



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
SECRETARIA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

**CAMBIOS EN LA GANANCIA DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR  
(VOR) CON EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN  
GALVÁNICA VESTIBULAR Y SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS.**

# TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
MÉDICO ESPECIALISTA EN:

AUDIOLOGÍA, OTONEUROLOGÍA  
Y FONIATRÍA

Dra. Guadalupe Jimena Lara Lara

**P R E S E N T A**

**PROFESORA TITULAR**

Dra. Laura Elizabeth Chamlati Aguirre

**ASESORES CLÍNICOS**

Dra. Ivonne Calderón Leyva

Dra. Julia Kioko Ishiwara Niembro

**ASESOR METODOLÓGICO**

Dr. Enrique Soto Eguibar





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL**  
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

---

**DR. HUMBERTO VARGAS FLORES**  
ENCARGADO DE LA SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA

---

**DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL**  
JEFE DE SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO

---

**DRA. L. ELIZABETH CHAMLATI AGUIRRE**  
PROFESORA TITULAR DEL CURSO

---

**DRA. IVONNE CALDERÓN LEYVA**  
ASESORA CLÍNICA

---

**DRA. JULIA KIOKO ISHIWARA NIEMBRO**  
ASESORA CLÍNICA

---

**DR. . ENRIQUE SOTO EGUIBAR**  
ASESOR METODOLÓGICO

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar siempre a mi lado.

A mi familia por ser mi motivación.

A mis amigos por ser mi impulso.

A mis asesores clínicos, en especial a la Dra. Ivonne Calderón Leyva, quien fue parte indispensable en este proyecto y a quien admiro mucho personal y profesionalmente.

A mi asesor metodológico, el Dr. Enrique Soto Eguibar, por el apoyo, préstamo del equipo y la vinculación con el Instituto de Fisiología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Al Dr. Rodolfo Machorro Rosas, elemento importante en la elaboración de este protocolo.

A todos mis profesores que a lo largo de mi formación profesional dejaron una huella en mí, al brindarme enseñanzas y bases indispensables en esta maravillosa carrera; la cual me ha dado una gran satisfacción en mi vida.

## ABREVIATURAS

CSC	Canal Semicircular
CSL	Canal Semicircular Lateral
DV	Disfunción Vestibular
DVI	Disfunción Vestibular Izquierda
DVD	Disfunción Vestibular Derecha
DVB	Disfunción Vestibular Bilateral
EGV	Estimulación Galvánica Vestibular
RV	Rehabilitación Vestibular
VOR	Reflejo Vestíbulo Ocular
v-HIT	Video Head Impulse Test
mA	miliAmperios
Hz	Hertz
seg	Segundos
mseg	Milisegundos

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
MARCO TEÓRICO.....	4
ANTECEDENTES .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
HIPOTESIS .....	13
OBJETIVOS .....	13
METODOLOGÍA.....	13
ASPECTOS ÉTICOS.....	20
RESULTADOS .....	22
DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXOS.....	47

# **CAMBIOS EN LA GANANCIA DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR (VOR) CON EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR Y SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS.**

**NO. DE INVESTIGACIÓN: 10/19**

## **RESUMEN**

Para que un individuo logre mantener el cuerpo en equilibrio (en contra de la gravedad) y en balance (sostener el cuerpo en contra de la gravedad a fin de mantener el campo visual) debe poseer la integridad de tres sistemas: el somatosensorial que informa lo que ocurre a nivel de músculos, tendones y articulaciones; el visual que brinda información de que se mueve o está estático; y el vestibular que informa sobre los movimientos de la cabeza en el espacio, así como la aceleración-desaceleración y la posición estática de la misma.

Cuando hay una disfunción vestibular, la información proveniente del sistema vestibular es inadecuada, lo que puede llevar a una percepción espacial incongruente provocando vértigo, mareo e inestabilidad postural entre otros signos y síntomas; estos trastornos inciden de forma negativa en la calidad de vida de las personas que los sufren, por lo que resulta importante brindar tratamiento oportuno mediante rehabilitación vestibular.

El objetivo es definir los efectos fisiológicos que tiene el uso de la estimulación galvánica vestibular (EGV) y determinar si existe diferencia en la ganancia del reflejo vestibulo ocular (VOR) posterior al uso de la misma en sujetos sanos y con trastornos vestibulares (con diagnóstico de disfunción vestibular periférica), provenientes del servicio de otoneurología del Instituto Nacional de Rehabilitación Dr. Luis Guillermo Ibarra Ibarra.

Los pacientes se dividieron en cuatro grupos: el primer grupo estará conformado por individuos con diagnóstico de disfunción vestibular izquierda, el segundo grupo por sujetos con disfunción vestibular derecha, el tercer grupo correspondió a sujetos con diagnóstico de disfunción vestibular bilateral y el cuarto fué el grupo control, es decir, sujetos sanos. Todos los grupos recibieron EGV a través de un estimulador eléctrico de señal variable marca BK Precision (Anexo 1); la estimulación se llevó a cabo mediante tres protocolos de estimulación, los cuales difieren entre sí en cuanto al tiempo de estimulación y el número de mediciones de vHIT realizadas.

Es importante destacar que durante la EGV se mantuvo control de variables hemodinámicas no invasivas mediante un sistema de monitoreo de signos vitales.

Finalmente con la información obtenida se realizó una base de datos y se analizaron en el programa SPSS. Se usaron pruebas t de Student pareadas para comparaciones entre etapas del registro (pre-estimulación y post-estimulación), y pruebas t de Student para comparación entre grupos. Cuando la serie de valores no pasa la prueba de normalidad se usará la prueba



no paramétrica de Wilcoxon con un nivel de confianza del 95%. Adicionalmente se realizaron pruebas ANOVA para comparaciones entre grupos de diferentes condiciones experimentales.

## **MARCO TEÓRICO**

El vértigo es frecuente en nuestro medio, tiene una prevalencia estimada que varía del 1.8% en adultos jóvenes a más del 30% en la vejez. Datos de la encuesta nacional de salud y nutrición para adultos en Estados Unidos demuestran que la prevalencia de disfunción vestibular es de 49.4% en el grupo etario de 60–69 años, del 68.7% entre los 70 y 79 años, llegando al 84.8% en los mayores de 80 años. <sup>(1)</sup>

Una de cada tres personas experimentará vértigo, mareo o desequilibrio durante su vida. En los Estados Unidos, el registro anual de incidencia en el primer nivel de atención es de 1.7%, una prevalencia anual de 17% y una prevalencia de por vida de cerca del 25%. <sup>(2)</sup> En el Reino Unido, se estima una prevalencia de por vida de cerca del 40%, incluyendo mareo, vértigo e inestabilidad, actualmente con una prevalencia de uno de cada cuatro individuos con edades comprendidas entre los 50 y 65 años. En México no hay certeza en las estadísticas al respecto. <sup>(2)</sup>

El Impacto en la vida del paciente con vértigo y otros trastornos vestibulares es cuantificable ya que 86% interrumpen sus actividades diarias, 68% reducen su productividad laboral, 4% cambian de trabajo y 6% renuncian a toda actividad laboral. <sup>(3)</sup>

El envejecimiento se relaciona de manera significativa con la aparición de desequilibrio. Se calcula que 40% de pacientes geriátricos han consultado a algún médico por “mareo”. De todos los pacientes mayores de 60 años, 20% experimentaron vértigo lo bastante grave para que afectara sus actividades cotidianas. <sup>(4)</sup> El vértigo es la causa del 1% de consultas médicas en Estados Unidos, siendo la mayoría de las causas de vértigo otológicas. El 70% de las consultas por vértigo son atendidas por médicos generales y sólo el 4 % son enviados a especialistas. El diagnóstico y tratamiento se retrasan por meses, a más del 65% se les realizan pruebas diagnósticas o terapéuticas innecesarias. <sup>(3)</sup>

En el anciano, el mareo/vértigo está asociado, además, a enfermedades cardiovasculares o neurológicas, medicamentos o disfunción multisensorial; en sujetos jóvenes, usualmente obedece a disfunción vestibular periférica. <sup>(2)</sup> Los costos hasta llegar al diagnóstico ascienden a \$2000.00 dólares por paciente, lo que se traduce en 11 mil millones de dólares anuales en Estados Unidos <sup>(3)</sup>.

## **ANTECEDENTES**

### **ESTIMULACIÓN GALVÁNICA**

A pesar de los avances en el desarrollo de un dispositivo implante que sustituya la función del aparato vestibular, las propuestas vigentes presentan diversos inconvenientes: deben ser

instaladas quirúrgicamente, se pierde la función auditiva y vestibular remanente en el oído afectado, en el proceso de implantación existe riesgo de lesión al nervio facial y los pacientes experimentan mareo o vértigo después de la activación del sistema. <sup>(7)</sup> Con base en lo anterior, se desarrolló un dispositivo protésico que, mediante EGV la cual es inocua (siempre y cuando se mantenga un nivel de corriente < 2 mA), efectúe modificaciones en la postura que permitan a los sujetos mantener el equilibrio mientras se mantienen de pie o se desplazan.

Se considera una técnica de investigación simple, inofensiva, no invasiva y de bajo costo, que dependiendo de cómo se aplica, produce respuestas posturales específicas relacionadas con la activación de los canales semicirculares (sensaciones de movimiento angular) o con los órganos otolíticos (desplazamiento lineal). El método consiste en aplicar una corriente de alrededor de 1-2 mA, a través de electrodos de los cuales al menos uno está sobre la apófisis mastoides. <sup>(8)</sup>

Volta fue el primero que informó sobre los efectos perceptivos de la estimulación eléctrica en 1790, cuando colocó electrodos en sus oídos. Sintió una contracción y giró su cabeza y escuchó un ruido. Breuer y Hitzig informaron de un movimiento corporal ilusorio durante la estimulación con los electrodos colocados en los mastoides. Por otro lado, en 1820, Johann Purkyne investigó sistemáticamente el mareo y la alteración del equilibrio inducido por la estimulación galvánica. El primer informe sobre el nistagmos resultante de la estimulación galvánica proviene de Hitzig, quien experimentó con perros y humanos mediante la combinación de laberintectomía y estimulación galvánica en animales; Josef Breuer mostró el origen vestibular del nistagmos inducido y las distorsiones del equilibrio. Desde entonces, EGV se ha utilizado para la investigación del sistema vestibular en animales y humanos. <sup>(9)</sup>

La EGV modula la descarga de las neuronas aferentes vestibulares, actuando en el sitio de disparo post sináptico. La corriente catódica aumenta la frecuencia de descarga de las neuronas, mientras que la anódica la disminuye. <sup>(10)</sup> La EGV catódica o anódica afectan la descarga de las aferentes de los canales semicirculares de manera similar a una aceleración angular ipsilateral y contralateral. <sup>(8)</sup>

Con la cabeza mirando hacia adelante, el balanceo inducido por la corriente galvánica es lateral y hacia el ánodo, porque la corriente galvánica simula la señal del nervio vestibular que resultaría si el cuerpo estuviera inclinado hacia el lado del cátodo. <sup>(11)</sup>

Tipos de modalidades para la estimulación galvánica <sup>(12)</sup>:

1. EGV Bipolar: La señal de los canales semicirculares durante este tipo de estimulación, indican un giro de gran magnitud, y viraje de menor magnitud, hacia el lado del cátodo. Por lo tanto, se producirá una inclinación hacia el ánodo.
2. EGV Unilateral: Provoca una inclinación que tiene una trayectoria oblicua al eje interaural. La respuesta observada es hacia el ánodo o lejos del cátodo. El componente sagital del desplazamiento es hacia el frente cuando se aplica corriente catódica, y hacia atrás cuando la corriente es anódica.

3. EGV Bilateral unipolar: Los sujetos se inclinan hacia el frente con EGV catódica a ambos lados, y hacia atrás con EGV anódica en ambos lados.

La tecnología es confiable y tolerada, y no representa ningún riesgo para los pacientes, únicamente la molestia de los electrodos y algunos sujetos pueden sentir sensaciones de hormigueo o comezón en la zona de estímulo, solo durante el tiempo de duración del estímulo, no causa dolor.

El dispositivo, tiene las ventajas sobre los implantes en que la estimulación es superficial, no requiere de cirugía, el sujeto puede quitárselo cuando lo desee. Este dispositivo permitirá restablecer el balance de los individuos en condiciones de inestabilidad que se experimentan en la vida cotidiana, como caminar sobre superficies blandas, o en condiciones extremas, como durante estancias cortas o prolongadas en microgravedad.

La Estimulación Galvánica Vestibular es un método de estimulación eléctrica no invasiva para afectar el sistema vestibular y potencialmente cambiar el equilibrio. El estímulo produce respuestas estereotipadas posturales y oculares automáticas. Dependiendo de cómo se aplica la EGV, puede producir sensaciones específicas que pueden estar relacionadas con la anatomía y la fisiología del aparato vestibular, incluidos los tres canales semicirculares. La tecnología ha sido probada durante décadas para aplicaciones médicas y no médicas <sup>(13)</sup>.

En el año 2014 se llevó a cabo una prueba de estimulación galvánica vestibular en 13 sujetos sanos, mujeres y hombres de 20 a 35 años. 7 recibieron estimulación bipolar bilateral mientras caminaban, 3 recibieron estimulación bipolar monoaural mientras caminaban, 2 recibieron estimulación bipolar bilateral mientras permanecían de pie y 1 bipolar monoaural mientras permanecía de pie.

Las observaciones en ambas formas producen los siguientes resultados A, B y C (Anexo 2). A partir del cual: Resultado A: Es el resultado del estímulo bipolar bilateral aplicada 16 veces en 7 sujetos mientras caminaban. Los sujetos principalmente desviaron sus caminos hacia el ánodo. Resultado B: Es el resultado del estímulo bipolar unilateral aplicada 16 veces en tres sujetos mientras caminaban. Los sujetos principalmente desviaron sus caminos hacia el ánodo. Resultado C. Es el resultado del estímulo bipolar bilateral aplicación aplicada 16 veces en dos sujetos mientras permanecían de pie Los sujetos desplazaron principalmente el centro del cuerpo masa hacia el ánodo.

El desplazamiento en el eje X y el eje Y y se comparó el ángulo de desplazamiento entre los dos ejes en tiempo real antes, durante y después de la estimulación. Este estudio indica que el uso de la superficie de estimulación galvánica es factible para el desarrollo equipo de prótesis vestibular que proporciona información a el sujeto sobre su orientación y sobre el desplazamiento de su cabeza, combinando el sistema de detección propuesto con los hallazgos relacionados con este tipo de estimulación.

Dado que los sujetos experimentan una sensación de movimiento cuando el estímulo se aplica con los ojos abiertos o cerrados, podemos concluir que la estimulación galvánica vestibular influye directamente en el sistema vestibular, como lo demuestran otros estudios. Dichos estudios proponen que una hiperpolarización en uno de los órganos vestibulares y la despolarización en el lado opuesto se imponen a través de la corriente aplicada.

La inclinación hacia uno de los lados de la cabeza en primates despolariza las células ciliadas ipsilaterales, causando un aumento en la frecuencia de descarga de las células aferentes vestibulares primarias; al mismo tiempo, los cilios de las células pilosas del lado opuesto están hiperpolarizadas, lo que se traduce en una disminución en la frecuencia de descarga de las células primarias aferentes

### REFLEJO VESTÍBULO OCULAR (VOR)

El reflejo vestíbulo ocular es un reflejo de movimiento ocular que estabiliza la imagen en la retina durante el movimiento de la cabeza realizando un movimiento ocular en la dirección opuesta, se desencadena por medio del sistema vestibular que indica la rapidez con que rota la cabeza, y el sistema óculo-motor utiliza esta información para estabilizar los ojos con objeto de mantener sin movimiento las imágenes en la retina a fin de conservar la agudeza visual. <sup>(14)</sup>

Los canales o receptores otolíticos que están en el plano del movimiento generado, son los encargados de controlar que se genere el reflejo apropiado en dicho plano. Como reflejo, tiene una latencia que se ha reportado tan corta como de 5 a 7 milisegundos. Los músculos extra-oculares están dispuestos en pares, que están orientados en planos muy cercanos a los de los canales, esta disposición geométrica permite que un solo par de canales se conecte predominantemente a un solo par de músculos extra-oculares. El resultado son movimientos conjugados de los ojos en el mismo plano que el movimiento de la cabeza. <sup>(15)</sup>

Este reflejo tiene dos variantes. El VOR angular, mediado por los CSC, que compensa la rotación. El VOR lineal, mediado por los otolitos, compensa la traslación. El VOR angular es el principal responsable de la estabilización de la mirada. El VOR lineal es más importante cuando los objetivos cercanos se están viendo y la cabeza se está moviendo a frecuencias relativamente altas.

En los tres componentes principales del laberinto se originan tres reflejos vestíbulo-oculares diferentes <sup>(16)</sup>:

1. El reflejo vestíbulo-ocular de rotación compensa la rotación de la cabeza y recibe su aferencia predominantemente a partir de los conductos semicirculares.
2. El reflejo vestíbulo-ocular de traslación compensa el movimiento lineal de la cabeza.
3. La respuesta ocular de contra rotación compensa la inclinación de la cabeza en el plano vertical.

El VOR es uno de los más rápidos del cuerpo humano y ocurre cuando <sup>(17)</sup>:

1. La cabeza gira hacia la derecha, el flujo endolinfático desvía la cúpula hacia la izquierda.
2. La frecuencia de descarga de las células ciliadas en la cresta derecha aumenta en proporción a la velocidad del movimiento de la cabeza, mientras que la frecuencia de descarga de las células ciliadas en la cresta lateral izquierda disminuye.
3. Estos cambios en la frecuencia de disparo se transmiten a lo largo del nervio vestibular e influyen en la descarga de las neuronas de los núcleos vestibular medial, superior y el cerebelo.
4. Los impulsos excitatorios se transmiten a través de tractos de materia blanca en el tronco del encéfalo hacia los núcleos óculo-motores, que activan el recto medial derecho (ipsilateral) y el recto lateral (contralateral) izquierdo. Los impulsos inhibitorios también se transmiten a sus antagonistas.
5. Simultáneamente, se produce la contracción de los músculos recto lateral izquierdo y recto medial derecho y la relajación del recto medial izquierdo y el recto lateral derecho, lo que produce movimientos laterales compensatorios del ojo hacia la izquierda.
6. Si la velocidad del ojo no es adecuada para la velocidad de la cabeza dada y el movimiento de la imagen de la retina es más de 2 grados por segundo, la proyección del cerebelo a los núcleos vestibulares modificará la velocidad de disparo de las neuronas dentro de los núcleos vestibulares para reducir el error y no perder la agudeza visual.

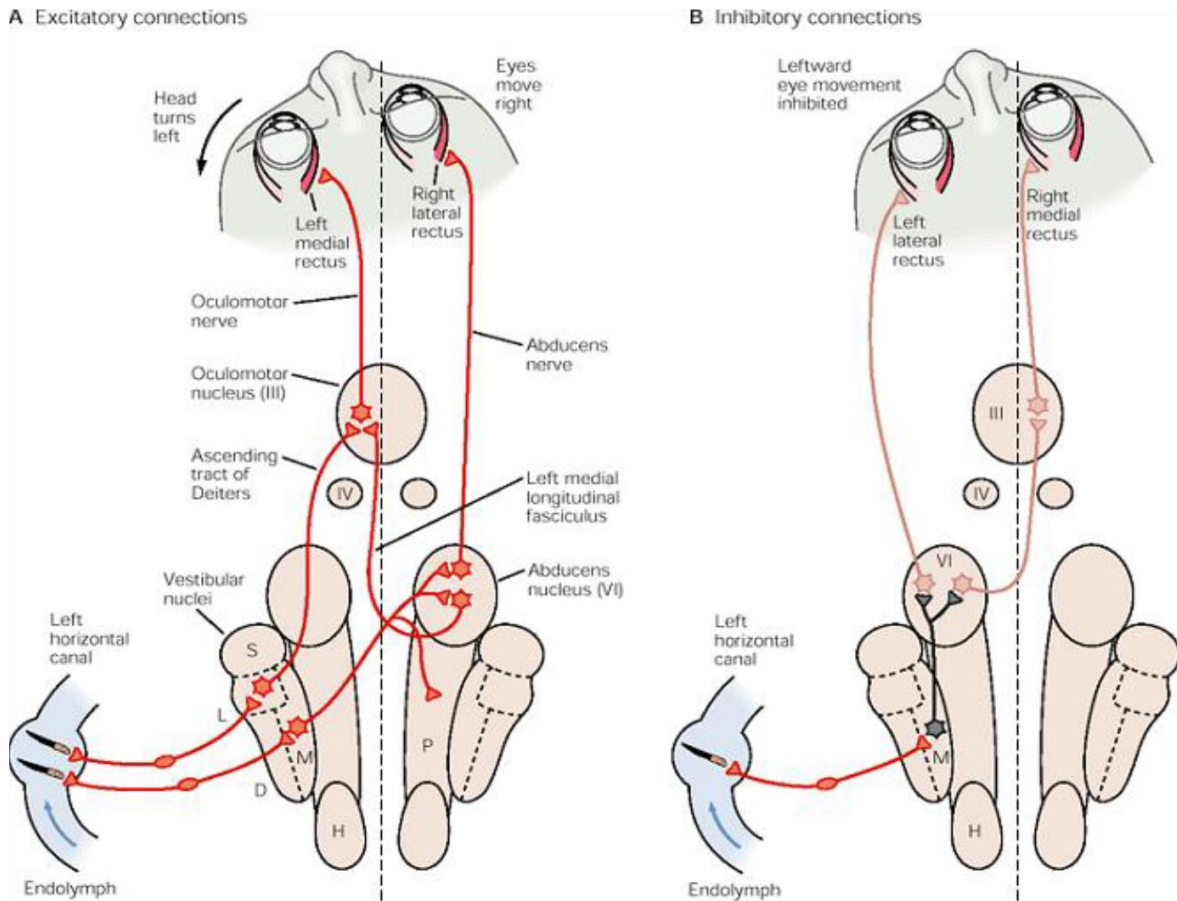


Figura 1. Vía vestibular del reflejo vestibulo ocular (Tomada de Goldberg, 2000).

### v-HIT

Prueba de impulso cefálico asistida por video o v-HIT (head impulse test) es una herramienta diagnóstica que proporciona información sobre la integridad del Reflejo vestibulo ocular (VOR) en condiciones fisiológicas (aceleraciones cefálicas angulares), cuantificando las ganancias y los movimientos sacádicos.

Fue descrita por Halmagyi y Curthoys en 1988 de manera sencilla y al alcance de cualquier clínico, proporciona información sobre la integridad del VOR en ambos oídos (mediante la estimulación de los canales semicirculares) y su alteración es congruente con una hipofunción vestibular <sup>(18)</sup>.

Es importante el registro antes y al final de la rehabilitación pues nos permite cuantificar de forma objetiva la ganancia del reflejo vestibulo ocular, así como la presencia de sacadas covert como marcador de mejoría por desarrollo de estrategias de adaptación adecuadas.

El VOR es de los reflejos más rápidos en desencadenarse, aproximadamente a los  $7.5 \pm 2.9$  mseg en el plano horizontal, desde el comienzo de la estimulación, casi al mismo tiempo del movimiento cefálico, por lo que es fundamental el instrumental adecuado para su registro.

Para poder evaluar el VOR es necesario medir la aceleración del movimiento cefálico y relacionarla con la aceleración del movimiento compensatorio ocular. <sup>(20)</sup>

La prueba de Impulso Cefálico o Head Impulse Test (HIT) es un método diagnóstico para evaluar la efectividad del reflejo vestíbulo oculomotor en pacientes con sintomatología vestibular, cuantificando las ganancias y los movimientos sacádicos y su alteración es congruente con una hipofunción vestibular <sup>(20)</sup>.

La ganancia del VOR se define como la relación que existe entre el movimiento cefálico (*input*) y el desplazamiento de los ojos (*output*). Así, la aceleración de los ojos puede ser consignada como una función de la aceleración cefálica (ganancia VOR = aceleración ocular/aceleración cefálica). En sujetos normales la ganancia del VOR tiene un valor cercano a 1, siendo en el plano horizontal de  $0,94 \pm 0,065$ . <sup>(21)</sup>

La técnica de HIT descrita por Halmagyi y Curthoys consiste en movimientos pasivos e impredecibles de la cabeza de pequeña amplitud ( $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ), de alta velocidad (200-400°/seg) y de gran aceleración (3000-4000°/seg<sup>2</sup>) en el plano de un par de canales semicirculares (tanto en el plano horizontal como vertical) que desencadenará el VOR. Originalmente esta técnica se realizaba por un operador calificado, debido a la alta precisión de los movimientos y aceleraciones, el error en la toma de mediciones era muy común dándose falsos positivos o negativos, gracias al desarrollo de herramientas tecnológicas se modificó esta técnica a *Video Head Impulse Test* (v-HIT) que se basa en el registro de los movimientos oculares con el uso de cámaras de alta velocidad (250 cuadro/ segundos) que logran captar los movimientos compensatorios durante el impulso cefálico, que al ser de mayor aceleración y velocidad y de menor latencia, no son posibles de registrar con cámaras convencionales y menos a ojo desnudo. <sup>(22)</sup>

En sujetos sanos, frente a una rotación cefálica, se producirá un movimiento rápido de los ojos de tipo compensatorio y en dirección opuesta al movimiento de la cabeza, mediado por el VOR, para mantener la mirada fija y la imagen de interés en la fóvea. <sup>(22)</sup>

Más fácilmente, si un sujeto fija su mirada en un punto distante y bruscamente rotamos su cabeza hacia un lado, los ojos deben ser capaces de mantener la imagen del objeto en la retina. El v-HIT por tanto evalúa la función angular del laberinto, es decir los canales semicirculares, dejando de lado la función lineal que recae en los órganos otolíticos, el utrículo y el sáculo. <sup>(20)</sup>

Cuando existe algún déficit en el VOR los ojos se moverán en la misma dirección de la rotación de la cabeza y, para mantener la mirada fija en un objeto, deberán realizar un movimiento sacádico correctivo (*catch-up saccades*) hacia el lado opuesto a la rotación cefálica. Si esta sacada de corrección se produce al final del movimiento cefálico, un examinador entrenado la podrá observar. Estas son conocidas como *overt saccades* (descubiertas) y son el signo clínico de una paresia del CSC estimulado. Sin embargo, si esta sacada correctiva aparece durante el movimiento cefálico, no podrá ser detectable a simple vista. Estas sacadas son conocidas como *covert saccades* (encubiertas) siendo también signos de paresia vestibular. Tanto las *overt saccades* como las *covert saccades* pueden estar presentes simultáneamente en un paciente.

El problema radica en que la existencia de *covert saccades* hace que la amplitud de las *overt saccades* disminuya, haciendo difícil la observación de éstas últimas y favoreciendo la aparición de falsos negativos al no registrarlas. <sup>(22)</sup>

Para el registro de los movimientos cefálicos se utiliza una unidad de medición de inercia compuesta por un acelerómetro de 3 ejes y de 2 giroscopios de doble eje así como una cámara, que forma parte de las gafas de v-HIT.

Es importante el registro antes y al final de la rehabilitación pues nos permite cuantificar de forma objetiva la ganancia del reflejo vestíbulo ocular, así como la presencia de sacadas *covert* como marcador de mejoría por desarrollo de estrategias de adaptación adecuadas. <sup>(23)</sup>

## COMPONENTES DEL v-HIT

La Ganancia (Gain) es la relación entre la velocidad del movimiento de los ojos y la velocidad del movimiento de cabeza. En el gráfico obtenido de la prueba se obtienen las ganancias individuales y la ganancia media. Mostrando los valores de ganancia en el eje Y y las velocidades pico correspondientes en el eje X. En la parte superior del gráfico hay una leyenda que identifica los colores usados para los valores izquierdo y derecho. Encima del gráfico se muestran los valores para el lado derecho e izquierdo, que son las desviaciones estándar para el lado derecho e izquierdo, también se muestra la existencia o no de asimetría del reflejo vestíbulo-ocular derecho-izquierdo y los datos normativos límite se definen en función de la búsqueda de datos; las zonas sombreadas indican los márgenes para los datos que no se incluyen en los valores de normalidad límite: los datos de la zona blanca están dentro de los límites normales, los datos en la zona en gris claro indican pérdida unilateral, los datos en la zona en gris oscuro indican pérdida bilateral.

Los valores de normalidad de umbral se pueden modificar. Los datos normativos están basados en la edad, los valores de normalidad límite basados en la edad se definen como las desviaciones estándar de la media  $\pm 2$  para el rango de edad entre 10 y 99 años.

Cada v-HIT se compone de 20 impulsos izquierdos y 20 derechos. Cada impulso cefálico se compone de las siguientes variables.

Los datos del Análisis de registros (Trace Analysis) para el registro seleccionado incluyen:

- Ganancia (Gain): el cálculo de ganancia es el área situada debajo de la velocidad del ojo (sin movimiento sacádico) dividida entre el área situada debajo de la velocidad de la cabeza.
- Latencia (Latency): el tiempo (ms) durante el que se alcanza la velocidad pico para el movimiento de la cabeza y también para los primeros tres movimientos sacádicos.



- Amplitud (°/s) (Amplitude (°/s)): el valor máximo alcanzado para la cabeza y para los primeros tres movimientos sacádicos (representado como la velocidad pico en la barra de estado)
- Encubierto (Covert) %: el porcentaje de movimientos sacádicos que se producen después de 70 ms y antes de que la velocidad de la cabeza cruce el punto cero del total de registros de impulso cefálico.
- Puntuación PR (%) (PR Score (%)): la magnitud establecida entre 0 y 100, donde 0 es el valor mínimo de movimientos sacádicos de refijación dispersos para la prueba de impulso cefálico y 100 es el valor máximo. Para obtener la puntuación PR, se calcula el primer coeficiente para el tiempo de aparición de cada movimiento sacádico en cada grupo de movimientos sacádicos encubiertos.
- Evidente (Overt) %: el porcentaje de movimientos sacádicos que se producen después de que la velocidad de la cabeza cruce el punto cero del total de registros de impulso cefálico.
- Puntuación PR (%) (PR Score (%)): la magnitud establecida entre 0 y 100, donde 0 es el valor mínimo de movimientos sacádicos de refijación dispersos para la prueba de impulso cefálico y 100 es el valor máximo. Para obtener la puntuación PR, se calcula el primer coeficiente para el tiempo de aparición de cada movimiento sacádico en cada grupo de movimientos sacádicos evidentes.
- Velocidad del ojo (°/seg): por medio de 175 puntos grabados en 1 seg.
- Velocidad de la cabeza (°/seg): por medio de 175 puntos grabados en 1 seg.
- Velocidad pico (°/seg): mide la velocidad del movimiento ocular y es la velocidad máxima alcanzada en un movimiento ocular durante un periodo de 18,75 ms.

Por cada v-HIT de cada sujeto o paciente se tenían 20 variables por lado de los 20 impulsos, por lo que se promediaron sus 20 impulsos para obtener 1 registro derecho y 1 izquierdo de cada variable.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los trastornos vestibulares son una entidad cada vez más común en nuestro medio, condicionando un deterioro importante en la calidad de vida de los pacientes. Por lo cual resulta imprescindible rehabilitar tempranamente a los pacientes, evitando así consecuencias graves.

El uso de la Estimulación Galvánica Vestibular permitirá evidenciar la existencia de cambios en la ganancia del VOR y de forma simultánea podremos evaluar los efectos fisiológicos derivados de su uso, resultando benéfico para los pacientes.

A pesar de los avances en el desarrollo de un dispositivo implantable que sustituya la función del aparato vestibular; las propuestas vigentes presentan diversos inconvenientes, por lo que resulta imprescindible realizar protocolos que permitan establecer la seguridad, uso y eficacia de la EGV.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Aunque la rehabilitación vestibular produce una mejoría clara en la recuperación de los pacientes con lesiones vestibulares, el uso de la EGV puede contribuir significativamente a acelerar el proceso de rehabilitación debido a la activación de las neuronas aferentes vestibulares que produce el campo eléctrico aplicado en la región mastoidea y frontal.

## **HIPÓTESIS**

El uso de la Estimulación galvánica vestibular en pacientes con trastornos vestibulares periféricos, es una herramienta útil y segura que genera cambios las ganancias del VOR evaluadas mediante v-HIT.

## **OBJETIVO GENERAL**

Definir los efectos fisiológicos que tiene el uso de EGV y determinar si existe diferencia en la ganancia del VOR posterior al uso de la misma en sujetos sanos y con trastornos vestibulares periféricos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Se definirán los efectos fisiológicos que tiene el uso del dispositivo de EGV en el reflejo vestibulo-ocular a través del v-HIT.
- Restablecer el balance de los individuos con lesiones vestibulares periféricas o en condiciones de inestabilidad que se experimentan en la vida cotidiana, mediante el uso del dispositivo de EGV.
- La propuesta pretende mejorar de manera significativa el desempeño de los pacientes con lesiones vestibulares, promover su rehabilitación y mejorar su calidad de vida y potencial desempeño.

## **METODOLOGÍA**

### **TIPO DE ESTUDIO**

Se trata de un ensayo clínico aleatorizado.

### **DESCRIPCIÓN DEL UNIVERSO DE TRABAJO**

De los pacientes que acudan a consulta a los servicios de Audiología y Otoneurología del Instituto Nacional de Rehabilitación "Luis Guillermo Ibarra Ibarra" (INRLGII), con diagnóstico de disfunción vestibular demostrado por pruebas calóricas o mediante v-HIT; se seleccionarán y contactarán a aquellos pacientes que cumplan los criterios de inclusión y estén exentos de los criterios de exclusión. Los controles se intentaran aparear por género y edad.

### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Hombres y mujeres
- 18 a 59 años de edad
- Disfunción vestibular periférica unilateral o bilateral (demostrada por pruebas calóricas o mediante v-HIT), que no se encuentre en etapa aguda y que no manifieste importante sintomatología neurovegetativa en el momento del estudio
- Que no hayan recibido rehabilitación vestibular previamente

#### CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Pacientes que no hayan firmado el consentimiento informado
- Pacientes que abandonen el estudio
- Pacientes que no concluyan el programa de rehabilitación

#### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Durante la crisis de enfermedad de Meniere
- Pacientes con problemas musculoesqueléticos
- Discapacidad visual grave y ceguera de acuerdo a la clasificación de la discapacidad visual según la OMS 2014, el rango de la baja visión comprende entre el límite máximo inferior 6/18 (0.3) y mínima superior a 3/60 (0.05), según la escala de Snellen; en cuanto al rango del campo visual se encuentra entre los límites máximo inferior de 20° y mínimo superior de 10°. Mientras que el término ceguera, se concibe como el estado caracterizado por la ausencia operativa de visión, y abarca desde 0,05 hasta la no percepción de la luz, o una restricción del campo visual inferior a 10° alrededor del punto de fijación. Los términos anteriormente definidos pueden incluir las siguientes patologías: catarata, degeneración macular, retinopatía diabética e hipertensiva, errores de refracción que no corrijan con el uso de lentes, glaucoma, entre otras.
- Antecedente de patologías centrales (EVC, TCE, epilepsia, Parkinson, demencia, degeneración cerebelosa)
- Enfermedades crónico-degenerativas descontroladas
- Enfermedades autoinmunes (esclerosis múltiple)
- Afectación multisensorial
- Hipotensión ortostática o Cardiopatías descompensadas

- Neuropatía sensorial periférica
- Afectación cervical severa: estenosis o inestabilidad dinámica
- Pacientes con dispositivos electrónicos implantados: marcapasos o implantes cocleares.

#### TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tipo de muestreo a elección por experiencia del investigador. La muestra está conformada por un total de 41 pacientes.

#### DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Edad	Cuantitativa discreta	Cantidad de años cumplidos al momento del estudio	
Género	Cualitativa nominal	Condición de: masculino o femenino	
Disfunción vestibular	Cualitativa	Desbalance de los centros corticales, oculomotores y cerebelosos, manifestándose clínicamente como: sensación de vértigo, mareo o inestabilidad de la marcha	
Pruebas calóricas	Cuantitativa	Prueba en la que se estimula con agua caliente y fría cada oído, desplazando los	Se obtendrá mediante la fórmula de Jonkees el valor de paresia y preponderancia.

		líquidos del oído interno y canales semicirculares desencadenando nistagmo y vértigo transitorio, obteniendo la función vestibular comparativa de ambos oídos.	Resultando paresia anormal un valor mayor a 22% y preponderancia anormal un valor mayor al 28%.
v-HIT (video head impulse test)	Cuantitativa	Herramienta diagnóstica que proporciona información sobre la integridad del Reflejo vestibulo ocular (VOR) ganancias consideradas normales son las cercanas a la unidad, siendo aproximadamente de 0.94 en los canales horizontales, por lo que	Se considera un valor de ganancia patológico aquel por debajo de 0.8 y 0.7, respectivamente.  Las sacadas de refijación se dividen en: covert o encubiertas que son las que tienen lugar durante el impulso y en evidentes u overt, cuando ha finalizado el mismo.
Estimulación galvánica	Cualitativa	Método de estimulación eléctrica no invasiva para afectar el sistema vestibular y potencialmente cambiar	

		el equilibrio. El estímulo produce respuestas estereotipadas posturales y oculares automáticas.	
--	--	---	--

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboró una base de datos en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Determinación de medidas de tendencia central y de dispersión en las variables dependientes. En todos los casos se mantendrán además como elementos a considerar y se estudiará si los datos se segregan por sexo, edad, peso, estatura, etcétera. Se usarán pruebas t de Student pareadas para comparaciones entre etapas del registro (pre-estimulación y post-estimulación), y pruebas t de Student para comparación entre grupos. Cuando la serie de valores no pasa la prueba de normalidad se usará la prueba no paramétrica de Wilcoxon con un nivel de confianza del 95%. Adicionalmente se realizarán pruebas ANOVA para comparaciones entre grupos de diferentes condiciones experimentales.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Los pacientes fueron reclutados del servicio de audiología y otoneurología del INR LGII, previa explicación del procedimiento a seguir, aprobación y firma de consentimiento informado, se procedió a preparar al paciente para la estimulación, de acuerdo a lo encontrado en los estudios diagnósticos.

Los electrodos de estimulación se colocaron en los sujetos según los resultados de sus estudios diagnósticos, los cuales determinaron en cuál vestíbulo existía disfunción; es decir se estimuló galvánicamente la mastoides y región frontal derecha en sujetos con disfunción vestibular derecha y la mastoides y región frontal izquierda en sujetos con disfunción vestibular izquierda. En el caso de los sujetos en los que se evidenció disfunción vestibular bilateral, se estimuló primeramente el lado izquierdo y posteriormente el derecho.

El ánodo (señalado en color rojo, carga positiva) se colocó sobre la apófisis mastoides y el cátodo (señalado en color negro, carga negativa) en el tercio medio de la distancia existente entre la glabella y el ánodo.

La preparación del paciente consiste en realizar, limpieza de la piel con alcohol líquido, colocación de solución salina en las esponjas en donde se introducen los electrodos, para asegurar adecuada conducción eléctrica, posteriormente se aseguran los electrodos con una banda elástica que cubre el perímetro cefálico.

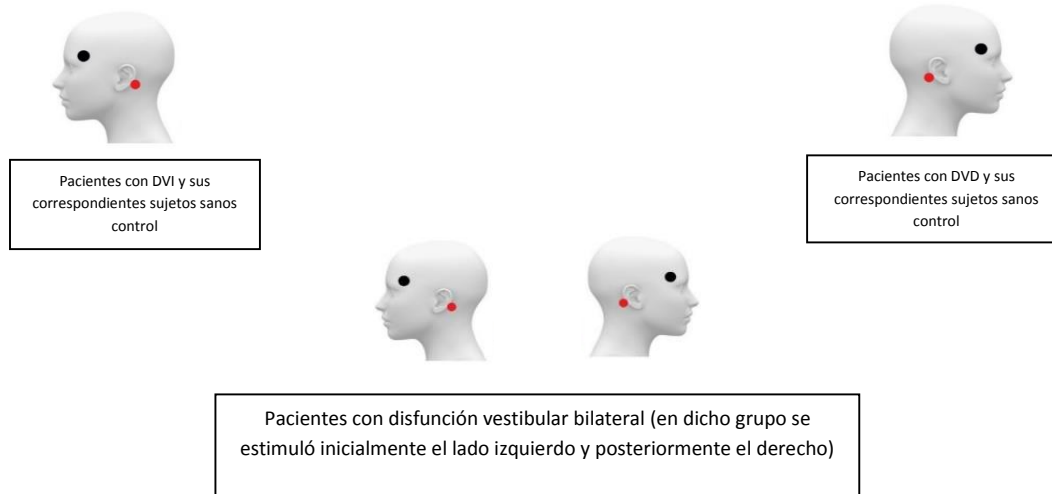


Figura 2. Arreglo de electrodos.

Se realizó limpieza de las zonas donde se colocarán los electrodos usando alcohol étílico al 70% para eliminar contaminantes y mejorar la conductividad de la piel. Se aplicará una corriente directa de 2.0 mA al inicio de la EGV y durante toda la sesión, usando un estimulador 1x1 Transcranial Direct Current (tDCS) Low-Intensity Stimulator, modelo 1300A, marca Soterix, en un arreglo bipolar unilateral del lado afectado. El cátodo es un electrodo de caucho de carbono que se inserta dentro de una almohadilla de esponja EASY pads™ previamente humedecida con solución salina al 0.9%, se coloca en el tercio medio de la distancia entre la apófisis mastoides a la línea media de la frente y se fija con una banda elástica de caucho. El ánodo de mismas características que el cátodo se fija en la apófisis mastoides del lado afectado para evitar puntos calientes y distribuir uniformemente la corriente, se coloca en el tercio medio de la distancia entre la apófisis mastoides a la línea la misma banda.



Figura 3. Arreglo de electrodos (rojo ánodo y negro cátodo) y sistema de EGV.

Se valorará la función vestibular dinámica a través de la prueba de impulso cefálico asistida por video (v-HIT) con un equipo VHit Otometrics. Este estudio nos permitió cuantificar de forma objetiva la ganancia del reflejo vestibulo ocular, así como la presencia de sacadas encubiertas como marcador de mejoría por adaptación adecuada. Con el paciente sentado a metro y medio de un objetivo visual colocado en la pared, se colocan unas gafas ligeras ajustadas a la cabeza,

las cuales proyectan dos puntos de láser, que se van alternando de derecha a izquierda, mientras que el paciente dirige su mirada a cada uno de ellos para lograr la calibración del equipo, posteriormente se comienza la prueba que consiste en generar movimientos cefálicos imprevisibles para el paciente hacia la derecha e izquierda. Estos movimientos han de ser generados con poco ángulo de giro (10 a 20°) con una velocidad pico óptima entre 100 y 250°/s y una aceleración pico de 1000 a 2500°/s<sup>2</sup>. Para asegurar el movimiento adecuado, en la pantalla aparece un gráfico que representa tanto el movimiento generado en la cabeza como el movimiento ocular compensatorio. Se requieren unos 20 impulsos aleatorios hacia cada lado para completar la prueba.

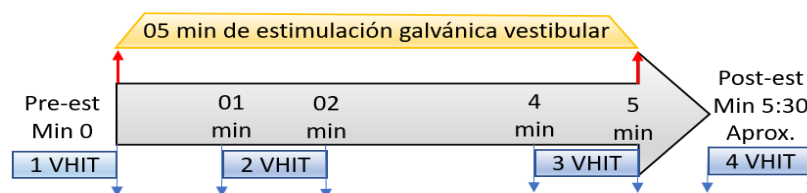
Una vez realizada la valoración inicial, los sujetos se dividieron en cuatro grupos: el primer grupo estará conformado por individuos con diagnóstico de disfunción vestibular izquierda, el segundo grupo por sujetos con disfunción vestibular derecha, el tercer grupo corresponderá a sujetos con diagnóstico de disfunción vestibular bilateral y el cuarto será el grupo control, es decir, sujetos sanos. Todos los grupos recibirán EGV a través de un estimulador eléctrico de señal variable marca BK Precision; la estimulación se llevara a cabo mediante tres protocolos de estimulación, los cuales difieren entre sí en cuanto al tiempo de estimulación y el número de mediciones de vHIT realizadas.

Durante la EGV se mantuvo control de variables hemodinámicas no invasivas (frecuencia cardiaca y tensión arterial) mediante un baumanometro digital.

## PROTOCOLOS DE ESTIMULACIÓN

Se realizaron 3 distintos protocolos de estimulación galvánica, los cuales se describen a continuación.

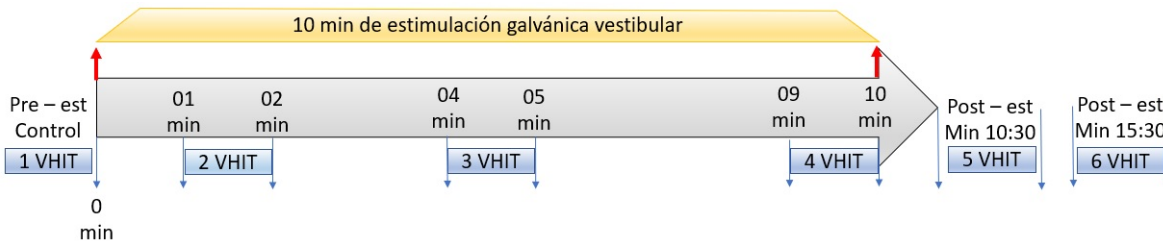
Protocolo de estimulación 1: de forma inicial se realizó v-HIT previo a la aplicación de estimulación galvánica, posteriormente se aplicó EGV a 2.0 mA durante 5 minutos y se realizó nuevamente v-HIT después de transcurrido 1 minuto y 4 minutos de EGV y finalmente se realizó el ultimo v-HIT ya finalizada la EGV; teniendo así al término de la estimulación 4 reportes de v-HIT.



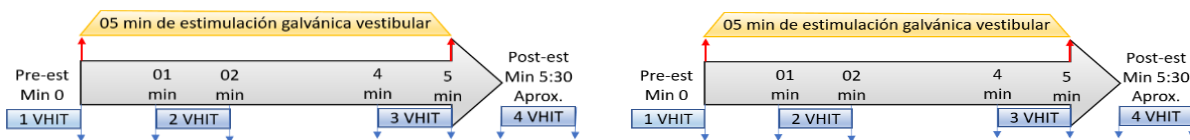
Protocolo de estimulación 2: al igual que en el protocolo 1, de forma inicial se realizó v-HIT previo a la aplicación de estimulación galvánica, posteriormente se aplicó EGV a 2.0 mA durante 10 minutos y se realizó nuevamente v-HIT después de transcurridos 1, 4 y 9 minutos de egv;



posteriormente se realizó v-HIT inmediatamente después de haber finalizado la EGV y un último v-HIT 5 minutos posteriores a la finalización de la estimulación ; teniendo así al término de la estimulación 6 reportes de v-HIT.



Protocolo estimulación 3: se realizó del mismo modo que el protocolo 1; es decir, de forma inicial se tomó v-HIT previo a la aplicación de estimulación galvánica, posteriormente se aplicó EGV a 2.0 mA durante 5 minutos y se realizó nuevamente v-HIT después de transcurrido 1 minuto y 4 minutos de EGV y finalmente se realizó el ultimo v-HIT ya finalizada la EGV del lado izquierdo y posteriormente el mismo procedimiento del lado derecho; teniendo así al termino 8 reportes de v-HIT.



## ASPECTOS ÉTICOS

Todos los sujetos participantes llenarán una hoja de consentimiento informado. A pesar de que se ha demostrado ampliamente que la EGV es inocua, por razones éticas y de orden académico y por respeto a la ética que guía las actividades de investigación.

En relación con los sujetos se seguirán de forma estricta las normas aprobadas para la experimentación con humanos como la Norma Oficial Mexicana (NOM-012-SSA3-2012) y la Declaración de Helsinki (World Medical Association Declaration of Helsinki 2013). Los protocolos serán sometidos a la aprobación del Comité de Investigación del INR.

Corresponde a investigación con riesgo mínimo.

Beneficios: proporcionar a pacientes con trastornos vestibulares el beneficio de la EGV mejorando su calidad de vida.

Riesgos: no se encuentran riesgos directamente relacionados con la realización de rehabilitación vestibular, así mismo el uso del dispositivo de estimulación galvánica vestibular (prótesis vestibular) es inocuo (siempre y cuando se mantenga un nivel de corriente  $< 2$  mA).

Confidencialidad: se otorgará un número de folio a cada paciente y se mantendrán sus datos en confidencialidad dentro de una base de datos.

## RECURSOS MATERIALES

Los recursos materiales se encuentran en el servicio de Otoneurología del Instituto Nacional de Rehabilitación "Luis Guillermo Ibarra Ibarra" (INRLGII), son los siguientes:

- Equipo VHit Otometrics, para la medición del reflejo vestíbulo ocular.
- Estimulador eléctrico de señal variable marca BK Precision (Proporcionado por el Instituto de Fisiología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Computadora.
- Baumanometro digital marca Omron.
- Alcohol líquido.
- Solución salina.

## RESULTADOS

Se obtuvo una muestra total de 41 sujetos (14 hombres y 27 mujeres), Se observó en todos los grupos de experimentación que el género femenino fue el preponderante. A los individuos se les clasificó en 4 grupos de experimentación:

Grupo 1. Diagnóstico de disfunción vestibular izquierda (DVI). El grupo se conformó de 15 pacientes, de los cuales 10 (8 mujeres y 2 hombres) recibieron estimulación galvánica mediante el protocolo 1 (véase protocolos de estimulación) y 5 pacientes (4 mujeres y 1 hombre) recibieron estimulación galvánica mediante el protocolo 2.

Grupo 2. Diagnóstico de disfunción vestibular derecha (DVD). El grupo se integró por 8 pacientes (5 mujeres y 3 hombres), los cuales recibieron estimulación galvánica mediante el protocolo 1

Grupo 3. Diagnóstico de disfunción vestibular bilateral. Conformado por 2 pacientes (1 mujer y 1 hombre), los cuales recibieron estimulación galvánica mediante el protocolo 3

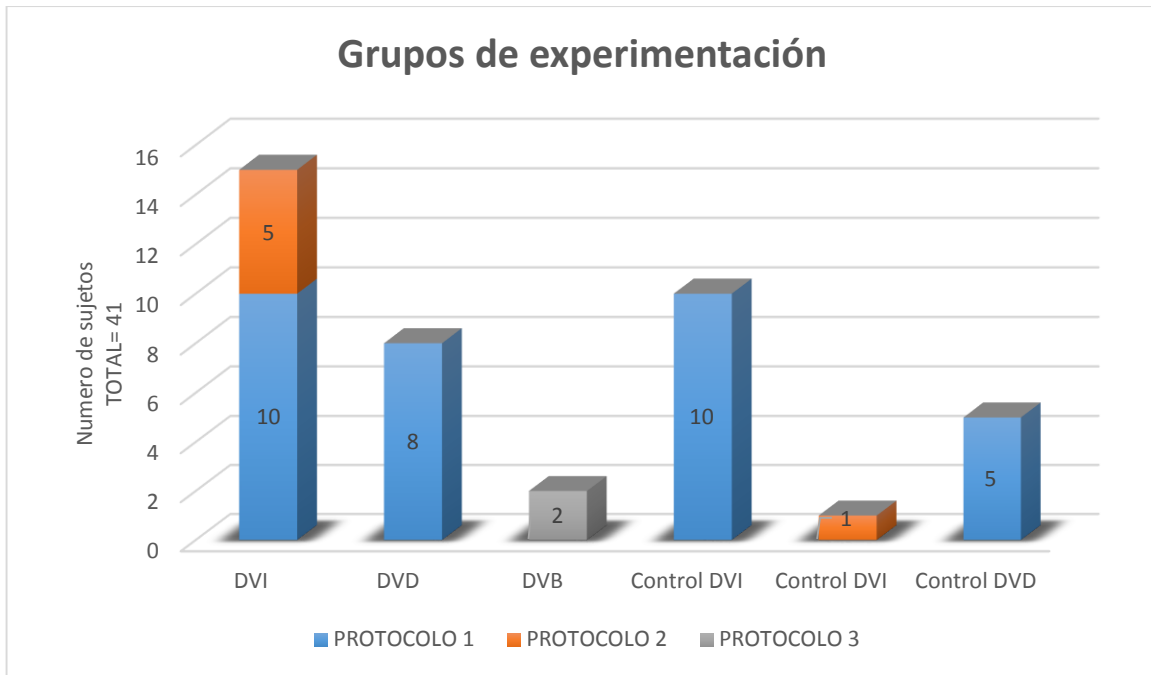
Grupo 4. Sin patología vestibular (controles sanos). Integrado por 16 sujetos (9 mujeres y 7 hombres), de los cuales 10 se parearon con el grupo 1; 9 sujetos recibieron estimulación galvánica mediante el protocolo 1 y 1 sujeto recibió estimulación galvánica mediante el protocolo 2. Finalmente 5 sujetos se correlacionaron o parearon con el grupo 2 recibiendo estimulación galvánica mediante el protocolo 1.

Los grupos y subgrupos descritos anteriormente se visualizan en la siguiente tabla:

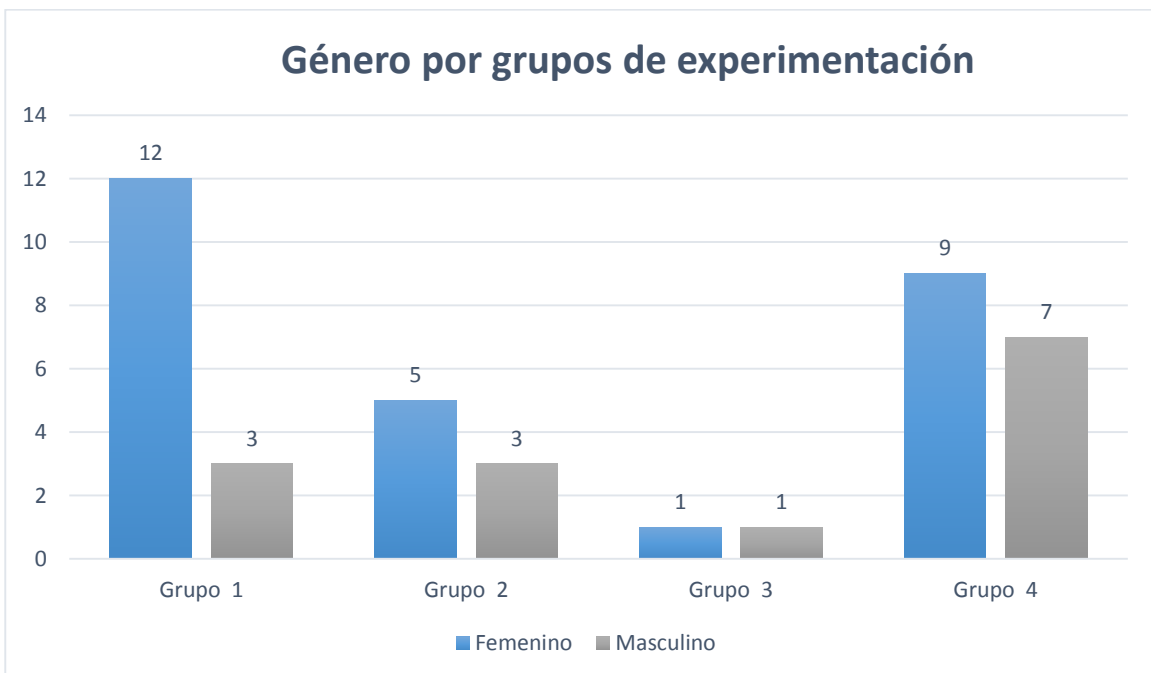
Tabla 1. Grupos de experimentación:

	<b>Grupos</b>	<b>Subgrupos</b>	<b>Tamaño de la muestra (n=)</b>
Casos	Disfunción vestibular izquierda	Protocolo 1	10
		Protocolo 2	5
	Disfunción vestibular derecha	Protocolo 1	8
	Disfunción vestibular bilateral	Protocolo 3	2
Controles	Sujetos sanos control	DVI protocolo 1	10
		DVI protocolo 2	1
		DVD protocolo 1	5
<b>Total</b>			<b>41</b>

Gráfica 1. Grupos de experimentación:

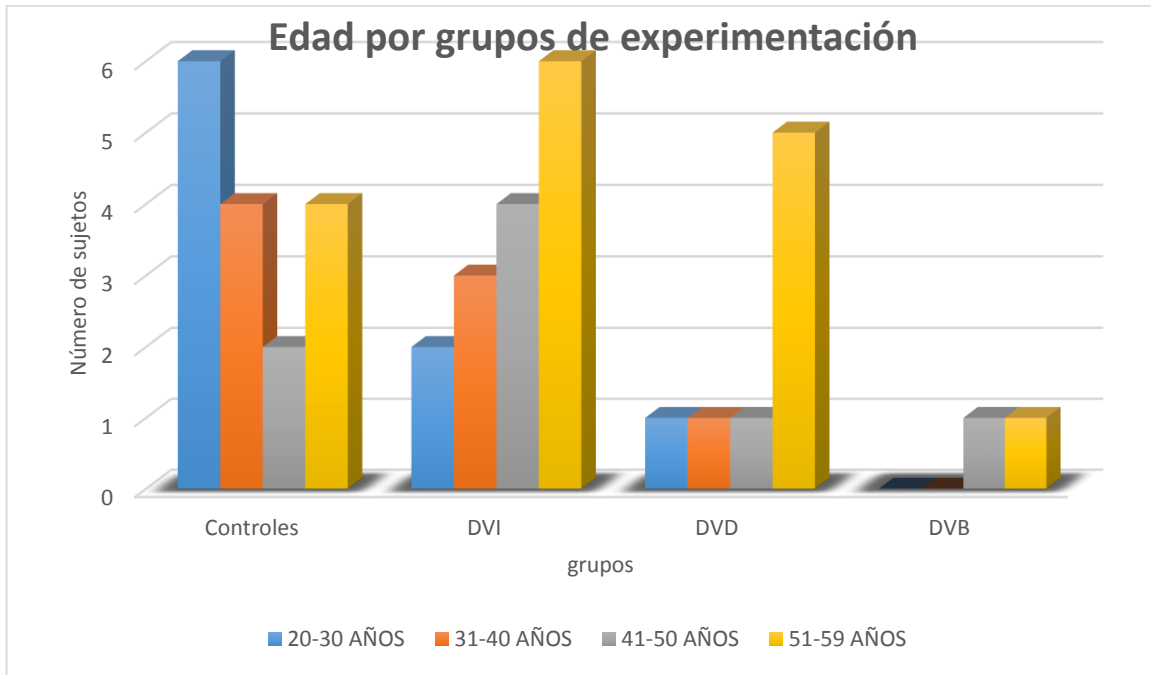


Gráfica 2. Género por grupos de experimentación:



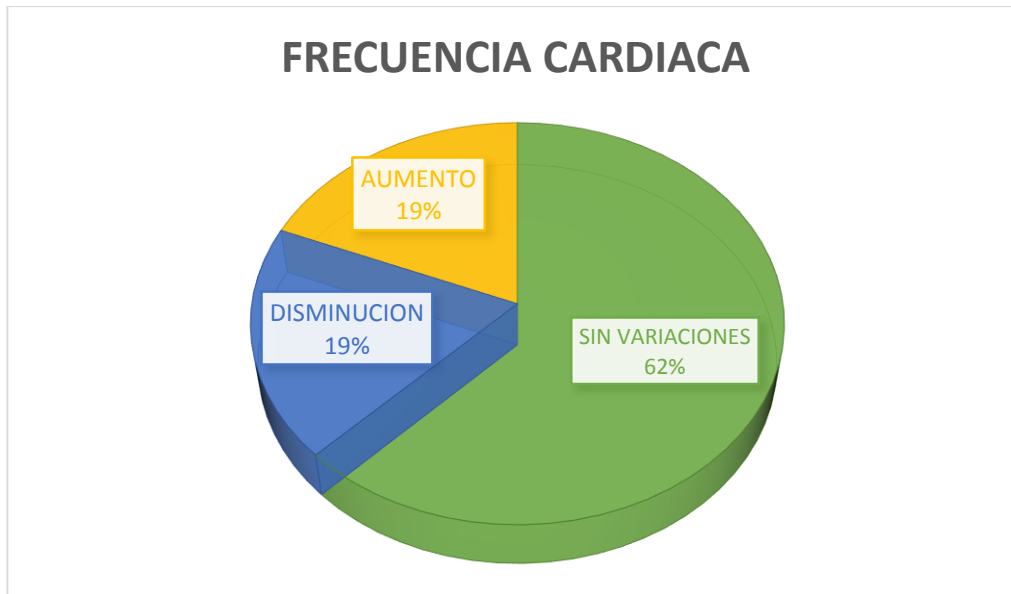
Los sujetos de estudio se encontraron entre las edades de 18 a 59 años, con una media de 46 años. Los individuos pertenecientes al grupo control tuvieron edades entre los 22 y 59 años, con una media de edad de 37 años.

Gráfica 3. Edad por grupos de experimentación:

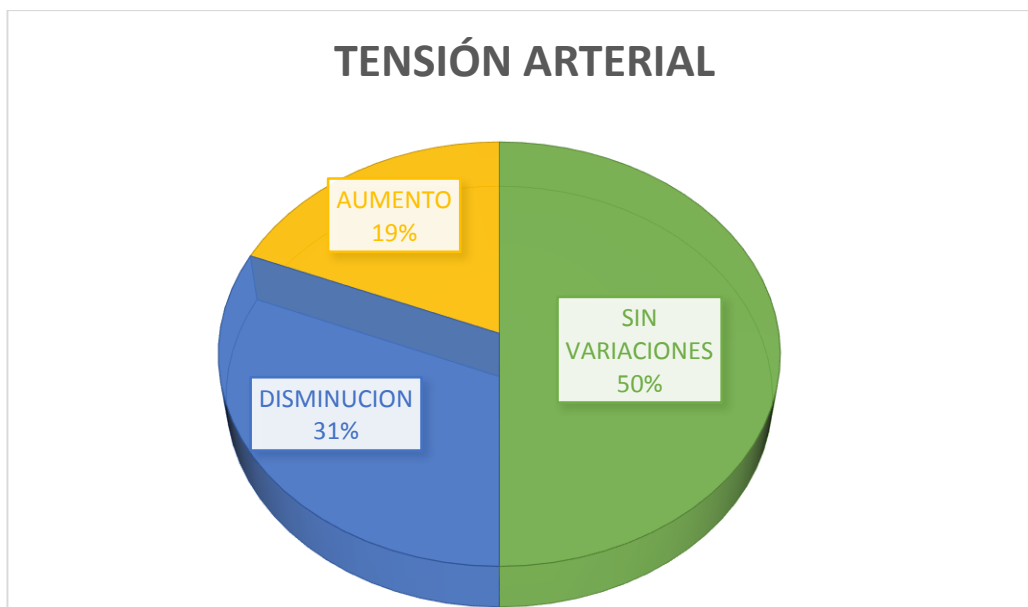


A todos los sujetos de estudio se les monitorearon constantes vitales, tales como frecuencia cardiaca y tensión arterial previa y posterior a la estimulación galvánica vestibular. En los sujetos control se encontró aumento de la frecuencia cardiaca en 3 sujetos (19%), disminución de la misma en 3 sujetos (19%) y no hubo variaciones en 10 individuos (62%). En cuanto a las cifras de tensión arterial se evidenció aumento en 3 individuos (19%), disminución en 5 individuos (31%) y no hubo variaciones en 8 sujetos (50%).

Gráfica 4. Cambios en la frecuencia cardiaca en sujetos control:

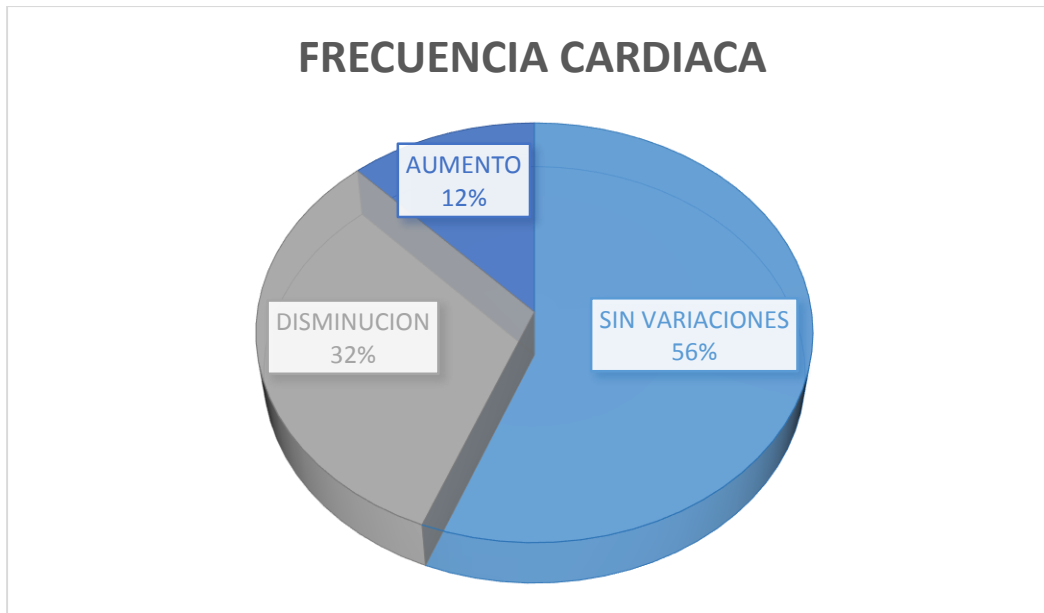


Gráfica 5. Cambios en la tensión arterial en sujetos control:

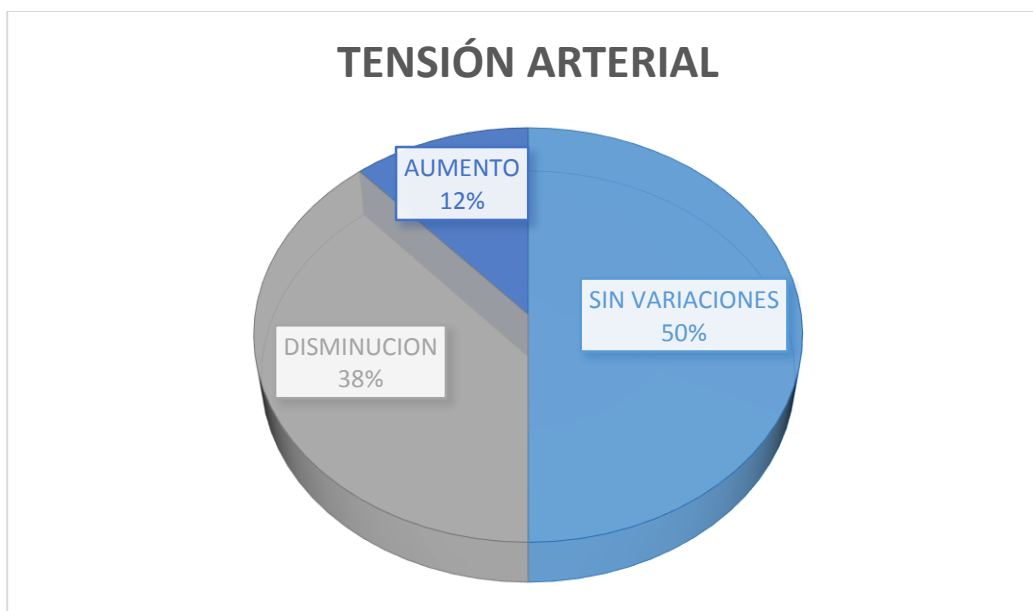


En cuanto a los sujetos con disfunción vestibular se encontró aumento de la frecuencia cardiaca en 3 sujetos (12%), disminución de la misma en 8 sujetos (32%) y no hubo variaciones en 14 individuos (56%). En cuanto a las cifras de tensión arterial se evidencio aumento en 2 individuos (12%), disminución en 10 individuos (38%) y 13 sujetos (50%) no experimentaron variaciones.

Gráfica 6. Cambios en la frecuencia cardiaca en sujetos con disfunción vestibular:

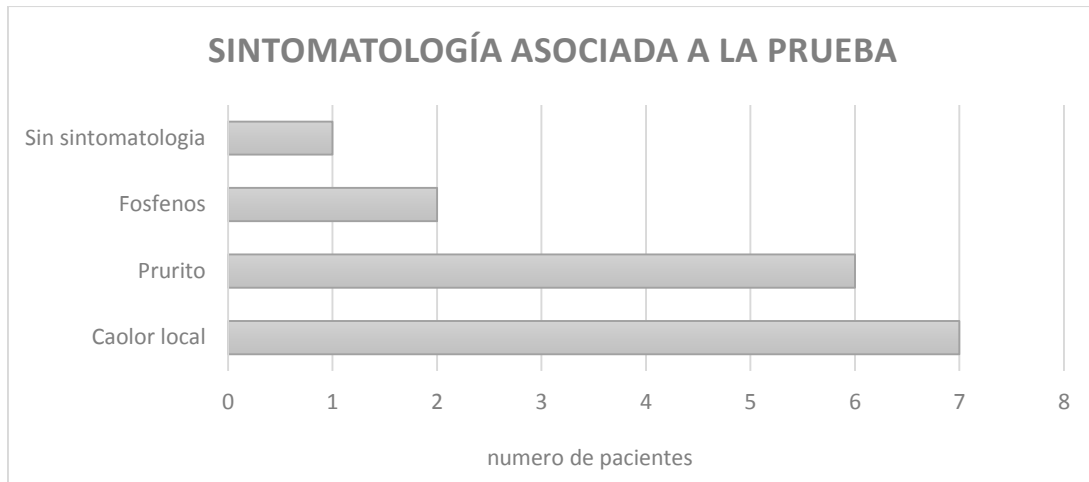


Gráfica 7. Cambios en la tensión arterial en sujetos con disfunción vestibular:



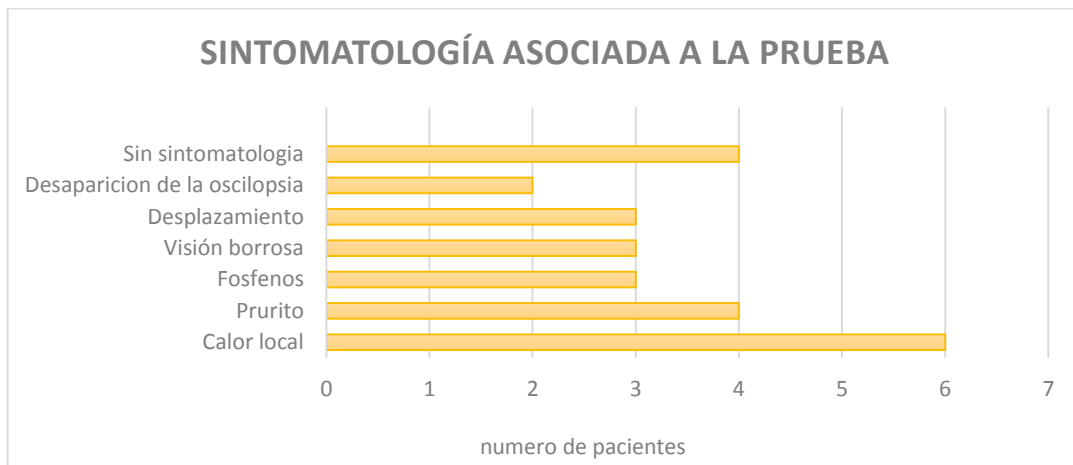
Así mismo se les interrogó respecto a sintomatología asociada a la prueba, durante y después de la estimulación, conforme a lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados: en el grupo de sujetos sanos: 7 individuos refirieron calor local en el sitio de aplicación de estimulación vestibular (región frontal y mastoidea), 6 sujetos mencionaron presentar prurito en el sitio de aplicación de estimulación vestibular, 2 sujetos refirieron la presencia de fosfenos y 1 individuo no presento sintomatología asociada.

Gráfica 8. Sintomatología asociada a la prueba en sujetos control



Los sujetos con disfunción vestibular experimentaron los siguientes síntomas: 6 calor local, prurito en 4, fosfeno en 3, visión borrosa en 3, sensación de desplazamiento corporal en 3 y 4 sujetos no experimentaron sintomatología asociada. Es importante señalar que los 2 sujetos pertenecientes al subgrupo de disfunción vestibular bilateral refirieron cese de la oscilopsia durante y después de la estimulación galvánica vestibular.

Gráfica 9. Sintomatología asociada a la prueba en sujetos con disfunción vestibular.





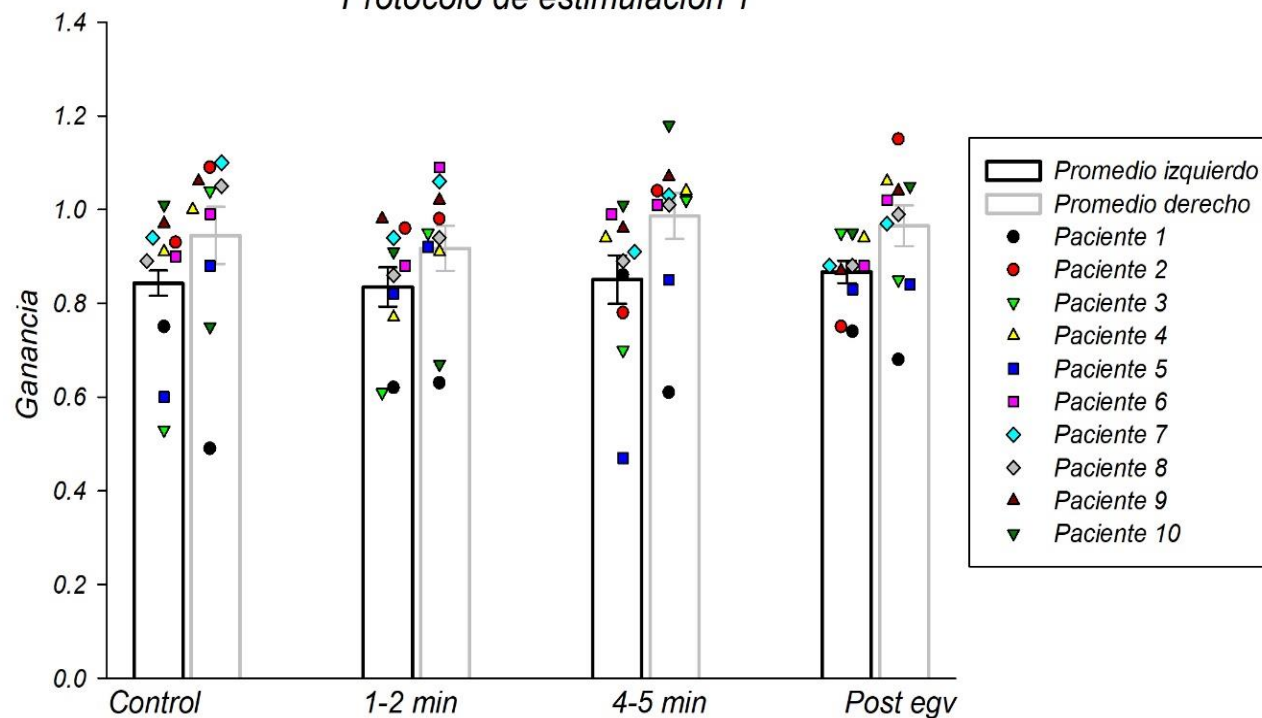
A continuación se detallan los resultados de sujetos de acuerdo a los distintos grupos

### Resultados de sujetos con DVI protocolo 1

Tabla 2. Ganancias promedio por sujeto y condición

PACIENTE	CONTROL IZQ	CONTROL DER	EGV IZQ 1 MIN	EGV DER 1 MIN	EGV IZQ 5 MIN	EGV DER 5 MIN	POST EGV IZQ	POST EGV DER
1	0.75	0.49	0.62	0.63	0.86	0.61	0.74	0.68
2	0.93	1.09	0.96	0.98	0.78	1.04	0.75	1.15
3	0.53	1.04	0.61	0.95	0.7	1.02	0.95	0.85
4	0.91	1	0.77	0.91	0.94	1.04	0.94	1.06
5	0.6	0.88	0.82	0.92	0.47	0.85	0.83	0.84
6	0.9	0.99	0.88	1.09	0.99	1.01	0.88	1.02
7	0.94	1.1	0.94	1.06	0.91	1.03	0.88	0.97
8	0.89	1.05	0.86	0.94	0.89	1.01	0.88	0.99
9	0.97	1.06	0.98	1.02	0.96	1.07	0.87	1.04
10	1.01	0.75	0.91	0.67	1.01	1.18	0.95	1.05
<b>PROMEDIO</b>	0.84	0.95	0.84	0.92	0.85	0.99	0.87	0.97
<b>DESV EST</b>	0.08	0.19	0.13	0.15	0.16	0.15	0.08	0.14
<b>ERROR EST</b>	0.03	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.04
<b>PORCENTAJE</b>	100.00	100.00	99.05	97.04	100.95	104.34	102.85	102.12

*Ganancia por condición  
Pacientes con disfunción vestibular izquierda  
Protocolo de estimulación 1*

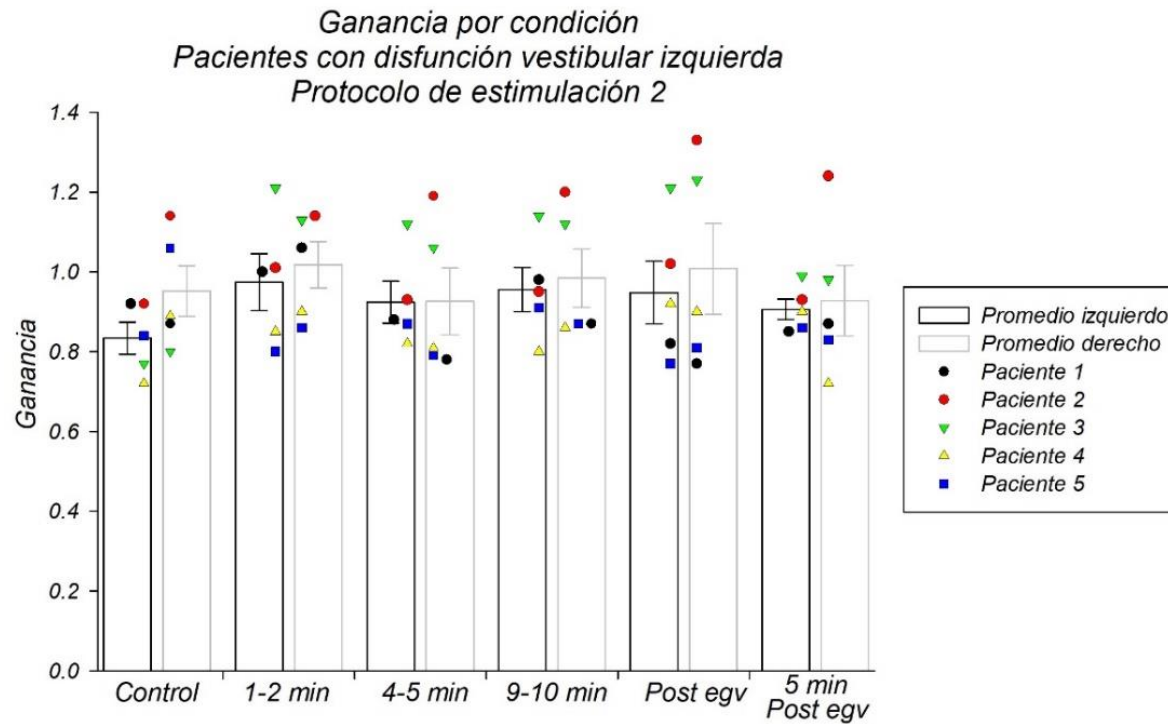


Esquema 1. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las cuatro condiciones experimentales con errores estándar. En contorno negro se muestran las ganancias izquierdas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.9$ . En contorno gris se muestran las ganancias derechas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.7$ . Cada símbolo representa un paciente del grupo con DVI,  $n = 10$  y sus valores se muestran en la tabla 2.

## Resultados de pacientes con DVI protocolo 2

Tabla 3. Ganancias promedio por paciente y condición

Paciente	Control Izq.	Control Der	Egv Izq. 1 min	Egv Der 1 min	Egv Izq. 5 min	Egv Der 5 min	Egv Izq. 10 min	Egv Der 10 min	Post egv Izq.	Post egvDer	5 min Post egv	5 min Post egv
1	0.92	0.87	1.00	1.06	0.88	0.78	0.98	0.87	0.82	0.77	0.85	0.87
2	0.92	1.14	1.01	1.14	0.93	1.19	0.95	1.2	1.02	1.33	0.93	1.24
3	0.77	0.8	1.21	1.13	1.12	1.06	1.14	1.12	1.21	1.23	0.99	0.98
4	0.72	0.89	0.85	0.9	0.82	0.81	0.8	0.86	0.92	0.9	0.9	0.72
5	0.84	1.06	0.8	0.86	0.87	0.79	0.91	0.87	0.77	0.81	0.86	0.83
<b>Promedio</b>	0.83	0.95	0.97	1.02	0.92	0.93	0.96	0.98	0.95	1.01	0.91	0.93
<b>Desv Est</b>	0.09	0.14	0.16	0.13	0.12	0.19	0.12	0.16	0.18	0.26	0.06	0.20
<b>Error Est</b>	0.04	0.06	0.07	0.06	0.05	0.08	0.06	0.07	0.08	0.11	0.03	0.09
<b>Porcentaje</b>	100.00	100.00	116.79	106.93	110.79	97.27	114.63	103.36	113.67	105.88	108.63	97.48

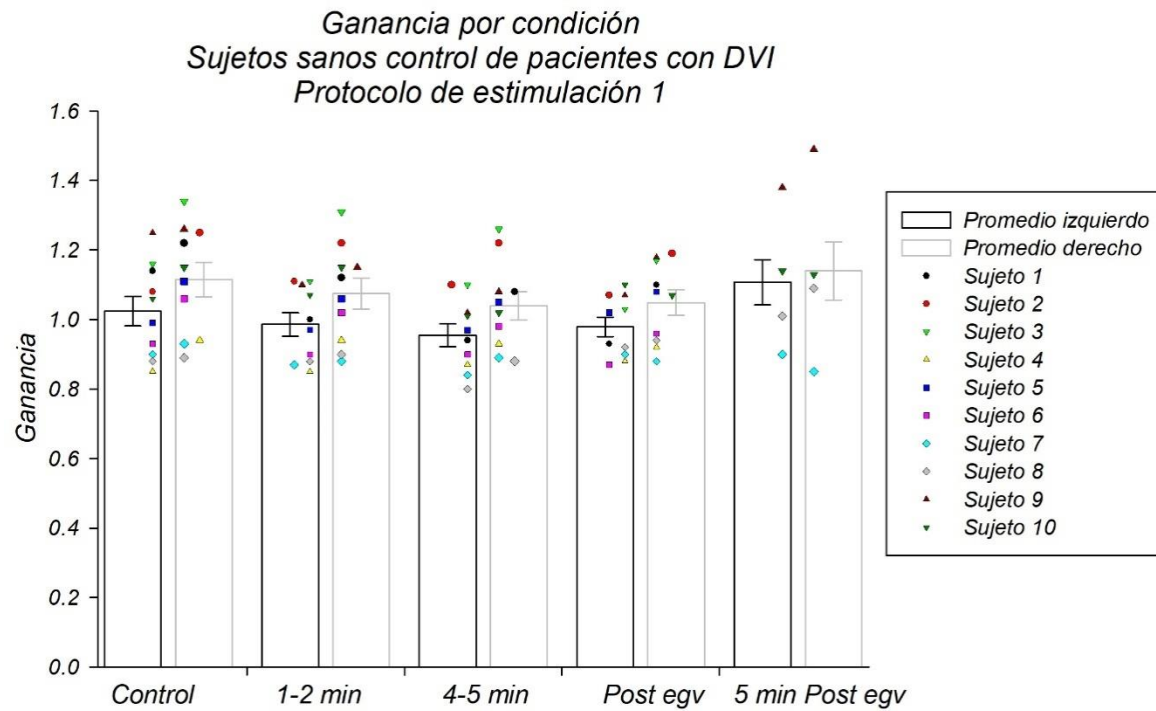


Esquema 2. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las seis condiciones experimentales con errores estándar. En contorno negro se muestran las ganancias izquierdas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.5$ . En contorno gris se muestran las ganancias derechas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.9$ . Cada símbolo representa un paciente del grupo con DVI Protocolo 2,  $n=5$  y sus valores se muestran en la tabla 3.

## Resultados de sujetos sanos control izquierdo protocolo 1

Tabla 4. Ganancias promedio por paciente y condición

Paciente	Control Izq	Control Der	Egv izq 1 min	Egv der 1 min	Egv izq 5 min	Egv der 5 min	Post egv Izq	Post egv Der	5 min Post egv	5 min Post egv
1	1.14	1.22	1.00	1.12	0.94	1.08	0.93	1.10		
2	1.08	1.25	1.11	1.22	1.10	1.22	1.07	1.19		
3	1.16	1.34	1.11	1.31	1.10	1.26	1.03	1.17		
4	0.85	0.94	0.85	0.94	0.87	0.93	0.88	0.92		
5	0.99	1.11	0.97	1.06	0.97	1.05	1.02	1.08		
6	0.93	1.06	0.90	1.02	0.90	0.98	0.87	0.96		
7	0.9	0.93	0.87	0.88	0.84	0.89	0.9	0.88	0.9	0.85
8	0.88	0.89	0.88	0.9	0.8	0.88	0.92	0.94	1.01	1.09
9	1.25	1.26	1.1	1.15	1.02	1.08	1.07	1.18	1.38	1.49
10	1.06	1.15	1.07	1.15	1.01	1.02	1.1	1.07	1.14	1.13
<b>Promedio</b>	1.02	1.12	0.99	1.08	0.96	1.04	0.98	1.05	1.11	1.14
<b>Desv Est</b>	0.13	0.16	0.11	0.14	0.10	0.13	0.09	0.12	0.21	0.26
<b>Error Est</b>	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.07	0.08
<b>Porcentaje</b>	100.00	100.00	96.29	96.41	93.26	93.18	95.61	94.08	108.15	102.24

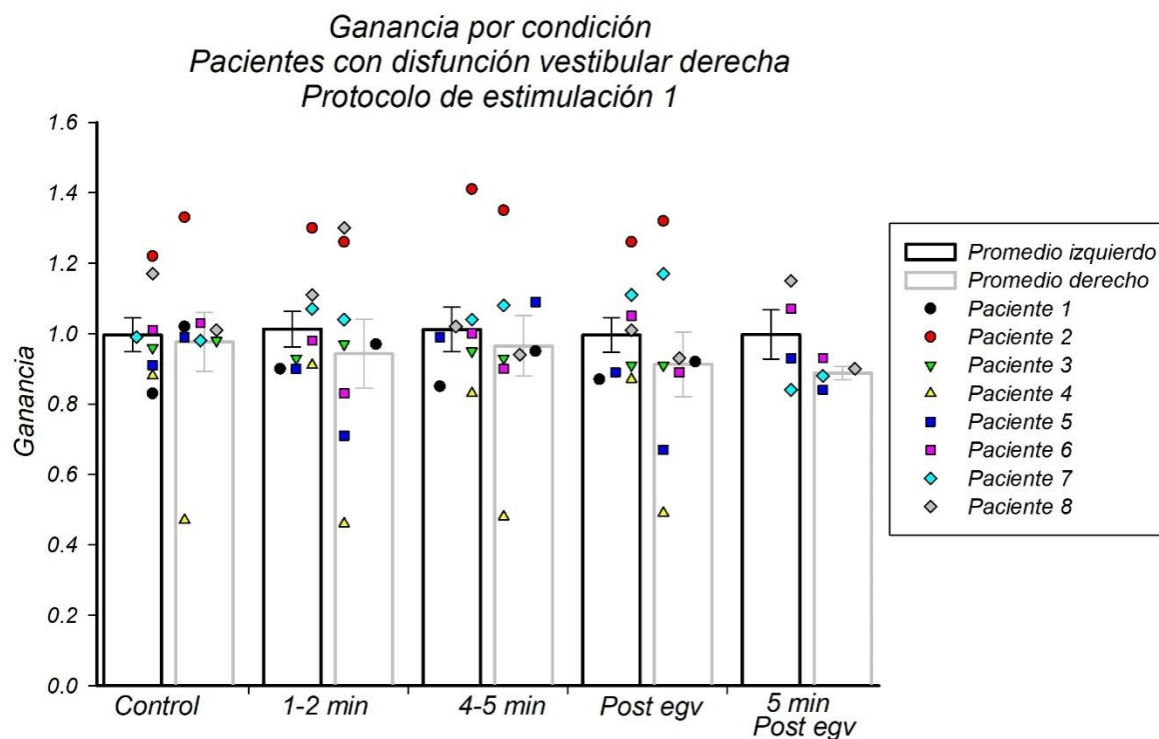


Esquema 3. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las cinco condiciones experimentales con errores estándar. En contorno negro se muestran las ganancias izquierdas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.2$ . En contorno gris se muestran las ganancias derechas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.6$ . Cada símbolo representa un paciente del grupo SCI Protocolo 1,  $n=10$  y sus valores se muestran en la tabla 4.

## Resultados de pacientes con DVD protocolo 1

Tabla 5. Ganancias promedio por paciente y condición

Paciente	Control Izq	Control Der	Egv izq 1 min	Egv der 1 min	Egv izq 5 min	Egv der 5 min	Post egv Izq	Post egv Der	5 min Post egv	5 min Post egv
1	0.83	1.02	0.90	0.97	0.85	0.95	0.87	0.92		
2	1.22	1.33	1.30	1.26	1.41	1.35	1.26	1.32		
3	0.96	0.98	0.93	0.97	0.95	0.93	0.91	0.91		
4	0.88	0.47	0.91	0.46	0.83	0.48	0.87	0.49		
5	0.91	0.99	0.9	0.71	0.99	1.09	0.89	0.67	0.93	0.84
6	1.01	1.03	0.98	0.83	1	0.9	1.05	0.89	1.07	0.93
7	0.99	0.98	1.07	1.04	1.04	1.08	1.11	1.17	0.84	0.88
8	1.17	1.01	1.11	1.3	1.02	0.94	1.01	0.93	1.15	0.9
<b>Promedio</b>	1.00	0.98	1.01	0.94	1.01	0.97	1.00	0.91	1.00	0.89
<b>Desv Est</b>	0.14	0.24	0.14	0.28	0.18	0.24	0.14	0.26	0.14	0.04
<b>Error Est</b>	0.05	0.08	0.05	0.10	0.06	0.09	0.05	0.09	0.07	0.02
<b>Porcentaje</b>	100.00	100.00	101.63	96.54	101.51	98.85	100.00	93.47	100.13	90.91



Esquema 4. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las cinco condiciones experimentales con errores estándar. En contorno negro se muestran las ganancias izquierdas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.9$ . En contorno gris se muestran las ganancias derechas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.9$ . Cada símbolo representa un paciente del grupo DVD Protocolo 1,  $n=8$  y sus valores se muestran en la tabla 5.

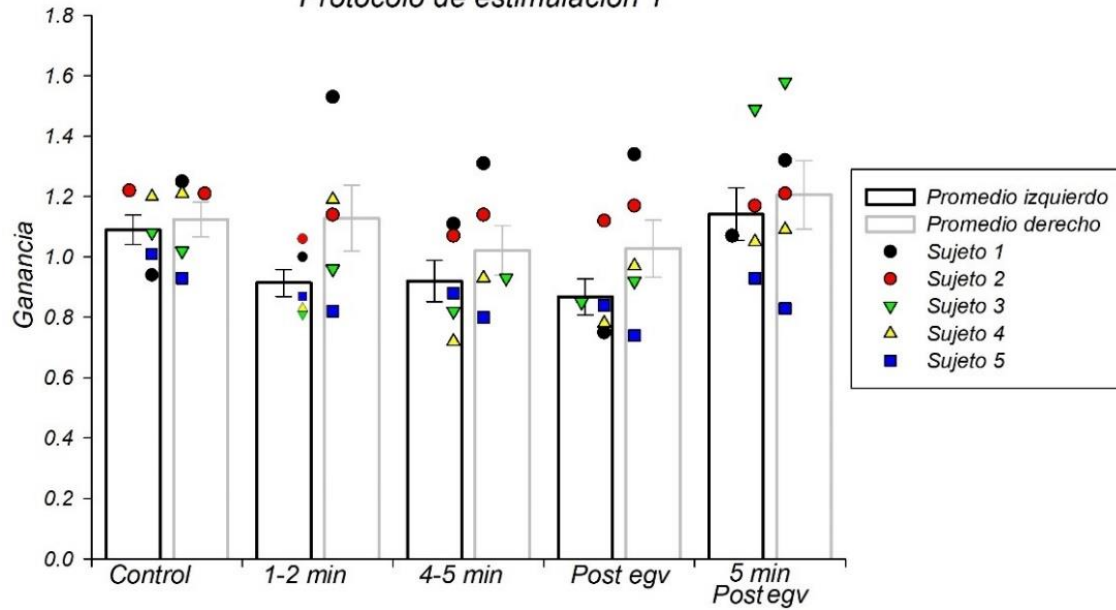


## Resultados de sujetos sanos control derecho protocolo 1

Tabla 6. Ganancias promedio por paciente y condición

Paciente	Control Izq	Control Der	Egv izq 1 min	Egv der 1 min	Egv izq 5 min	Egv der 5 min	Post egv Izq	Post egv Der	5 min Post egv	5 min Post egv
1	0.94	1.25	1	1.53	1.11	1.31	0.75	1.34	1.07	1.32
2	1.22	1.21	1.06	1.14	1.07	1.14	1.12	1.17	1.17	1.21
3	1.08	1.02	0.81	0.96	0.82	0.93	0.85	0.92	1.49	1.58
4	1.2	1.21	0.83	1.19	0.72	0.93	0.78	0.97	1.05	1.09
5	1.01	0.93	0.87	0.82	0.88	0.8	0.84	0.74	0.93	0.83
<b>Promedio</b>	1.09	1.12	0.91	1.13	0.92	1.02	0.87	1.03	1.14	1.21
<b>Desv Est</b>	0.12	0.14	0.11	0.27	0.17	0.20	0.15	0.23	0.21	0.28
<b>Error Est</b>	0.05	0.06	0.04	0.11	0.07	0.08	0.06	0.09	0.09	0.11
<b>Porcentaje</b>	100.00	100.00	83.85	100.36	84.40	90.93	79.63	91.46	104.77	107.30

*Ganancia por condición*  
*Sujetos sanos control de pacientes con DVD*  
*Protocolo de estimulación 1*

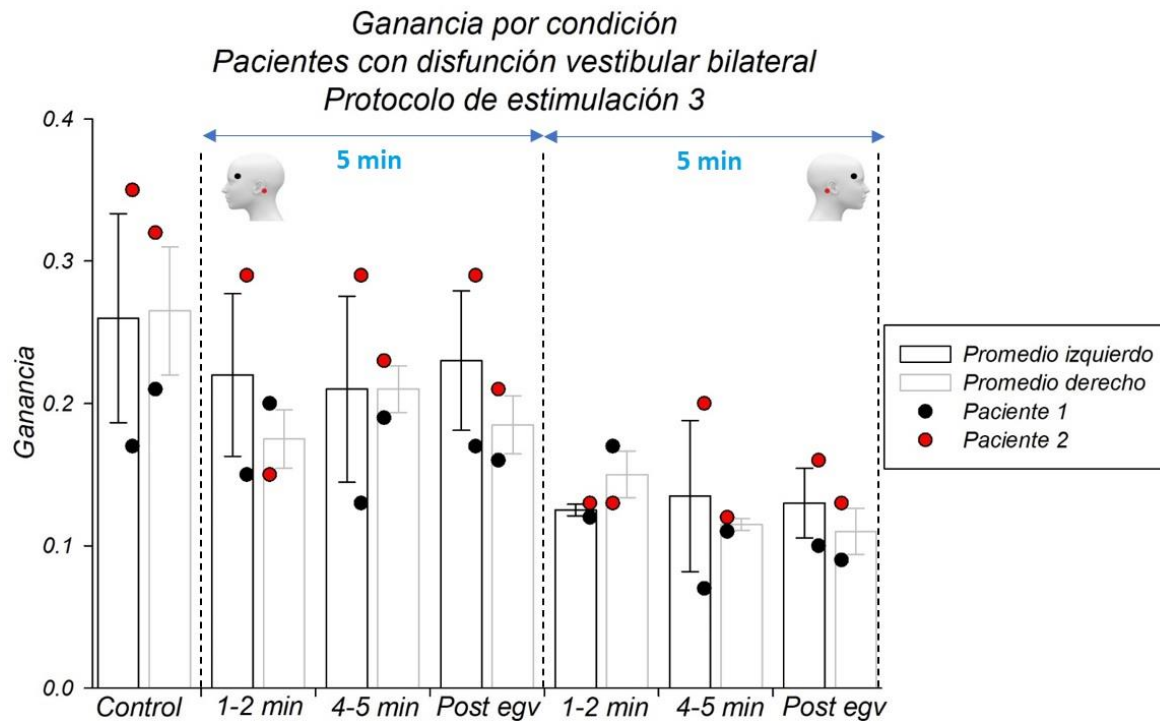


Esquema 5. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las cinco condiciones experimentales con errores estándar. En contorno negro se muestran las ganancias izquierdas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.04$ . En contorno gris se muestran las ganancias derechas, utilizando la prueba de ANOVA de una vía se obtuvo una  $p = 0.6$ . Cada símbolo representa un paciente del grupo SCD Protocolo 1,  $n=5$  y sus valores se muestran en la tabla 6.

## Resultados de pacientes con DVB protocolo 3

Tabla 7. Ganancias promedio por paciente y condición

Paciente	Control Izq	Control Der	Egv izq 1 min	Egv der 1 min	Egv izq 5 min	Egv der 5 min	Post egv Izq	Post egv Der	Control Izq	Control Der	Egv izq 1 min	Egv der 1 min	Egv izq 5 min	Egv der 5 min	Post egv Izq	Post egv Der
1	0.17	0.21	0.15	0.20	0.13	0.19	0.17	0.16	0.17	0.21	0.12	0.17	0.07	0.11	0.10	0.09
2	0.35	0.32	0.29	0.15	0.29	0.23	0.29	0.21	0.35	0.32	0.13	0.13	0.20	0.12	0.16	0.13
Promedio	0.26	0.27	0.22	0.18	0.21	0.21	0.23	0.19	0.26	0.27	0.13	0.15	0.14	0.12	0.13	0.11
Desv Est	0.13	0.08	0.10	0.04	0.11	0.03	0.08	0.04	0.13	0.08	0.01	0.03	0.09	0.01	0.04	0.03
Error Est	0.07	0.04	0.06	0.02	0.07	0.02	0.05	0.02	0.07	0.04	0.00	0.02	0.05	0.00	0.02	0.02
Porcentaje	100.00	100.00	84.62	66.04	80.77	79.25	88.46	69.81	100.00	100.00	48.08	56.60	51.92	43.40	50.00	41.51



Esquema 6. Las barras muestran el promedio de los impulsos cefálicos en las cuatro condiciones experimentales con errores estándar. Las líneas punteadas marcan la gráfica en estimulación izquierda y derecha. En contorno negro las ganancias izquierdas, se obtuvo una  $p = 0.9$  (ANOVA de una vía). En contorno gris las ganancias derechas, se obtuvo una  $p = 0.3$  (ANOVA de una vía). Utilizando la prueba de ANOVA de una vía en la sección de estimulación derecha se obtuvo una  $p = 0.3$ , para ganancias izquierdas y para ganancias derechas se obtuvo una  $p = 0.06$ . Grupo con DVB P 3,  $n = 2$  y sus valores se muestran en la tabla 7.

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo se analizaron los cambios en la ganancia del Reflejo Vestíbulo Ocular (VOR) con el uso del Dispositivo de Estimulación Galvánica Vestibular (EGV) y sus efectos fisiológicos en individuos sanos y en sujetos con disfunción vestibular periférica demostrable.

Los principales hallazgos derivados de este ensayo clínico fueron los siguientes: existe una mayor prevalencia de patología vestibular unilateral en pacientes del género femenino, la edad media de los sujetos con disfunción vestibular fue de 46 años. Se demostró que la aplicación de la EGV incide directamente en el VOR modificándolo en sujetos sanos y patológicos, teniendo mayor impacto en los sujetos con patología vestibular unilateral con una ganancia del reflejo vestibulo ocular patológica; sin embargo se evidencio únicamente diferencia significativa de la ganancia del VOR en sujetos con disfunción vestibular bilateral; lo cual no se encontró en pacientes con disfunción vestibular unilateral. No hubo cambios sustanciales en los signos vitales (frecuencia cardiaca y tensión arterial) en los sujetos de estudio durante y después de la estimulación galvánica vestibular; en cuanto a la sintomatología asociada a la EGV, los sujetos reportaron prurito y calor local en el sitio de aplicación, como el síntoma más frecuente; por lo que se demostró que la estimulación galvánica vestibular a 2 Hz es inocua y segura. En la mayoría de los sujetos con patología vestibular periférica el vestíbulo afectado fue el izquierdo. Se evidenció una tendencia a que la ganancia del VOR aumente mayormente del lado derecho tanto en casos como en controles, posterior a la aplicación de EGV y sin importar el lado estimulado.

De acuerdo al presente estudio clínico, se observó en todos los grupos de sujetos con disfunción vestibular que el género femenino fue el preponderante; lo cual coincide con las cifras en estudios nacionales e internacionales que mencionan una mayor prevalencia e incidencia de patología vestibular en mujeres <sup>(27)</sup>

También, se encontró una media de edad de 46 años para sujetos con disfunción vestibular; en diversos artículos se señala 49.9 años como la edad promedio de comienzo de patologías vestibulares <sup>(27)</sup> y 53 años como la media de edad en España. <sup>(28)</sup>

En nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en los sujetos con disfunción vestibular unilateral que recibieron estimulación galvánica vestibular; sin embargo en los individuos con ganancias del reflejo vestibulo ocular inferiores a 0.8 el efecto de la estimulación galvánica vestibular fue significativamente mayor que en sujetos con ganancias normales o cercanas a los valores de normalidad; lo cual se demostró en los resultados anteriormente descritos. A pesar de ello, resultó complicado encontrar a sujetos para incluir en la muestra con valores de ganancia inferiores a 0.8, lo anterior se puede explicar debido a que aun contando con el diagnóstico de disfunción vestibular periférica, el proceso de compensación vestibular aumenta las ganancias del reflejo vestibulo ocular en periodos tempranos posteriores a la lesión

vestibular, aun cuando los individuos no han sido sometidos a terapia de rehabilitación vestibular, ni a ningún tipo de intervención médica.

El proceso de compensación vestibular consta de varios conceptos denominados: restauración, habituación y adaptación. La restauración significa que la función perdida se recupera con la misma conectividad nerviosa que antes del daño vestibular. La capacidad intrínseca de la regeneración sináptica vestibular periférica se demostró *in vitro*. En algunos pacientes diagnosticados con neuritis vestibular se ha demostrado tal reparación estructural mediante prueba de impulso cefálico (vHIT) encontrando una restauración completa de la función del canal semicircular, algunos meses más tarde de la lesión, evidenciado por un reflejo vestibulo-ocular (VOR) cercano a los parámetros de normalidad. La recuperación del VOR puede explicarse por la regeneración de células pilosas sensoriales periféricas, o a la generación de nuevas terminales aferentes de las fibras residuales del nervio vestibular, o aumento de las sinapsis aferentes vestibulares. Por fortuna, el síndrome vestibular agudo se mejora en un lapso de semanas a meses tanto en animales como en humanos a través del proceso de compensación vestibular. De hecho, en la mayoría de los casos existe una recuperación exitosa. Las reorganizaciones sensoriomotoras elaboradas posterior a la lesión vestibular son los principales mecanismos implicados en la recuperación de las funciones dinámicas, en ello participan los núcleos vestibulares y regiones cerebrales multisensoriales. Estudios de imagen en pacientes con pérdida vestibular unilateral, muestran la implicación de una gran red neuronal (núcleos vestibulares, vías comisurales, vestibulocerebelo, tálamo, corteza temporoparietal, hipocampo, zonas corticales somatosensoriales y visuales). La evidencia de cambios en el volumen de materia gris en estas regiones cerebrales multisensoriales son modificaciones estructurales que apoyan la sustitución sensorial mediante mecanismos de plasticidad. Además, el sistema vestibular interactúa con procesos cognitivos de alto nivel, incluida la percepción espacial, navegación espacial y representación corporal. <sup>(24)</sup>

Martin-Sanz y colaboradores en el año 2017, concluyeron que después de una lesión vestibular, se produce una recuperación funcional espontánea del sistema vestibular, principalmente debido a la plasticidad neuronal y conductual. De acuerdo a este texto, la compensación vestibular se basa en mecanismos como: la restauración, habituación y adaptación. En la población de pacientes evaluados en dicho estudio se observó una restauración vestibular significativa en pacientes que presentaron vértigo tanto en neuritis vestibular como en el síndrome de Ramsay Hunt, siendo mayor en el grupo de neuritis vestibular. <sup>(25)</sup>

Otros artículos describen el fenómeno de la neurogénesis reactiva adulta que ocurre en los núcleos vestibulares después de la pérdida de las aferencias sensoriales vestibulares periféricas; mediante mecanismos coordinados que contribuyen al establecimiento de una nueva red neuronal funcional; así como los efectos moleculares (modulación en neurotransmisores, neurohormonas y factores neurotróficos), además de la sustitución mediada por células madre de células y neuronas del oído interno dañadas o perdidas; lo cual constituye

un mecanismo clave en el proceso de compensación vestibular e impulsa la recuperación espontánea de la marcha y el equilibrio <sup>(26)</sup>.

En otros textos se demostró que la reaferentación sináptica puede tardar varias semanas en desarrollarse en ratones con daño vestibular inducido, lo cual sugiere que si este proceso se conserva en los seres humanos, hay una amplia ventana terapéutica disponible para intervenciones farmacológicas y no farmacológicas. La identificación de los efectores y vías involucrados en la reparación de las sinapsis del oído interno impactaran en el desarrollo futuro de enfoques terapéuticos con el objetivo de proteger las sinapsis periféricas y estimular su reparación <sup>(26)</sup>.

En la mayoría de los sujetos con patología el vestíbulo afectado es el izquierdo; lo anterior nos podría llevar a concluir que en la mayoría de sujetos la lateralidad vestibular es derecha. Se evidenció una tendencia a que la ganancia del reflejo vestíbulo ocular, usando estimulación galvánica vestibular aumenta mayormente del lado derecho tanto en casos como en controles, lo que probablemente da la pauta para inferir que en la mayoría de los sujetos existe una lateralidad vestibular derecha, esto sin importar el lado de colocación de la estimulación.

Debido al monitoreo de constantes vitales (frecuencia cardiaca y tensión arterial) se demostró que la estimulación galvánica vestibular a 2 Hz es segura, ya que tanto en sujetos sanos como en individuos con patología vestibular no hubo variaciones significativas de dichos signos vitales. Lo anterior coincide con lo reportado por Hannelore K. y colaboradores en el cual se incluyeron a 10 sujetos (8 mujeres y 2 hombres) con síndrome de mal de desembarco persistente, los sujetos recibieron una sesión de cada uno de los cuatro protocolos: de estimulación galvánica transcraneal repetitiva sobre la zona correspondiente a la corteza prefrontal dorsolateral izquierda a 10 Hz (alta frecuencia), izquierda a 1 Hz (baja frecuencia), derecha a 10 Hz y derecha a 1 Hz; los autores encontraron los siguientes efectos adversos: cansancio y cefalea; mismos que no se reportaron en nuestro estudio. <sup>(30)</sup>

Por otro lado, los sujetos de estudio experimentaron sensaciones corporales bastante tolerables al recibir la estimulación galvánica; siendo: prurito y calor local en el área de la piel contactante con el electrodo, la sintomatología mayormente referida por los individuos. Ninguna sintomatología asociada fue referida como moderada o severa y no hubo necesidad de cesar la estimulación. Llama la atención que los sujetos pertenecientes al subgrupo de disfunción vestibular bilateral refirieron cese de la oscilopsia durante y después de la estimulación galvánica vestibular; hallazgo que no ha sido reportado en la literatura anteriormente.

## CONCLUSIONES

En nuestro estudio se evidenció que el género femenino es predominante en cuanto a prevalencia de patologías vestibulares periféricas, la edad promedio en los individuos con disfunción vestibular periférica fue de 46 años, los sujetos con disfunción vestibular unilateral con ganancias del reflejo vestíbulo ocular cercanas a la normalidad o en rangos de normalidad, no se encontraron beneficiados de la estimulación galvánica vestibular, el cambio en las ganancias del reflejo vestíbulo ocular solo fue significativo en el subgrupo de individuos con diagnóstico de disfunción vestibular bilateral. Se demostró que la estimulación galvánica vestibular, ejerce un efecto sobre el reflejo vestíbulo ocular, el cual es directamente proporcional a la severidad de la disfunción vestibular.

Independientemente de los arreglos de los electrodos (cátodo y ánodo), con respecto al lado afectado, se evidenció que los cambios en el reflejo vestíbulo ocular son bilaterales, ya que también existe un efecto contralateral al lado estimulado; lo anterior coincide con lo descrito por Yoon-Hee Chay colaboradores en el 2013, quienes señalan que existen activaciones significativas en la red vestibular cortical multisensorial dentro de ambos hemisferios tras la estimulación vestibular; y que los patrones de activación fueron provocados bilateralmente con predominio del hemisferio derecho en los individuos diestros y predominio del hemisferio izquierdo en sujetos zurdos. <sup>(31)</sup>

El estudio se limitó al no contar con muestras igualitarias entre casos y controles, debido a los resultados se sugiere realizar las pruebas en pacientes con ganancias del reflejo vestíbulo ocular inferiores a 0.8; ya que en dichos pacientes se evidenció mayor efecto de la estimulación galvánica vestibular. Adicionalmente, sería de interés aumentar el tiempo de estimulación galvánica a 10 minutos, alternar el arreglo de electrodos (ipsilateral y contralateral al lado de la lesión), variar el tipo de corriente (directa a alterna) para lograr introducir diferentes formas de onda a distintos Hz e introducir ruido como estímulo. La alternancia de estas variables se debe a que las bajas frecuencias inducen la inhibición, mientras que las altas frecuencias inducen la excitación local; La forma de onda tiene un impacto significativo en las características de estimulación, las distintas formas de onda (Theta: 4-8 Hz. Alfa: 8-12 Hz) pueden inducir diversos síntomas; los diversos tipos de corriente tendrán efectos estimuladores o inhibidores según sea el tipo y por lo tanto sería de interés estudiar dichos cambios. Además sería de interés indagar previo a la estimulación acerca de la lateralidad manual y visual de los sujetos de estudio.

A pesar de contar con una muestra pequeña de individuos en el subgrupo de disfunción vestibular bilateral, se apreció una diferencia estadísticamente significativa, en la disminución de la oscilopsia; lo que indica que la estimulación galvánica vestibular produjo cambios terapéuticos que podrían corresponder a la neuromodulación externa y sienta las bases para que este tipo de estimulación pueda ser utilizada en un futuro como una herramienta terapéutica para alterar la percepción de oscilopsia en sujetos con disfunción vestibular bilateral.



Diversos estudios indican que la estimulación galvánica transcraneal repetitiva es útil en el tratamiento de patologías tales como: tinnitus, vértigo posicional paroxístico benigno, migraña vestibular, temblor esencial e incluso en sintomatología vestibular asociada a patologías centrales como el Parkinson, e incluso trastornos del estado de ánimo como la depresión.<sup>(30)</sup>

De acuerdo a lo señalado en nuestro estudio, se plantea que el futuro de la intervención en el tratamiento de patologías vestibulares incluya la asociación entre la rehabilitación vestibular y herramientas neuromoduladoras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Melian C. Trastornos del equilibrio en el adulto mayor. Revista FASO año 23 - Suplemento vestibular 2º Parte – 2016
- 2) Ceballos LR, Vargas AAM. Aplicación y utilidad del Dizziness Handicap Inventory en pacientes con vértigo del Servicio de Otorrinolaringología del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Asoc Med Hosp ABC 2004; 49 (4): 176-183.
- 3) Bhattacharyya N, Gubbels SP, Schwartz SR, Edlow JA, El-Kashlan H, Fife T, et al. Clinical Practice Guideline: Benign Paroxysmal Positional Vertigo Update. Otolaryngol Head and Neck Surgery 2017; 156(3S):S1– S47.
- 4) Agrawal Y. Age-Related Vestibular Loss: Current Understanding and Future Research Directions. Front. Neurol. 2017; 8:443.
- 5) Sacheri R. C., Previgliano M. J. Introducción a la Rehabilitación Vestibular. Revista FASO año 23 - Suplemento vestibular 2º Parte – 2016
- 6) Rossi Izquierdo M, Soto Varela A, Santos Pérez S. Rehabilitación vestibular. Ponencia Sociedad Gallega de Otorrinolaringología 2016. ISBN: 978-84-617-5394-9
- 7) Fridman GY, Della Santina CC. Progress toward development of a multichannel vestibular prosthesis for treatment of bilateral vestibular deficiency. Anat Rec (Hoboken). 2012;295(11):2010-2029.
- 8) Aoyama, K., Lizuka, H., Ando, H. y Maeda, T. (2015). Four-pole galvanic vestibular stimulation causes body sway about three axes. Sci. Rep. 5, 68-101
- 9) Utz, S., Dimova, V., Oppenländer, K. y Kerkhoff, G. (2010). Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—A review of current data and future implications. Neuropsychologia. 48(10). 2789–2810.
- 10) Soto y cols., (2017) Solicitud de Patente. MX/a/2017/002560. Sistema de estimulación galvánica vestibular transcraneal (EGVt). Autores: Rosario Vega y Saenz de Miera, Ángel Hernández Hernández, Octavio González Petlascalco, Enrique Soto Eguibar. Presentada al Instituto Mexicano de la propiedad industrial 27/feb/2017.
- 11) Goldberg, M., y Fernandez, C. (1971). Physiology of Peripheral Neurons Innervating Semicircular Canals of the Squirrel Monkey. Journal of Neurophysiology, 34(4). 676–684.
- 12) Fitzpatrick, C. y Day, L. (2004). Probing the human vestibular system with galvanic stimulation. Journal of Applied Physiology, 96(6). 2301–2316.
- 13) Vega R, Soto E, Pliago A, Alexandrov A, Alexandrova A. Dispositivo para la estabilización de la postura en microgravedad (Cap. 9). Medicina Espacial. Coordinadores: Raúl Carrillo Esper, Díaz Ponce Medrano J A, Padrón San Juan L. Academia Nacional de Medicina. 2016. pp 121-137.
- 14) Perkins, E. y Davson, H. (2018). Human eye. Encyclopædia Britannica, inc.
- 15) Riva, G., Mantovani, F., y Gaggioli, A. (2004). Presence and rehabilitation: toward second-generation virtual reality applications in neuropsychology. Journal of neuroengineering and rehabilitation. 1(1). 9-21.

- 16) Shepard, N. y Schubert, M. (2016). Balance function assessment and management. Plural publishing.
- 17) Kandel, E., et al. (2013). Principles of neural science. U.S.A: Elsevier.
- 18) Herdman, S., Blatt, P. y Schubert, M. (2000). Vestibular rehabilitation of patients with vestibular hypofunction or with benign paroxysmal positional vertigo, Review. Current Opinion in Neurology. 13(1). 39-43.
- 19) Aguirre, M., Migliaccio, A., y Carey, J. (2007). Registro del reflejo vestibulooculomotor con la técnica de la bobina corneal en campo magnético (scleral search coil). Acta otorrinolaringológica española. 58(7). 321–326.
- 20) Carriel, C., y Rojas, M. (2013). Prueba de impulso cefálico: Bases fisiológicas y métodos de registro del reflejo vestibulo oculomotor. Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. 73(2). 206–212.
- 21) Weber, P., Aw, T., Todd, J., McGarvie, A., Curthoys, S., y Halmagyi, M. (2008). Head impulse test in unilateral vestibular loss: Vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades. Neurology, 70(6), 454-463.
- 22) McDougall, G., Weber, P., McGarvie, A., Halmagyi, M., y Curthoys, S. (2009). The video head impulse test: Diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. Neurology. 73(14). 1134-1141.
- 23) Halmagyi, M. y Curthoys, S. (1988). A Clinical Sign of Canal Paresis. Archives of Neurology. 45(7). 737–739.
- 24) Lacour M, Helmchen C, Vidal P.P. Vestibular Compensation: The Neuro-Otologist's Best Friend. Recibido: 3 Julio 2015 / Revisado: 9 Septiembre 2015 / Aceptado: 10 Septiembre 2015
- 25) Tighilet B, Chabbert C. Neurogenesis in adults promotes the recovery of balance after vestibular loss. Marseille Université-CNRS, Laboratoire de Neurosciences Sensorielles et Cognitives, LNSC UMR 7260, Equipe Physiopathologie et Thérapie des Désordres Vestibulaires, Marsella, Francia.2019.
- 26) Tighilet B, Bordiga R, Cassel C. Peripheral vestibular plasticity vs central compensation: evidence and questions. Recibido: 18 Febrero 2019 / Revisado: 15 Mayo 2019 / Aceptado: 17 Mayo 2019.© Springer-Verlag GmbH Alemania, parte de Springer Nature 2019
- 27) Guía de práctica clínica GPC. Diagnóstico y tratamiento. Vértigo Postural Paroxístico Benigno en el adulto. Evidencias y recomendaciones. IMSS -410-10. . 2007.
- 28) Hannelore K. Neuhauser, MD. Andrea Radtke, MD. Et al. Burden of dizziness and vértigo in the community. JAMA. Internal medicine. 2008.
- 29) Guerra Jiménez G, Arenas Rodríguez A, Falcón González JC. Et al. Epidemiología de los trastornos vestibulares en la consulta de otoneurología. Acta otorrinolaringológica española. 2017.
- 30) Yoon-Hee Cha, MD, Yongyan Cui, BS, and Robert W. Baloh, MD. Repetitive transcranial magnetic stimulation for Mal de Debarquement Syndrome. Department of Neurology, University of California Los Ángeles, CA., USA. Otol Neurotol. 2013 January; 34(1): 175–179. doi:10.1097/MAO.0b013e318278bf7c.

## ANEXO 1. Estimulador eléctrico de señal variable marca BK Precision



## ANEXO 2. Prueba de estimulación VGS en 13 sujetos sanos

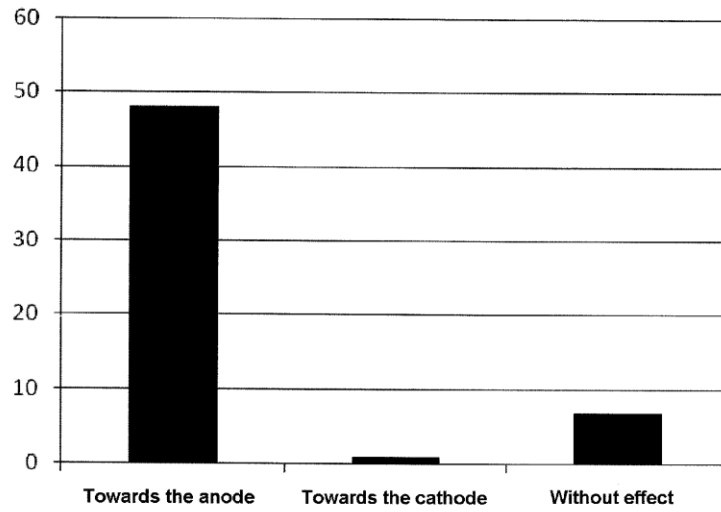


FIG. 7A

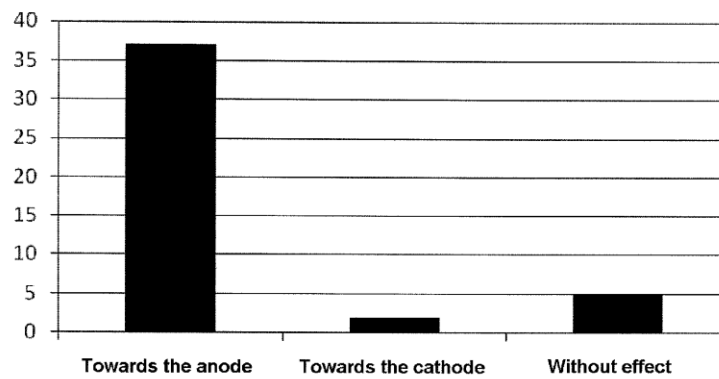


FIG. 7B

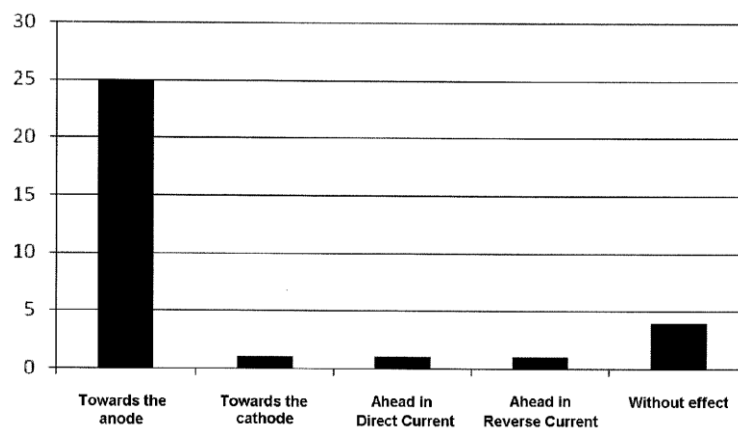


FIG. 7C

La prueba demuestra que en las 3 condiciones los pacientes se desplazan mayormente hacia el ánodo

### ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
“LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA”

#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

PROTOCOLO: Cambios en la ganancia del Reflejo Vestíbulo Ocular (VOR) con el uso del Dispositivo de Estimulación Galvánica Vestibular y sus efectos fisiológicos.

#### INVESTIGACIÓN MÉDICA CLÍNICA.

EN LA CIUDAD DE MÉXICO, SIENDO LAS \_\_\_\_\_ HORAS DEL DÍA \_\_\_\_\_ DEL MES \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_, ESTANDO PRESENTES EN LAS OFICINAS QUE OCUPA LA DIVISIÓN DE OTONEUROLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN, SITUADA EN CALZADA MÉXICO XOCHIMILCO NÚMERO DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE, CUERPO 8, COLONIA ARENAL DE GUADALUPE, DELEGACIÓN TLÁLPAN, CÓDIGO POSTAL CATORCE MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE (14389), MÉXICO, DISTRITO FEDERAL, LOS DOCTORES: DR ENRIQUE SOTO EGUIBAR (PROFESOR INVESTIGADOR TITULAR TIEMPO COMPLETO "C" DEL INSTITUTO DE FISIOLÓGÍA - BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA) ASESORES CLINICOS: DRA. JULIA KIKO ISHIWARA (JEFE DEL SERVICIO DE OTONEUROLOGÍA) Y DRA. IVONNE CALDERÓN LEYVA (MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE REHABILITACIÓN VESTIBULAR) Y LA DRA. GUADALUPE JIMENA LARA LARA (MÉDICO RESIDENTE DE AUDIOLOGÍA, OTONEUROLOGÍA Y FONIATRÍA) LOCALIZADOS EN EL SERVICIO DE OTONEUROLOGÍA CON LA EXTENSION 18203 CON EL OBJETO DE DAR A CONOCER EL PROTOCOLO CAMBIOS EN LA GANANCIA DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR (VOR) CON EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR Y SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS., CUYAS CARACTERÍSTICAS SE MENCIONAN A CONTINUACIÓN, COMO LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO E INFORMAR EN QUÉ CONSISTIRÁ LA PARTICIPACIÓN \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_ PACIENTE C. \_\_\_\_\_, O EN SU DEFECTO CUIDADOR O RESPONSABLE, DEL PACIENTE, DE NOMBRE \_\_\_\_\_.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN: LOS TRASTORNOS VESTIBULARES SON UNA ENTIDAD CADA VEZ MÁS COMÚN EN NUESTRO MEDIO, CONDICIONANDO UN DETERIORO IMPORTANTE EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS PACIENTES. POR LO CUAL RESULTA IMPRESCINDIBLE REHABILITAR TEMPRANAMENTE A LOS PACIENTES, EVITANDO ASÍ CONSECUENCIAS GRAVES. EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR PERMITIRÁ LLEVAR A CABO LA REHABILITACIÓN VESTIBULAR DE ESTOS PACIENTES Y DE FORMA SIMULTANEA PODREMOS EVALUAR LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS DERIVADOS DE SU USO,

IMPACTANDO DE MANERA FAVORABLE LA SATISFACCIÓN DEL PACIENTE Y POR ENDE, SU CALIDAD DE VIDA RELACIONADA A SALUD (CVRS).

LA PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE ES TOTALMENTE VOLUNTARIA Y CONSISTIRÁ EN: VALORAR LA FUNCIÓN VESTIBULAR DINÁMICA A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR, CON UN EQUIPO VHIT OTOMETRICS Y FINALMENTE SE LLEVARA A CABO LA APLICACIÓN DE ESTIMULACIÓN GALVANICA VESTIBULAR MEDIANTE EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR .

TIEMPO DE PARTICIPACIÓN: 1 SESION DE 1 HORA DE DURACIÓN

BENEFICIOS: PROPORCIONAR A PACIENTES CON TRASTORNOS VESTIBULARES EL BENEFICIO DE LA REHABILITACIÓN VESTIBULAR MEJORANDO SU CALIDAD DE VIDA.

RIESGOS: NO SE ENCUENTRAN RIESGOS DIRECTAMENTE RELACIONADOS CON LA REALIZACIÓN DE REHABILITACIÓN VESTIBULAR, ASI MISMO EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR, ES INOCUO (SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGA UN NIVEL DE CORRIENTE < 2 MA).

COMPENSACIONES ECONÓMICAS: NINGUNA

CONFIDENCIALIDAD: SE OTORGARÁ UN NUMERO DE FOLIO A CADA PACIENTE Y SE MANTENDRAN SUS DATOS EN CONFIDENCIALIDAD DENTRO DE UNA BASE DE DATOS.

GASTOS: TODOS LOS GASTOS QUE SE ORIGINEN A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE, VOLUNTARIAMENTE, ACEPTA Y AUTORIZA LA PARTICIPACIÓN EN EL PRESENTE PROTOCOLO Y QUE SE GENEREN POR SU PARTICIPACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN, NO OCASIONARÁN NINGÚNA EROGACION PARA EL PACIENTE.

PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: SE SOLICITARÁ EL PRESENTE CONSENTIMIENTO EN EL CONSULTORIO DEL ÁREA DE OTONEUROLOGÍA DEL INR POR UN MÉDICO RESIDENTE. SE VALORARÁ LA FUNCIÓN VESTIBULAR DINÁMICA A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR, CON UN EQUIPO VHIT OTOMETRICS Y FINALMENTE SE LLEVARA A CABO LA ESTIMULACION GALVANICA VESTIBULAR.

INDEMNIZACIÓN: SI USTED NO TIENE EL DESEO DE AUTORIZAR LA PARTICIPACIÓN EN EL PROTOCOLO ANTES SEÑALADO, NO DEMERITARÁ DE NINGUNA MANERA LA CALIDAD DE ATENCIÓN QUE CONTINUE RECIBIENDO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN.

USTED TIENE EL DERECHO DE RECIBIR RESPUESTA, POR PARTE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL, ASÍ COMO DE LOS PARTICIPANTES EN EL PROTOCOLO, CUYOS NOMBRES, DIRECCIONES Y NÚMEROS TELEFÓNICOS SE ENCUENTRAN AL FINAL DE LA

PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, A CUALQUIER PREGUNTA, ACLARACIÓN O DUDA, ACERCA DE LOS PROCEDIMIENTOS, RIESGOS, BENEFICIOS Y OTROS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN Y LA PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE, LA CUAL PUEDE SOLICITAR EN CUALQUIER MOMENTO.

NO OMITO MANIFESTAR QUE HE SIDO INFORMADO(A) CLARA, PRECISA Y AMPLIAMENTE, RESPECTO DEL PROCEDIMIENTO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR (PRÓTESIS VESTIBULAR): EFECTOS FISIOLÓGICOS Y USO EN REHABILITACIÓN VESTIBULAR, ASÍ COMO DE LOS RIESGOS A LOS QUE ESTARÉ EXPUESTO

HE LEÍDO Y COMPRENDIDO LA INFORMACIÓN ANTERIOR, Y TODAS MIS PREGUNTAS HAN SIDO RESPONDIDAS DE MANERA CLARA Y A MI ENTERA SATISFACCIÓN, POR PARTE DE

---

LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REALIZAR EL PROTOCOLO: CAMBIOS EN LA GANANCIA DEL REFLEJO VESTÍBULO OCULAR (VOR) CON EL USO DEL DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN GALVÁNICA VESTIBULAR Y SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS. ME FUE ENTREGADA CON EL TIEMPO SUFICIENTE PARA SER LEÍDA Y COMPRENDIDA.

ASIMISMO, MANIFIESTO QUE ME FUERON ENTREGADOS DIVERSOS DOCUMENTOS (DÍPTICOS, TRÍPTICOS, FOLLETOS, ETC.), CON INFORMACIÓN DE DISFUNCIÓN VESTIBULAR, LOS CUALES TAMBIÉN HE LEÍDO Y COMPRENDIDO.

SE HIZO DE MI CONOCIMIENTO QUE TENGO EL DERECHO A, EN CUALQUIER MOMENTO Y SIN NECESIDAD DE DAR EXPLICACIÓN, RETIRAR MI PARTICIPACIÓN EN EL PROTOCOLO MENCIONADO, SIN QUE POR ELLO SE DEMERITE LA ATENCIÓN Y LOS TRATAMIENTOS OTORGADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN.

ME HAN INFORMADO QUE DEBO FIRMAR LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA QUE LOS (INVESTIGADORES, DOCTORES) SE ENCUENTREN EN POSIBILIDAD DE INICIAR Y REALIZAR EL PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS, DICHA CARTA SE ELABORA POR DUPLICADO ENTREGÁNDOME UN EJEMPLAR EN ORIGINAL DE LA MISMA.

NOMBRE Y FIRMA DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL:



TELÉFONO

---

---

DIRECCIÓN

---

---

NOMBRE Y FIRMA DEL PARTICIPANTE

---

TELÉFONO

---

---

DIRECCIÓN

---

---

TESTIGO

NOMBRE Y FIRMA

---

QUIEN SE IDENTIFICA CON

---

PARENTESCO

---

---

NOTA: LOS DATOS PERSONALES CONTENIDOS EN LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, SON CONSIDERADOS CONFIDENCIALES DE CONFORMIDAD CON LO DISPUESTO POR LOS ARTÍCULOS 3, FRACCIÓN II; 18, FRACCIÓN II Y 21 DE LA LEY FEDERAL DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA GUBERNAMENTAL, POR LO QUE LA INFORMACIÓN CONFIDENCIAL PROPORCIONADA SERÁ UTILIZADA EXCLUSIVAMENTE PARA FINES DE INVESTIGACIÓN.