

Alteraciones de las vías centrales relacionadas con el utrículo en los pacientes con vértigo posicional paroxístico benigno

Central pathway abnormalities related to the utricle in benign paroxysmal positional vertigo

Sofia Waissbluth A.¹, Javier Oyarzún A.¹, Iván Novoa C.¹,
Macarena Viñuela M.¹, Valentina Cordano G.¹

Resumen

Introducción: Otoconias en los canales semicirculares, desprendidas de los órganos otolíticos, podría ser la causa del vértigo posicional paroxístico benigno (VPPB). Formas de evaluar el utrículo incluyen la subjetiva visual vertical (SVV) y el potencial miogénico evocado vestibular ocular (oVEMP). **Objetivos:** Evaluar SVV y oVEMP en pacientes con VPPB, antes y después de la maniobra de reposición (MRP). **Materiales y Métodos:** Estudio prospectivo, caso-control. Se reclutaron pacientes con VPPB (canal semicircular posterior), y controles pareados por edad y sexo. Se realizó SVV y oVEMP. Se ejecutó la MRP y se repitió SVV y oVEMP inmediatamente, y a la semana. Se evaluó el nivel de discapacidad con la escala *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) y del mareo con la escala visual analógica (EVA); ambos realizados pre- y post-MRP. **Resultados:** Trece pacientes completaron el estudio (48,8 años, 53,8% mujeres). El puntaje DHI y EVA bajaron post-MRP. El 53,8% presentó alteración en SVV, 71,4% presentó mayor desviación hacia el lado contralateral al VPPB. A la semana post-MRP, 4/13 presentaron desviación, pero en menor grado y unilateral. Se observó una correlación positiva entre la SVV y DHI. Todos presentaron respuesta bilateral en oVEMP, 4/13 presentaron asimetría inicialmente, y ninguno post-tratamiento. No se observó correlación entre oVEMP y DHI o EVA. **Conclusiones:** Aunque se evidenciaron alteraciones en SVV y oVEMP en pacientes con VPPB, pocos pacientes presentaron alteración de ambos exámenes. Existe una correlación moderada entre SVV y DHI y también entre SVV y EVA, pero no con oVEMP. **Palabras clave:** vértigo posicional paroxístico benigno, potencial miogénico evocado vestibular, maniobra de reposición, vértigo, utrículo.

Abstract

Introduction: Otoconia in the semicircular canals, detached from the otolithic organs, could be the cause of benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). Methods of evaluating the utricle include subjective visual vertical (SVV) and the ocular vestibular evoked myogenic potential (oVEMP). **Objectives:** To evaluate SVV and oVEMP in patients with BPPV, before and after the repositioning maneuver (MRP). **Materials and Methods:** Prospective, case-control study. Patients with BPPV (posterior semicircular canal) and age- and sex-matched controls were recruited. SVV and oVEMP were performed. MRP was executed and SVV and oVEMP were repeated immediately and after one week. The level of disability was assessed using the *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) scale and the level of dizziness using the visual analog scale (VAS); both were performed pre- and post-MRP. **Results:** Thirteen patients completed the study (average age 48.8 years, 53.8% were women). The DHI and VAS scores decreased post-MRP. 53.8% showed alteration in SVV, with 71.4% showing greater deviation towards the contralateral side of BPPV. One week post-MRP, 4/13 still presented deviation, but to a lesser extent and unilaterally. A positive correlation was observed between SVV and DHI. All patients showed a bilateral response in oVEMP, with 4/13 initially showing asymmetry, but none after treatment. No correlation was observed between oVEMP and DHI or VAS. **Conclusions:** Although alterations in SVV and oVEMP were evident in patients with BPPV, few patients had alteration in both exams. There is a moderate correlation between SVV and DHI, and SVV with VAS, but not with oVEMP.

Keywords: benign paroxysmal positional vertigo, vestibular evoked myogenic potential, repositioning maneuver, vertigo, utricle.

¹Departamento de Otorrinolaringología, Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile.

Los autores declaran no tener conflictos de interés

Financiamiento: Concurso anual de investigación de la Sociedad de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello

Recibido el 13 de noviembre de 2023. Aceptado el 22 de enero de 2024.

Correspondencia:
Sofia Waissbluth MD, PhD
Departamento de Otorrinolaringología, Pontificia Universidad Católica de Chile.
Alameda 420, Santiago, Chile
Email: sofia.waissbluth@gmail.com

Introducción

El vértigo posicional paroxístico benigno (VPPB) corresponde al trastorno vestibular más frecuente en la población general. La prevalencia a lo largo de la vida se estima en un 2,4%¹. Es el trastorno vestibular más frecuente en la población general, y se ha observado que afecta predominantemente a las mujeres (2-3:1), durante la quinta y sexta década de vida². El canal semicircular posterior es el más afectado y aunque es de naturaleza benigna, los pacientes con VPPB se ven notablemente limitados en sus actividades cotidianas³. La prueba de Dix-Hallpike se considera el patrón de oro para el diagnóstico del VPPB del canal posterior⁴. El nistagmo resultante es vertical hacia arriba (*upbeat*) y torsional, lo que significa que el polo superior del ojo bate hacia el oído estimulado⁵. Con el uso de la videonistagmografía, se puede realizar la maniobra y además registrar la velocidad de la fase, o componente lenta (VCL) del nistagmo generado.

Aunque no se tiene claridad sobre el mecanismo fisiopatológico preciso del VPPB, la teoría más aceptada postula que los síntomas y nistagmo se generan por la presencia de otoconias en los canales semicirculares, estas últimas desprendidas desde los órganos otolíticos, principalmente el utrículo^{3,6}. La causa del posible desprendimiento de las otoconias desde el utrículo no está bien descrita. Se cree que probablemente se deba a una degeneración o disfunción del utrículo. El vértigo se produce cuando el material de carbonato de calcio que proviene de la mácula del utrículo cae en uno de los canales y se desplazan al mover la cabeza en el plano del canal⁷. Una proporción no menor presenta recuperación espontánea del cuadro, pero esto puede demorar semanas a meses, por lo cual generalmente se indican maniobras de reposición (MRP) como tratamiento inicial⁵.

Por ahora, existen dos pruebas para evaluar la función utricular. Para evaluar la función estática, existe la prueba de la Visual Subjetiva Vertical (SVV, por sus siglas en inglés), y para evaluar su función dinámica, existe el Potencial Evocado Miogénico Vestibular ocular, conocido como oVEMP⁸. La SVV evalúa la vía vestibular graviceptiva, es una de las pruebas que se pueden realizar, otras incluyen

la visual subjetiva horizontal, la inclinación de la cabeza, la torsión ocular y la desviación oblicua⁹. En la SVV, evaluamos la percepción de verticalidad a través de las inclinaciones de la cabeza. Esta capacidad depende de los *inputs* de los sistemas visuales, vestibulares y somatosensoriales. Las inclinaciones son el signo más frecuente de un desequilibrio agudo del tono del sistema vestibular en el plano del eje horizontal (*roll*). Se pueden producir cuando existen lesiones unilaterales agudas de las vías graviceptivas que se originan en los órganos otolíticos y los canales semicirculares verticales, y viajan a través de los núcleos vestibulares y los subnúcleos vestibulares del tálamo hasta la corteza vestibular parietoinsular¹⁰. El oVEMP evalúa la vía refleja cruzada formada por el utrículo, el nervio vestibular superior, los núcleos vestibulares ipsilaterales, y a través del fascículo longitudinal medial, hasta el núcleo oculomotor contralateral que proyecta al músculo oblicuo inferior contralateral. Los VEMP son una herramienta eficaz y fiable para diagnosticar disfunciones vestibulares específicas de los órganos otolíticos¹¹.

Pocos estudios han examinado el SVV en pacientes con VPPB, pero los resultados generales no son concluyentes. Se han visto diferencias entre los pacientes sanos y con VPPB antes del tratamiento con MRP, con una tendencia hacia el lado comprometido. Son pocos los estudios que han intentado evaluar la función de esta vía en el VPPB. Se ha visto hasta 25% - 56% de alteraciones en el oVEMP en pacientes con VPPB.

Tomando como base que el VPPB es causado por una disfunción utricular, con desprendimiento de otoconias desde el utrículo que migran hacia los canales, hipotetizamos que las pruebas de función utricular, SVV y oVEMP, están alteradas cuando el paciente con VPPB está sintomático.

Objetivo

Los objetivos de este estudio fueron: 1. evaluar la relación de la VCL del nistagmo al momento del diagnóstico con el grado de mareo y discapacidad; 2. evaluar niveles de desviación / inclinación en la SVV y la presencia del complejo y porcentaje de asimetría en

el oVEMP en los pacientes con VPPB, pre- y post-MRP, y, 3. evaluar la correlación de las alteraciones de SVV y oVEMP.

Material y Métodos

Se realizó un estudio prospectivo caso-control, de pacientes con VPPB del canal semicircular posterior (canalolitiasis), y los controles fueron pareados por edad y sexo. Se excluyeron pacientes con antecedentes de patología neurológica, otra patología otoneurológica, traumatismo encefalocraneano, mayores de 70 años, VPPB multicanal, VPPB del canal lateral, anterior o cupulolitiasis del posterior, pacientes con restricción a la movilidad cervical y que no pueda dar su consentimiento. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ID 201023004.

Al cumplir con los criterios de inclusión, el paciente completó una encuesta de discapacidad y una escala visual analógica (EVA) del mareo. Para discapacidad, se ocupó la encuesta *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) con homologación lingüística nacional¹². Consta de 25 preguntas e incluye tres tipos de preguntas abarcando problemas emocionales, físicos y funcionales que pueda experimentar un paciente con un síndrome vertiginoso. Frente a cada pregunta el paciente tiene tres opciones de respuesta: siempre (4 puntos), a veces (2 puntos), y nunca (0 puntos). El puntaje máximo obtenible es 100. A mayor puntaje mayor el grado de discapacidad del paciente. La EVA se ocupó para medir el grado de mareo percibido y el puntaje máximo obtenible es de 10, a mayor puntaje, mayor severidad del mareo.

Se realizó la maniobra de Dix-Hallpike con videonistagmografía. Luego se realizó la SVV y el oVEMP. Se realizó la MRP y luego se repitieron las pruebas de función utricular inmediatamente después y a la semana post-maniobra. La maniobra de reposición realizada fue la maniobra de Epley, realizada por tecnólogos médicos especialistas en otorrinolaringología.

Videonistagmografía

La videonistagmografía se realizó con el equipo Interacoustics Visual Eyes™ 425B. Se

colocan las gafas de videonistagmografía al paciente, asegurándose que estén bien ajustadas. Luego, se realiza la prueba de Dix-Hallpike. Cuando se observa el nistagmo típico de canalolitiasis del canal posterior, se registra la VCL vertical (*upbeat*).

SVV / Prueba del Balde

Para la prueba del balde se utilizó un dispositivo siguiendo las instrucciones de Zwergal et al. 2009¹³. Se le agregó un inclinómetro al balde para medir precisamente la verticalidad. La evaluación se realiza en una habitación sin iluminación para eliminar referencias visuales. El paciente debe mantenerse sentado al borde de la silla y con sus pies posicionados sobre una esponja para minimizar la propiocepción. Debe mirar dentro de un cilindro, viendo una barra inclinada. Se realizan varias mediciones inicialmente, por lo menos cuatro con el fin de que el paciente entienda las indicaciones. Luego se inicia la prueba real. Se comienza el proceso de obtención de los registros, realizando una primera evaluación a 25° a izquierda luego con 25° a derecha, luego nuevamente con 25° a izquierda y la última medición con 25° a derecha. El evaluador registra los grados de inclinación que muestra el inclinómetro ubicado tras el cilindro. El valor de la SVV de cada participante se establece mediante la promediación de cinco repeticiones por lado. Se consideró 2,5° el límite de normalidad. El outcome fue el grado de desviación por lado.

oVEMP

El examen de oVEMP se realizó con el dispositivo Eclipse EP25 de Interacoustics. Se colocan cuatro electrodos. Los electrodos activos se colocan en la cara, orientados vertical y aproximadamente 1cm por debajo del centro del párpado inferior, justo debajo del ojo contralateral para la estimulación del sonido. El electrodo de referencia se coloca aproximadamente 1 cm por debajo del electrodo activo en la mejilla, y el electrodo de tierra se coloca en la frente. El paciente mantiene la mirada con una inclinación ocular de 30 grados para incrementar al máximo la tonalidad de los músculos extraoculares. Los ojos de cada sujeto permanecen fijos en el objetivo durante toda la prueba. Se ocupa un

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

estímulo con tono burst, 500 Hz, a 95 dB, con 500 promediaciones. Se replica la respuesta en dos ocasiones. Se analizan las formas de onda de n10 y p16 a la máxima intensidad de estimulación. La anormalidad se define estrictamente como un patrón oVEMP de “no respuesta”, lo que significaba la ausencia de una forma de onda significativa. Los outcomes fueron la presencia del complejo y porcentaje de asimetría considerando normal menos de 33%.

Estadística

Se utilizó promedio y desviación estándar ($\pm$ DE) para estadística descriptiva. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para VCL, DHI y SVV, y prueba de Chi cuadrado para SVV con oVEMP. Se utilizó la prueba T pareada para los cambios pre- y post-MRP, y ANOVA para comparar dos o más grupos. Se ocupó el programa estadístico GraphPad prism. Se consideró estadísticamente significativo un valor $P < 0,05$.

Resultados

Se reclutaron a 24 pacientes, pero trece pacientes completaron el estudio, con 48.8 años en promedio y 53.8% fueron mujeres. Once pacientes no completaron el estudio ya que seis presentan resolución espontánea del cuadro, cuatro no se presentaron al control indicado y uno presentó neuritis vestibular concomitante. De los trece pacientes, nueve presentaron VPPB del lado derecho y cuatro del lado izquierdo. La VCL de la componente *upbeat* fue de $24,4 \pm 12,6^\circ/\text{seg}$.

El puntaje DHI inicial fue de 49 ± 20 puntos y bajó a $4,6 \pm 1,7$ puntos a la semana post-MRP, lo cual fue un cambio significativo ($P < 0,0001$). La EVA inicial fue de $5,7 \pm 1,6$ y bajó a $0,5 \pm 1,1$ a la semana post-MRP, lo cual también fue significativo ($P < 0,0001$). No hubo correlación entre la VCL y el puntaje DHI ($r = -0,1110$), y entre la VCL y la severidad del mareo percibido por el paciente ($r = -0,2323$) (Figura 1).

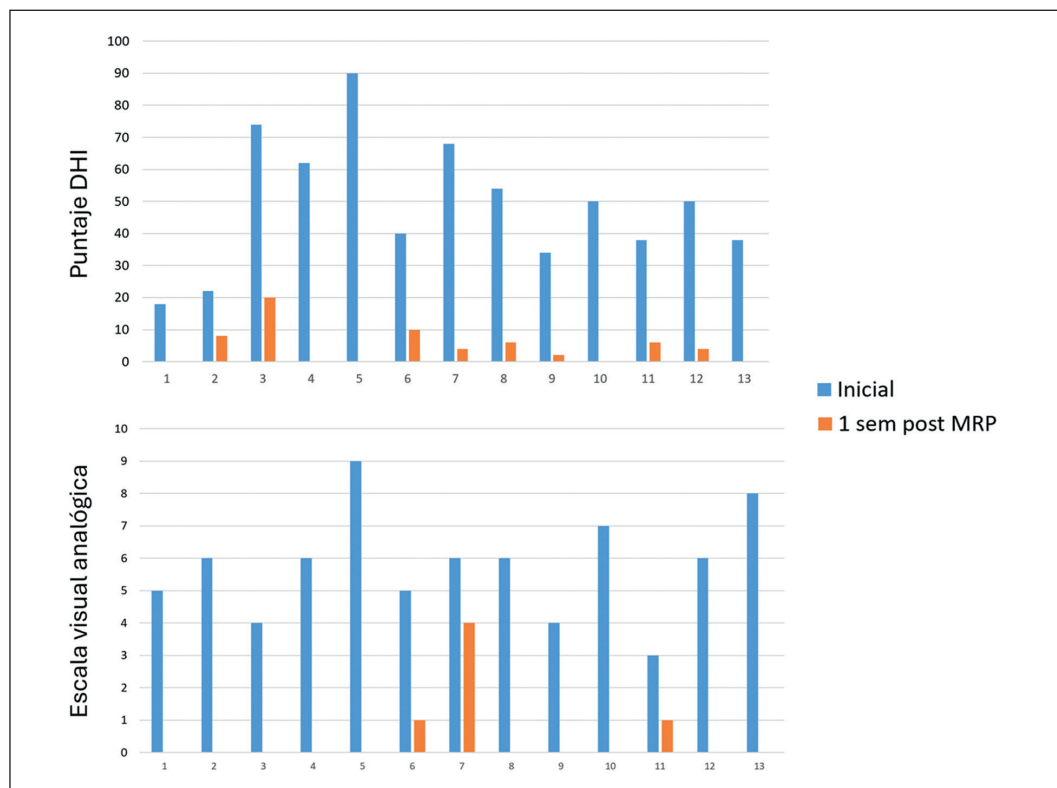


Figura 1. Puntaje DHI y EVA al inicio del cuadro y a la semana post-MRP. Puntajes de cada sujeto, 1 a 13, de la encuesta DHI (0 a 100) y la EVA (0 a 10) al inicio del estudio y a la semana post maniobra de reposición.

En relación con la SVV, el examen estaba alterado en 53,8% (n = 7/13) de los pacientes con VPPB (**Figura 2**). Cinco de los siete pacientes con alteraciones presentaron alteraciones de forma bilateral. Igualmente, cinco de siete pacientes presentaron la SVV alterada de forma contralateral, aquí se incluyeron los pacientes con alteración bilateral pero que presentaban mayor desviación hacia lado contralateral. A la semana, sólo cuatro pacientes presentaron alteraciones, pero fueron unilaterales y de menor grado. Los valores de los grados de desviación pre-MRP, post-MRP y a la semana post-MRP se presentan en la **Tabla 1**. No se observaron cambios significativos, ni por lado evaluado ni en relación con el lado del VPPB. Los valores de SVV del grupo con VPPB ($2,42 \pm 1,78$) fueron mayores a los controles ($1,65 \pm 1,00$), siendo

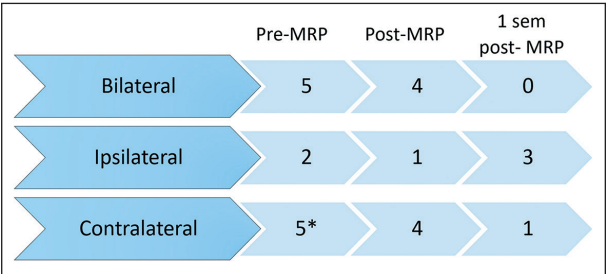


Figura 2. Prueba del balde al inicio del cuadro, inmediatamente después de la MRP y a la semana post-MRP.

una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,032). Se observó una buena correlación entre el nivel de desviación y sensación de mareo, y también con el grado de discapacidad inicial (**Figura 3**).

Tabla 1. Valores de grados de desviación en la prueba del balde				
	Pre-MRP	Post-MRP	1 sem post- MRP	P*
Lado evaluado				
Lado derecho	2,07 ± 1,32	2,14 ± 1,60	2,09 ± 0,88	0,9896
Lado izquierdo	2,78 ± 2,15	2,36 ± 2,13	1,75 ± 0,64	0,3410
Lado según VPPB				
Ipsilateral	2,10 ± 1,65	2,09 ± 1,91	1,89 ± 0,72	0,9246
Contralateral	2,75 ± 1,92	2,41 ± 1,86	1,94 ± 0,85	0,4519
*ANOVA				

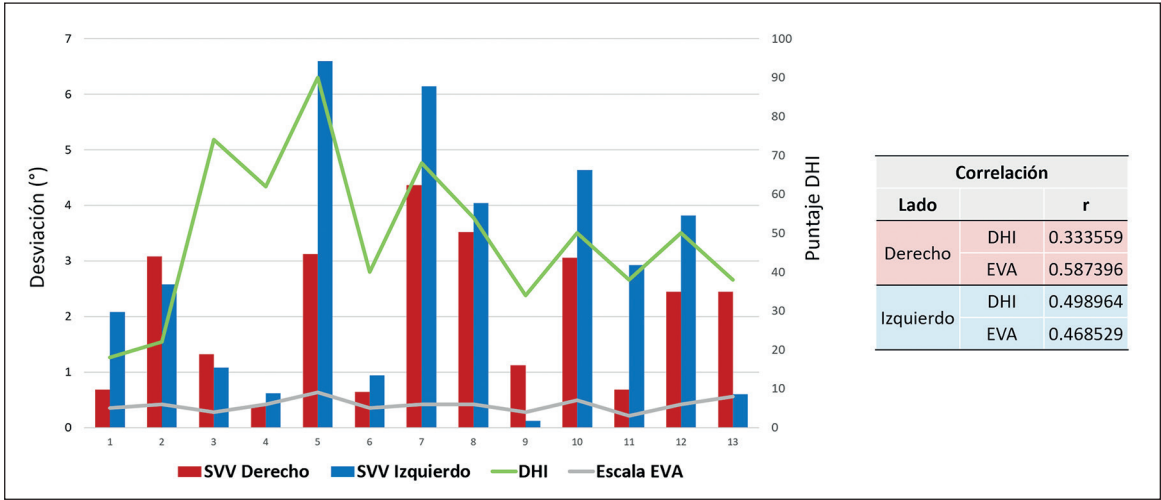


Figura 3. Puntajes DHI y EVA en relación a la SVV.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Para el oVEMP, el examen estaba alterado en 30.8% de los pacientes ($n = 4/13$) en cuanto al outcome asimetría, pero todos los pacientes presentaron el complejo. Cuatro pacientes presentaron asimetría que luego de la MRP, desapareció. El grado de asimetría en el grupo con VPPB fue de $23,2 \pm 13,9\%$. Los valores de asimetría pre-, post- y a la semana de la MRP se presentan en la **Tabla 2**. Se observó un cambio estadísticamente significativo ($P = 0,0331$) entre el pre- y post-

MRP. No se vieron cambios significativos en relación con el lado desviado ni en relación con el lado con VPPB. Debemos destacar que no se observaron diferencias significativas con el grupo control ($22,4 \pm 19,5$; $P = 0,454$). El porcentaje de asimetría igualmente mostró una buena correlación con la sensación de mareo y discapacidad (**Figura 4**). Finalmente, no se observó correlación entre la SVV y el oVEMP al inicio del cuadro ($P = 0,3077$) (**Tabla 3**).

Tabla 2. Valores de grados de asimetría en la prueba oVEMP

	Pre-MRP	Post-MRP	1 sem post-MRP	P*
Asimetría (%)	23,2 ± 13,9	13,5 ± 9,9	13,2 ± 6,5	0,0331
Lado evaluado				
Lado derecho	0,583 ± 0,435	0,545 ± 0,491	0,506 ± 0,459	0,9133
Lado izquierdo	0,491 ± 0,405	0,562 ± 0,463	0,450 ± 0,325	0,7730
Lado según VPPB				
Ipsilateral	0,519 ± 0,394	0,549 ± 0,517	0,485 ± 0,451	0,9368
Contralateral	0,555 ± 0,450	0,558 ± 0,434	0,471 ± 0,338	0,8297

*ANOVA

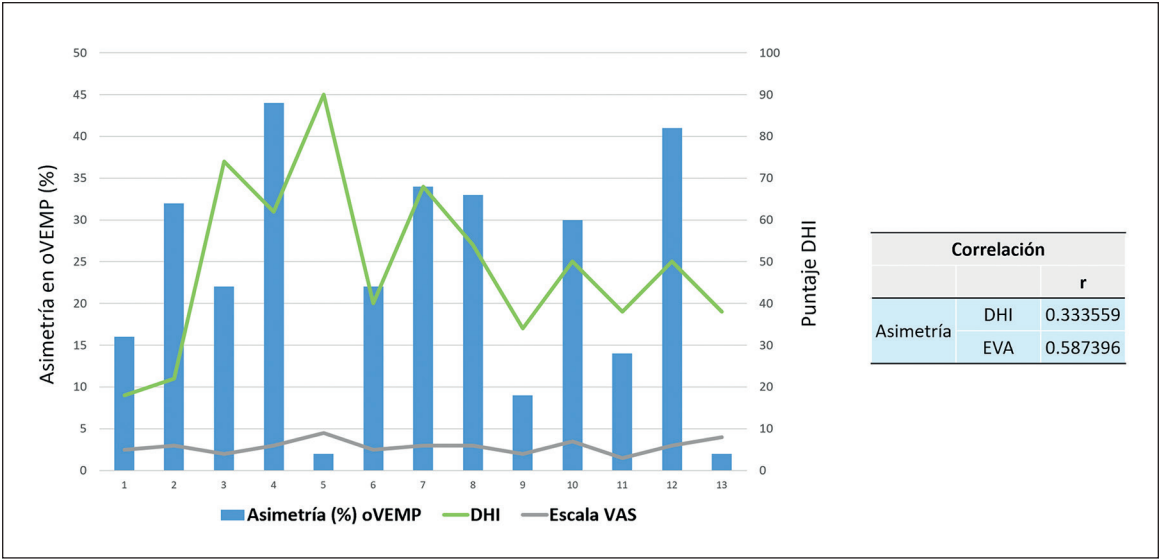


Figura 4. Puntajes DHI y EVA en relación al grado de asimetría en oVEMP.

Tabla 3. Correlación entre la SVV y el oVEMP

	oVEMP normal	oVEMP alterado
SVV normal	5	1
SVV alterado	4	3

Discusión

La sensación de mareo y el grado de discapacidad percibido por el paciente disminuyeron de forma significativa luego de la MRP. La intensidad de la VCL no se correlacionó con el grado de mareo y de discapacidad percibida por el paciente. En nuestro estudio, la VCL de la componente vertical *upbeat* fue mayor que en otros estudios. Las razones que pueden explicar estas diferencias son el uso de equipos de videonistagmografía distintos¹⁴, el uso de silla TRV¹⁵ para realizar las maniobras y los tiempos de evolución antes de realizar las MRP.

El 53,8% de los pacientes presentó alteración en la SVV, y de ellos, cinco fueron bilaterales. Es decir, no siempre hubo alteración unilateral del lado del VPPB o del lado contralateral. El 71,4% (5/7) presentó mayor desviación hacia el lado contralateral al VPPB. A la semana post-MRP, cuatro de 13 pacientes presentaron desviación, pero fue de menor grado y unilateral. Por lo tanto, mejoraron los valores de SVV con la MRP. De los siete pacientes con alteraciones iniciales, cinco presentaron desviación hacia ambos lados, y aunque fue asimétrico, no predomina siempre la desviación hacia el lado ipsilateral o contralateral. En otras palabras, la mitad de los pacientes tenían alterado el examen, y el examen mejoró con la MRP, pero no podemos concluir que la desviación indica el lado comprometido ni se relaciona con alteración en el oVEMP. Existe bastante variabilidad en la literatura con respecto a las alteraciones en SVV y VPPB ya que hay distintas técnicas para realizar el examen y también valores considerados de normalidad, aquí ocupamos 2,5°, pero hay estudios que ocupan 2°. Los resultados generales no son concluyentes. Se han visto diferencias entre los pacientes sanos y con VPPB antes del tratamiento con MRP, con una tendencia hacia

el lado comprometido¹⁶. Se ha postulado que esto podría deberse a una pérdida sustancial de otoconias, con una disminución de la densidad y el peso específico de la mácula. En otro estudio más reciente, se vio una alteración del SVV hacia el lado afectado dentro de las 72 horas desde el inicio de los síntomas. Inmediatamente después de realizar las MRP, se vio una disminución significativa de la SVV en relación con el momento del diagnóstico. A la semana después, se normalizó la SVV¹⁷. La base fisiopatológica de la desviación de la SVV hacia el lado afectado no se entiende bien. La SVV depende no solo de los órganos otolíticos, sino también de señales somatosensoriales y visuales. Si asumimos que mientras mayor sea la masa de otoconia que se desprende del utrículo y que entra en los canales, más intensos podrían ser los síntomas; y que, si mayor es la ausencia de masa de otoconias en la membrana otolítica, mayor sería la desviación hacia el lado afectado en estos pacientes. No podemos concluir que la SVV está afectada de forma unilateral en casos de VPPB ya que nuestros resultados muestran que más de la mitad de los casos tuvieron alteraciones bilaterales.

El oVEMP impresiona representar la activación del reflejo vestíbulo-ocular contralateral y reflejar las funciones del nervio vestibular superior, y predominantemente utricular¹⁸. Son pocos los estudios que han intentado evaluar la función de esta vía en el VPPB¹⁹⁻²². Se han visto alteraciones en el oVEMP en pacientes con VPPB en aproximadamente 25-56%²³⁻²⁵. Se ha visto también que las alteraciones son más importantes en los casos de VPPB recurrente²⁴. Bremova y col mostraron un aumento transitorio de las amplitudes del oVEMP en el oído afectado después de MRP exitosas²⁶. No se sabe que ocurre a largo plazo. Además, von Brevern y col. describen que esta posible disfunción otolítica en pacientes con VPPB, posiblemente debido a la degeneración de la mácula utricular, podría explicar el mareo residual que experimentan algunos pacientes después de la resolución del cuadro²⁷.

En relación al oVEMP, todos los pacientes en este estudio presentaron el complejo, y en cuanto a la asimetría, se vio que 30,7% presentó asimetría inicialmente, que luego desapareció con la MRP. Se observó una correlación entre el nivel de asimetría y la sensación

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

de mareo al inicio del cuadro. Existe bastante variabilidad en relación al oVEMP y VPPB en la literatura ya que se utilizaron distintos criterios de anormalidad, que incluye: presencia del complejo, latencia, amplitud y asimetría. La gran mayoría de los estudios ocupan la ausencia del complejo como outcome^{23,24,28}, pero en nuestro caso, todos los pacientes presentaron el complejo. Además, no hubo diferencias en cuanto a la asimetría con el grupo control. Entonces, el oVEMP no siempre está alterado en VPPB, pero sí se observa asimetría, esta mejora luego de la MRP.

Debemos mencionar las limitaciones del estudio que son el tamaño muestral que es pequeño, y la falta de VEMP cervical, ya que hay evidencia científica en relación a alteraciones saculares y VPPB²⁹. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio en buscar correlación entre la SVV y oVEMP en pacientes con VPPB.

Conclusión

En conclusión, las pruebas de función utricular no siempre están alteradas en VPPB. La SVV estaba alterada en 58,8%, y el oVEMP, en 30,8% de los pacientes, pero no se observó correlación entre la SVV y el oVEMP. Ambas pruebas mejoraron después de la MRP, y ambas se correlacionan con la sensación de mareo y discapacidad percibida por el paciente. Al contrario, la VCL no se correlaciona con el mareo y nivel de discapacidad. Finalmente, no podemos concluir que existe disfunción utricular en todos los casos de VPPB.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer la participación del Dr. Javier Becker en el proceso de reclutamiento de los pacientes.

Bibliografía

1. von Brevér M, Radtke A, Lezius F, et al. Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo: A population based study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78:710-715. doi: 10.1136/jnnp.2006.100420
2. Kim JS, Zee DS. Clinical practice. Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *N Engl J Med* 2014;370:1138-1147. doi: 10.1056/NEJMcp1309481
3. Instrum RS, Parnes LS. Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *Adv Otorhinolaryngol* 2019;82:67-76. doi: 10.1159/000490273
4. Bhattacharyya N, Gubbels S, Schwartz S, et al. Clinical Practice Guideline: Benign Paroxysmal Positional Vertigo (Update) Executive Summary. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;156:403-416. doi: 10.1177/0194599816689660
5. Parnes L, Agrawal S, Atlas J. Diagnosis and management of benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *CMAJ* 2003;169:681-693.
6. Kao W, Parnes L, Chole R. Otoconia and otolithic membrane fragments within the posterior semicircular canal in benign paroxysmal positional vertigo. *Laryngoscope* 2017;127:709-714. doi: 10.1002/lary.26115
7. Parnes L, McClure J. Free-floating endolymph particles: a new operative finding during posterior semicircular canal occlusion. *Laryngoscope* 1992;102:988-992. doi: 10.1288/00005537-199209000-00006
8. Taylor RL, Welgampola M. Otolith Function Testing. *Adv Otorhinolaryngol* 2019;82:47-55. doi: 10.1159/000490271
9. Zhao TT, Zhang ML, Feng YF, et al. The value of vestibular graviceptive pathway evaluation in the diagnosis of unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Brain Behav* 2023;13:e3055. doi: 10.1002/brb3.3055
10. Dieterich M, Brandt T. Perception of Verticality and Vestibular Disorders of Balance and Falls. *Front Neurol* 2019;3;10:172. doi: 10.3389/fneur.2019.00172
11. Długaiczek J. Evidence-based diagnostic use of VEMPs: From neurophysiological principles to clinical application. *HNO* 2020;68(Suppl 2):69-78. doi: 10.1007/s00106-019-00767-2
12. Peña M. Homologación lingüística nacional del Dizziness Handicap Inventory (test de discapacidad vestibular). *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2011;71:85-88. doi: 10.4067/S0718-48162011000100013
13. Zwergal A, Rettinger N, Frenzel C, Dieterich M, Brandt T, Strupp M. A bucket of static vestibular function. *Neurology* 2009;12;72(19):1689-92. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181a55ecf
14. Choi S, Cho J, Choi J, Oh E, Choi K. Effect of the Epley Maneuver and Brandt-Daroff Exercise on Benign Paroxysmal Positional Vertigo Involving the Posterior Semicircular Canal Cupulolithiasis: A Randomized Clinical Trial. *Front Neurol* 2020;11:603541. doi: 10.3389/fneur.2020.603541
15. Martens C, Kragerud F, Aasen T, Nordfalk K, Nordahl S. Dizziness handicap and clinical characteristics of posterior and lateral canal BPPV.

- Eur Arch Otorhinolaryngol* 2019;276:2181-2189. doi: 10.1007/s00405-019-05459-9
16. Faralli M, Manzari L, Panichi R, et al. Subjective visual vertical before and after treatment of a BPPV episode. *Auris Nasus Larynx* 2011;38:307-311. doi: 10.1016/j.anl.2010.10.005
 17. Sapountzi Z, Vital V, Psillas G. Subjective visual vertical in patients with benign positional paroxysmal vertigo. *Hippokratia*. 2017;21:159. doi: 30479482
 18. Govender S, Dennis DL, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) evoked by air- and bone-conducted stimuli in vestibular neuritis. *Clin Neurophysiol* 2015;126:2004-2013. doi: 10.1016/j.clinph.2014.12.029
 19. Nakahara H, Yoshimura E, Tsuda Y, Murofushi T. Damaged utricular function clarified by oVEMP in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otolaryngol* 2013;133:144-149. doi: 10.3109/00016489.2012.720030
 20. Scarpa A, Gioacchini F, Cassandro E, Tulli M, Ralli M, Re M, Cassandro C. Clinical application of cVEMPs and oVEMPs in patients affected by Ménière's disease, vestibular neuritis and benign paroxysmal positional vertigo: a systematic review. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2019;39:298-307. doi: 10.14639/0392-100X-2104
 21. Hoseinabadi R, Pourbakht A, Yazdani N, Kouhi A, Kamali M. The effects of abnormality of cVEMP and oVEMP on rehabilitation outcomes in patients with idiopathic benign paroxysmal positional vertigo. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:643-648. doi: 10.1007/s00405-015-3612-y
 22. Singh NK, Apeksha K. Efficacy of cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in evaluation of benign paroxysmal positional vertigo of posterior semicircular canal. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:2523-2532. doi: 10.1007/s00405-015-3867-3
 23. Lee J, Park M, Lee B, Lee T, Sung KB, Park J. Abnormality of cervical vestibular-evoked myogenic potentials and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in patients with recurrent benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otolaryngol* 2013;133:150-153. doi: 10.3109/00016489.2012.723823
 24. Xu H, Liang FY, Chen L, Song XC, et al. Evaluation of the utricular and saccular function using oVEMPs and cVEMPs in BPPV patients. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;45:12. doi: 10.1186/s40463-016-0125-7
 25. Semmanaselvan K, Vignesh S., Muthukumar R, Jaya V. Vestibular Evoked Myogenic Potentials After Epleys Manoeuvre Among Individuals with Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2019;71:195-200. doi: 10.1007/s12070-019-01581-6
 26. Bremova T, Bayer O, Agrawal Y, et al. Ocular VEMPs indicate repositioning of otoconia to the utricle after successful liberatory maneuvers in benign paroxysmal positioning vertigo. *Acta Otolaryngol* 2013;133:1297-1303. doi: 10.3109/00016489.2013.829922
 27. von Brevern M, Schmidt T, Schönfeld U, Lempert T, Clarke AH. Utricular dysfunction in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Otol Neurotol* 2006;27:92-96. doi: 10.1097/01.mao.0000187238.56583.9b
 28. Wu P, Yang J, Huang X, Ma Z, Zhang T, Li H. Predictors of residual dizziness in patients with benign paroxysmal positional vertigo after successful repositioning: A multi-center prospective cohort study. *J Vestib Res* 2021;31:119-129. doi: 10.3233/VES-201535
 29. Rosa MS, Campagnoli M, Masnaghetti D, et al. Clinical and Prognostic Implications of Cervical and Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials (cVEMP and oVEMP) in Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV): A Prospective Study. *Audiol Res* 2023;13:700-709. doi: 10.3390/audiolres13050061