI ni entre las evaluaciones. Lee, et al.¹⁴, en 2013, realizaron un estudio prospectivo cuyo objetivo fue probar la hipótesis de que la disfunción otolítica es una causa de recurrencia del vértigo postural paroxístico benigno, para lo cual emplearon VEMP con estímulos del tono burst a 500 Hz y no encontraron diferencia en los intervalos N1, P1, así como un incremento en los Hz en el grupo control, lo que se equipara a nuestros resultados. Así mismo, además de que los resultados del presente estudio reflejan que el intervalo N1, P1 tiende hacia la igualdad conforme se incrementan los Hz, es posible

apreciar una mayor dispersión a una mayor amplitud en ambos oídos, aunque con predominio del OD, al ser evidente una respuesta más rápida con el incremento de la frecuencia de estimulación a 1000 Hz. Este mismo comportamiento fue descrito por Park, et al.¹⁵ en 2010, al encontrar que las latencias mostraron una mejor respuesta ante la estimulación máxima de sonido.

Con respecto a la relación entre la amplitud y el intervalo del OD y el OI, pareciera que se presenta una correspondencia inversa, pues en los intervalos se observa que al aumentar la amplitud se incrementa la diferencia entre los valores obtenidos por oído; es decir, cuanto más se parecen los intervalos, más diferente es la amplitud, tal como se ha descrito en la literatura internacional, que señala que las latencias promedio se prolongan dos desviaciones estándar, y ello confiere una pobre sensibilidad y una buena especificidad a los VEMP, por lo que la evocación o no del potencial es más indicativa de patología que la prolongación de la respuesta¹⁶. De acuerdo con estos hallazgos, es factible considerar la realización de estudios experimentales con la finalidad de evaluar si a mayor frecuencia existen una mayor diferencia en la amplitud y una mayor igualdad en el intervalo, pues de no ser así podríamos suponer que la mácula utricular en los seres humanos no es tan sensible a la estimulación acústica en la frecuencia de 1000 Hz.

Una particularidad de este estudio es que, en los parámetros evaluados, tanto la amplitud como el intervalo N1, P1 del OD presentan respuestas vestibulares más prontas en comparación con el OI, lo que permite inferir una posible lateralidad vestibular, la cual aún no está reportada en la literatura.

Conclusiones

Se fortalece la hipótesis de que en los oVEMP por estimulación acústica aérea en la frecuencia de 1000 Hz se genera una mayor amplitud que con la frecuencia de 500 Hz. No se encontraron diferencias significativas en el intervalo N1, P1 y sí se obtuvieron valores significativos con respecto a la velocidad de presentación de la respuesta y de lateralidad auditiva, la cual se presentó de forma más rápida en el OD. Deben realizarse más estudios de estas características, ampliando el tamaño de la muestra y construyendo intervalos con respecto a la edad (posiblemente pacientes jóvenes), y considerando el sexo, con la finalidad de evaluar si las desviaciones estándar disminuyen al analizar los datos de estas mismas variables en estos grupos de estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

1. Arruñada F. Anatomía del aparato vestibular. *Revista FASO*. 2015; 22:S47-56.
2. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *Neuro-Rehabilitation*. 2013;32:437-43.
3. Lévesque M, Seidermann L, Ulmer E, Chays A. Fisiología vestibular: bases anatómicas, celulares, inmunohistoquímicas y electrofisiológicas. *EMC - Otorrinolaringología*. 2009;38:1-15.
4. Curthoys IS. A critical review of the neurophysiological evidence underlying clinical vestibular testing using sound, vibration and galvanic stimuli. *Clin Neurophysiol*. 2010;121:132-44.
5. Curthoys IS, Vulovic V. Vestibular primary afferent responses to sound and vibration in the guinea pig. *Exp Brain Res*. 2011;210:347-52.
6. García S, Muñoz FJ, Adame JH, Galván JA, Puentes DT. Potencial vestibular miogénico evocado: parámetros en una población normal y en patología vestibular. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2008;20:90-6.
7. Rey-Martínez J, Rama-López J, Pérez-Fernández N, Barona-De Guzmán Rafael. ¿Cómo analizar un potencial evocado miogénico vestibular? Aplicación de un método no lineal. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2011;62:126-31.
8. Rocha T, Macedo L, Rocha MA. Potencial evocado miogénico vestibular ocular e cervical simultâneo em indivíduos normais. *CoDAS*. 2016;28:34-40.
9. Curthoys IS, Vulovic V, Manzari L. Ocular vestibular-evoked myogenic potential (oVEMP) to test utricular function: neural and oculomotor evidence. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2012;32:41-5.
10. Zhang AS, Govender S, Colebatch JG. Tuning of the ocular vestibular evoked myogenic potential (oVEMP) to air- and bone-conducted sound stimulation in superior canal dehiscence. *Exp Brain Res*. 2012;223:51-64.
11. Oh SY, Kim JS, Yang TH, Shin BS, Jeong SK. Cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in vestibular neuritis: comparison between air- and bone-conducted stimulation. *J Neurol*. 2013;260:2102-9.
12. Versino M, Colnaghi S, Ranzani M, Alloni R, Bolis C, Sacco S, et al. Ocular vestibular evoked myogenic potentials in response to air-conducted 500 Hz short tones: effect of stimulation procedure (monaural or binaural), age and gender. *J Vestib Res*. 2015;25:143-9.
13. Curthoys IS, Vulovic V, Burgess AM, Sokolic L, Goonetilleke SC. The response of guinea pig primary utricular and saccular irregular neurons to bone-conducted vibration (BCV) and air-conducted sound (ACS). *Hear Res*. 2016;331:131-43.
14. Lee JD, Park MK, Lee BD, Lee TK, Sung KB, Park JY. Abnormality of cervical vestibular-evoked myogenic potentials and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in patients with recurrent benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otolaryngol*. 2013;133:150-3.
15. Park HJ, Lee IS, Shin JE, Lee YJ, Park MS. Frequency-tuning characteristics of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials induced by air-conducted tone bursts. *Clin Neurophysiol*. 2010;121:85-9.
16. Young YH, Huang TW, Cheng PW. Assessing the stage of Ménière's disease using vestibular evoked myogenic potentials. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;129:815.