

Otología y Neurotología

# Prueba calórica y test del impulso cefálico asistido por video en el estudio de función vestibular

*Caloric test and video-assisted cephalic impulse test in the vestibular function study*

*Teste calórico e teste de impulso cefálico assistido por vídeo no estudo da função vestibular*

Lic. Carlos Pino <sup>(1)</sup>, Lic. Ignacio Novoa <sup>(2)</sup>, Lic. Angelo Bartsch <sup>(3)</sup>, Dr. Víctor Mercado <sup>(4)</sup>

Resumen

**Introducción:** Uno de los principales objetivos en el estudio de los pacientes con síntomas de mareo, vértigo o trastornos de la percepción del movimiento, es definir el funcionamiento del sistema vestibular. Las pruebas térmicas han sido un valioso aporte en lograr este objetivo. Halmagyi y Curthoys (1988) describen la fisiología del reflejo véstibulo oculomotor y argumentan el valor clínico en la obtención de información de la función vestibular. La prueba de impulso cefálico o Head Impulse Test registrado en la actualidad por medio de video, se suma a la prueba calórica en la evaluación de la función vestibular.

**Objetivo:** Evaluar y comparar los resultados de la prueba calórica y de la prueba de impulso cefálico asistida por video en sujetos que consultan con signos y síntomas vestibulares. Correlacionar estos resultados a fin de formular un orden en la ejecución de estas pruebas.

**Material y método:** Se confecciona un protocolo de estudio diagnóstico para pacientes que consultan por síntomas vestibulares, contemplando examen clínico otorrinolaringológico, estudio funcional vestibular mediante videoculoelectro-nistagmografía y prueba de impulso cefálico asistido por video. Los resultados obtenidos serán evaluados de manera estadística con prueba  $\chi^2$ , y se observará la correlación y asociación entre ambas pruebas.

**Resultados:** Los resultados obtenidos fueron estadísticamente significativos al definir que ambas pruebas permiten evaluar la función vestibular de manera eficiente y precisa, siendo la prueba del impulso cefálico asistido por video de gran sensibilidad (96%) y especificidad (87%), además de breve y bien tolerada en la totalidad de los sujetos estudiados, sin importar edad o etapa que cursase el sujeto.

**Conclusiones:** Se confirmó una coincidencia y se observó la correlación de los resultados de la prueba calórica y prueba de impulso cefálico asistido por video. Considerando nuestros resultados se sugiere comenzar realizando esta última prueba.

**Palabras clave:** Función vestibular, test del impulso cefálico asistido por video, v-HIT, VOG, prueba calórica.

## Abstract

**Introduction:** One of the main objectives in the study of patients with symptoms of dizziness, vertigo or disorders of movement perception is to define the functioning of the vestibular system. The thermal tests have been a valuable contribution in achieving this objective. Halmagyi and Curthoys (1988) describe the physiology of the oculomotor vestibular reflex and argue the clinical value in obtaining information on vestibular function. The Head Impulse Test or Head Impulse Test currently

<sup>(1)</sup> Licenciado en Tecnología Médica ORL., Marina Médica, Viña del Mar. <sup>(2)</sup> Licenciado en Kinesiología, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar. <sup>(3)</sup> Licenciado en Kinesiología, Universidad de Valparaíso. <sup>(4)</sup> Médico Otorrinolaringólogo, Universidad de Valparaíso. Mail de contacto: carlospinou@gmail.com

Fecha de envío: 16 de octubre de 2018 - Fecha aceptación: 27 de enero de 2019.

recorded by video, is added to the caloric test in the evaluation of vestibular function.

**Objective:** Evaluate and compare the results of the caloric test and the video-assisted cephalic impulse test in subjects who consult with vestibular signs and symptoms. Correlating these results in order to formulate an order in the execution of these tests.

**Material and method:** Diagnostic study protocol is prepared for patients who consult for vestibular symptoms, contemplating otorhinolaryngological clinical examination, vestibular functional study by videoculoelectronistagmography and video assisted cephalic impulse test. The obtained results will be evaluated in a statistical way with  $\chi^2$  test, and the correlation and association between both tests will be observed.

**Results:** The results obtained were statistically significant when defining that both tests allow to evaluate the vestibular function in an efficient and precise way, being the cephalic impulse test assisted by video highly sensitive (96%) and specificity (87%), besides being brief and well tolerated in all the subjects investigated, regardless of age or stage the subject studied.

**Conclusions:** An important coincidence and correlation of the results of the Caloric Test and video assisted cephalic impulse test was confirmed. Considering our results, it is suggested to start with this last test, because it is brief and well tolerated.

**Key words:** Vestibular function, video assisted cephalic impulse test, v- Hit, VNG, caloric test

## Resumo

**Introdução:** Um dos principais objetivos do estudo de pacientes com sintomas de tontura, vertigem ou distúrbios da percepção do movimento é definir o funcionamento do sistema vestibular. Os testes térmicos foram uma contribuição valiosa para alcançar este objetivo. Halmagyi e Curthoys (1988) descrevem a fisiologia do reflexo vestibular oculomotor e discutem o valor clínico na obtenção de informações sobre a função vestibular. O Teste de Impulso da Cabeça ou Teste de Impulso da Cabeça, atualmente gravado por vídeo, é adicionado à prova calórica na avaliação da função vestibular.

**Alvo:** Avaliar e comparar os resultados da prova calórica e do teste de impulso céfalico videoassistido em indivíduos que consultam com sinais e sintomas vestibulares. Correlacionando estes resultados para formular uma ordem na execução destes testes. **Material e método:** O protocolo de estudo diagnóstico é elaborado para pacientes que consultam para sintomas vestibulares, contemplando exame clínico

otorrinolaringológico, estudo funcional vestibular por meio de videoculoelectronistagmografia e teste de impulso céfalico videoassistido. Os resultados obtidos serão avaliados de forma estatística com o teste do  $\chi^2$ , e a correlação e associação entre os dois testes serão observadas. Resultados: Os resultados obtidos foram estatisticamente significantes ao definir que ambos os testes permitem avaliar a função vestibular de forma eficiente e precisa, sendo o teste de impulso céfalico auxiliado por vídeo altamente sensível (96%) e especificidade (87%), além de ser breve e bem tolerado em todos os sujeitos investigados, independente da idade ou estágio do sujeito estudado.

**Conclusões:** Uma importante coincidência e correlação dos resultados do teste calórico e do teste de impulso céfalico assistido por vídeo foi confirmada. Considerando os nossos resultados, sugere-se começar com este último teste, porque é breve e bem tolerado.

**Palavras-chave:** Função vestibular, registrou hoje pela cabeça de teste impulso vídeo-assistida v-HIT, VOG, prova calórica.

## Introducción

La estimulación calórica es la forma de estudio de la función vestibular por excelencia en sus distintas formas y variantes. <sup>(1,2)</sup> La Prueba Calórica (PC) bilateral alternada descrita y desarrollada por Fitzgerald-Hallpike <sup>(3)</sup> entrega información que permite localizar la lesión mediante la estimulación del Canal Semicircular Horizontal (CSC-H) a dos temperaturas diferentes, las cuales generan respuestas oculomotoras a direcciones específicas, permitiendo determinar actividades reflejas de cada oído, así como también información de la integración de estos en el sistema nervioso central. <sup>(4)</sup>

Estudios electrofisiológicos como la Electronistagmografía (ENG) y la Videoculoelectronistagmografía (VOG) han logrado registrar la respuesta de los movimientos oculares frente a la estimulación calórica, sea mediante electrodos de superficie en el caso de la ENG, y por cámara de video adaptada a lentes en el caso de VOG. <sup>(5,6,7)</sup> En los últimos años, una nueva prueba se ha ganado un espacio en el campo de los estudios en alteraciones de equilibrio, basándose en la respuesta ocular frente a cambios rápidos y repentinos en la posición de la cabeza, es la prueba del impulso céfalico, más conocido como Hit por sus iniciales en inglés (Head Impulse Test) y luego v-Hit (Video Assisted Head Impulse Test), ambos descritos por Halmagyi, Curthoy y otros. <sup>(8,9)</sup> Esta prueba ha sido un gran avance en la exploración del

sistema vestibular, específicamente del VOR, siendo utilizada en el diagnóstico diferencial en pacientes que presentan cuadros vestibulares agudos, por tener alta precisión para diferenciar lesiones periféricas de lesiones centrales, en particular frente a procesos isquémicos de tronco encefálico.<sup>(10)</sup>

La PC utiliza agua o aire a diferentes temperaturas como estímulo, lo que crea una gradiente térmica en el líquido endolinfático, que por mecánica de flujo defleca la cresta ampular del CSC-H desencadenando un nistagmo evocado con dirección dependiente de la temperatura utilizada.<sup>(11)</sup> La prueba mide el funcionamiento específico de los CSC-H frente a variantes de baja frecuencia oscilatoria (0,001 a 0,003 Hz), por lo que es considerada una prueba umbral.<sup>(12,13)</sup> En cambio, el Hit se basa en respuestas asimétricas del sistema canalicular frente a estímulos de movimientos cefálicos de corta duración, alta velocidad y aceleración. La frecuencia fisiológica de estos movimientos de la cabeza en los tres planos se realiza a velocidades mayores a 150°/s, con aceleraciones que van desde 4 a 5000°/s<sup>(2)</sup>, movimientos habituales en la vida cotidiana.<sup>(6,14,15)</sup> El Hit es puramente vestibular, ya que es demasiado rápido para ser modulado por otros sistemas de control oculomotor tales como el seguimiento suave, el reflejo optocinético y cervico-ocular.<sup>(6,16)</sup>

Es por ello que nos hemos propuesto estudiar el comportamiento de ambas pruebas en un grupo de sujetos que consultan de manera espontánea por síntomas de mareo, vértigo e inestabilidad.

## Material y método

El estudio fue realizado entre julio del 2016 a mayo del 2017, en el Centro de Evaluación y Tratamiento de los Trastornos Otoneurológicos de Viña del Mar, región de Valparaíso, Chile, siendo de tipo prospectivo y descriptivo. La muestra incluyó 100 pacientes, con edades que fluctuaron entre 16 y 85 años (media 60 años), 41 de sexo masculino y 59 femenino, con síntomas de mareo, vértigo e inestabilidad (tanto agudos como crónicos). Los criterios de exclusión fueron: alteraciones timpánicas activas, fobias, lesiones cervicales y lentes intraoculares que dificulten la grabación en alguna de ambas pruebas. El protocolo contempló un examen clínico otorrinolaringológico, audiometría tonal completa, evaluación vestibular funcional realizando primero el v-Hit para CSC-H (Interacoustic EyeSeeCam), observando el tiempo total de duración de la prueba. A continuación se realizó VOG (mediante video Interacoustic VO425b) que incluyó prueba de búsqueda

de nistagmo espontáneo con y sin fijación ocular, seguimiento pendular, estudio cerebeloso mediante prueba de movimiento sacádico, pruebas posicionales tanto de Mc Clure como Dix-Hallpike, concluyendo la evaluación con la prueba calórica descrita por Fitzgerald-Hallpike a temperaturas de 24°C y 48°C (estimulador de aire marca Difra modelo Air star), observándose también el tiempo total de duración de esta prueba. Se consideraron normales todos los resultados del v-Hit donde la ganancia fuese menor a 8%, con ausencia de sacadas cubiertas y/o descubiertas. En relación a la PC se consideraron como respuesta los valores obtenidos mediante la ecuación de Jongkees<sup>(7,17,18)</sup>, siendo normales todas las respuestas iguales o menores al 20%; valores mayores al mencionado anteriormente, se tomaron como hipoexcitabilidad vestibular (HEV). Así también, respuestas mayores a 27% en dirección preponderante (DP) se tomaron como fuera de la normalidad. Se consideró alterada la prueba calórica si se obtuvo uno o ambos porcentajes sobre los valores mencionados anteriormente. Además, se consideró alterada toda respuesta unilateral o bilateral obtenida inferior a 10°/s.<sup>(17)</sup>

Los pacientes fueron informados del estudio y su objetivo, y que el resultado de sus exámenes serían incluidos de manera anónima en este, solicitando su consentimiento en concordancia con la declaración de Helsinki.<sup>(19)</sup> Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba  $\chi^2$ , para determinar si la respuesta obtenida en cada prueba era independiente. Se estableció un error tipo I o  $\alpha=0,01$ . La hipótesis nula a contrastar mediante la prueba fue que la evidencia sugiere que no existe asociación entre el diagnóstico (normal o alterado) obtenido con ambas pruebas. Esto implica que, al confirmarse la hipótesis nula, existe evidencia de que no se puede generar el mismo diagnóstico con ambas pruebas, siendo estas desde el punto de vista clínico complementarias y no excluyentes la realización de una de ellas.

## Resultados

Los diagnósticos fueron diversos y se encuentran descritos en (Tabla 1). El 20% de los sujetos presentó una PC y un v-Hit normal, anotando que, en algunos de ellos (15%), hubo presencia de vértigo postural paroxístico benigno (VPPB). Un 59% de los sujetos fueron diagnosticados como alterados en ambas pruebas. Por su parte, un 21% de los pacientes presentó normalidad solo en una de las dos pruebas (Tabla 2).



Tabla 1. Número de pacientes por diagnóstico, Hipoexcitabilidad Vestibular (HEV), Normal (N), Alteración de la Aceleración Angular (AAA), Enfermedad de Ménière (EM), Diagnóstico Contradictorio (C), Otitis Media Crónica Recurrente (OMCR), Lesión Central (LC), otros.

Diagnóstico	Nº de Pacientes
HEV	53
N	23
AAA	10
EM	8
C	2
OMCR	2
EM+LC	1
Otros	1

Tabla 2. Número de pacientes diagnosticados con prueba calórica y v-Hit.

		v-Hit	
		Alterado	Normal
Prueba Calórica	Alterado	59	3
	Normal	18	20

En relación al v-Hit, la prueba demoró 10 minutos en promedio. Un 77% presentó alteraciones ya sea en ganancia y/o presentó sacadas cubiertas o descubiertas; el 23% de los sujetos presentó un v-Hit normal para todos los parámetros estudiados. El v-Hit entregó una alteración en algún parámetro en 77 pacientes, 74 de los cuales fueron verdaderos positivos, y 3 de ellos no tenían alteración. En aquellos con v-Hit normal, 20 fueron verdaderos y 3 falsos negativos, que correspondieron en todos los casos a enfermedad de Ménière (EM). De acuerdo con esto, la sensibilidad obtenida fue de un 96% y la especificidad de un 87% con el v-Hit. Por consiguiente, el valor predictivo positivo correspondió al 96%, y el valor predictivo negativo a un 87%.

Frente a presencia de sacadas correctivas, hubo tanto cubiertas como descubiertas, donde 42 pacientes no presentaron ningún tipo de sacadas, y un 19% presentó de ambos tipos. Un 60% de los pacientes mostraron sacadas cubiertas y un 58% descubiertas. Con respecto al lado de presentación de estas sacadas, 33 pacientes presentaron sacudidas ipsilaterales y solo 17 contralaterales (Tablas 2 y 3).

Con respecto a PC, el tiempo de realización promedio fue de 30 minutos. Los resultados indican que un 62% tuvo alguna alteración, todos verdaderos positivos; y por el contrario el 38% de las respuestas fue normal; de estos, 23 resultaron verdaderos negativos y 15 con alguna alteración. En la PC se obtuvo una sensibilidad de un 81% y una especificidad de un 100%. El valor predictivo positivo para la prueba calórica corresponde un 100% mientras que el valor predictivo negativo alcanza a un 61%.

Tabla 3. Composición y respuesta para cada diagnóstico frente a parámetros de estudio en cada prueba realizada.

		Prueba calórica		v-Hit			
		Normal	Alterada	Sacudidas correctivas		Ganancia	
				Cubiertas	Descubiertas	Normal	Alterada
Diagnóstico	Normal	23	0	0	0	23	0
	HVU	0	47	22	23	41	6
	HVB	0	6	3	5	0	6
	AAA	10	0	7	6	1	
	EM	3	5	3	3	2	6
	Otras	2	5	4	5	6	0
	Total	38	62			73	27

Tabla 4. Comportamiento de sacudidas correctivas encubiertas y descubiertas en v-Hit.

		Sacudidas descubiertas				
		Sin sacudidas	Ipsi-lateral	Contra-lateral	Bilateral	Total
Sacudidas cubiertas	Sin sacudidas	42	7	3	8	60
	Ipsilateral	10	4	1	4	19
	Contralateral	1	2	3	2	8
	Bilateral	5	1	2	5	13
	Total	58	14	9	19	100

En más de la mitad de los pacientes estudiados (53%) se obtuvo un diagnóstico de HV, diagnóstico tanto unilateral (47 pacientes) como bilateral (HVB=6 pacientes). Del total de pacientes con diagnóstico de HEV unilateral, en base a los resultados de la PC, solo 4 de ellos se definió la HEV mediante alteración de DP. Respecto al v-Hit, 4 pacientes presentaron una ganancia normal y sacadas correctivas presentes. De los 47 pacientes con HEV unilateral, 11 presentaron todos los parámetros alterados (PC, ganancia y sacadas correctivas cubiertas y descubiertas) (Tabla 4).

Se obtuvieron 6 pacientes con Hipoexcitabilidad Vestibular Bilateral (HVB), donde la PC y la ganancia del v-Hit mostraron alteraciones en ambos CSC-H. Solo un paciente de los 6 mostró ausencia de sacudidas correctivas y 3 del total presentaron sacudidas cubiertas y descubiertas al mismo tiempo (Tabla 3).

Del total de sujetos estudiados, 8 fueron diagnosticados como EM por clínica y estudios realizados, 3 de los cuales presentaron una PC dentro de la normalidad pero con v-Hit alterado, el resto presentó ambas pruebas fuera de la normalidad (Tabla 3).

Un 10% del total presentó una PC normal y un v-Hit alterado, 9 de estos presentaron en el v-Hit ganancia anormal, de los cuales 2 no presentaron sacadas correctivas; un sujeto presentó ganancia dentro de la normalidad pero con ambos tipos de sacudidas correctivas presentes; y otros 5 pacientes presentaron los tres parámetros del v-Hit alterados (Tabla 3 y 4).

En 6 pacientes se obtuvieron diagnósticos imprecisos o contradictorios (Tabla 1). En 34 pacientes hubo presencia de VPPB; de estos 34, en 15 se obtuvieron ambas pruebas normales, 4 al menos con una de las dos pruebas alteradas, y 15 de los 34 pacientes tanto con PC y v-Hit alterados. Respecto al VPPB asociado a otra patología, este se presentó en 14 oportunidades junto a HEV, 4 veces junto a lo que definimos como trastorno de aceleración angular y en una oportunidad acompañando a EM (Tabla 1).

## Discusión

Es importante considerar algunos hallazgos en la PC y en el v-Hit distribuidos en este grupo de 100 pacientes. Observamos, primeramente, que el v-Hit demoró aproximadamente un tercio del tiempo total que tomó la realización de la PC. Hubo 9 de ellos con diagnóstico de EM de acuerdo a AAO-HNSF<sup>(20)</sup>, solo 3 de los cuales tenían PC alterada y v-Hit normal, lo que ha sido descrito por otros autores los que plantean como causa de esta respuesta alterada del CSC-H a la PC por una parte, a una diferente estimulación de algún sector de la cúpula del CSC-H a través de corrientes endolinfáticas provocadas por calor o frío<sup>(21,22)</sup>; y por otra, a una alteración del recorrido del estímulo calórico mecánico de la temperatura por una membrana endolinfática alterada por una hiperpresión hidrópica.<sup>(23, 24)</sup> Para los otros 6 pacientes diagnosticados con EM con ambas pruebas alteradas, se argumenta que en el período de tiempo que rodea al cuadro agudo de hidropesía, las respuestas en el v-Hit sufren cambios y alteraciones similares a los producidos durante las fluctuaciones de la audición; sin embargo estas variaciones son diferentes a aquellas que sufre el v-Hit en pacientes con neuronitis vestibular<sup>(20,25)</sup>, cambios de esta prueba que están bastante bien establecidos para esta última patología mencionada, no así en la EM, donde esta prueba presenta un comportamiento diferente. La evidencia sugiere que estos 6 pacientes con v-Hit alterado y PC alterada cursaban un período agudo de su enfermedad al momento de ser evaluados.

Un 10% de los pacientes tuvo PC normal y v-Hit alterado. Estos resultados fueron revisados y confirmados, ya que no eran esperados desde el punto de vista clínico. Es probable que estos pacientes tengan una alteración relacionada con la aceleración angular desencadenada en el movimiento cefálico, lo que mide el v-Hit en forma especial y no así la PC. Es probable que estos pacientes tengan un diagnóstico difícil de precisar, o bien podrían constituir aquel

grupo definido tanto por Prepagaran y cols.<sup>(26)</sup> como McGavie y cols.<sup>(27)</sup> como alteración de la aceleración angular.

Los pacientes en que coinciden las respuestas alteradas de PC y v-Hit, corresponden al 59%. Si los resultados de estas pruebas están correlacionados, entonces el v-Hit puede ser utilizado como una herramienta de detección para pacientes con trastornos del equilibrio, e identificar a aquellos que requieren una PC. La capacidad del v-Hit para documentar la función del CSC-H durante un breve período de tiempo sería una clara ventaja sobre la PC.<sup>(28)</sup>

Es importante considerar que la HEV, en relación a la PC en este grupo de pacientes, se definió por dirección preponderante solo en el 4%, de tal forma que el 96% del total lo hizo mediante la disminución en la función vestibular.

En relación con el 6% de los pacientes con diagnóstico de HVB, estos presentaron ambas pruebas alteradas, todos con antecedentes clínicos de patologías médicas previas, relacionadas al uso de aminoglucósidos.<sup>(29,30)</sup>

Es importante referirse al rol que juegan las sacadas correctivas de la mirada en la fijación de un objetivo al momento de producirse el VOR o dentro de los primeros 8 ms después del movimiento cefálico. En el v-Hit de un sujeto sin lesión vestibular, la mirada se mantendrá durante todo el impulso cefálico sobre el objetivo, no así en un paciente con déficit vestibular periférico donde la mirada seguirá el impulso de la cabeza alrededor de los primeros 80 ms, para luego realizar sacadas correctivas siendo estas cubiertas si se producen durante el movimiento de la cabeza o descubiertas si se presentan cuando este haya finalizado.<sup>(31,32,33)</sup> La mayoría de las sacadas correctivas en nuestro estudio fueron ipsilaterales respecto a la HV, tanto cubiertas como descubiertas, siendo ambas concordantes con los movimientos fisiológicos oculares compensatorios para mantener el objetivo en el centro de la retina.<sup>(34)</sup> Algunos pacientes también presentaron sacadas cubiertas y descubiertas contralaterales al lado de la lesión; Halmagyi et al., en 2017, plantean que, frente a impulsos rotatorios en los canales semicirculares, existe una estimulación complementaria en ambos lados de la cabeza. La presencia de estas sacadas contralaterales se debería a que aferencias del CSC-H dañado dejan de responder o lo hacen en menor intensidad a la basal, lo que produce una disminución de la respuesta del núcleo vestibular ipsilateral. Esta disminución de disparo ejerce una

menor inhibición sobre el núcleo no dañado (CSC-H contralateral), el cual aumenta su velocidad de respuesta, siendo esta superior a la de reposo basal habitual, lo cual activa la respuesta del núcleo abducen, provocando la aparición de sacudidas correctivas contralaterales. <sup>(31,35)</sup>

Por último, los pacientes con VPPB asociado a otras patologías fueron 19, condición que ha sido descrita en otras publicaciones <sup>(36)</sup>, 15 pacientes con diagnóstico de VPPB presentaron ambas pruebas normales, situación que puede contener cierta inexactitud, ya que el protocolo contempló solamente v-Hit para canales horizontales; en estudios recientes se ha demostrado que la presencia de VPPB en el CSC-H no afecta ni altera la respuesta del VOR estudiada mediante la prueba de v-HIT, no así en los CSC vertical y/o posterior, donde la presencia de VPPB provoca una disminución en la ganancia del v-HIT. <sup>(36,37)</sup>

## Conclusión

Para la población estudiada, la prueba de v-Hit tiene una sensibilidad de 96% y una especificidad de 87%, lo que la hace complementaria a la PC para medir la función del canal semicircular horizontal, lo cual es compartido en la literatura. <sup>(38,39)</sup> Por lo anterior recomendamos comenzar por esta evaluación. Si el v-Hit fuese normal sugerimos realizar la PC y otros exámenes complementarios que sean pertinentes a la condición clínica del paciente.

**Los autores no manifiestan conflictos de interés.**

## Bibliografía

- Hallpike CS. *The Caloric Tests*. *Practica Oto\_Rhino\_Laryngologica* 1955; 17:173-178.
- Cawthone T, Dix MR, Hood JD. *The investigation of vestibular function*. *British Medical Bulletin* 1996. 12: 131-142.
- Fitzgerald G, Hallpike CS. *Observation o the directional-preponderance of caloric nystagmus resulting from unilateral labyrinthectomy*. *Brain* 1942; 65: 115.
- Rama L, Pérez F. *Prueba vestibular y posturografía Medica Universidad de Navarra. Departamento de Otorrinolaringología*. 2003, 47; (4): 21-28.
- Robinson BS. *Pruebas comunes de Funcionamiento Vestibular*. 2010. *Neurology Section. American Physical Therapy Association*.
- Pielkiew CZ, Pepas R, Sulkowsky WJ, Zielinzka-Blizniewska H, Olszewsky J. *Electronystagmography versus Videonystagmography in Diagnosis of vertigo*. *Int. J. Occup Med Environ Healt*. 2012, 25(1): 59-65.
- Mahringer A, Rambold HA. *Caloric test and video-head-impulse: a study of vertigo/dizziness patients in a community hospital*. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014, 271(3):463-72. doi: 10.1007/s00405-013-2376-5.
- Hamagyi GM, Curthoys IS. *A Clinical sign of canal paresis*. *Arch Neurol*. 1988; 45: 737-739.
- Hamagyi GM, Curthoys IS, Cremer PD, Henderson CJ, Staples M. *Head impulses after unilateral Vestibular desafferentation validate Ewald's second Law*. *Journal Vestib. Res*; 1990; 1: 187-197.
- Newman-Toker D. *Missed stroke in acute vertigo and dizziness: It is time for action, not debate*. *Ann Neurol*. 2016 ;79(1):27-31. doi: 10.1002/ana.24532. Epub 2015 Dec 12.
- Shen S, Liu Y, Sun X, Zhao W, Yu S, Su Y, Yu S, Liu W. *A Biomechanical Model of the inner Ear: Numerical Simulation of the Caloric Test*. *Scientific World Journal*. 2013 Oct 2; 2013: DOI: 10.1155/2013/160205.
- Halmagyi GM, Curthoys IS, Cremer PD, Henderson CJ, Todd MJ, Staples MJ, et al. *The human horizontal vestibulo-ocular reflex in response to high-acceleration stimulation before and after unilateral vestibular neurectomy*. *Exp Brain Res*. 1990;81(3):479-90.
- Halmagyi Gm, Cremer PD, Todd M. *Impulsive Testing of individual Semicircular Canal Function*. *Ann NY Acad Sci* 2001; 42:635-660.
- Goldberg J, Fernández C. *Physiology of Peripheal Neurons Inerveting semicircular Canals of Squirrel Monkey. I Resting Discharge and Response to Constant Accelerations*. *J Neurophysiol* 1971; 34: 365-360.
- Bahner C. *Calortics and vHIT: Do you really need Both?*. *Hears the News* 2017; 1-3.
- Weber KP, McDougall H, McGavie L, Halmagyi M, Curthoys IS. *Video measurement of head impulse test*. *Conference Paper in Journal of Neurology* June 2010.
- Martin E, Esteban J, Zschaek Ch, Menal R, Ramos D, Pontero de la Plaza A. *Interpretación de las Pruebas Vestibulares, VIII Congreso de la Asociación Madrilená de Otorrinolaringología* 2013; Cap. 1: 41-56.
- Lasagno S. *Evaluación Vestibular Cuantitativa: Pruebas Calóricas*. *Faso* 2015; Suplemento Vestibular parte 1: 35-39.
- World Medical Association Declaration of Helsinki. *Declaration of Helsinki*. *Bulletin of World Health Organization*, 2001;79(4):1-2.
- Manzari L, Burgess AM, McDougall HG, Bradshaw AP, Curthoys IS. *Rapid Fluctuations in dynamic semicircular-canal function in early Meniere's disease*. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011; 268: 237-239.
- Hullar TE, Della Santina CC, Responses of irregular discharging chinchilla semicircular canal vestibular nerve afferents during high-frequency head rotation. *J Neurophysiol* 2005, 93 (5): 2777-2786.
- Alhabib SF, Saliba I. *Video head impulse test: a review of the literature*. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017; 274 (3): 1215-1222.
- McGarvie LA, Curthoys IS, McDougall HG, Halmagyi GM. *What does the dissociation between the results of video head impulse versus caloric testing reveal about the vestibular dysfunction in Meniere's disease*. *Acta Otolaryngol*, 2015, Sep;135(9):859-65. doi: 10.3109/00016489.2015.1015606. Epub 2015 Jun 19.

24. McCaslin DL, Rivas A, Jacobson GP, Bennett ML. The Dissociation of Video Head Impulse Test (vHIT) and Bithermal Calorics test results Provide Topological Localization of Vestibular System of Impairment in Patients with "Definitive" Meniere's disease. *American Journal of Audiology* 2015; 24: 1-10.
25. Redondo-Martínez J, Bacares-Martínez C, Orts-Alborch M, García-Callejo FJ, Pérez -Carbonell T, Marco-Algarra J. Relación entre el video head impulse test (vHIT) y la prueba calórica en el estudio evolutivo de pacientes con neuritis vestibular. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2016; 63 (3): 156-161.
26. Prepageran N, Kisilevsky V, Tomlinson D, Ranalli P, Rutka J. Symptomatic high frequency/acceleration vestibular loss: consideration of a new clinical syndrome of vestibular dysfunction. *Acta Oto-Laryngologica* 2005; 125: 48-54.
27. McGavie LA, McDougall HG, Halmagyi GM, Burgess AM, Weber KP, Curthoys IS. The video head impulse test (vHIT) of semicircular canals function- age - dependent normative values of VOR gain in healthy subjects. *Frontier of Neurology* 8; 6:154. doi: 10.3389/fneur.2015.00154.
28. Mezzalana R, Bittar RSM, do Carmo Bilécki-Stipsky MM, Brugnera C, Grasel SS. Sensitivity of caloric test and video head impulse as screening test for chronic vestibular complaints. *Clinics.* 2017;72(8):469-473. doi:10.6061/clinics/2017(08)03
29. Mercado V, Burgos R, Muñoz C. Ototoxicidad por medicamentos. *Rev. Otorrinolaringol Cir. Cabeza Cuello* 2007; 67: 167-177.
30. Breinbauer H, Anabalon JL. Prueba de impulso cefálico. *Rev. Otorrinolaringol Cir. Cabeza Cuello* 2011; 71: 123-130.
31. Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LH, Curthoys IS. The Video Head Impulse Test. *Frontier of Neurology* 2017, 9; (8):258. doi: 10.3389/fneur.2017.00258. E Collection 2017.
32. Álvarez-Santa Cruz C, López-Robles M, Hellin-Meseguer. Experience with Video Head Impulse Testing (vHit). *Rev. ORL* 2017,8; (1): 5-15.
33. Breinbauer H, Anabalon JL, Aracena K, Nazal D, Baeza MA. Experiencia en el uso video-Impulso Cefálico (vHIT) en la evaluación del reflejo vestibulo-oculomotor para el canal semicircular horizontal. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello* 2013; 73: 115-124.
34. Termsarasab P, Thammongkolchai T, Rucker J C, FrunchtS J. The diagnostic value of saccades in movement disorder patient: a practical guide and review. *Journal of Clinical Movement Disorders* 2015 (2);14 :1-10.
35. Mc Dougall H, Curthoys I. Plasticity during vestibular compensation: the role of saccades. *Front Neurol* 2012, 28:3-21.
36. Fallahnezhad T, Adel Ghahraman M, Farahani S, Hoseinabadi R, Jalaie S. Vestibulo-Ocular Reflex Abnormalities in Posterior Semicircular Canal Benign Paroxymal Positional Vertigo: A Pilot Study. *Iranian Journal of Otorhinolaryngology* 2017, 29 ;(94):269-274.
37. Guan Q, Zhang L, Hong W, Yang Y, Chen Z, Zhang D, Hu X. Video head impulse test for evaluation of vestibular function in patients with vestibular neuritis and benign paroxymal positional vertigo. *Journal of Zhejiang University. Medical sciences* 2017, 46;(1): 52-58.
38. Rambold H A. Economic management of vertigo/dizziness disease in a country hospital: video-head-impulse test vs. caloric irrigation. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2015; 272(10): 2621-2628.
39. Van Esch B F, Nobel-Hoff J E A J, Van Benthem P P G, Van Der Zaag-Loonen H J, Bruintjes Tj D. Determining vestibular hypofunction: start with the video-head impulse test. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2016, 273 ;(11): 3733-3739.