



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICION
SALVADOR ZUBIRÁN

ESPECIALIDAD EN:
NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA

**“VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DURANTE LA ESTIMULACIÓN
VESTIBULAR CON PRUEBAS TÉRMICAS”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MEDICO ESPECIALISTA EN:

NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA

P R E S E N T A
DR. MARCO ABIEL HERNÁNDEZ CAMACHO

PROFESOR TITULAR Y TUTOR:
DR. BRUNO ESTAÑOL VIDAL



MÉXICO D. F.

JUNIO 2013



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.



INCMNBZ
INSTITUTO NACIONAL
DE CIENCIAS MEDICAS Y NUTRICION
"DR. SALVADOR ZUBIRAN"
DIRECCION DE ENSEÑANZA
México, D.F.

MAHC
Jul/13

DR SERGIO PONCE DE LEON ROSALES
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

DR CARLOS GERARDO CANTÚ BRITO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE NEUROLOGIA Y PSIQUIATRIA

DR BRUNO ESTAÑOL VIDAL
JEFE DEL LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGIA CLINICA

TUTOR

DEDICATORIAS:

- A Dios, por quien soy, y por quien vivo.
- A mi padre, Dr. Julián Juan Hernández Vera, mi ejemplo a seguir, y la persona que más admiro.
- A mi madre, Lic. Ma Teresa Camacho Berrueta, a quien dedico todo lo que soy, con todo mi amor.
- A mi hermano, Ing. Julio Iván Hernández Camacho, mi apoyo, mi ejemplo y sobretodo mi mejor amigo.
- A mi hermana, Ma. Fernanda T. Hernández Camacho, la alegría de mi vida, mi fuerza, y por quien vale la pena seguir viviendo.
- A los residentes y especialistas en Audiología, Otoneurología y Foniatría, especialmente aquellos con quienes comparto el sueño de ser neurofisiólogo.
- A todas las personas que han sido parte de mi vida y de mi formación.

AGRADECIMIENTOS:

- A Dios, a mis padres y hermanos, a quienes dedico el presente trabajo.
- A mi maestro el Dr. Bruno Estañol Vidal, por sus enseñanzas, por dirigir este proyecto, y por creer en mí para ser neurofisiólogo.
- Al Dr. José Antonio Gien López, asesor metodológico de este trabajo, por las horas invertidas en él, y por su apoyo durante el primer año de la especialidad.
- Al Dr. Horacio Sentíes Madrid, mi adscrito y maestro, con admiración.
- Al Dr. Daniel Damián Dueñas, por su tiempo, su paciencia, su compañerismo y por todo lo aprendido en el primer año de la especialidad.
- Al Dr. René I. González Gómez, por su amistad y su valioso apoyo para poder seguir adelante con la especialidad, por todo lo aprendido y compartido.
- A la Dra. Caroline Malamud Kessler, por su ayuda en este trabajo, y por lo compartido como compañeros y amigos en la subespecialidad.
- A mis compañeros del Hospital Regional de Alta Especialidad de Zumpango, sin cuyo apoyo este proyecto no habría sido posible.
- A mi muy querida Ma. Fernanda Hernández Camacho, y a Marilú Hernández Pérez, por sus valiosas aportaciones en este trabajo.
- A la Dra. Yolanda Elías Cuadros, por creer en mí, por apoyarme para ingresar a la especialidad, y por todas sus enseñanzas.
- A mi siempre Dra. Paola Escalante Ornelas, por todos los momentos compartidos, por su alegría, por su apoyo, su paciencia, y por cada día.

INDICE

I.	Introducción	6
II.	Marco teórico	7
	2.1 El sistema nervioso autónomo.	7
	2.2 Estudio del sistema nervioso autónomo mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca	7
	Pruebas clínicas de la función autonómica cardiovascular	8
	2.3 Descripción de la variabilidad de la frecuencia cardíaca	9
	2.4 Métodos tradicionales de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca	8
	Métodos de análisis en el dominio del tiempo.	10
	Métodos de análisis en el dominio de la frecuencia.	10
	Métodos de dinámica no lineal	10
	2.5 El sistema vestibular	11
	Las conexiones con los centros vegetativos	11
	Exploración instrumentada del aparato vestibular	11
	2.6 Pruebas térmicas	12
III.	Justificación	14
IV.	Objetivo general	15
V.	Objetivos específicos	15
VI.	Hipótesis	15
	6.1 Hipótesis principal	15
	6.2 Hipótesis secundarias	15
VII.	Material y método	16
	7.1 Diseño del estudio	16
	7.2 Muestra	16
	7.3 Criterios de inclusión	16
	7.4 Criterios de exclusión	17
	7.5 Criterios de eliminación	17
	7.6 Variables	18
	7.7 Selección de fuentes, métodos y técnicas de recolección de información	19
	7.8 Recursos	20
VIII.	Consideraciones éticas	21
IX.	Resultados	22
X.	Discusión	30
XI.	Conclusiones	31
XII.	Comentarios y limitaciones	31
XIII.	Bibliografía	32
XIV.	Anexos	35

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos de la modulación del sistema nervioso autónomo sobre el aparato cardiovascular implica el balance entre el tono simpático y parasimpático sobre la frecuencia cardíaca ante diversas situaciones fisiológicas.

Se ha utilizado la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para estudiar la actividad del sistema nervioso autónomo, principalmente en reposo, respiración rítmica, ortostatismo y maniobra de Valsalva.

En el ortostatismo hay una alteración en la VFC, secundaria a la redistribución de volúmenes en el organismo. Sin embargo, poco se menciona sobre el efecto de la estimulación vestibular durante esta maniobra.

En la literatura clínica están bien establecidas las manifestaciones autonómicas de la disfunción vestibular y el mareo. Se conoce que la estimulación vestibular tiene un efecto de estimulación autonómica, manifestado por náusea y vómito, así como un efecto ligado a la descarga vegetativa general del alerta. Los estudios más recientes sobre regulación autonómica se han centrado principalmente en las respuestas autonómicas a la estimulación de los órganos vestibulares en el oído interno.

En estudios con animales de experimentación se ha demostrado que las lesiones bilaterales de los núcleos vestibulares resultan en déficits cardiovasculares irreversibles, especialmente en pruebas ortostáticas.

Sin embargo existen pocos estudios que demuestren el efecto de la estimulación vestibular sobre el sistema nervioso autónomo a través de la medición de la VFC.

Se realizó un estudio prospectivo, observacional y descriptivo.

II. MARCO TEÓRICO

El sistema nervioso autónomo.

El sistema nervioso autónomo (SNA) o vegetativo es un componente importante del sistema nervioso, constituido por un complejo conjunto de neuronas centrales, ganglios periféricos y vías nerviosas que controlan la función de los diferentes sistemas viscerales del organismo. Su función global consiste en mantener la situación de homeostasis del organismo y efectuar las respuestas de adaptación ante cambios del medio ambiente externo e interno. El SNA, a través de los tres componentes eferentes que lo integran –simpático, parasimpático y entérico–, inerva el músculo cardíaco, el músculo liso de todos los órganos y las glándulas exocrinas y endocrinas. Así, regula la respiración, la circulación, la digestión, el metabolismo, la secreción glandular, la temperatura corporal, la reproducción y, además, coordina todas estas funciones vitales para mantener la homeostasis^{16,23,28}.

En la actualidad se acepta que el SNA está integrado por vías aferentes viscerales, centros de integración y vías eferentes viscerales simpáticas y parasimpáticas, de forma que el SNA se extiende tanto en el sistema nervioso central como en el periférico

Las vías efectoras de los sistemas simpático y parasimpático constan, típicamente, de una cadena de dos neuronas. Una neurona preganglionar, cuyo soma se localiza en el sistema nervioso central (SNC) y envía su axón para sinaptar con una neurona posganglionar, cuyo soma está en un ganglio autonómico y que a su vez inerva los órganos diana. Los ganglios simpáticos se sitúan cerca de la médula espinal, para o prevertebrales, con lo que las fibras posganglionares tienen un trayecto relativamente largo. Por el contrario, los ganglios parasimpáticos yacen cerca o dentro de las estructuras viscerales, lo que resulta en fibras posganglionares cortas. Las fibras preganglionares son mielínicas delgadas de tipo B o amielínicas C, mientras que las posganglionares son mayoritariamente amielínicas²³.

La mayor parte de las vísceras reciben una inervación doble del SNA, tanto por parte del simpático como del parasimpático. En general, las dos divisiones funcionan integradamente en el control visceral y ejercen efectos opuestos en algunos órganos como el corazón y el iris.

Algunas estructuras viscerales, como las glándulas sudoríparas o la mayoría de los vasos sanguíneos, reciben inervación de solamente uno de los dos sistemas.

Estudio del sistema nervioso autónomo mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca

Uno de los aspectos de la modulación del sistema nervioso autónomo sobre el aparato cardiovascular implica el balance entre el tono simpático y parasimpático sobre la frecuencia cardíaca ante diversas situaciones fisiológicas.

Debido a la relación anatómica del sistema nervioso autónomo, una evaluación fisiológica directa resulta inaccesible, por lo que se han desarrollado un grupo de pruebas clínicas para medir la función y disfunción autonómica cardiovascular, a través de la medición de las respuestas de los órganos blanco a través de sus perturbaciones fisiológicas y farmacológicas^{14,24}.

Antecedentes históricos

Ya desde 1850s se había establecido que los nervios simpáticos eran tónicamente activos, mediante la observación de que la sección o estimulación eléctrica del nervio simpático producía cambios en la perfusión de la oreja de un conejo²⁰.

En la década de los 30's Adrian, Bronk y Phillips publicaron la primera descripción de descargas simpáticas a los vasos arteriales¹⁶.

La primera vez que la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) tuvo relevancia clínica, fue en 1965, cuando Hon y Lee notaron que el fallecimiento fetal era precedido por alteraciones en los intercomplejos QRS, antes de que ocurriera un cambio apreciable en la misma frecuencia cardíaca^{1,16}.

El término de “variabilidad fisiológica” comenzó a divulgarse en la década de los años 70, cuando se observó que algunas anormalidades en los mecanismos de regulación del sistema cardiovascular podían ser evaluados mediante el cálculo de la potencia espectral de la VFC^{1,29}.

Entre las primeras aplicaciones clínicas se encuentra el hallazgo de que una disminución en la VFC puede estar asociada con el incremento en la mortalidad en pacientes con reciente infarto agudo al miocardio¹⁹.

Recientemente se ha utilizado la VFC para estudiar la actividad del sistema nervioso autónomo. Se han realizado estudios sobre la relación entre los cambios de la amplitud del pulso fotopletoemigráfico y la frecuencia cardíaca¹⁵.

También se ha reportado la utilización de la VFC para la estimación de la sensibilidad barorrefleja¹⁶.

Cuando hablamos de VFC se asume que el análisis se realiza sobre los intervalos R-R o IBI (*inter-beat interval*), aunque hay investigadores que han reportado la variabilidad en intervalo QT³¹.

Para la adquisición de los datos se han utilizado dos tipos de registros; de larga duración de 24 horas, y registros de corta duración que pueden durar alrededor de 5 minutos. Las condiciones de registro varían de acuerdo a la aplicación: con respiración rítmica, en reposo o ejercicio, acostado, inclinado, con medicación o sin ella^{14,16}.

Pruebas clínicas de la función autonómica cardiovascular

Las pruebas más extendidas sobre la función autonómica cardiovascular son:

Pruebas de función cardiovagal:

- a) VFC con respiración profunda
- b) VFC en respuesta a maniobra de Valsalva
- c) VFC en respuesta a un cambio postural (ortostatismo)¹.

Pruebas de función simpático-adrenérgica¹⁴

- a) Respuesta de la presión arterial al ortostatismo activo y a la inclinación pasiva
- b) Respuesta de la presión arterial a la maniobra de Valsalva
- c) Ejercicio isométrico
- d) Inmersión en frío y estrés mental
- e) Prueba de inclinación prolongada para síncope vasovagal
- f) Masaje carotídeo

Descripción de la variabilidad de la frecuencia cardíaca

En un registro electrocardiográfico se observan varias deflexiones, llamadas “ondas” y “complejos”. Einthoven llamó a estas ondas P,Q,R,S y T, según su orden en el ciclo cardíaco. La onda P corresponde a la despolarización auricular, las deflexiones Q, R y S (complejo QRS) representan la propagación de la despolarización ventricular, y la onda T, la repolarización ventricular (Fig 1):

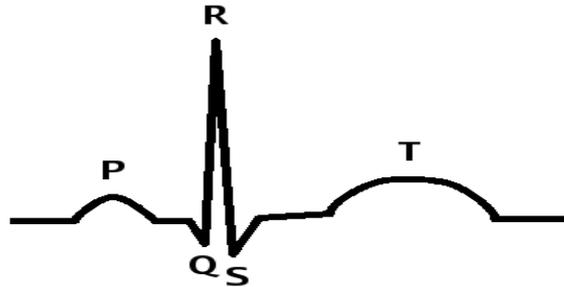


Figura 1. Registro de un electrocardiograma convencional en un sujeto sano

Para el diagnóstico clínico, los intervalos interonda tienen una gran importancia: El intervalo PR es la distancia desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. El segmento ST comprende desde el final del complejo QRS al inicio de la onda T. El intervalo QT indica el total de la sístole ventricular, y el intervalo RR es usado para cuantificar la frecuencia cardíaca^{1,15}.

La representación gráfica del valor de los intervalos RR consecutivos de manera secuencial en un gráfico, se denomina tacograma (Figura 2). La VFC es el término convencionalmente aceptado para describir las variaciones tanto de la frecuencia cardíaca instantánea como de los intervalos RR¹⁶.

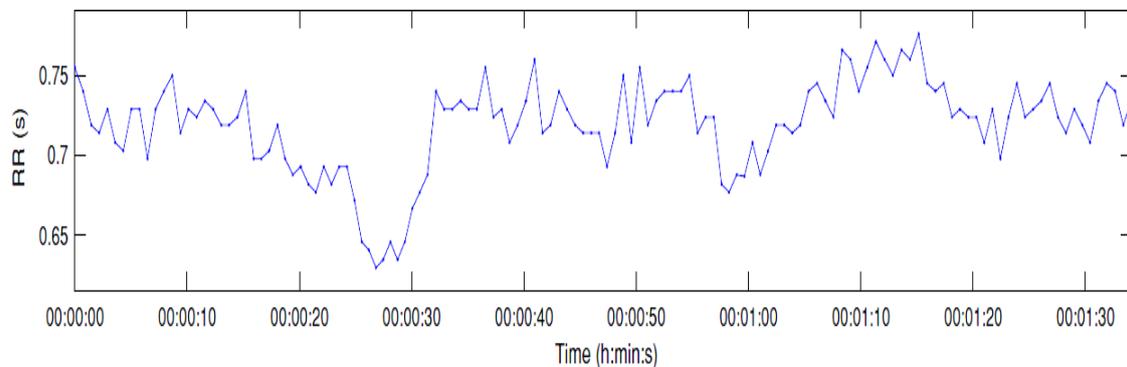


Figura 2. Tacograma que representa las variaciones de los intervalos RR consecutivos en función del número de muestras

Métodos tradicionales de análisis de la VFC

Los métodos de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca se pueden dividir de la siguiente forma:

- Métodos en el dominio del tiempo y la frecuencia
- Métodos de dinámica no lineal

Métodos de análisis en el dominio del tiempo.

En este método son utilizados los intervalos RR entre complejos QRS sucesivos, así como la frecuencia cardíaca. Normalmente se utilizan registros de 24hrs de duración. Los parámetros derivados del cálculo estadístico son:

- a) Promedio de la frecuencia cardíaca
- b) Promedio del intervalo RR (NN)
- c) Desviación estándar de los RR (SDNN)
- d) Porcentaje de intervalos RR consecutivos mayores a 50mseg (pNN50)
- e) Desviación estándar dentro diferencias consecutivas de los intervalos RR (rMSSD)

Métodos de análisis en el dominio de la frecuencia.

Estos métodos se diferencian por el algoritmo matemático empleado para estimar la densidad de la potencia espectral (PSD) y se clasifican en paramétricos y no paramétricos. Entre las transformadas más empleadas se encuentran la transformada rápida de Fourier (FFT), autoregresiva (AR) y la entropía aproximada (EAp). El espectro es calculado a partir del tacograma de intervalos RR.

En los registros de corta duración se distinguen tres componentes principales: muy baja frecuencia (VLF), baja frecuencia (LF) y alta frecuencia (HF)¹⁶.

La asociación fisiológica de la componente de muy baja frecuencia (VLF; 0.0-0.04Hz) es controversial, la componente de baja frecuencia (LF: 0.04-0.15-hz) se asocia con el sistema nervioso simpático (SNS) y la componente de alta frecuencia (HF: 0.15-0.4Hz) con el sistema nervioso parasimpático (SNPS). Existen registros de larga duración que introducen una componente adicional, denominada ultra baja frecuencia (ULF: <0.003Hz) (Figura 3).

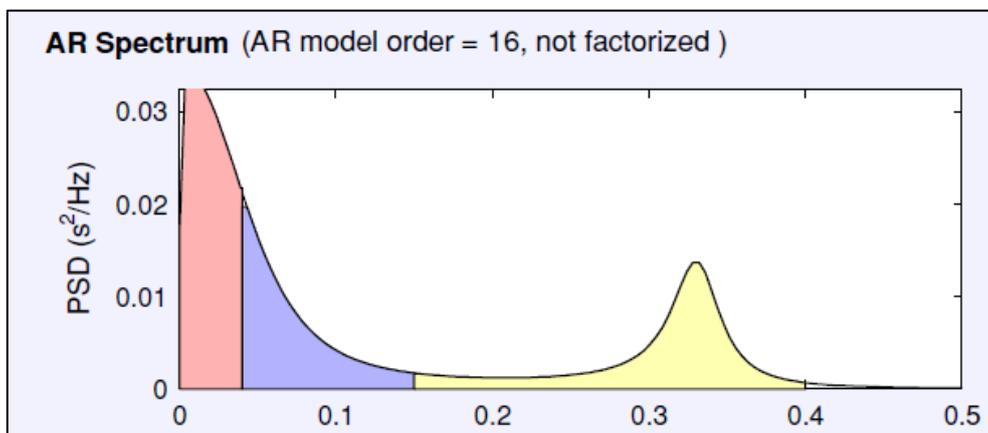


Figura 3. Densidad de potencia espectral

Métodos de dinámica no lineal

Para cuantificar las propiedades no lineales de la VFC se han empleado las siguientes técnicas:

- a) Dimensión de correlación
- b) Exponentes de Lyapunov
- c) Entropía de Kolmogorof
- d) Análisis espectral de grano grueso
- e) Exponentes H escalados

Debido a que la descripción de estas escapa a los objetivos del presente trabajo, no se abordarán a profundidad estas técnicas.

El sistema vestibular

El aparato vestibular es el órgano periférico del sentido del espacio por medio de los canales semicirculares (CS), cuya excitación produce una serie de sensaciones que dan la percepción de las 3 dimensiones del espacio^{3,5,7}.

Los conductos semicirculares están capacitados para detectar aceleraciones angulares (rotación) mientras que las máculas lo están para aceleraciones lineales e inclinaciones en el espacio; por tanto la sensación que se puede hacer consciente en la corteza cerebral, será de tipo rotatorio, aceleratorio o inclinatorio.

El sistema nervioso central (SNC) adquiere la noción de espacio tridimensional a la que son enviadas todas las sensaciones de los diferentes órganos sensoriales, informándonos sobre la situación y disposición de los objetos, la posición del cuerpo en el espacio^{5,7}.

El aparato vestibular periférico envía su información a los núcleos vestibulares y por medio de haces descendentes a los núcleos talámicos; de allí a la corteza cerebral donde terminaría el proceso de la toma de conciencia de la sensación originada en el receptor.

Las conexiones con los centros vegetativos

De acuerdo con Brunas, las manifestaciones vegetativas que acompañan a la sensación vertiginosa, debe ser considerada bajo dos aspectos distintos: el relacionado con las náuseas y vómitos y el que está ligado a la descarga vegetativa general del alerta⁷.

Sensación de náuseas y vómitos:

Estas sensaciones que se producen después de la estimulación vestibular prolongada o con las lesiones del aparato vestibular, se deben a que existen fibras colinérgicas con terminaciones directas que van al tallo cerebral y a la formación reticular.

Reacción vegetativa general de alerta:

La estimulación vestibular sostenida provoca una activación de la formación reticular, por medio de dos sistemas.

Por intermedio del sistema ascendente: taquicardia, hipertensión, sudoración.

La activación de la corteza cerebral provoca el estado psíquico de alerta o ansiedad.

Por intermedio del sistema descendente: Modificaciones en el tono muscular.

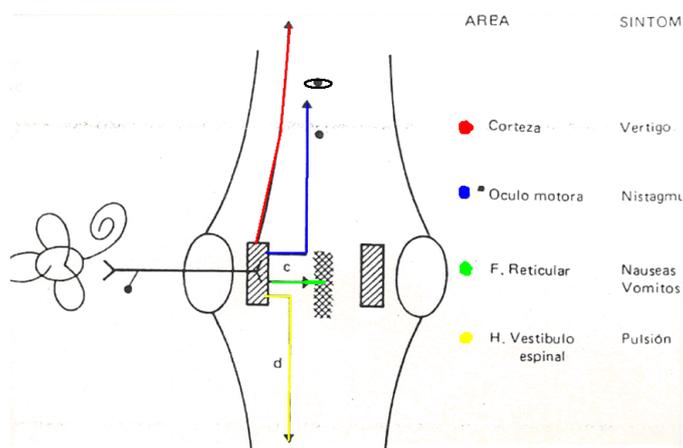


Figura 4. Esquema donde se representa la entrada al núcleo vestibular, las eferencias de este hacia la corteza, núcleos oculomotores, área vegetativa y vestibuloespinal, y en cada uno su implicación funcional

En la literatura clínica están bien establecidas las manifestaciones autonómicas de la disfunción vestibular y el mareo^{3,10}. Los estudios más recientes sobre regulación autonómica se han centrado principalmente en las respuestas autonómicas a la estimulación de los órganos vestibulares en el oído interno. Estos estudios han mostrado que las respuestas autonómicas a la estimulación vestibular son selectivas regionalmente, e incluso se ha definido un reflejo vestibulo-simpático en animales de experimentación. Sin embargo, fuera de estas preparaciones experimentales, la importancia de las aferencias vestibulares en la regulación autonómica aún no se ha definido adecuadamente, ya que los controles para factores secundarios, tales como las respuestas afectivas/emocionales y las respuestas cardiovasculares provocadas por la contracción muscular y la acumulación de sangre regional resultan inadecuados. La evidencia anatómica y fisiológica sugiere una amplia convergencia de la información vestibular y autonómica en el tallo cerebral³.

Exploración instrumentada del aparato vestibular

La electrooculografía (EOG) es el conjunto de métodos de registro de los movimientos oculares, la electronistagmografía (ENG) es un registro especial de EOG que utiliza un aparato llamado electronistagmógrafo.

La videonistagmografía (VNG) es un sistema especial de análisis y registro de la motilidad ocular durante el estudio del sistema vestibular mediante diversos estímulos. Se trata de la detección de la posición ocular por medio de cámaras de video situadas en una máscara especial sujeta firmemente a la cabeza del paciente²⁶.

Pruebas térmicas

Constituyen hasta ahora el único procedimiento clínico que permite estimular cada laberinto por separado^{2,12}.

Los conductos semicirculares y el neuroepitelio detectan normalmente aceleraciones angulares, pero pueden estimularse artificialmente con procedimientos térmicos, mecánicos y corrientes galvánicas. Róbert Bárány considero que el cambio de temperatura ocasionado por la irrigación del conducto auditivo externo se transmite por las paredes óseas y la cadena tímpano-oscicular, llegando primero al conducto semicircular horizontal luego se extiende progresivamente a todo el laberinto¹⁵.

El cambio de temperatura de los líquidos laberínticos es pequeño, pero si el fluido de irrigación tiene una temperatura mayor a 37 grados centígrados, es suficiente para variar su densidad ocasionar una corriente de convección en el sistema formado por conducto semicircular y vestíbulo.

El enfriamiento produce un aumento de densidad, la endolinfa tiende a dirigirse hacia abajo con un impulso ampulífugo, si el estímulo térmico es caliente, la corriente endolinfática se va hacia arriba y habrá un estímulo ampulípeto. El estímulo térmico se correlaciona con la reactividad laberíntica ante estímulos rotatorios alternantes de baja frecuencia².

Técnica de exploración:

La estimulación térmica se puede hacer de muchas maneras: con agua, aire, estimulación simultánea o separada¹².

La técnica más aceptada debe cumplir lo siguiente: ser fácil de ejecutar, confortable, capaz de valorar la sensibilidad del conducto semicircular horizontal, revelar el fenómeno de preponderancia direccional.

La técnica descrita por Fitzgerald y Hallpike es la que cumple con esto, y consiste en levantar la cabeza del paciente 30 grados con respecto al plano horizontal, de modo que el conducto semicircular quede en el plano horizontal. La irrigación del conducto auditivo externo se hace con 300ml de agua tanto a 30 grados como a 44 grados, fluyendo durante 40 segundos. El nistagmus se observa y se registra. Las respuestas térmicas ante estímulos son muy variables, debido a los siguientes factores:

- Eficiencia y velocidad de transmisión del cambio térmico desde el conducto auditivo externo, a través de la cadena osicular y la pared ósea laberíntica hasta la perilinfa y endolinfa.
- La sensibilidad individual del neuroepitelio al estímulo térmico

Las pruebas térmicas no tienen un valor cuantitativo absoluto, solo reflejan asimetría. Stahle mostró que los límites clínicos para considerar asimetría como valor diagnóstico, tanto respecto a la paresia como a la preponderancia deben ser mayores que el 30% de la magnitud de las pruebas.

A las respuestas nistágmicas se les mide su duración y su intensidad.

- Duración del nistagmus térmico.- Se mide en función al lapso comprendido entre la aplicación del estímulo y el final de la respuesta, se considera el parámetro más útil en la respuesta vestibular.
- Intensidad del nistagmus.- Para valorar este parámetro se requiere de lo siguiente:
 - a) Frecuencia nistágmica: Es el número de sacudidas por segundo, se considera unos de los principales parámetros para evaluar la intensidad de la respuesta laberíntica. La frecuencia máxima ocurre entre 60 y 90 segundos después de iniciado el nistagmus y se le llama frecuencia de culminación.
 - b) Amplitud del nistagmus: Se refiere al desplazamiento ocular fuera de la posición de la mirada, medido en grados. El valor máximo de la amplitud se obtiene entre 60 y 90 segundos de iniciado el nistagmus. La amplitud total es la suma de las amplitudes de todas las fases lentas del nistagmus en el curso de cada prueba, y traducirá el estado funcional del vestíbulo en su totalidad, incluyendo vías y centros superiores, se ha intentado reducir este trabajo a solo sumar la amplitud de culminación, que es la suma de las sacudidas nistágmicas que ocurren entre los 60 y 90 segundos de iniciado el estímulo.

Las pruebas térmicas son fundamentalmente cualitativas, ya que solo tienen un valor clínico en asimetrías mayores del 30%^{2,4}.

III. JUSTIFICACIÓN

El sistema nervioso simpático (SNS) históricamente se ha enseñado a millares de estudiantes de medicina y de la ciencia como una parte del sistema nervioso autónomo. En los últimos años se ha evidenciado de forma más clara al SNS como el controlador principal del sistema cardiovascular bajo una variedad de situaciones.

Los estudios han revelado algunas de las vías del sistema nervioso central que subyacen al control simpático y de cómo una variedad de aferencias regulan el flujo simpático.

Esta información pone de manifiesto la necesidad de comprender a la perfección toda la gama de estímulos que intervienen en los mecanismos de regulación simpática y parasimpática, y cómo esta interacción puede afectar directamente en la morbilidad y mortalidad de las patologías cardiovasculares.

Asimismo, la evolución en el conocimiento de la fisiología vestibular, desde los primeros trabajos de Flourens, hasta la moderna videonistagmografía y el *computerized head impulse test*, nos lleva a la necesidad de entender la interacción del control vestibular con la regulación del sistema nervioso autónomo.

En la actualidad existen pocos estudios en los que de forma directa estudien la respuesta del sistema nervioso autónomo durante la estimulación vestibular, por lo que se requiere una mayor participación de los investigadores en fisiología cardiovascular y vestibular para lograr una adecuada comprensión de la misma.

El presente estudio pretende evaluar la respuesta del sistema nervioso autónomo -manifestada por la variabilidad de la frecuencia cardíaca- durante la estimulación vestibular unilateral.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la estimulación vestibular sobre la frecuencia cardiaca en sujetos sanos.

V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Evaluar la frecuencia cardiaca en función de tiempo y con análisis espectral en reposo en sujetos sanos.
2. Evaluar la frecuencia cardiaca en función de tiempo y con análisis espectral durante la estimulación vestibular en sujetos sanos.

VI. HIPÓTESIS

Hipótesis nula

No existe una diferencia significativa entre la frecuencia cardiaca basal o sin estimulación vestibular, comparada con la frecuencia cardiaca durante la estimulación vestibular con pruebas térmicas.

Hipótesis alterna

Existe una diferencia significativa entre la frecuencia cardiaca basal o sin estimulación vestibular, comparada con la frecuencia cardiaca durante la estimulación vestibular con pruebas térmicas.

VII. MATERIAL Y METODO

Diseño del estudio

Estudio transversal, prolectivo, observacional y descriptivo.

Muestra

Dado que se trata de un estudio exploratorio donde no contamos con antecedentes, se tomó una muestra por conveniencia de 15 sujetos sanos (estudiando 30 oídos), elegidos al azar de una población del Distrito Federal, México, y que cumplieran con los criterios de inclusión y de exclusión. Este estudio no requiere cálculo de muestra.

Criterios de inclusión

1. Edad entre 25 y 55 años
2. Sexo indistinto
3. Con audición normal documentada por audiometría
4. Otoscopia normal
5. Sin evidencia clínica de alteración vestibular uni o bilateral
6. Sin enfermedad autonómica o cardíaca documentada
7. Ayuno a cafeína de por lo menos 6 hrs
8. Sin ingesta de fármacos en las últimas 72 hrs

Criterios de exclusión

1. Pacientes con cardiopatías y enfermedad autonómica
2. Pacientes con perforación timpánica
3. Pacientes con disfunción vestibular
4. Pacientes con uso de fármacos betabloqueadores, antihistamínicos, calcioantagonistas, sedantes vestibulares o neurolépticos.
5. Arritmias documentadas por electrocardiograma

Criterios de eliminación

1. Pacientes que durante el registro de la frecuencia cardíaca decidan abandonar el estudio.
2. Pacientes que durante el estudio se detecte ausencia de estimulación efectiva por disfunción vestibular.
3. Pacientes que durante el estudio se detecten arritmias ventriculares presentes por electrocardiograma.

Variables:

Independientes:

Estímulo vestibular: Realizado por medio de irrigación con agua en el conducto auditivo externo a una temperatura, cantidad y presión constantes por medio de un irrigador automático.

Dependientes:

Frecuencia cardíaca: Medida en latidos por minuto, diferencia entre R-R del electrocardiograma en milisegundos. Numérica continua.

Selección de fuentes, métodos y técnicas de recolección de información:

Para la elaboración del proyecto se inició con la programación de un montaje en el polígrafo portátil Nicolet® donde se colocó el canal de registro de electrooculograma (EOG) referenciando oculograma derecho (ROC) con izquierdo (LOC), y un canal para registro electrocardiográfico, ambos para electrodo activo, referencia y tierra.

El montaje se realizó con la tierra y su referencia en la frente del paciente. El electrodo de registro electrocardiográfico fue colocado sobre la región presternal izquierda del paciente a la altura de segundo y cuarto espacio intercostal y, el registro del EOG se colocó en el canto externo de ambos ojos, electrooculograma derecho (ROC) con izquierdo (LOC).

Las impedancias requeridas estuvieron por debajo de los 5 KOhms para todos los electrodos de registro.

Asimismo se colocó un equipo de videoFrenzel Otometrics®, con el cual se documentaron los trazos de los nistagmos producidos por la estimulación vestibular.

El paciente estuvo en reposo por al menos 3 minutos sin que obtuviéramos algún registro, a continuación se registró la frecuencia cardíaca basal durante 2 minutos y posteriormente se realizó la estimulación vestibular mediante la irrigación de 20ml de agua a 30°C durante 20 segundos por medio del irrigador automático del equipo de VNG Otometrics®.

Se registró simultáneamente en ambos equipos para documentar la duración exacta de la estimulación vestibular (mediante la identificación del nistagmo, tanto en el electrooculograma (EOG) como en el videonistagrama (VNG).

Con los datos obtenidos, de manera visual se identificaron 2 minutos con ausencia de estimulación, así como el periodo de estimulación documentada durante la duración del nistagmo. Para estos periodos de tiempo, se realizó de manera manual el conteo de la diferencia de intervalo R-R en milisegundos utilizando el lector de electroencefalograma de EEG to Go de la empresa Nicolet® y se capturaron en hojas de Excel® los latidos consecutivos de los tiempos referidos para cada momento: reposo y estimulación vestibular. Los tiempos eran convertidos a frecuencia cardíaca por latido en Excel® y posteriormente se obtuvieron promedios, desviación estándar, latido máximo y mínimo, índice de máximo/mínimo para cada uno de los registros de cada paciente.

Recursos

Humanos:

Investigadores

- Dr. Marco Abiel Hernández Camacho
- Dr. Bruno Estañol Vidal
- Dr. José Antonio Gien López

Materiales:

- Papelería en general
- Equipo de computo
- Software Microsoft Office 2007®
- Software Kubios®
- Espacio físico utilizado del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán
- Espacio físico utilizado del Hospital Regional de Alta Especialidad “José Ma. Morelos y Pavón” en Zumpango, Edo. Mex
- Equipo de Electroencefalografía portátil Nicolet®
- Equipo de Videonistagmografía con irrigador automático Otometrics®

Financieros:

- El presente estudio no contó con financiamiento de ninguna índole. Los recursos necesarios fueron cubiertos por el investigador principal, Dr. Marco Abiel Hernández Camacho.

VIII CONSIDERACIONES ÉTICAS

Tomando como referencia los lineamientos de los Códigos de Núremberg y Helsinki de la Asociación Médica Mundial para las investigaciones médicas en seres humanos se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La participación en la presente investigación será de carácter voluntario.
2. Antes de aceptar una decisión afirmativa del sujeto sometible a la investigación se explicará la naturaleza, duración y propósito de la misma, el método y las formas mediante las cuales se conducirá, así como todos los inconvenientes que pueden presentarse.
3. Después de asegurar que el individuo ha comprendido la información, se obtendrá un consentimiento informado por escrito.
4. Durante el curso de la investigación el sujeto tendrá la libertad de poner fin a su participación, sin que esto implique alguna penalización.
5. La investigación se realizará con la finalidad de obtener resultados fructíferos para el bien de la sociedad.
6. El grado de riesgo de la presente investigación no excederá nunca el determinado por la importancia humanitaria del planteamiento de problema a ser resuelto por la investigación.
7. La investigación será conducida únicamente por personas calificadas.
8. El bienestar de los participantes será siempre la prioridad de la investigación.
9. La responsabilidad de los seres humanos recaerá siempre en una persona con capacitación médica responsable de la investigación, y nunca en los participantes, aunque hayan otorgado su consentimiento.
10. La investigación sólo se realizará cuando la importancia del objetivo sea mayor que el riesgo inherente y los costos para el individuo.
11. Se respetará el derecho de los participantes en la investigación a proteger su integridad tomando toda clase de precauciones para resguardar la intimidad de los individuos, la confidencialidad de la información del paciente y reducir al mínimo las consecuencias de la investigación sobre su integridad física y mental y su personalidad.
12. Al publicar los resultados el investigador estará obligado a mantener la exactitud de los datos y resultados. Se publicarán tanto los resultados negativos como los positivos y dichos resultados estarán a disposición de los participantes previa solicitud formal.

IX. RESULTADOS

Estimulación vestibular:

Se realizó estimulación vestibular mediante las pruebas térmicas, registrando el tiempo que duraba el nistagmo recogido en el videonistagmógrafo.

Para poder realizar el análisis espectral se registró un tiempo mínimo de 120 segundos.

La gráfica 1 ejemplifica el registro del electrooculograma (EOG) en la parte superior, y el electrocardiograma en la inferior. Nótese la ausencia de nistagmo en el EOG.

Gráfica 1. Registro basal



En la gráfica 2 se ejemplifica la estimulación en oído derecho. Se aprecia el inicio del nistagmo (con fase rápida a la izquierda) en registro del electrooculograma en la parte superior señalando con flechas el inicio del nistagmo (flecha superior) a partir del cual se inicia la medición de los intervalos R-R (flecha inferior).

Gráfica 2. Estimulación oído derecho



La gráfica 3 ejemplifica la estimulación en oído izquierdo. En la parte superior se aprecia el nistagmo con fase rápida a la derecha. En el registro inferior se ejemplifica la medición de un intervalo R-R.

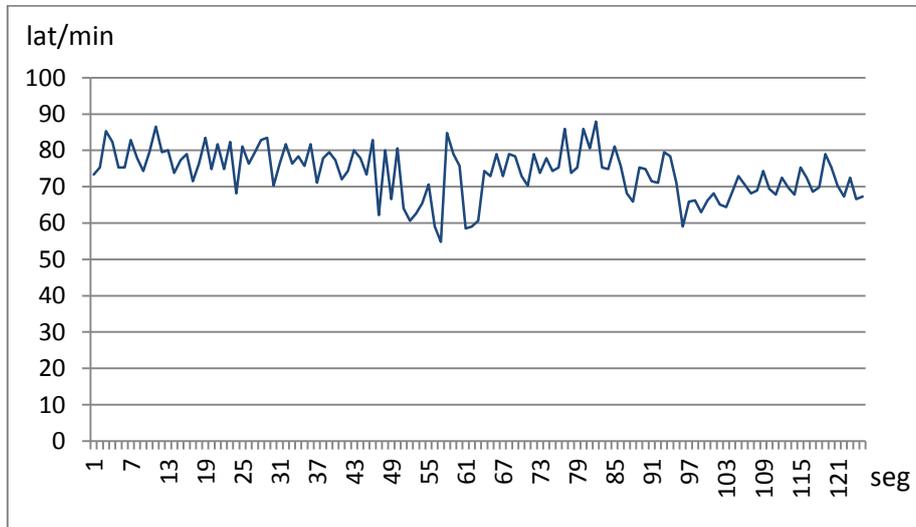
Gráfica 3. Estimulación oído izquierdo



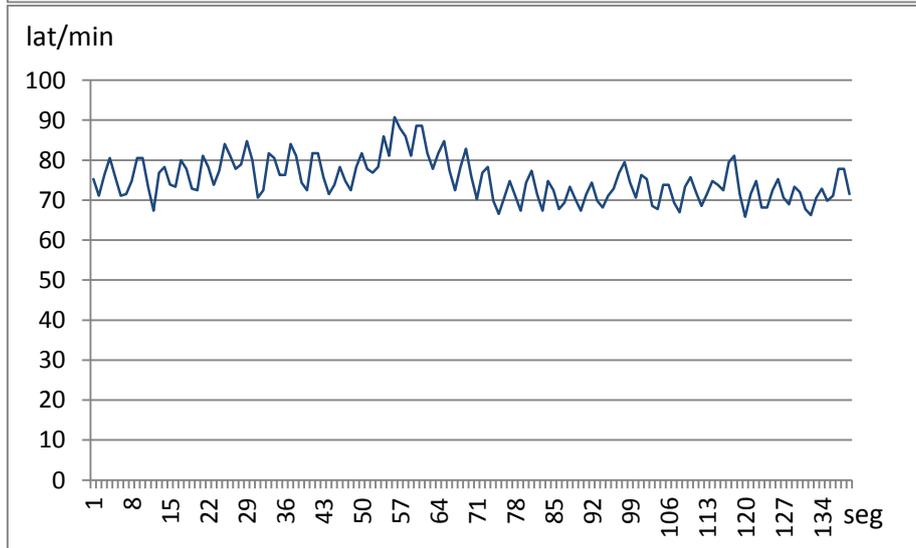
En la gráfica 4 se observa un tacograma de la frecuencia cardiaca sobre el tiempo registrado en registro basal (4a), y con estimulación en oído izquierdo (4b) y derecho (4c)

Gráfica 4. Conteo intervalos R-R y valor en lat/min

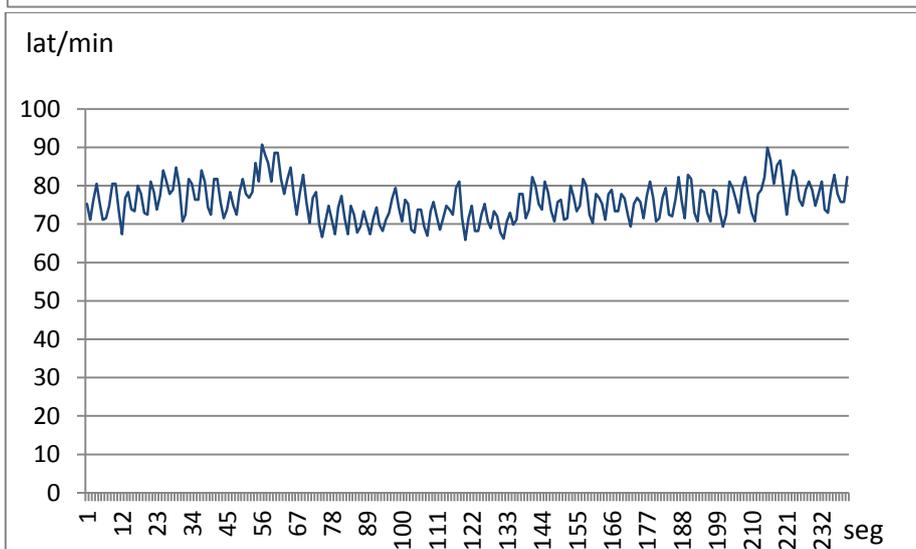
a) Registro basal



b) Estimulación oído izquierdo



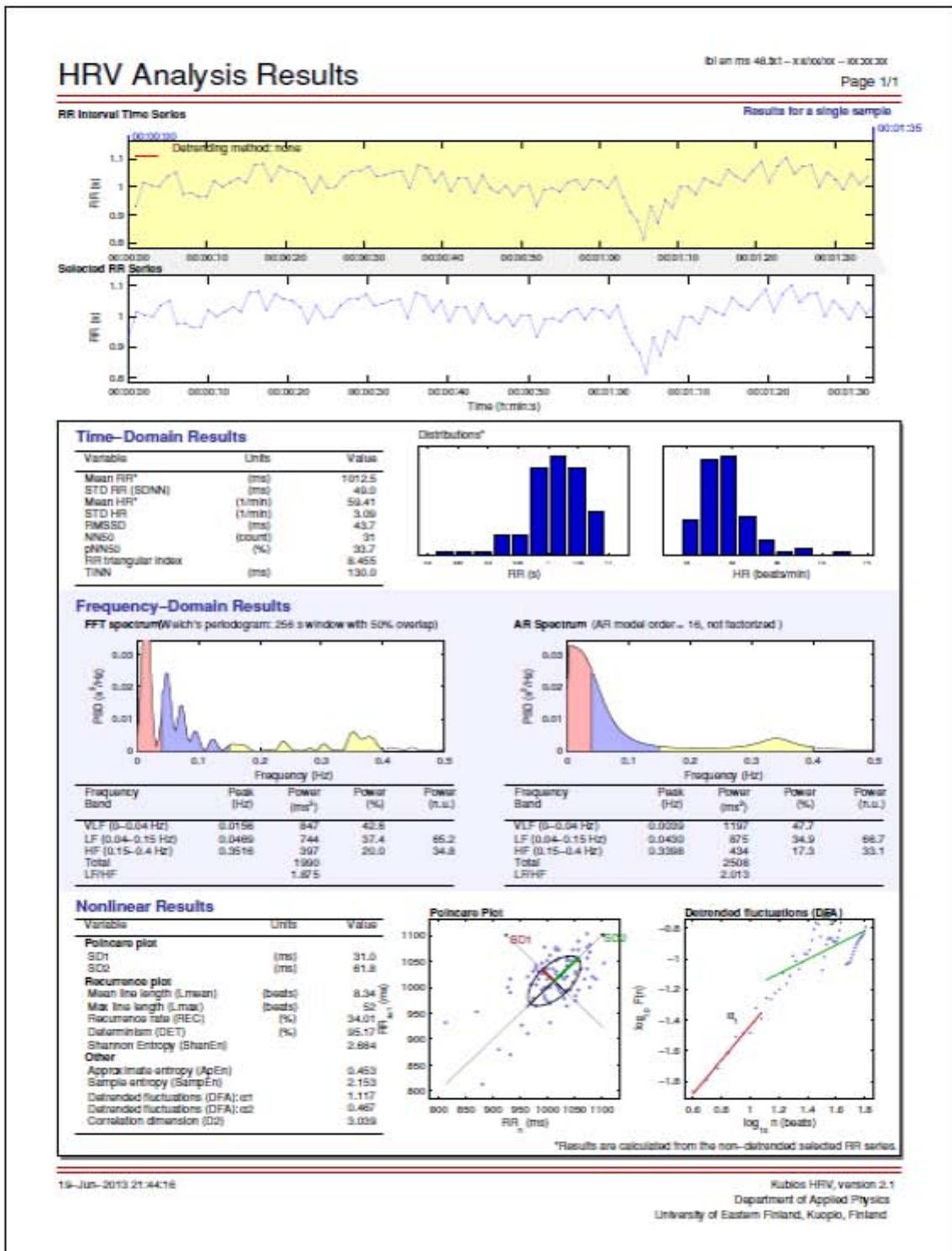
c) Estimulación oído derecho



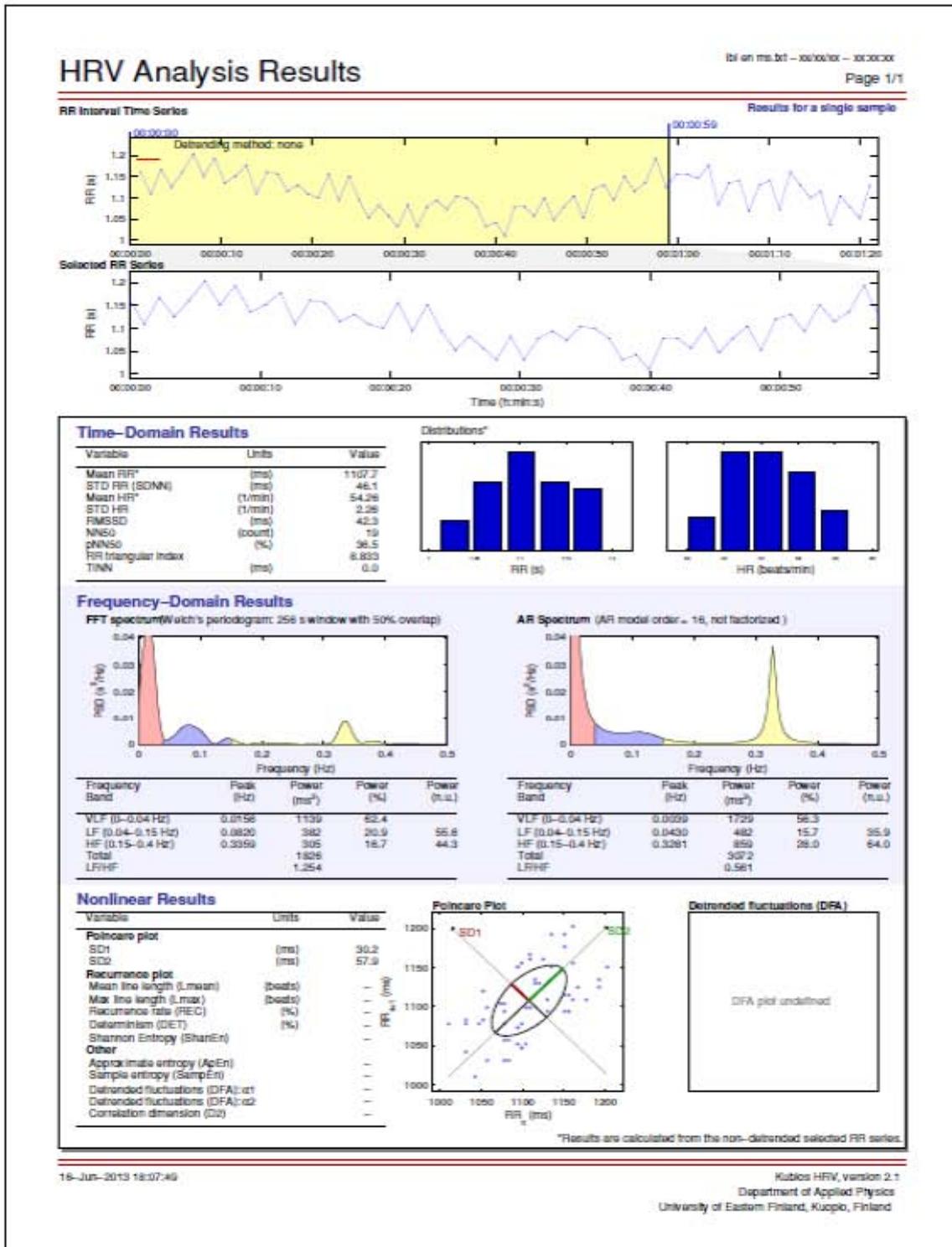
Análisis de frecuencia cardiaca en reposo y con estimulación vestibular:

Después de hacer el conteo manual del tiempo en milisegundos del intervalo R-R, y calcular los latidos por minuto, se realizó el análisis espectral mediante el programa Kubios, obteniendo para cada uno de los registros los valores espectrales como se muestra en las gráficas 5, 6 y 7:

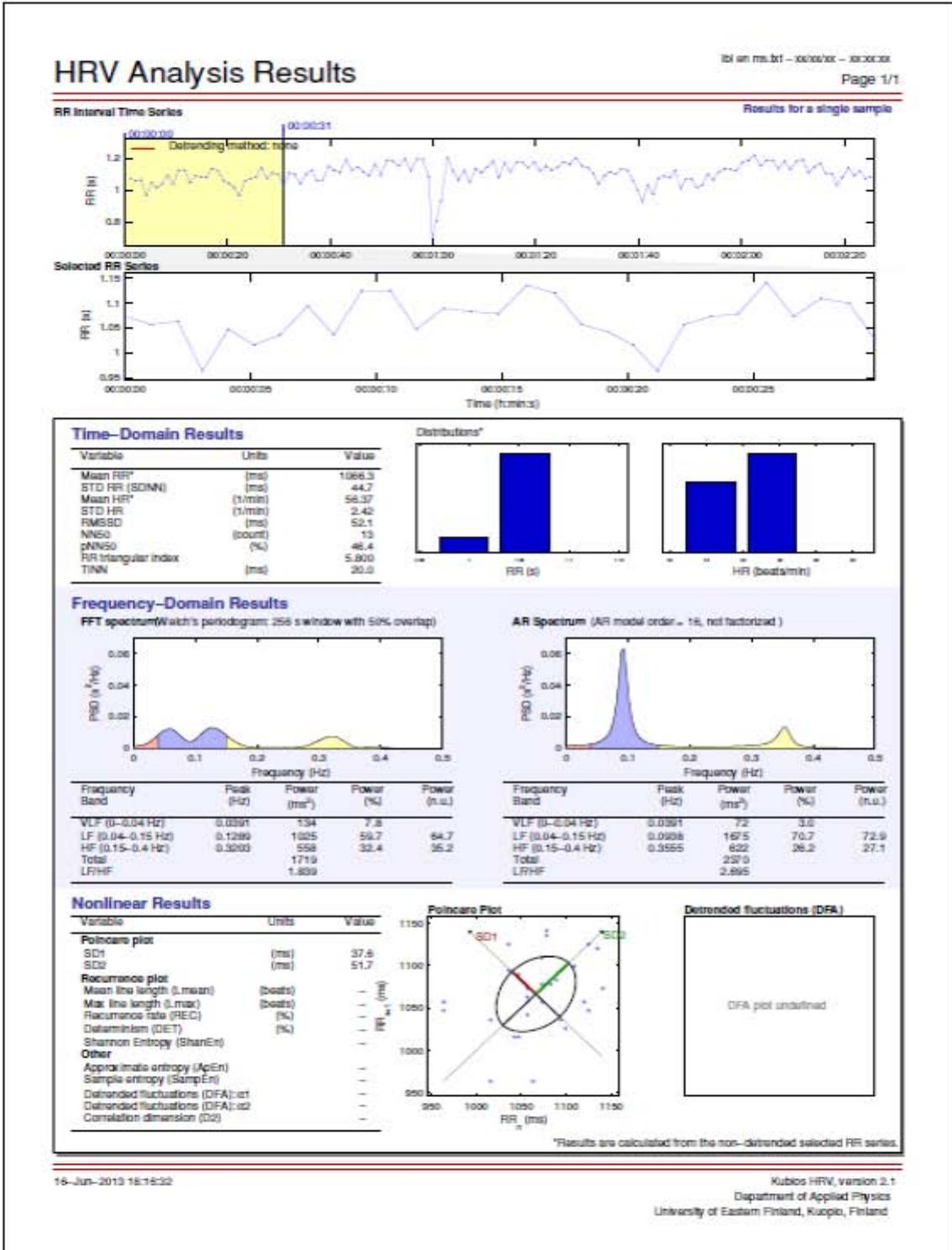
Grafica 5. Análisis espectral en reposo



Grafica 6. Análisis espectral con estimulación en oído derecho



Grafica 7. Análisis espectral con estimulación en oído izquierdo



Posteriormente se realizaron pruebas de normalidad para cada paciente, el análisis fue hecho usando Shapiro wilk para normalidad. Para las pruebas normales se realizó la prueba T pareada y para las no paramétricas la prueba de Wilcoxon.

Los datos promedios con desviación estándar, latidos máximo y mínimo, índice máximo/mínimo y rango de datos cardíacos para el registro basal o en reposo vs el registro con estimulación térmica en oído izquierdo se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Registro basal vs estimulación térmica en oído izquierdo:

	Control	Izquierda	<i>p</i> *
HR (media)	72.42 (64.82 - 80.02)	70.33 (62.02 - 78.64)	0.0141
HR (SD)	4.42 (3.09 - 7.16)	4.18 (3.18 - 5.56)	0.4603
HR (máx.)	88.30 (76.09 - 100.51)	87.49 (79.28 - 95.7)	0.7251
HR (mín.)	63.01 (54.93 - 71.09)	60.08 (50.63 - 69.53)	0.1688
SDNN (ms)	48.70 (35.70 - 81.30)	44.70 (33.80 - 57.90)	0.4603
RMSSD (ms)	43.70 (35.30 - 55.30)	50.80 (36.80 - 55.20)	0.4265
NN50	19.00 (7.00 - 38.00)	11.00 (5.00 - 16.00)	0.0031
pNN50 (%)	20.50 (11.90 - 38.80)	32.30 (12.50 - 46.40)	0.0366
TP (ms ²)	1857.00 (787.00 - 3939.00)	1563.00 (801.00 - 3111.00)	0.3942
LF (ms ²)	744.00 (293.00 - 1082.00)	461.00 (222.00 - 1025.00)	0.8647
HF (ms ²)	397.00 (216.00 - 1080.00)	754.00 (558.00 - 1086.00)	0.3066
LF/HF ratio (ms ²)	1.10 (0.36 - 1.87)	0.42 (0.35 - 1.84)	0.1914
LF (nu)	47.06 (24.09 - 70.03)	43.79 (21.3 - 66.28)	0.5887
HF (nu)	52.11 (29.12 - 75.1)	55.86 (33.54 - 78.18)	0.5402
LF/HF ratio (nu)	1.10 (0.36 - 1.87)	0.42 (0.35 - 1.84)	0.5873

HR (media): Frecuencia cardíaca media (lat/min), **HR (SD):** Desviación estándar de la frecuencia cardíaca media, **HR (máx.):** Frecuencia cardíaca máxima, **HR (mín.):** frecuencia cardíaca mínima, **SDNN:** Desviación estándar de intervalo R-R (milisegundos), **RMSSD:** Desviación estándar dentro de diferencias consecutivas de los intervalos R-R, **NN50:** Mediana del intervalo R-R (milisegundos), **pNN50 (%)** porcentaje de los intervalos R-R consecutivos mayores a 50ms, **TP:** LF: Componente de baja frecuencia (ms²), **HF:** Componente de alta frecuencia (ms²), **LF/HF ratio:** Índice del componente de baja y alta frecuencia, **LF (nu)** Componente de baja frecuencia, **HF (nu)** Componente de alta frecuencia, **LF/HF ratio (nu)** Índice del componente de baja y alta frecuencia

* Los valores en los que se obtuvo significancia estadística se encuentran en cursiva

Los datos promedios para el registro basal o en reposo vs el registro con estimulación térmica en oído derecho se muestra en la tabla 2

Tabla 2. Registro basal vs estimulación térmica en oído derecho:

	Control	Derecho	<i>p</i>
HR (media)	72.42 (64.82 - 80.02)	70.29 (61.75 - 78.83)	0.016
HR (SD)	4.42 (3.10 - 7.16)	4.84 (3.38 - 5.47)	0.9547
HR (máx.)	88.30 (76.1 - 100.5)	83.45 (71.34 - 95.56)	0.0992
HR (mín.)	63.006 (54.926 - 71.086)	58.88 (51.98 - 65.78)	0.0103
SDNN (ms)	48.7 (35.7 - 81.3)	51 (33 - 72.8)	0.9321
RMSSD (ms)	43.7 (35.3 - 55.3)	43.5 (24.4 - 70.8)	0.7333
NN50	19 (7 - 38)	15 (6 - 70)	0.589
pNN50 (%)	20.5 (11.9 - 38.8)	34.5 (4.6 - 56.1)	0.7982
TP (ms ²)	1857 (787 - 3939)	2926 (709 - 5592)	0.3343
LF (ms ²)	744 (293 - 1082)	493 (209 - 1613)	0.8647
HF (ms ²)	397 (216 - 1080)	677 (190 - 1820)	0.9096
LF/HF ratio (ms ²)	1.10 (0.36 - 1.87)	1.03 (0.54 - 1.47)	0.256
LF (nu)	47.06 (24.09 - 70.03)	46.94 (28.25 - 65.63)	0.9856
HF (nu)	52.11 (29.113 - 75.107)	47.06 (24.1 - 70.02)	0.9069
LF/HF ratio (nu)	1.10 (0.36 - 1.87)	1.03 (0.54 - 1.47)	0.3066

HR (media): Frecuencia cardíaca media (lat/min), **HR (SD):** Desviación estándar de la frecuencia cardíaca media, **HR (máx.):** Frecuencia cardíaca máxima, **HR (mín.):** frecuencia cardíaca mínima, **SDNN:** Desviación estándar de intervalo R-R (milisegundos), **RMSSD:** Desviación estándar dentro de diferencias consecutivas de los intervalos R-R, **NN50:** Mediana del intervalo R-R (milisegundos), **pNN50 (%)** porcentaje de los intervalos R-R consecutivos mayores a 50ms, **TP:** LF: Componente de baja frecuencia (ms²), **HF:** Componente de alta frecuencia (ms²), **LF/HF ratio:** Índice del componente de baja y alta frecuencia, **LF (nu)** Componente de baja frecuencia, **HF (nu)** Componente de alta frecuencia, **LF/HF ratio (nu)** Índice del componente de baja y alta frecuencia

* Los valores en los que se obtuvo significancia estadística se encuentran en cursiva

Los datos promedios con desviación estándar, latidos máximo y mínimo, índice máximo/mínimo y rango de datos cardíacos para el registro con estimulación térmica en oído derecho vs oído izquierdo se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Estimulación térmica en oído izquierdo vs oído derecho:

	Derecho	Izquierdo	<i>p</i>
HR (media)	70.29 (61.74 – 78.84)	70.33 (62.02 – 78.64)	0.9168
HR (SD)	4.84 (3.39 - 5.48)	4.18 (3.18 - 5.56)	0.256
HR (máx.)	83.45 (71.34 – 95.56)	87.49 (79.28 – 95.7)	0.1092
HR (mín.)	58.88 (51.98 – 65.78)	60.08 (50.63 – 69.53)	0.5073
SDNN (ms)	51.00 (33.00 - 72.80)	44.70 (33.80 - 57.90)	0.0535
RMSSD (ms)	43.50 (24.40 - 70.80)	50.80 (36.80 - 55.20)	0.6496
NN50	15.00 (6.00 - 70.00)	11.00 (5.00 - 16.00)	0.0122
pNN50 (%)	34.50 (4.60 - 56.10)	32.30 (12.50 - 46.40)	0.5508
TP (ms ²)	2926.00 (709.00 - 5592.00)	1563.00 (801.00 - 3111.00)	0.0884
LF (ms ²)	493.00 (209.00 - 1613.00)	461.00 (222.00 - 1025.00)	0.6496
HF (ms ²)	677.00 (190.00 - 1820.00)	754.00 (558.00 - 1086.00)	0.7333
LF/HF ratio (ms ²)	1.04 (0.54 - 1.47)	0.42 (0.35 - 1.84)	0.688
LF (nu)	46.94 (28.25 – 65.63)	43.79 (21.30 – 66.28)	0.5662
HF (nu)	47.06 (24.09 – 70.03)	55.86 (33.54 – 78.18)	0.5889
LF/HF ratio (nu)	1.03 (0.54 - 1.47)	0.42 (0.35 - 1.84)	0.673

HR (media): Frecuencia cardíaca media (lat/min), **HR (SD):** Desviación estándar de la frecuencia cardíaca media, **HR (máx.):** Frecuencia cardíaca máxima, **HR (mín.):** frecuencia cardíaca mínima, **SDNN:** Desviación estándar de intervalo R-R (milisegundos), **RMSSD:** Desviación estándar dentro de diferencias consecutivas de los intervalos R-R, **NN50:** Mediana del intervalo R-R (milisegundos), **pNN50 (%)** porcentaje de los intervalos R-R consecutivos mayores a 50ms, **TP:** LF: Componente de baja frecuencia (ms²), **HF:** Componente de alta frecuencia (ms²), **LF/HF ratio:** Índice del componente de baja y alta frecuencia, **LF (nu)** Componente de baja frecuencia, **HF (nu)** Componente de alta frecuencia, **LF/HF ratio (nu)** Índice del componente de baja y alta frecuencia

* Los valores en los que se obtuvo significancia estadística se encuentran subrayados

Se observa, que con respecto a la basal, la frecuencia cardíaca media disminuye significativamente durante la estimulación de ambos oídos, manteniendo una desviación estándar sin diferencias significativas en ambas estimulaciones.

Con respecto al análisis espectral, no se observan diferencias significativas en los componentes de alta y baja frecuencia, ni en la relación de componentes de alta y baja frecuencia.

X. DISCUSIÓN

Se observa que, con respecto a la basal, la frecuencia cardíaca media disminuye significativamente durante la estimulación individual de ambos oídos. Esto depende de la frecuencia cardíaca mínima más baja, especialmente en oído derecho (tabla 2), manteniendo una desviación estándar sin diferencias significativas en ambas estimulaciones, por lo que podría resultar tentador sugerir que la estimulación vestibular conduce a un decremento en la frecuencia cardíaca basal.

Sin embargo el decremento no se explica por ningún mecanismo fisiopatológico, por el contrario, se ha descrito que dicha estimulación produce taquicardia^{5,7}. Mori y cols (2005) demostraron que la lesión de los núcleos vestibulares en gatos, conduce a un incremento en la frecuencia cardíaca con y sin aferencia visual²¹.

Al no observar diferencias significativas en el análisis espectral, se complica aún más el establecer una participación directa del sistema nervioso simpático y parasimpático durante la realización de la prueba.

Con estos resultados podríamos considerar las siguientes posibilidades:

Que en sujetos normales el equilibrio del sistema autónomo durante la estimulación vestibular, no permita demostrar la presencia de diferencias estadísticamente significativas (lo que no significa que no sean fisiológicamente importantes), ya que dicho equilibrio se lleva a cabo mediante activaciones regionalmente selectivas³. Kerman y Yates (2000) revisaron la evidencia de actividad simpática regional provocada por estimulación vestibular mediante la medición de la respuesta vasoconstrictora muscular, encontrando respuestas significativamente distintas de forma regional, -las unidades individuales situados en el miembro posterior exhibieron respuestas predominantemente de tipo excitatorio, mientras que las respuestas de los situados en la extremidad anterior y la cara exhiben respuestas de tipo inhibitorio¹⁸. Esto podría explicar que un estímulo vestibular local (que produce una respuesta rotatoria específica en el plano horizontal) no produzca una alteración sistémica significativa en la VFC.

Que las alteraciones autonómicas desencadenadas por estimulación vestibular dependan de la interacción del vestíbulo con otros sistemas. Jauregui y cols (2003) midieron la variabilidad de la frecuencia cardíaca, presión arterial y frecuencia respiratoria en 6 individuos sanos, y un individuo con disfunción vestibular, aplicando estimulación térmica vestibular durante la respiración espontánea y respiración rítmica. Se encontraron alteraciones estadísticamente significativas, sin embargo, para ambas condiciones, las proporciones de la VFC y la variabilidad de la presión arterial independientes linealmente de la respiración no mostraron ningún cambio inducido por la estimulación térmica, concluyendo que la estimulación vestibular calórica produce cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial mediante la modificación del patrón respiratorio¹⁷. Por otro lado, Wood y cols estudiaron las variaciones en la presión arterial y en la VFC mediante estimulación visual ilusoria de inclinación y rotación sobre los ejes *pitch* y *yaw* y, aunque no pudieron demostrar una correlación significativa entre la magnitud del estímulo y los cambios en los parámetros cardiorespiratorios de su grupo de estudio, varios sujetos mostraron una disminución transitoria significativa en la presión arterial media. semejante a su respuesta inicial a la basculación pasiva³².

Que la estimulación térmica no sea representativa de las vías que conectan los centros vestibulares con el sistema nervioso autónomo y que fisiológicamente, esta vía no tenga un valor importante en la activación autonómica. Como ejemplo podemos describir que en la prueba de ortostatismo hay activación de ambos vestíbulos; dicha activación se realiza primordialmente como una aceleración lineal en el plano vertical (mediada por el sáculo), con un componente angular en el eje *pitch*, con participación de los canales semicirculares superior e inferior⁵. En las pruebas térmicas en cambio, se estimula el aparato vestibular en el plano horizontal, con participación de los canales semicirculares laterales.

Al respecto, Myers y cols midieron la VFC estimulando mediante rotación centrífuga (estimulación utricular y sacular) y tangencial (estimulación sacular) encontrando diferencias significativas únicamente durante la estimulación tangencial, lo que sugiere que la conexión sacular es la más importante del vestíbulo con el sistema nervioso autónomo²². Esto nos lleva a pensar que se podría intentar una estimulación sacular por medio de otros estímulos, como los estímulos acústicos (utilizados para la realización de los potenciales evocados miogénicos vestibulares VEMPs). Chen y cols (2005) demostraron que la estimulación acústica (con música y con ruido) altera la ritmicidad de las ondas lentas gástricas. Sin embargo, en dicho trabajo no se pudo demostrar la participación de las vías simpáticas o vagales eferentes mediante el análisis espectral de la VFC¹³.

Es posible que la estimulación estandarizada para las pruebas térmicas no sea lo suficientemente intensa para arrojar diferencias significativas en el control del sistema nervioso autónomo. Al respecto se podría intentar una mayor activación con un mayor volumen de agua, mayor tiempo de estimulación y menor temperatura del agua instilada que permitan mantener una activación vestibular por más tiempo.

XI. CONCLUSIONES

No fue posible establecer una diferencia significativa entre la frecuencia cardiaca basal o sin estimulación vestibular, comparada con la frecuencia cardiaca durante la estimulación vestibular con las pruebas térmicas estandarizadas.

XII. COMENTARIOS Y LIMITACIONES

A pesar de no haber encontrado significancia estadística en la frecuencia cardiaca, esto no significa que no haya participación del sistema nervioso autónomo durante la estimulación vestibular, tampoco significa que la respuesta no sea significativa clínicamente, ya que incluso algunos de los pacientes estudiados en el presente trabajo refirieron datos de cortejo vagal durante la realización de la prueba.

Se sugiere realizar la prueba con una estimulación vestibular mayor por ejemplo con un mayor volumen de agua, mayor tiempo de estimulación y menor temperatura del agua instilada, y tratar de realizar el registro con una activación sacular (como en el caso de los potenciales evocados miogénicos vestibulares).

XIII BIBLIOGRAFÍA

1. American, T. N. (1996). Guidelines Heart rate variability. *Heart*, 354-381.
2. Audiology, B. S. of. (2010). Recommended procedure The caloric test. *Audiology*, (April).
3. Balaban, C. D. (1999). Vestibular autonomic regulation (including motion sickness and the mecanism of vomiting). *Current Opinion in Neurology*, 12, 29-33.
4. Barin, K., & Ph, D. (1977). Baseline Shift and Gain Asymmetry in the Caloric Test. *Baseline*, 1-8.
5. Brandt, T., & Strupp, M. (2005). General vestibular testing. *Clinical Neurophysiology*, 116, 406-426. doi:10.1016/j.clinph.2004.08.009
6. Brown, E. N., Kuo, B., & Napadow, V. (2011). Static and Dynamic Autonomic Response with Increasing Nausea Perception. *Aviat Space Environ Med*, 82(4), 424-433.
7. Brunas. (1985). *Sistema vestibular y trastornos oculares* (2nd ed., pp. 16-29). El Ateneo.
8. Bzina, H. O., & Riscoveanu, A. S. C. P. (2001). Caloric and Search-Coil Head-Impulse Testing in Patients after Vestibular Neuritis. *JARO*, 078, 72-78. doi:10.1007/s101620010060
9. Cohen, B., Yakushin, S. B., Holstein, G. R., Sinai, M., & York, N. (2012). What does galvanic vestibular stimulation actually activate? *Frontiers in Neurology*, 2 (January), 2011-2012. doi:10.3389/fneur.2011.00090
10. Collet, C., Vernet-Maury, E., Miniconi, P., Chanel, J., & Dittmar, A. (2000). Autonomic nervous system activity associated with postural disturbances in patients with perilymphatic fistula: sympathetic or vagal. *Brain Research Bulletin*, 53(1), 33-43.
11. Combatalade, D. C. (2010). Basics of HEART RATE VARIABILITY Applied to Psychophysiology. *Signal Processing*, 1(February), 2-26.
12. Denise Utsch Gonçalves, Lilian Felipe, T. M. A. L. (2008). Interpretation and use of caloric testing. *Rev Bras Otorrinolaringol*, 74(August 2006), 440-446.
13. Dennis D. Chen, Xiaohong Xu¹, Z. W. and J. D. Z. C. (2005). Alteration of gastric myoelectrical and autonomic activities with audio stimulation in healthy humans. *J Gastroenterol Hepatol*, 40(7), 814-821.
14. Freeman, R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(4), 716-30. doi:10.1016/j.clinph.2005.09.027
15. Infante, O. (2004). Coherencia entre los cambios de la amplitud del pulso fotopleletismográfico y de la frecuencia cardiaca. *III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica*, 96.

16. Jugo, D., Medina, R., Rojas, R., Nuñez, T., Arellano, E., & Borrego, A. (2008). Nuevos métodos de análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca. *Bioengineering Solutions for Latin America Health IFMBE Proceedings*, 18(IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007), 1182-1185.
17. Jáuregui-Renaud, • K., Hermosillo, • A. G., Gómezc, • A., Márquez, • M. F., Cárdenas, • M., Bronstein, & • Adolfo M. (2003). Autonomic Function Interferes in Cardiovascular Reflexes. *Archives of Medical Research*, 34(3), 200-204.
18. Kerman, I., McAllen, R., & Yates, B. (2000). Patterning of sympathetic nerve activity in response to vestibular stimulation. *Brain Research Bulletin*, 53(1), 11-16.
19. Kleiger, R. et al. (1987). Decreased Heart Rate Variability and Its association with Increased Mortality After Acute Myocardial Infarction. *Am J Cardiol*, 59, 256–262.
20. Malpas, S. C. (2010). Sympathetic Nervous System Overactivity and Its Role in the Development of Cardiovascular Disease NERVE ACTIVITY. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 513-557. doi:10.1152/physrev.00007.2009.
21. Mori, R. L., Cotter, L. a, Arendt, H. E., Olsheski, C. J., & Yates, B. J. (2005). Effects of bilateral vestibular nucleus lesions on cardiovascular regulation in conscious cats. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 98(2), 526-33. doi:10.1152/jappphysiol.00970.2004
22. Myers, E. N., Yamamoto, K.-I., Kawasaki, Y., Izumi, R., & Kubo, T. (2000). Assessment of the Otolith-Autonomic Response Using Spectral Analysis of the R-R Interval and Blood Pressure. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 123(5), 582-583.
23. Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revue Neurologique*, 35(6), 553-562.
24. Note, A., Variability, H. R., Data, P., Using, A., This, A., Note, A., R-r, E. C. G., et al. (n.d.). A p p l i c a t i o n n o t e s. *Heart*, (805), 1-8.
25. Raffai, G., Cseko, C., Nádasy, G., & Monos, E. (2010). Vestibular control of intermediate- and long-term cardiovascular responses to experimental orthostasis. *Physiological research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca*, 59(1), 43-51. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19249903>
26. Rama López, J. Pérez Fernández, N. (2003). Pruebas vestibulares y posturografía. *REV MED UNIV NAVARRA*, 47, 21-28.
27. Riveros, H., Cohen, M., Badía, P., Anabalón, J. L., & Correa, C. (2005). Usefulness of the minimum caloric test. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 193-196.
28. Rodas, G. (2008). *Variabilidad de la frecuencia cardíaca : concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II)** *heart rate variability: definition, measurement and clinical relation aspects (part II)*. *Archivos De Medicina Del Deporte*, (Parte II), 119-127.
29. Sayers, B. (1973). Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16, 17–32.

30. Sugiyama, Y., Suzuki, T., Destefino, V. J., Yates, B. J., Sugiyama, Y., Suzuki, T., Destefino, V. J., et al. (2013). Integrative responses of neurons in nucleus tractus solitarius to visceral afferent stimulation and vestibular stimulation in vertical planes Integrative responses of neurons in nucleus tractus solitarius to visceral afferent stimulation and vestibular st. *American Journal Of Physiology*, (August 2011). doi:10.1152/ajpregu.00361.2011
31. Vito, S. et al. (2006). Real-time multichannel system for beat-to-beat QT interval variability. *Journal of electrocardiology*, 39, 358–367.
32. Wood, S. J., Ramsdell, C. D., Mullen, T. J., Oman, C. M., Harm, D. L., & H, P. W. (2000). Transient cardio-respiratory responses to visually induced tilt illusions. *Brain Research Bulletin*, 53(1), 25-31.