



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MEDICAS Y
NUTRICION SALVADOR ZUBIRAN

CAMBIOS VASCULARES DE SUPINO A DE PIE DE FORMA ACTIVA EN SUJETOS
NORMALES ESTUDIADOS CON PORTAPRESS EN EL DEPARTAMENTO DE
NEUROFISIOLOGIA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MEDICAS
Y NUTRICION SALVADOR ZUBIRAN

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN
NEUROFISIOLOGIA CLINICA

PRESENTA:

ANDRÉ NELSON SOTOMAYOR SERRUTO

TUTOR DE TESIS:

BRUNO ESTAÑOL VIDAL

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2022





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.



TESIS:

CAMBIOS VASCULARES DE SUPINO A DE PIE DE FORMA ACTIVA EN SUJETOS NORMALES ESTUDIADOS CON PORTAPRESS EN EL DEPARTAMENTO DE NEUROFISIOLOGIA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MEDICAS Y NUTRICION SALVADOR ZUBIRAN

Numero de registro: 521711489



Dr. Sergio Ponce de León
Director de enseñanza
Instituto nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

INCMNSZ
INSTITUTO NACIONAL
DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
"DR. SALVADOR ZUBIRÁN"
DIRECCIÓN DE ENSEÑANZA

Dr. Bruno Estañol Vidal
Jefe de Servicio de Neurofisiología Clínica
Instituto nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Dr. Horacio Senties Madrid
Profesor Adscrito de Neurofisiología Clínica
Instituto nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Dr. Eduardo Peña Andrade
Profesor Adscrito de Neurofisiología Clínica
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Dr. Andre Nelson Sotomayor Serruto
TESISTA
Médico residente de Neurofisiología Clínica
Lugar y fecha: Ciudad de México 19 de agosto de 2022

Agradecimientos

A mi familia, quienes me han apoyado siempre y han seguido, aun de lejos toda mi formación.

A Dios, forjador de mi camino, padre celestial, que me acompaña y siempre me levanta de algunos tropiezos, y creador de mis padres y de las personas que más aprecio.

A mis maestros, quienes me orientaron y apoyaron durante esta nueva etapa de mi vida, y quienes considere como una familia, durante este periodo alejado de casa.

Índice

Agradecimientos	3
Índice.....	4
1)Introduccion	5
2)Planteamiento del problema	7
3)Hipótesis.....	7
4)Pregunta de investigación	7
5)Objetivo General	7
6)Justificacion.....	8
7)Marco teorico	10
8)Material y Métodos	18
9)Variables.....	20
10)Cronograma de actividades	22
11)Resultados.....	23
12)Discusión.....	29
13)Conclusion	29
14)Recomendaciones	30
Biblografía	31
Anexos	34

1. Introducción

El sistema nervioso autónomo (SNA), sistema nervioso neurovegetativo o sistema nervioso visceral controla las funciones involuntarias de las vísceras, tales como la frecuencia cardíaca, la digestión, la frecuencia respiratoria, la salivación, la sudoración, la dilatación de las pupilas, la micción.

Los nervios autónomos están formados por todas las fibras eferentes que abandonan el sistema nervioso central, excepto aquellas que inervan el músculo esquelético. Existen fibras autonómicas aferentes, que transmiten información desde la periferia al sistema nervioso central, encargándose de transmitir la sensación visceral y la regulación de reflejos vasomotores y respiratorios, por ejemplo los barorreceptores y quimiorreceptores del seno carotídeo y arco aórtico que son muy importantes en el control del ritmo cardíaco, presión sanguínea y movimientos respiratorios. Estas fibras aferentes son transportadas al sistema nervioso central por nervios autonómicos principales como el neumogástrico, nervios espláncnicos o nervios pélvicos.

Siendo por eso que la presión arterial, es la prueba clínica mas accesible y de bajo costo a utilizar como parámetro para la evaluación de este sistema, asociándolo también a la frecuencia cardiaca , sin embargo siempre con ciertas limitaciones a la hora de su evaluación, obteniendo datos solo durante un determinado tiempo, y en una determinada postura, no teniendo datos dinámicos y cambios a tiempo real de estos valores, hasta la actualidad, donde el estudio utilizado mas cercano a lo que intentamos investigar u obtener del SNA, es el MAPA (Monitoreo ambulatorio de presión arterial), y aun así con tiempos muy largos entre tomas de presión arterial.

Por lo que, para el presente estudio se utilizó el equipo portapress, como estudio neurofisiológico, el cual es un equipo portátil, que monitoriza continuamente los cambios hemodinámicos de la presión arterial, a tiempo real, independiente de la posición o movimientos del paciente, ampliando y extendiendo así, las posibilidades para una adecuada evaluación y análisis del sistema nervioso

autónomo y las diferentes enfermedades que la afectan.

Se propuso realizar un estudio descriptivo observacional retrospectivo retrolectivo que incluye todos los estudios con el equipo portapress, en pacientes normales, entre 18 y 40 años de edad, sin comorbilidades que tengan afectación sobre el sistema nervioso autónomo, realizados en el departamento de neurofisiología del instituto de ciencias médicas y nutrición Salvador Zubirán, entre los años 2021 y 2022. Nuestros objetivos principales se centrarán en describir los hallazgos obtenidos del portapress, y evaluar su utilidad diagnóstica para las enfermedades que afectan el sistema nervioso autónomo.

2. Planteamiento del problema

Las enfermedades que afectan el sistema nervioso autónomo, son diversas y de múltiples clasificaciones, y de diferente grado de afectación, pudiendo o no impactar de forma importante en la funcionalidad del paciente o incluso poner en riesgo la vida de éste, cuya causa principal usualmente son enfermedades del sistema cardiovascular, endocrinológico o del sistema nervioso.

Desde hace muchos años se ha venido ideando diferentes métodos, dispositivos o equipos para evaluar este sistema, sin embargo cada uno complementario a otro, o sin valor predictivo positivo muy alto, por lo que se continua evaluando métodos opcionales para el diagnóstico, siendo el portapress, no solo un método diagnóstico útil, sino también un equipo con posibilidades de analizar e investigar sobre los diferentes cambios hemodinámicos o variables que podemos obtener de los cambios fisiológicos que se dan durante la sístole y diástole.

El presente estudio describirá e identificará estas variables obtenidas del portapress, en las posiciones de supino y de pie, además definirá su utilidad como componente para el diagnóstico de las patologías del sistema nervioso autónomo.

3. Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los cambios vasculares, obtenidos del portapress en posición de supino y de pie?

4. Hipótesis

“Se identifica cambios vasculares, obtenidos del portapress en posición de supino y de pie.”

5. Objetivo General

Describir los parámetros vasculares y sus cambios, durante la posición de decúbito supino y de pie, obtenidos mediante el portapress, en pacientes normales

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los parámetros vasculares que se pueden obtener mediante el portapress
2. Describir los parámetros vasculares obtenidos por el portapress
3. Determinar los cambios vasculares dados durante el cambio de posición
4. Identificar la utilidad de estos cambios vasculares con respecto a patologías del sistema nervioso autónomo

6. Justificación

a. Magnitud e Impacto

Las patologías del sistema nervioso autónomo, tanto primarias como secundarias, no son raras, pero según la severidad, no llegan a ser discapacitantes, por lo que no son tomadas en cuenta durante la evaluación clínica, y por lo mismo son difíciles de identificar solo mediante el examen físico, por lo que aun en la actualidad se sigue evaluando diferentes herramientas para su diagnóstico.

b. Trascendencia

La mayoría de métodos diagnósticos existentes para la evaluación del sistema nervioso autónomo, llegan a ser limitadas por su accesibilidad, el grado de utilidad de estos y su valor predictivo para el diagnóstico e identificación de alguna afección de este sistema.

La evaluación de la presión arterial, no puede evaluarse de forma dinámica, a tiempo real, de forma portátil con los equipos actuales, llegándose a limitar la evaluación del sistema nervioso autónomo, a solo mediante la frecuencia cardiaca, por lo que el portapress llega a ser un equipo no invasivo, de fácil realización, y muy útil para la evaluación y análisis de la presión arterial

c. Vulnerabilidad

Una de las principales limitaciones de este estudio es la obtención de datos procesados del portapress, requiriendo múltiples software externos para la conversión de los datos numéricos a graficas o de binario a escalas, por lo que el tiempo para el procesado y análisis de los estudios realizados llega a ser prolongado, tiempo que con los años se fue reduciendo gracias a la experticia que se obtiene mientras mas estudios se realiza con esté y a nuevos software implementados para el análisis de datos.

Otra limitante, es la falta de pacientes para la realizar este estudio, teniendo que ser invitados y colaboradores, al no ser un estudio neurofisiológico de nómina en el servicio, siendo utilizado actualmente solo con fines de investigación, y cuya utilidad será evaluada en el presente trabajo, así como en trabajos futuros.

d. Factibilidad

Al contar con el equipo de Portapress dentro del departamento de neurofisiología, y con personal entrenado para su uso, es que es factible el poder reproducir este estudio, no solo en pacientes normales, sino también en pacientes con sospecha de disautonomía, u otras patologías asociadas, y continuar con la línea de investigación, como es el caso actual.

7. Marco Teórico

SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO

El sistema nervioso autónomo (SNA), sistema nervioso neurovegetativo o sistema nervioso visceral es la parte del sistema nervioso periférico que controla las funciones involuntarias de las vísceras, tales como la frecuencia cardíaca, la digestión, la frecuencia respiratoria, la salivación, la sudoración, la dilatación de las pupilas, la micción. Se subdivide clásicamente en dos subsistemas: el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático. El sistema nervioso autónomo cumple un rol fundamental en el mantenimiento de la homeostasis fisiológica.

El sistema nervioso autónomo es, sobre todo, un sistema eferente, es decir, transmite impulsos nerviosos desde el sistema nervioso central hasta la periferia estimulando los aparatos y sistemas orgánicos periféricos. La mayoría de las acciones que controla son involuntarias, aunque algunas, como la respiración, actúan junto con acciones conscientes. El mal funcionamiento de este sistema puede provocar diversos síntomas, que se agrupan bajo el nombre genérico de disautonomía. El sistema nervioso autónomo o neurovegetativo, al contrario del sistema nervioso somático y central, es involuntario y responde principalmente por impulsos nerviosos en la médula espinal, tallo cerebral e hipotálamo. También, algunas porciones de la corteza cerebral como la corteza límbica, pueden transmitir impulsos a los centros inferiores y así, influir en el control autónomo.

Los nervios autónomos están formados por todas las fibras eferentes que abandonan el sistema nervioso central, excepto aquellas que inervan el músculo esquelético. Existen fibras autonómicas aferentes, que transmiten información desde la periferia al sistema nervioso central, encargándose de transmitir la sensación visceral y la regulación de reflejos vasomotores y respiratorios, por ejemplo los barorreceptores y quimiorreceptores del seno carotídeo y arco aórtico que son muy importantes en el control del ritmo cardíaco, presión sanguínea y movimientos respiratorios. Estas fibras aferentes son transportadas al sistema nervioso central por nervios autonómicos principales como el neumogástrico, nervios espláncnicos o nervios pélvicos.

También el sistema nervioso autónomo funciona a través de reflejos viscerales, es decir, las señales sensoriales que entran en los ganglios autónomos, la médula espinal, el tallo cerebral o el hipotálamo pueden originar respuestas reflejas adecuadas que son devueltas a los órganos para controlar su actividad. Reflejos simples terminan en los órganos correspondientes, mientras que reflejos más complejos son controlados por centros autonómicos superiores en el sistema nervioso central, principalmente el hipotálamo.

ESTRUCTURA

El sistema nervioso autónomo o vegetativo se divide funcionalmente en 3 partes:

Sistema simpático

De disposición toracolumbar y con sus ganglios alejados del órgano efector. Usa noradrenalina y adrenalina como neurotransmisor, y lo constituyen una cadena de ganglios paravertebrales situados a ambos lados de la columna vertebral que forman el llamado tronco simpático, así como unos ganglios prevertebrales o preaórticos, adosados a la cara anterior de la aorta (ganglios celíacos, aórtico-renales, mesentérico superior y mesentérico inferior). Está implicado en actividades que requieren gasto de energía. También es llamado sistema adrenérgico o noradrenérgico; ya que es el que prepara al cuerpo para reaccionar ante una situación de estrés.

Sistema parasimpático

De disposición cráneo-sacra, lo forman los ganglios aislados, ya que estos están cercanos al órgano efector. Usa la acetilcolina. Está encargado de almacenar y conservar la energía. Es llamado también sistema colinérgico; ya que es el que mantiene al cuerpo en situaciones normales y luego de haber pasado la situación de estrés. Es antagónico al simpático.

Sistema nervioso entérico

Se encarga de controlar directamente el sistema gastrointestinal. El SNE consiste en cien millones de neuronas, (una milésima parte del número de neuronas en el cerebro, y bastante más que el número de neuronas en la médula espinal) las cuales revisten el sistema gastrointestinal.

Regulación autonómica de la presión arterial

En el siglo XIX, Claude Bernard descubrió la acción del sistema nervioso sobre el control de la circulación periférica. A principios del siglo XX, Ewald Hering descubrió el barorreceptor arterial y estudió el control reflejo de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial. Cowley y Guyton demostraron que la denervación de los barorreceptores de la carótida y de la aorta produce cambios persistentes en la tensión arterial en el animal experimental. El sistema nervioso autónomo es el principal regulador neural de la circulación y de la tensión arterial a corto plazo y latido a latido y ejerce su función mediante diversos reflejos que regulan el tono vasomotor, la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco. Con los nuevos métodos no invasivos que miden la tensión arterial latido a latido como el Finapres o el Portapres y con los métodos de medición de la variabilidad espectral de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, es posible en la actualidad medir muchas de las variables que regulan la circulación periférica y la tensión arterial.

Control de la presión arterial

El valor de la presión arterial (PA) es la resultante de la relación entre el volumen minuto cardíaco (VMC) y la resistencia periférica (RP), pudiendo representarse matemáticamente de la siguiente forma:

$$PA = VMC \times RP$$

Donde el VMC es la resultante del producto del volumen sistólico (VS) por la frecuencia cardíaca (FC): $VMC = VS \times FC$, mientras que la resistencia periférica resulta

$$R = \frac{8 L \eta}{\pi r^4}$$

principalmente de la magnitud del radio arterial según fuera descrito en la ley de Poiseuille, donde:

en la cual L representa la longitud del tubo (que en el caso del árbol vascular es constante), h es la viscosidad de la sangre, que tiende a ser constante y p es también una constante, siendo la única variable el radio vascular. Así queda claro por qué la resistencia periférica depende fundamentalmente del radio del vaso, ya que su valor, al estar a la cuarta potencia, indica que pequeños cambios del radio tienen un enorme impacto en la resistencia periférica.

En cada latido cardíaco la presión arterial tiende a aumentar durante la sístole y disminuir durante la diástole. Ello sucede así dado que la RP antagoniza el vaciado cardíaco y el corazón debe desarrollar un trabajo, durante la contracción, para permitir su vaciado y que el flujo de sangre se mantenga constante dentro el árbol arterial. Sin embargo, toda la energía generada no es utilizada para hacer circular la sangre, sino que parte de ella, aprovechando la elasticidad de la arteria aorta, se acumula como energía potencial. Durante la diástole, esta energía se transforma en cinética luego de producirse el cierre de las válvulas aórticas que permitirán el llenado ventricular y evitarán el reflujo de sangre hacia el ventrículo para mantener el flujo vascular. Esto sucede así ya que la tensión ejercida por la pared aórtica hará que se genere una presión que mantendrá el flujo en forma centrífuga hasta tanto recomience la sístole ventricular. Por lo tanto, es fácil comprender que la RP no puede mantenerse constante durante todo el ciclo cardíaco y que debe existir algún sistema de control para mantener la coordinación entre el trabajo cardíaco y la resistencia periférica.

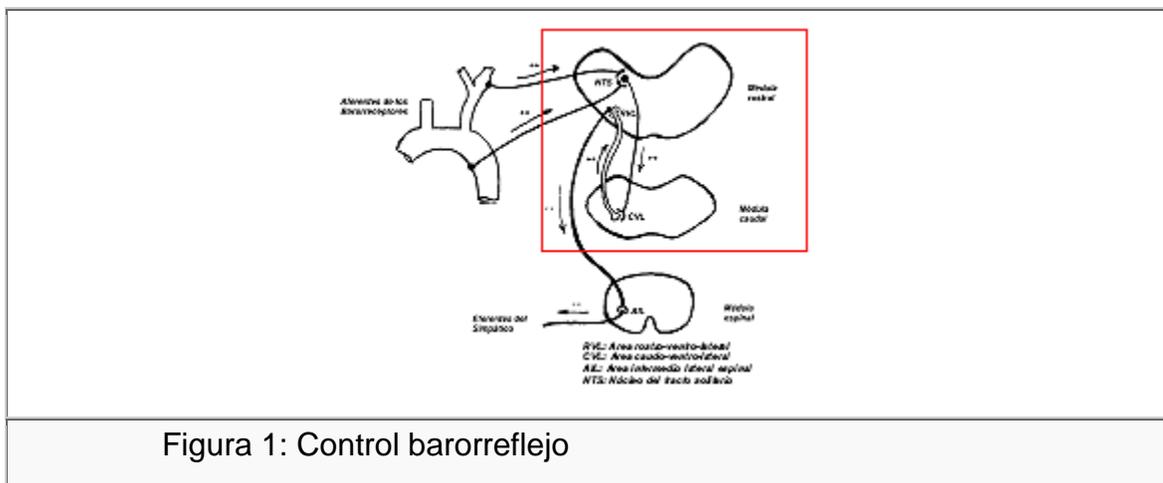
Para ello existe en nuestro organismo un sistema denominado barorreflejo que es el responsable de censar los cambios de la PA durante el ciclo cardíaco y ajustar en un trabajo coordinado no solo la RP sino también el VMC con el objeto de mantener lo más constante posible el valor de la presión arterial.

Sistema de control barorreceptor

Este sistema, como su nombre lo indica, está formado por un circuito reflejo capaz de

sensar los cambios de la PA (baro = presión) y, modulando los valores de FC y RP, controlar los cambios de PA dentro de un rango de normalidad (variabilidad).

El circuito barorreflejo está formado por un grupo de receptores o transductores, capaces de sensar los cambios de la PA (barorreceptores), generar potenciales de acción y enviar esa señal al sistema nervioso central (vías aferentes). Allí se interpreta la señal y, a través de las vías eferentes (SNA), se modula la FC y la RP (efectores: corazón y arterias). De esta forma podemos representar el control barorreflejo de la siguiente forma (Figura 1):

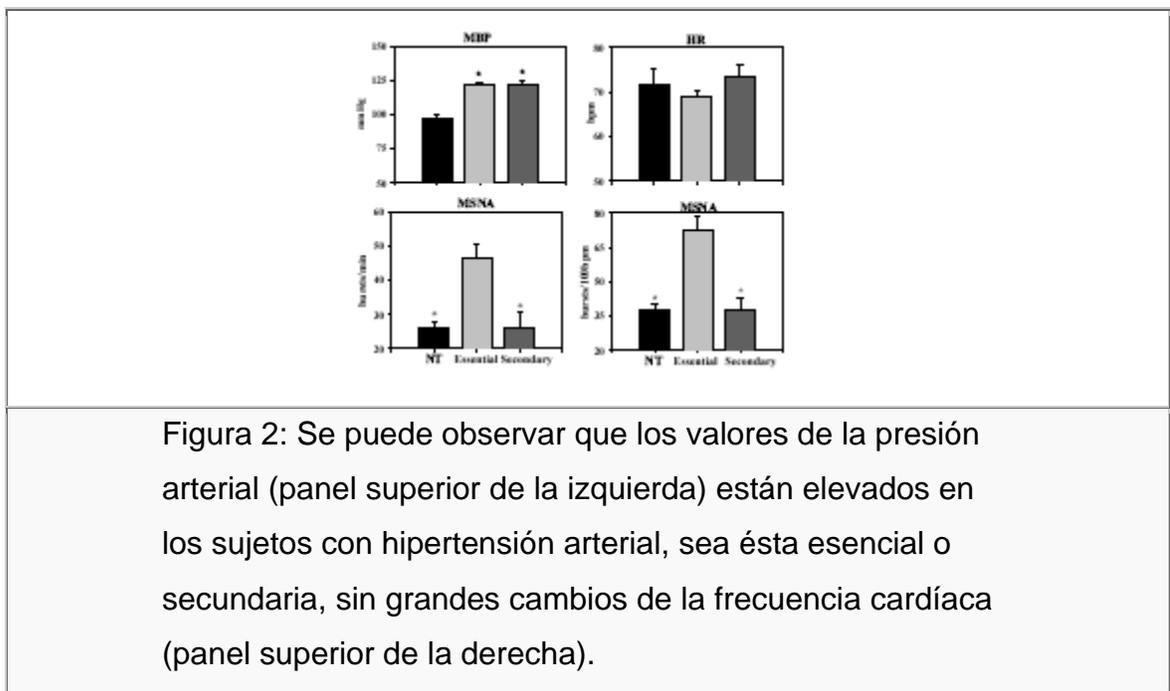


Se puede observar que la información proveniente a través de las vías aferentes hacen su primera estación de relevo en el núcleo del tracto solitario (NTS), en el tallo encefálico, y de allí la información se integra para dirigirse, cursando por el asta intermedio-lateral de la médula espinal, a hacer sinapsis con los cuerpos neuronales de las vías preganglionares simpáticas para modular la RP. Asimismo, también se dirigen hacia el núcleo motor del vago para modular la FC. Debemos mencionar también que existe participación de estructuras superiores (hipotálamo), las cuales no solo colaborarían en la modulación refleja de los valores de la presión arterial, sino que exteriorizan su actividad propia, como se observa en la reacción de ataque-huida. Es en esta situación donde, para expresar su actividad, deben inhibir al barorreflejo y poder, de esa forma, aumentar la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la disponibilidad de glucosa y derivar el flujo sanguíneo hacia el área muscular, cerebral y cardíaca, fundamentalmente. Por lo tanto, podríamos resumir que, ante un aumento de la PA, en

forma casi inmediata se activan los barorreceptores. Estos aumentan la frecuencia de descarga de las neuronas aferentes al sistema nervioso central que se encarga de reducir la FC y la RP (a través de la activación vagal y la reducción de la actividad simpática periférica). Con ello logra compensar y controlar el aumento de la PA. Algo similar, pero de diferente dirección se observa cuando la PA disminuye.

Sistema nervioso simpático y fisiopatología de la hipertensión arterial

La hipertensión arterial es una patología en la cual la actividad simpática está aumentada, a diferencia de lo que sucede en la hipertensión arterial secundaria o la normotensión, como se muestra en la Figura 2.



Sin embargo, la actividad simpática, medida por micro neurografía, está sólo aumentada en los sujetos con hipertensión arterial esencial, sea ésta cuantificada como valor absoluto (panel inferior de la izquierda) o corregido por la frecuencia cardíaca (panel inferior de la derecha).

A pesar de todo lo expresado, no podemos dejar de mencionar, aunque sea sucintamente, como se muestra en la Tabla I, la relación de la actividad simpática aumentada, sea por un incremento puro o por la disminución del tono parasimpático, con el daño de órgano blanco y el consecuente riesgo de morbi-mortalidad cardiovascular.

Es así como podemos separar cuatro grandes grupos:

- Metabólico: asociado con la insulino resistencia, dislipidemia y su expresión como intolerancia a la glucosa, diabetes, asociadas con la ganancia de peso y la disfunción endotelial.
- Trófico: asociado con un aumento de actividad del sistema simpático y el sistema renina angiotensina y predominio de las endotelinas (a nivel local). Ello se expresa como disfunción endotelial con hipertrofia no solo cardíaca sino también vascular.
- Hemodinámico: con aumento de la frecuencia cardíaca y la resistencia periférica, y rarefacción vascular con respuestas aumentadas a la vasoconstricción. Esto se objetiva por la posibilidad de la presencia de arritmias cardíacas, menor reserva coronaria y vasodilatadora, con la posible presencia de isquemia tisular.
- Trombótico: sostenido por un aumento del hematocrito debido a una disminución del volumen plasmático y una favorecida tendencia a la coagulación por aumento de la actividad plaquetaria.

En conclusión, el sistema nervioso autónomo participa no solo en el control de la presión arterial y sus oscilaciones sino también en la fisiopatología de la hipertensión arterial. Además, se integra, como factor de riesgo cardiovascular en la patología hipertensión arterial y en la insuficiencia cardíaca, el infarto agudo de miocardio, la génesis de arritmias y subsiguiente muerte súbita pero también en el síndrome metabólico y en la obesidad.

Portapress

También llamado Finapres portable, es un aparato dependiente de batería o de conexión a carga eléctrica, es portable, y puede monitorizar la presión arterial por un sensor en el dedo

ambulatoriamente por al menos 24h, o el tiempo que se requiera para el estudio.

La medición de la presión arterial en el dedo es basada en el método de pinza de Penaz y los criterios físicos de Wesseling, para la adecuada obtención de la presión sanguínea de las arterias del dedo, este volumen arterial, es medido por un sensor de pletismógrafo infrarrojo, y volumen pinza, modulando la presión del brazalete en paralelo con la presión intraarterial, usando una doble banda de registro y un servosistema electroneumático.

La presión arterial se mide oscilométricamente en el brazo contralateral. Este valor sirve para calibrar la medición continua, no invasiva.

Se puede seleccionar el intervalo de medición, para registrar tiempos largos de la presión arterial continua no invasiva. El primer registro continuo de la presión arterial, ha sido con la Finapres, colin Pilot 9200, aprobado por la FDA desde 1997

Este dispositivo mide la presión arterial sanguínea tonométricamente en la muñeca. El portapress es el primer dispositivo que ofrece la posibilidad de medir los cambios a corto plazo en la presión arterial y el corazón, incluyendo su duración en reposo, durante el ejercicio en situaciones cotidianas y durante las pruebas de estrés mental.

Durante muchos años, existió métodos no invasivos para la medición de la presión arterial, como un tensiómetro no portátil con sistema de medición (Finapres), que ha sido usado en conjunto, para el diagnóstico de apnea del sueño, mesa basculante y pruebas de esfuerzo. La Finapres ha demostrado ser entonces un dispositivo de medición fiable y preciso en pruebas de validación. Obteniendo así también la aceptación del sistema portátil como es el portapress

8. Material y Métodos

Descripción del estudio: Estudio observacional descriptivo retrospectivo

- Universo: Pacientes entre 18 y 40 años, sin comorbilidades
- Muestra: Estudios de portapress realizados en el año 2021 al 2022
- Tamaño muestra: Todos los estudios de portapress de pacientes entre 18 a 40 años
- Muestreo: no probabilístico de inclusión consecutiva
- Criterios de inclusión
 - Estudios de portapress de pacientes entre 18 y 40 años, entre el año 2021 al 2022
- Criterios de exclusión
 - Estudios de pacientes entre 18 y 40 años, con comorbilidades cardiovasculares, endocrinológicas o del sistema nervioso, o que puedan causar afectación indirecta a estos sistemas.
 - Estudios de pacientes entre 18 y 40 años, que durante su registro no hubieran realizado el cambio de posición de decúbito a de pie
 - Estudios de pacientes entre 18 y 40 años, que en su registro presentasen muchos artefactos, impidiendo definir el momento en que se produjo el cambio de posición

Procedimiento: Se utilizó un equipo de Finapres portátil (PORTAPRESS), el cual este compuesto por una unidad principal de registro y almacenamiento, una unidad de bombeo, una banda brazaletes unido a un sensor de pletismógrafo infrarrojo, todos conectados por medio de la unidad principal a la corriente eléctrica.

El registro se realizó con la colocación del sensor infrarrojo en el dedo índice de la mano derecha del paciente, iniciando en posición decúbito supino, en reposo, con registro durante 3 minutos en esa posición, luego realizando el cambio de posición, rápidamente sin sentarse, a la posición de pie, permaneciendo otros 3 minutos en esa posición, para luego retornar a la posición de decúbito supino, por 3 minutos

más, y terminando con 3 minutos de respiración alternante (5 segundos de inspiración y espiración respectivamente), concluyendo el registro.

Los datos crudos, son capturados mediante el software beatscope para luego ser procesados por software externos DDOS, para una visualización digital de los datos, y poder analizarlos individualmente mediante el programa beatscope nuevamente. Estos registros fueron realizados por neurólogos clínicos y residentes de neurofisiología, calificados y entrenados para el uso de este equipo, siguiendo adecuadamente el protocolo establecido para una correcta obtención de datos.

Plan de Análisis Estadístico: El análisis se realizó usando el programa STATISTICA versión 10, de statsoft, procesando las variables cuantitativas que se expresan en medidas de tendencia centro de acuerdo a la distribución de datos, diseñando graficas en el dominio de la frecuencia y tiempo, para el análisis de estos datos, mediante histogramas, y graficas de distribución espectral. Al ser un estudio descriptivo no se realizaron estadígrafos para contrastación de hipótesis ni medidas de magnitud del efecto.

Consideraciones Éticas: Este estudio se llevó a cabo con la estricta observación de los principios científicos reconocidos y manejando de forma anónima y confidencial los datos obtenidos en acuerdo con los principios y las directrices que establecen las buenas prácticas clínicas de conformidad con los principios enunciados en la declaración de Helsinki de 1964, y con el apoyo en lo previsto en la ley general de salud en el reglamento de la ley general de salud en materia de prestación de servicios de atención médica. Se asegura la confidencialidad de la información del estudio, así como de la identidad de los pacientes. El personal involucrado en la investigación es personal con adecuada capacitación y formación en el área de salud, así como en el aspecto ético, manteniendo los principios del estudio de confidencialidad.

- Presupuesto: estudio no financiado

9. Variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIONES OPERACIONALES	INDICADORES
FACTORES DEMOGRÁFICOS			
Edad	Cuantitativa continua (años)	Número de años cumplidos	# Años
Género	Cualitativa nominal dicotómica	Condición de un organismo que distingue entre masculino y femenino	1. Hombre 2. Mujer
Comorbilidades	Cualitativa nominal	Presentes o no presentes	Positiva o negativa
Número de Expediente	Cuantitativa discreta	Numero para localización del expediente en el archivo clínico	Numero expediente #
Parámetros vasculares del portapress			
Frecuencia cardiaca (media)	Cuantitativa discontinua	Latidos por minuto	# lpm
Presion arterial sistólica en reposo (media)	Cuantitativa discontinua	PAS media durante el reposo	# mmHg
Presion arterial diastólica en reposo (media)	Cuantitativa discontinua	PAD media durante el reposo	# mmHg
IBI	Cuantitativa discontinua	Intervalo interlatido cuantificado en milisegundos	# ms
Frecuencia cardiaca máxima en reposo	Cuantitativa discontinua	FC máxima alcanzada durante el reposo	# lpm

Presion arterial sistólica mínima en reposo	Cuantitativa discontinua	PAS mínima alcanzada durante el reposo	# mmHg
Presion arterial sistólica máxima en reposo	Cuantitativa discontinua	PAS máxima alcanzada durante el reposo	# mmHg
Frecuencia cardiaca máxima en bipedestación	Cuantitativa discontinua	FC máxima alcanzada durante la posición de pie	# mmHg
Presion arterial sistólica mínima en bipedestación	Cuantitativa discontinua	PAS mínima alcanzada durante la posición de pie	# mmHg
Presion arterial sistólica máxima en bipedestación	Cuantitativa discontinua	PAS máxima alcanzada durante la posición de pie	# mmHg
Frecuencia cardiaca máxima en decúbito supino	Cuantitativa discontinua	FC máxima alcanzada al retornar a posición decúbito supino	# mmHg
Presion arterial sistólica mínima en decúbito supino	Cuantitativa discontinua	PAS mínima alcanzada al retornar a posición decúbito supino	# mmHg
Presion arterial sistólica máxima en decúbito supino	Cuantitativa discontinua	PAS máxima alcanzada al retornar a posición decúbito supino	# mmHg

10. Cronograma de actividades

Cronograma de Actividades												
	Junio- noviembre 2021			Diciembre- febrero 2022			Marzo – mayo 2022			Junio – agosto 2022		
Búsqueda Bibliografía	R	R	R									
Diseño de Protocolo			R	R	R							
Aprobación de Protocolo						R						
Desarrollo del protocolo y recolección de Datos						R	R	R				
Análisis de datos y elaboración de Tesis								R	R	R	R	
Presentación de tesis											R	R

R= realizado P= Pendiente

11. Resultados

El presente estudio, durante el periodo de marzo 2021 a agosto 2022, se registró un total de 24 estudios en pacientes entre las edades de 18 y 40 años, de los cuales se excluyó, 8 estudios de pacientes que presentaban comorbilidades, descritas como DM1, probable POTS, SGB, Tetralogía de Fallot, Ganglionopatía, y 2 estudios fueron solo registros en reposo, sin realizar el cambio de posición, por lo que se incluyó para este estudio un total de 14 registros de portapress de pacientes voluntarios, con una edad promedio de 27 años, la edad mínima fue de 22 años, edad máxima de 40 años, en cuanto a genero fueron 8 (58%) pacientes del sexo masculino y 6 (42%) pacientes del sexo femenino. (Tabla 1)

Tabla 1. Datos demográficos por genero	
Masculino	8 (58%)
Femenino	6 (42%)
Total	14 (100%)

La frecuencia cardiaca promedio en reposo fue de 92 lpm, con FC máxima de hasta 120 lpm promedio, la cual se evidencio en todos los casos estar presente durante el cambio postural, presentando una caída a 100 lpm promedio durante la bipedestación

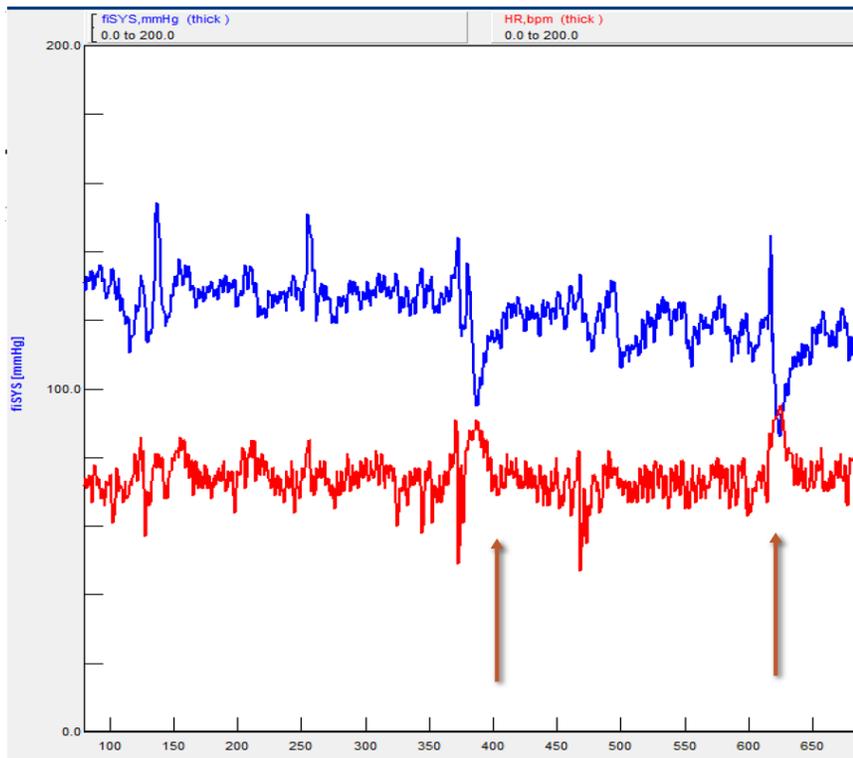


Figura 1: Cambios de la frecuencia cardiaca con respecto a la presión arterial sistólica durante el cambio de posición a bipedestación y retorno a decúbito supino, las flechas señalan el Frecuencia Cardiaca máxima alcanzada

En la figura 1, se observa los datos procesados para su análisis individual, donde se evidencia la elevación de la frecuencia arterial, alcanzando su máximo valor, en los periodos correspondientes al cambio de posición, en un primer momento (1era flecha roja), donde pasa de reposo decúbito supino a bipedestación y el 2do momento (2da flecha roja) donde retorna de bipedestación a decúbito supino, presentando en ambas situaciones el valor máximo de la frecuencia cardiaca.

Con respecto a la Presion arterial, la presión arterial diastólica promedio fue de 85 mmHg en reposo, mientras que la presión arterial sistólica tuvo una presión arterial sistólica promedio de hasta 115 mmHg, en reposo, y alcanzando valores máximos durante la bipedestación de hasta 145 mmHg, y mínimos de 90mmHg.

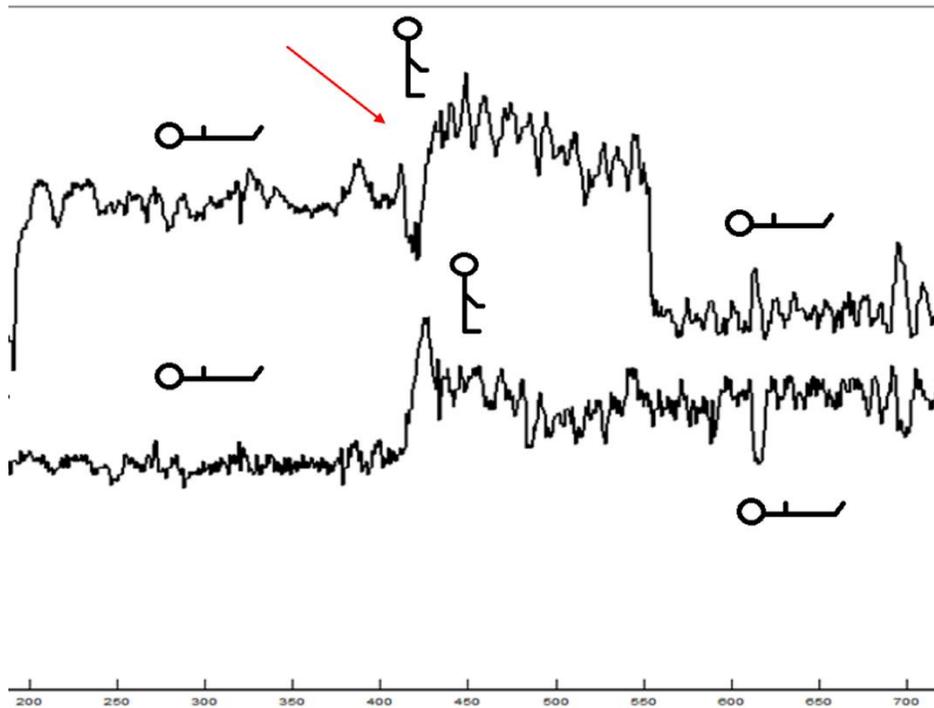


Figura 2: Estudio donde se evidencia los cambios de la presión arterial sistólica durante los cambios de posición y su diferencia con respecto a la frecuencia cardiaca. La flecha roja indica el punto donde se realiza la bipedestación evidenciando la caída de la PAS, con posterior elevación de está.

En la figura 2, se puede observar donde indica la flecha roja, el momento donde la Presion arterial sistólica alcanza su valor mínimo, para luego elevarse y por un breve periodo alcanzar su valor máximo, en todos los casos evaluados se observo que estos dos valores eran alcanzados durante el cambio a bipedestación desde la posición de decúbito supino.

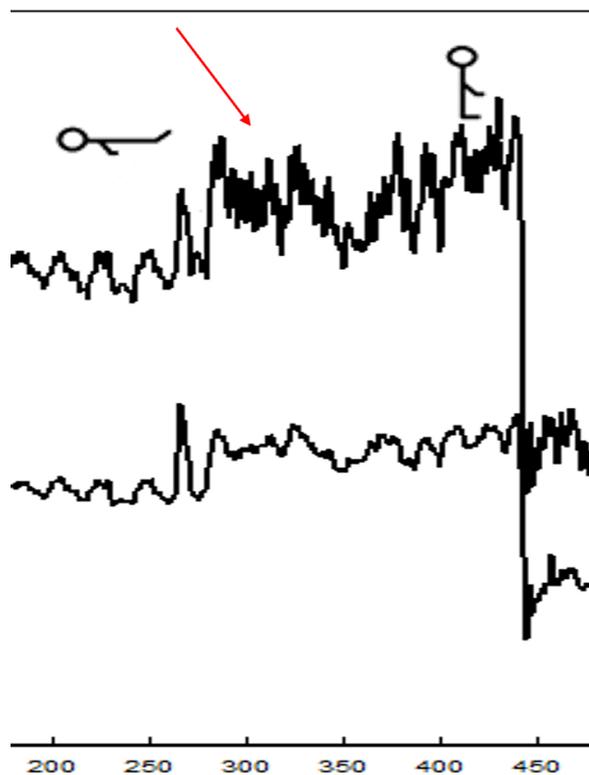


Figura 3: Estudio donde se evidencia cambios de la Presion arterial sistólica y frecuencia cardíaca durante el cambio de posición, la flecha roja señala las ondas de Mayer producidas después del cambio de posición.

En la figura 3 se observa el *overshoot* transitorio de la presión arterial, que se produce como teoría la contracción muscular de las extremidades y abdominal, que actúa como una bomba muscular que incrementa el retorno venoso a la aurícula derecha en consecuencia un incremento de la PA sistémica muy breve para luego disminuir por acción de vasodilatación y relajación de musculatura, las cuales se activan de forma rítmica, produciendo las llamadas ondas de Mayer.

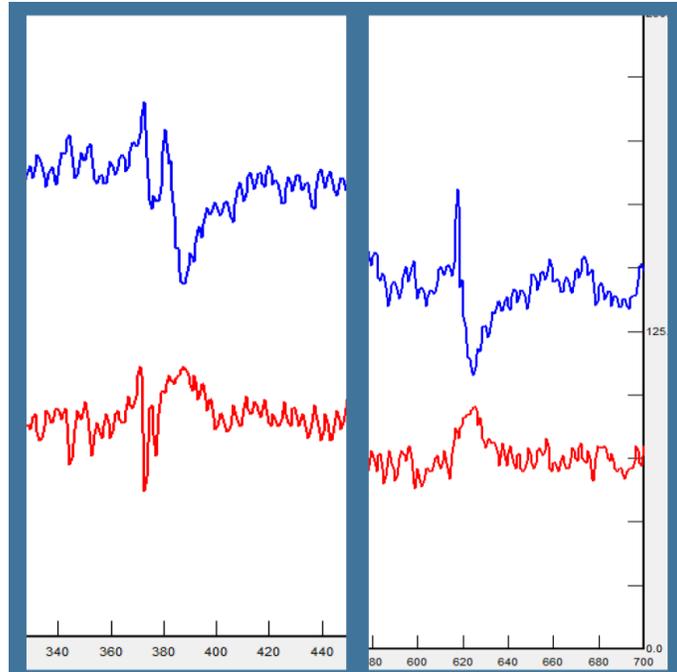


Figura 4: En este estudio se observa los cambios de la PAS y la FC, en los periodos de cambio de posición, evidenciando claramente el antagonismo que existe entre ambos durante el cambio postural

En la figura 4, se evidencia mas claramente, como la frecuencia cardiaca alcanza su valor máximo mientras que la presión arterial sistólica, alcanza su valor mínimo para luego elevarse nuevamente, sin embargo, como se ve en la figura, y que se evidencio en todos los casos evaluados, es que ambos procesos se producían al mismo tiempo, teniendo un proceso antagónico entre la frecuencia cardiaca la cual se eleva al mismo tiempo que la presión arterial sistólica descendía, y ambas situaciones se dieron solo al cambio postural, definiendo el periodo donde es activado el baroreceptor, quien estaría a cargo de estos cambios.

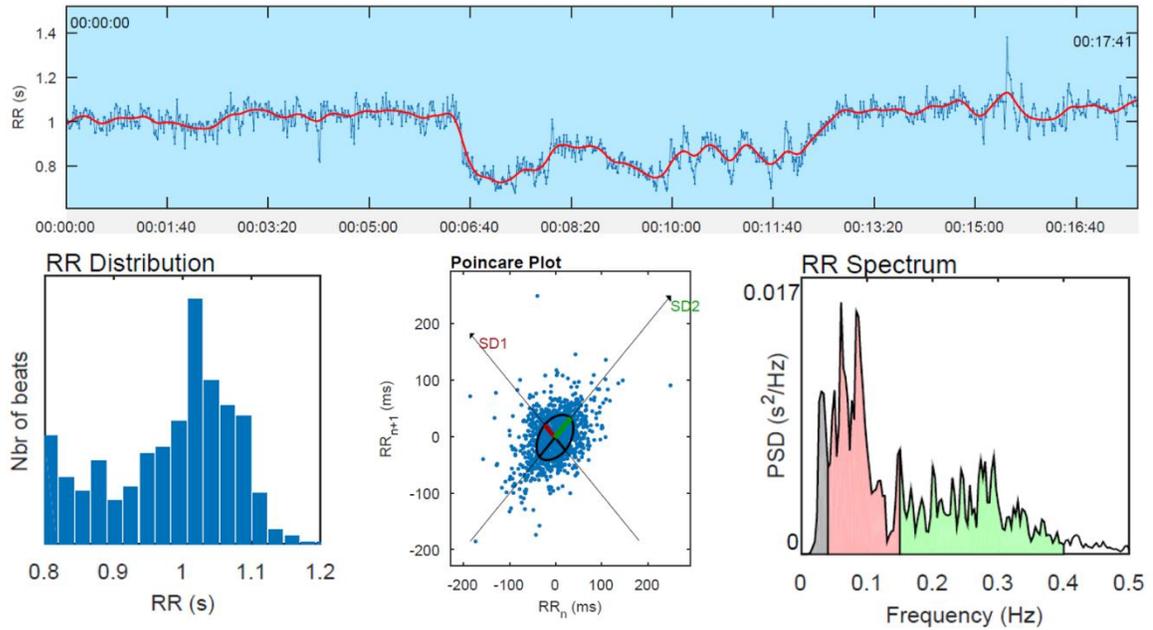


Figura 5: Graficas en el dominio del tiempo y la frecuencia con respecto al análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (IBI)

En la figura 5, podemos observar el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, manteniéndose objetivamente con valores alternos, y presentando caídas durante el cambio de postura, que corresponde a la elevación de la frecuencia cardiaca, reduciendo la distancia entre R-R, además de poder evidenciar dichos cambios en las gráficas, como el histograma, donde se observa elevaciones y caídas continuas del IBI, con un índice mayor a 0.1 en la grafica de valores espectrales, y una adecuada variabilidad a las desviaciones standard de la gráfica Poincaré plot, valores que se replicaron adecuadamente en los estudios evaluados.

12. Discusión:

- Es posible obtener y analizar diferentes parámetros vasculares por medio del portapress, como los analizados (Presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, frecuencia cardíaca e IBI), sin embargo, se puede estudiar aun mas variables como la resistencia vascular periférica, el gasto cardiaco o la compliancia cardiaca, sin embargo, son variables con una diferente utilidad o complementarios a los que se enfocó este estudio.
- Los parámetros vasculares evaluados, fueron fácilmente identificables con el portapress, los cuales mostraron cambios evidentes durante los cambios de posición y la respiración alternante del paciente, los cuales denotan un adecuado funcionamiento del sistema nervioso autónomo a nivel cardiovascular.
- Se evidencia en las figuras presentadas los cambios de la presión arterial sistólica con respecto a la frecuencia cardíaca, definiendo durante el cambio postural el proceso de entrada de activación del reflejo barorreceptor, además de observarse procesos fisiológicos esperados como las ondas de mayers y el overshoot inicial al cambio de posición.
- El poder definir estos cambios, los cuales fueron replicables en todos los pacientes sanos, da entrada para evaluar procesos fisiopatológicos diferentes en pacientes con sospecha de alguna afectación del sistema nervioso autónomo, con la evaluación mediante el análisis de la presión arterial sistólica con respecto a frecuencia cardíaca, o mediante el IBI, apoyando así al diagnóstico de estas enfermedades.

13. Conclusión:

- El portapress es un equipo útil para la identificación y análisis profundo de los diferentes cambios vasculares que se puedan dar en un proceso dinámico, a tiempo real.
- Los cambios vasculares identificados, fueron muy variados, por lo que es un equipo con amplia capacidad para estudios fisiológicos del sistema cardiovascular.
- Se identifico objetiva y claramente cambios vasculares durante el cambio de posición de supino a pie, como la activación del reflejo baroreceptor, y teniendo

también capacidad de identificar el reflejo miogénico con otras pruebas

- Al tener evidenciado los diferentes procesos vasculares que se dan durante un cambio postural, este estudio demuestra que podría ser útil para identificar patologías que afecten el sistema nervioso autónomo, e incluso observar la evolución de estos, dependiendo de la causa.

14. Recomendaciones:

- Este equipo en el presente estudio ha demostrado la replicabilidad que hay en los diferentes sujetos normales, al igual que en estudios precedentes a éste, por lo que el ampliar la muestra podría ser beneficiosa, sin embargo, con poca probabilidad de que se obtenga resultados diferentes a los obtenidos.
- Actualmente el equipo ha sido utilizado para la evaluación de algunos sujetos con patología del sistema nervioso autónomo, mostrando claras diferencias con respecto a los sujetos normales, y difiriendo de los resultados del presente trabajo, los cuales serán presentados en trabajos por separado, con la tentativa de a futuro presentar un estudio comparativo, usando como base los hallazgos obtenidos en este estudio.
- El equipo tiene una amplia capacidad de análisis, por lo que se recomienda considerar el evaluar el uso del equipo, no solo para patologías del sistema nervioso autónomo, sino también para diferentes patologías que pudieran afectar el sistema cardiovascular, ampliando así su utilidad y su uso en diferentes áreas.

15. Referencias Bibliográficas:

- 1.-Estañol B, Corona MV, Elías Y, Téllez-Zenteno JF, Infante O, García-Ramos G. Sympathetic activation of skin blood vessels and sweat glands. *Clin Auton Res*. abril de 2004;14(2):107-12
- 2.-Tanaka H, Sjöberg BJ, Thulesius O. Cardiac output and blood pressure during active and passive standing. *Clin Physiol*. marzo de 1996;16(2):157-70
- 3.- Estañol B, Porrás-Betancourt M, Sánchez-Torres G, Martínez-Memije R, Infante O, Senties-Madrid H. Control neural de la circulación periférica y de la presión arterial. *Archivos de cardiología de México*. diciembre de 2009; 79:109-16.
- 4.-Okasaki, K. QF E, E.R. Martini, R. Shook, C. Conner. Vasoconstriction during venous congestion: effects of venoarteriolar response, myogenic reflexes, and hemodynamics of changing perfusion pressure. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2005; 289:1354-9
- 5.- Estañol B, Rivera AL, Martínez Memije R, Fossion R, Gómez F, Bernal K, Murúa Beltrán S, Delgado-García G, Frank A. From supine to standing: in vivo segregation of myogenic and baroreceptor vasoconstriction in humans. *Physiol Rep*. 2016 Dec;4(24): e13053. doi: 10.14814/phy2.13053. PMID: 28039403; PMCID: PMC5210387.
- 6.-Estañol B, Rojas Z. Cambio en la presión arterial y la frecuencia cardiaca de supino a la bipedestación en sujetos normales. 2021, Tesis UNAM
- 7.- Estañol B, Rivera AL, Martínez Memije R, Fossion R, Gómez F, Bernal K, Murúa Beltrán S, Delgado-García G, Frank A. From supine to standing: in vivo segregation of

myogenic and baroreceptor vasoconstriction in humans. *Physiol Rep.* 2016 Dec;4(24): e13053. doi: 10.14814/phy2.13053. PMID: 28039403; PMCID: PMC5210387.

8.- Davis, M. J., and M. A. Hill. 1999. Signaling mechanism underlying the vascular myogenic response. *Physiol. Rev.* 79:387–423.

9.- Henriksen, O., K. Skagen, O. Haxholdt, and V. Dryberg. 1983. Contribution of local blood flow regulation mechanisms to the maintenance of arterial pressure in upright position during epidural blockade. *Acta Physiol. Scand.* 1183:271– 280.

10.- Peters GL, Binder SK, Campbell NR. The effect of crossing legs on blood pressure: a randomized single-blind cross-over study. *Blood Press Monit.* abril de 1999;4(2):97-101.

11.- Okai AF, Muppidi S, Bagla R, Leist TP. Progressive necrotizing myelopathy: ¿part of the spectrum of neuromyelitis optica? *Neurol Res.* abril de 2006;28(3):354-9.

12.- Unger T, Borghi C, Charchar F, Khan NA, Poulter NR, Prabhakaran D, et al. 2020 International Society of Hypertension Global Hypertension Practice Guidelines. *Hypertension.* 1 de junio de 2020;75(6):1334-57.

13.- McKay DW, Campbell NR, Parab LS, Chockalingam A, Fodor JG. Clinical assessment of blood pressure. *J Hum Hypertens.* diciembre de 1990;4(6):639-45.

14. - Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation.* 1 de marzo de 1996;93(5):1043-65.

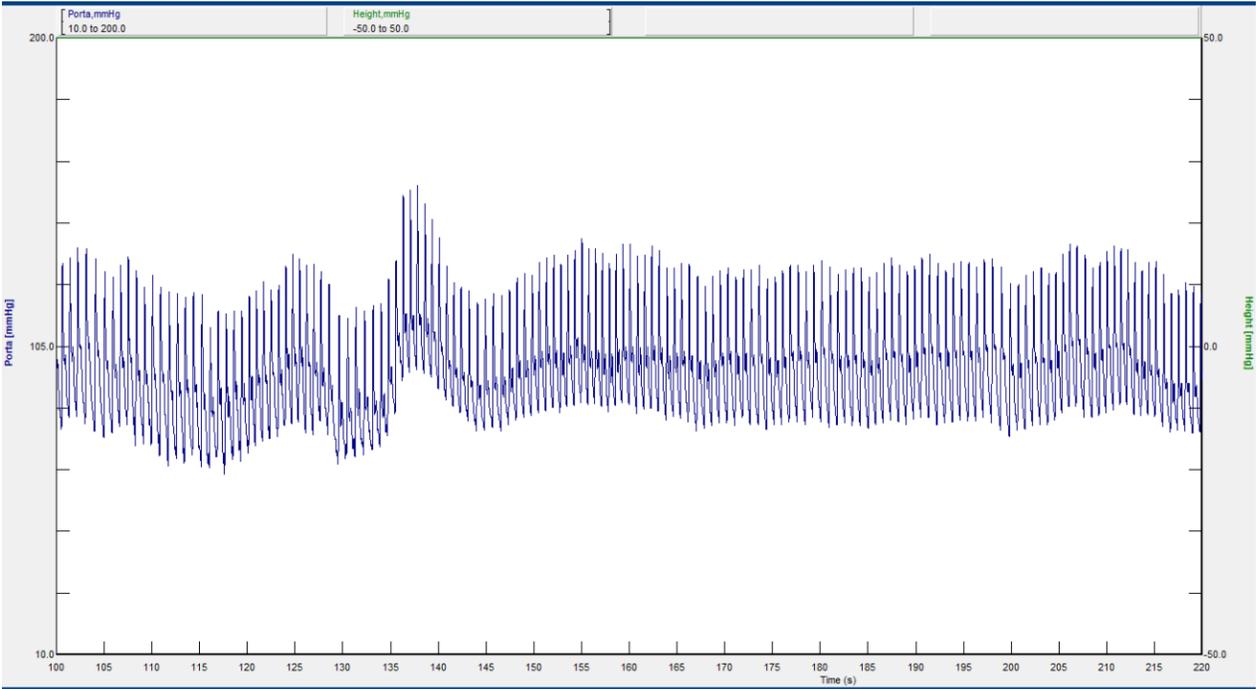
15.- N. F. Sacher V SF. Mechanisms of cutaneous vasoconstriction during upright

posture. Acta Physiol Scand. 1987; 159:131-8.

16.- Wieling W. Heart rate variability in healthy subjects: effect of age and derivation of normal ranges for tests of autonomic function. Br Heart J. enero de 1987;57(1):109-10.

17.- Pinna GD, Maestri R, Mortara A. Estimation of arterial blood pressure variability by spectral analysis: comparison between Finapres and invasive measurements. Physiol Meas. agosto de 1996;17(3):147-69.

Anexos:





**LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA
SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO**

Fecha: Fecha

Nombre:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Edad:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Sexo:	Elija un elemento.
Peso:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Talla:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Número de expediente:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Diagnóstico de envío:	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Antecedentes:

Enfermedades crónicas:

Tratamiento:

Estudios previos:

**LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA
SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO**

Posición	TA mmHg	TAM mmHg	FC lpm	Sat %
Sentado				
Supino				
Bipedestación				

Maniobra	Tiempo de inicio	Tiempo de termino	Observaciones
Supino			
Ortostatismo			
Bipedestación			
Supino			
Respiración rítmica			