

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

UNIDAD IZTAPALAPA



DIVISIÓN: CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA SALUD  
ESPECIALIZACIÓN EN ACUPUNTURA Y FITOTERAPIA

**Variabilidad y análisis cinético de la frecuencia cardiaca en sujetos sanos:  
efecto de cinco puntos de acupuntura**

Idónea comunicación de resultados

Para obtener el diploma de:

Especialista en Acupuntura y Fitoterapia

Presenta:

**MED. CIR. ÁVILA AVENDAÑO LUIS ALBERTO**

Director

Dr. José Federico Rivas Vilchis

Asesor

Dr. Rubén Román Ramos

Ciudad de México

Septiembre 2016



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Iztapalapa

Fecha : 20/09/2016  
Página : 1/1

CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO

La Universidad Autónoma Metropolitana extiende la presente CONSTANCIA DE PRESENTACION DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS de ESPECIALIZACION EN ACUPUNTURA Y FITOTERAPIA del alumno LUIS ALBERTO AVILA AVENDAÑO, matrícula 2143808040, quien cumplió con los 125 créditos correspondientes a las unidades de enseñanza aprendizaje del plan de estudio. Con fecha veintiuno de septiembre del 2016 presentó la DEFENSA de su IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS cuya denominación es:

VARIABILIDAD Y ANALISIS CINÉTICO DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN SUJETOS SANOS: EFECTO DE CINCO PUNTOS DE ACUPUNTURA.

Cabe mencionar que la aprobación tiene un valor de 10 créditos y el programa consta de 135 créditos.

El jurado del examen ha tenido a bien otorgarle la calificación de

*Aprobado*

JURADO

Presidenta

DRA. ELIZABETH HERNANDEZ PEREZ

Secretario

DR. RUBEN ROMAN RAMOS

Vocal

DR. JOSE FEDERICO RIVAS VILCHIS

## **COMITÉ TUTORAL**

### **DIRECTOR DE LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS**

**DR. JOSÉ FEDERICO RIVAS VILCHIS**

Profesor Titular

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Unidad Iztapalapa

Universidad Autónoma Metropolitana

### **ASESOR DE LA IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS**

**DR. RUBÉN ROMÁN RAMOS**

Profesor Titular

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Unidad Iztapalapa

Universidad Autónoma Metropolitana

**La presente investigación se realizó en el:**

Laboratorio de Acupuntura y Enfermedades Crónico Degenerativas de la  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Unidad Iztapalapa, Universidad  
Autónoma Metropolitana.

## **Dedicatoria y agradecimiento**

Dios quiero agradecerte una más de las oportunidades que me has dado en la vida y concluirla, por estar siempre a mi lado, y darme a los papás que tengo. A mis padres gracias por todo su apoyo sin ustedes no hubiera podido concluir este sueño, cada vez que necesito de ustedes ahí están para extenderme su mano. A mi esposa Berenice por impulsarme a seguir estudiando, y estar a mi lado eres una gran esposa y mamá.

A mi pequeña hija Regina Samara que es mi vida y mi aliento para seguir alcanzando metas y estés orgullosa de mí. Todavía no te conozco pero te amo si Dios me da la oportunidad de tenerte gracias.

A mis hermanos Edgar y Lizbeth que han sido mis consejeros en esta vida y apoyo en los momentos difíciles, porque somos una gran familia.

A sí mismo a Mari Cruz y a Raymundo que son parte de esta familia gracias por su apoyo.

Dr. Rivas gracias por ayudarme a concluir este proyecto, es un gran profesor pero sobre todo es una gran persona y amigo.

Dra. Tania Rosario Banderas Dorantes, gracias por colaborar en este proyecto experimental, por tu gran disposición e interés. Gracias por hacer de esas reuniones momentos agradables.

## **RESUMEN**

Los puntos de acupuntura difieren de manera importante en su capacidad para modificar variables cardiovasculares y la actividad del sistema nervioso autónomo. Los puntos Pericardio 6 (PC6), Estómago E36 y Corazón 7 (C7) modifican en la clínica y la experimentación variables cardiovasculares fisiológicas y fisiopatológicas; por otra parte, los puntos Vaso Gobernador 20 (VG20) y Bazo 6 (B6) no tienen indicaciones relevantes relacionadas con patología cardiovascular. La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) permite estudiar el equilibrio simpático/parasimpático y se propone como un índice del riesgo cardiovascular. El propósito de este estudio fue analizar los cambios en la variabilidad y cinética de la frecuencia cardiaca producida por la estimulación de los puntos de acupuntura VG20, PC6, C7, E36 y B6.

### **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio experimental, de corte transversal, comparativo y abierto. Se reclutaron 30 voluntarios sanos, 15 mujeres (edad  $\pm$  DE: 25.8  $\pm$  2.9) y 15 varones (edad  $\pm$  DE: 26.8  $\pm$  2.6). El protocolo de investigación lo aprobó el Comité de Ética de la Institución y estuvo apegado a la Declaración de Helsinki respecto a la investigación biomédica en humanos. A cada uno de los treinta participantes se les asignó de manera aleatoria a uno de los cinco grupos experimentales. Los sujetos permanecieron en reposo en decúbito dorsal en un periodo de estabilización de 5 min; a continuación se realizaron tres registros de 5 min de las etapas preacupuntura, transacupuntura y posacupuntura. Para

el cálculo de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se realizó un registro electrocardiográfico que se amplificó y digitalizó mediante el equipo SphygmoCor (AtCor Medical, Modelo EM3, Sydney, Australia) y se almacenó en una computadora. Los índices de dominio de tiempo de la VFC que se utilizaron en este análisis fueron la desviación estándar de los intervalos RR (SDNN) y la raíz cuadrada de la diferencia de medias sucesivas del intervalo RR normal (RMSSD); los índices de frecuencia fueron baja, alta y el cociente baja/alta (LF, HF, LH/HF, de manera respectiva de acuerdo a sus siglas en inglés). Se emplearon agujas de acupuntura (*HBW Supply Inc.*, San Jacinto Hemet, CA, EUA) con 0.30 x 40 mm de diámetro y longitud, de manera respectiva. Se localizaron los puntos de manera tradicional y se introdujo la aguja de manera perpendicular a las profundidades recomendadas; no se realizó estimulación adicional, y la aguja permaneció insertada durante 5 minutos. Para el análisis cinético de los cambios en la frecuencia cardiaca producida por cada uno de los cinco puntos se llevó a cabo un registro continuo de los intervalos RR durante un periodo de 5 min mediante el instrumento Finometer (Finapres Medical Systems, Holanda). Se aplicó acupuntura en cada uno de los puntos estudiados durante el minuto 6 del registro. A partir de los intervalos RR se calculó la frecuencia cardiaca; a continuación se obtuvo la primera derivada de la curva de frecuencia cardiaca.

## **Resultados**

La estimulación con acupuntura manual originó efectos diferenciados en las

variables cardiovasculares examinadas en los cinco puntos estudiados. En lo general, todos los puntos aumentaron la variabilidad de la frecuencia cardiaca en especial C7 y E36 y PC6; con VG20 y B6 se obtuvo un efecto menor. Respecto a la cinética, cuatro de los puntos estudiados modificaron en forma aguda dentro de los primeros 15 segundos la frecuencia cardiaca,: tres la incrementaron PC6, E36 y B6; C7 la disminuyó y VG20 no produjo cambios.

### **Conclusiones**

Este estudio confirma que la acupuntura puede modificar en forma aguda la variabilidad de la frecuencia cardiaca y que los puntos poseen un perfil cinético diferenciado. Los resultados apoyan la idea de estudiar el efecto de la acupuntura en la variabilidad de la frecuencia cardiaca en tratamientos a largo plazo, y examinar si se producen de manera eventual modificaciones del riesgo cardiovascular.

**Palabras clave:** variabilidad de la frecuencia cardiaca, Vaso Gobernador 20, Pericardio 6, Corazón 7, Estómago 36, Bazo 6, ortostatismo, variabilidad de la frecuencia cardiaca, sistema nervioso autónomo, frecuencia cardiaca.

## **ABSTRACT**

Acupuncture points have significantly different capacities to modify cardiovascular and autonomic nervous system functioning. The Pericardium 6 (PC6), Stomach 36 (St36) and Heart 7 (H7) points clinically and experimentally modify cardiovascular pathophysiology and physiological variables; Moreover, the points Governor Vessel 20 (GV20) and Spleen 6 (Sp6) have only a few indications related to cardiovascular disease. The heart rate variability (HRV) allows to study the sympathetic/parasympathetic balance and it has been proposed as an index of cardiovascular risk. The purpose of this study was to analyze the changes in variability and kinetics of heart rate produced by stimulation of the acupuncture points GV20, PC6, H7, St36 and Sp6.

### **Materials and methods**

An experimental, open, cross-sectional and comparative study was made. Thirty healthy volunteers, 15 women (age  $\pm$  DE,  $25.8 \pm 2.9$ ) and 15 males (age  $\pm$  DE,  $26.8 \pm 2.6$ ) were recruited. The research protocol was approved by the institutional Ethics Committee and followed the guidelines of the Declaration of Helsinki concerning biomedical research in humans. Each of the thirty participants were randomly assigned to one of the five experimental groups. The subjects rested supine for a stabilization period of 5 minutes; then, three 5 min long registers in the pre acupuncture, trans acupuncture and post acupuncture periods were made. To calculate the heart rate variability (HRV) and electrocardiographic record amplified and digitized by computer SphygmoCor equipment (AtCor Medical, Model EM3, Sydney, Australia) was

made and stored on a computer. The time domain indices of HRV employed in this analysis were the standard deviation of the RR (SDNN) intervals and the square root of the difference of successive average RR interval averages (RMSSD); besides, low, high and low/high ratio frequency were calculated. Acupuncture needles with 0.30 x 40 mm in diameter and length, respectively (HBW Supply Inc., San Jacinto Hemet, CA, USA) were employed. Acupoints were traditionally located and needle perpendicular to the recommended depth; no further stimulation was performed, and the needle remained insert during 5 min. For kinetic analysis of changes in heart rate produced by each of the five points it was conducted continuous recording of RR intervals during 11 min period by Finometer (Finapres Medical Systems, The Netherlands) instrument. Acupuncture was applied to each of the points studied during the 6 min of the register period. Heart rate was then calculated; then the first derivative of the curve heart rate was obtained.

## **Results**

Manual acupuncture stimulation in the five points studied results in different effects on HRV. In general, all points increased HRV rate, particularly H7, St36 and PC6; otherwise, VG20 and B6 had a lower effect. Regarding the kinetics, four points studied acutely modify heart rate, within the first 15 seconds: the PC6, St36 and Sp6 increased; H7 decreased, and GV20 produced no change in heart rate.

## **Conclusions**

This study confirms that acupuncture can acutely change variability of heart rate and acupoints have a differentiated kinetic profile. The results support the idea of studying the effect of acupuncture on heart rate variability in a long-term treatment, and consider whether any changes occur in cardiovascular risk.

**Keywords:** heart rate variability, Governor Vessel 20, Pericardium 6, Heart 7, Stomach 36, Spleen 6, autonomic nervous system, heart rate.

## Principales abreviaturas y acrónimos

<b>ECG</b>	Electrocardiograma.
<b>FC</b>	Frecuencia cardiaca.
<b>VFC</b>	Variabilidad de la frecuencia cardiaca.
<b>HRV</b>	siglas en inglés para <i>Heart rate variability</i> .
<b>ms</b>	Milisegundos.
<b>NTS</b>	Núcleo del tracto solitario.
<b>RR</b>	Intervalo entre dos picos R del electrocardiograma.
<b>PC6</b>	Punto de acupuntura número 6 del canal de Pericardio.
<b>VG20</b>	Punto de acupuntura número 20 del canal de Vaso Gobernador.
<b>C7</b>	Punto de acupuntura número 7 del canal de Corazón.
<b>B6</b>	Punto de acupuntura número 6 del canal de Bazo.
<b>E36</b>	Punto de acupuntura número 36 del canal de Estómago.
<b>RR</b>	Intervalo entre dos ondas R del electrocardiograma.
<b>SNA</b>	Sistema nervioso autónomo.
<b>VFC</b>	Variabilidad de la frecuencia cardiaca.
<b>MVLR</b>	Médula ventrolateral rostral.

## Principales abreviaturas y acrónimos

<b>pNN50 (%)</b>	Es el número de intervalos adyacentes que varían por más de 50 ms expresado en porcentaje.
<b>RMSSD (ms)</b>	Es el cuadrado de la raíz media de la unión de los intervalos R-R adyacentes.
<b>HF</b>	Componente de alta frecuencia del espectro relacionado con las frecuencias correspondientes a los ciclos respiratorios de 9 ciclos por minuto.
<b>LF</b>	Componente de baja frecuencia del espectro y se relaciona con las frecuencias respiratorias inferiores de 8 ciclos por minuto.
<b>LF/HF</b>	Relación LF dividida entre HF.
<b>VFct</b>	Variabilidad de la frecuencia cardiaca triangular.
<b>LFn</b>	<i>Low frequency</i> normalizada.
<b>HFn</b>	<i>High frequency</i> normalizada.
<b>HFmáx</b>	<i>High frequency</i> máxima.
<b>LFmáx</b>	<i>Low frequency</i> máxima.
<b>Total power</b>	Suma de todas las frecuencias del espectro.
<b>HFpower</b>	Frecuencia total de <i>high frequency</i> .
<b>LFpower</b>	Frecuencia total de <i>low frequency</i> .

## ÍNDICE

---

Resumen	vi
Abstract	ix
Principales abreviaturas y acrónimos	xii
<hr/>	
Introducción	1
Hipótesis	15
Objetivos	16
Métodos	17
Resultados	21
Discusión	33
Limitaciones del estudio	38
Perspectivas	49
Conclusiones	40
Bibliografía	41

---

# INTRODUCCIÓN

## Regulación de la frecuencia o cronotropismo

La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Se mide en condiciones bien determinadas de reposo o de actividad y se expresa en pulsaciones por minuto en las arterias periféricas y en latidos por minuto (lat/min) a nivel del corazón (Guadalajara J 2001).

El corazón es inervado por nervios simpáticos parasimpáticos. Los nervios parasimpáticos o vagos se dirigen principalmente al nudo sinusal y al aurículoventricular (A-V) y en menor medida al músculo ventricular. Por otra parte, los nervios simpáticos se distribuyen en todo el corazón, con una extensa representación en el miocardio ventricular (Guyton 2011).

La estimulación de los nervios parasimpáticos del corazón libera la hormona acetilcolina en las terminaciones vagales. Esta hormona ejerce dos efectos principales sobre el corazón. Primero, disminuye la frecuencia del ritmo del nudo sinusal y, segundo disminuye la excitabilidad de las fibras de la unión A-V entre la musculatura auricular y el nudo A-V; y de esta manera se hace más lenta la transmisión del estímulo cardíaco a los ventrículos (Bennaroch 2001).

La acetilcolina liberada por las terminaciones nerviosas vagales aumenta de manera notable la permeabilidad al potasio de las membranas de las fibras, lo que permite un rápido escape de potasio fuera de las fibras de conducción. Esto causa un aumento de la negatividad en el interior de las fibras, un efecto denominado *hiperpolarización*, que hace que el tejido excitable lo sea mucho

menos (Haker E 2007).

La estimulación simpática aumenta la tasa de descarga del nudo sinusal, aumenta la tasa de conducción, la excitabilidad de todas las partes del corazón y aumenta de manera notable la fuerza de contracción de todo el miocardio, (Joyner M 1997).

La estimulación de los nervios simpáticos libera la hormona noradrenalina en las terminaciones nerviosas simpáticas. Existen dudas acerca del mecanismo preciso por lo cual esta hormona actúa sobre las fibras miocárdicas, pero se cree que aumenta la permeabilidad de la membrana de la fibra al sodio y al calcio (Taylor 1999). En el nudo sinusal, un aumento a la permeabilidad al sodio hace que el potencial de reposo sea más positivo, y que el desplazamiento hacia arriba del potencial de membrana hasta su umbral sea más rápido; ambos efectos aceleran la iniciación de la autoexcitación y, por tanto, aumentan la frecuencia cardíaca (Ganong 2015).

El nodo senoauricular en una persona joven sin influencia parasimpática o simpática descarga con una frecuencia de 100 latidos/min, que es una frecuencia mayor de manera sustancial que la frecuencia cardíaca en reposo.

Aunque el corazón tiene una actividad rítmica intrínseca, existen factores externos a la estructura cardíaca que pueden alterar esta frecuencia basal de contracción. Estos factores son de naturaleza nerviosa y hormonal (San Mauro y Patronelli, 2008). El sistema nervioso autónomo, a través de sus dos divisiones simpática y parasimpática, modifica la frecuencia cardíaca. En un adulto normal la frecuencia cardíaca es de unos 70 latidos/min, si al corazón se

le aísla separándole de sus conexiones nerviosas, alcanza una frecuencia de 100 latidos/minuto, que es la frecuencia intrínseca de las fibras del nodo sinusal. De esta forma, la frecuencia disminuye e incluso cuando la estimulación parasimpática es muy fuerte puede dejar de latir el corazón. La bradicardia que se produce durante el sueño, se basa en el incremento de actividad parasimpática y en la disminución de actividad simpática (Hart y Charkoudian, 2014).

En sentido opuesto se encuentra la acción del sistema simpático. La estimulación simpática que puede aparecer en situaciones de estrés o de ejercicio intensos, aumenta la frecuencia cardíaca (taquicardia o efecto cronotrope positivo) hasta alcanzar frecuencias de 200 - 220 latidos/min (Guyton 2011).

Además de las acciones debidas a la actividad del sistema nervioso autónomo, existen otros factores que tienen influencia sobre la frecuencia cardíaca. Por ejemplo, un incremento de la temperatura corporal tiene un efecto cronotrope positivo, observable en la taquicardia que aparece en estados febriles. (Ganong 2015).

Por último, también la concentración de potasio extracelular juega un papel importante sobre la frecuencia. Incrementos de  $K^+$  producen incrementos de la frecuencia cardíaca y también de la velocidad de conducción del potencial de acción cardíaco (Thompson 1988).

El impulso parasimpático se transmite por medio del nervio vago, que tiene su origen en el núcleo motor dorsal y el núcleo ambiguo del sistema nervioso

central (SNC) e inerva los nodos sinusal, auriculoventricular y auricular (Bauer, 1988).

La frecuencia cardiaca en el electrocardiograma se mide utilizando la duración de los intervalos RR. En el registro electrocardiográfico el punto R (dentro del complejo QRS) se refiere al punto positivo de la despolarización ventricular. Las variaciones latido a latido en la duración de los intervalos RR reflejan cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo (Stornetta 1989). Como el análisis de la variación de los intervalos RR incluye solamente los llamados latidos normales, es decir, los que se originan en el nodo sinusal (excluyendo los latidos ectópicos), el término intervalos NN (o intervalos normal a normal) se utiliza para enfatizar este aspecto (Kass 2005).

Mediante el *SphygmoCor* modelo CVMS-CPH, fabricante *AtCor Medical Pty Ltd, Sydney Australia* se ha desarrollado una prueba estandarizada para evaluar la respuesta cardiaca consecutiva a la bipestación, a esta prueba se le denomina *stand manoeuvre* (*Guide SphygmoCor, 2008*). Los registros de la actividad electrocardiográfica  $\geq 5$  min permiten estudiar los cambios latido a latido de la duración del intervalo R-R y el *software* del instrumento permite el cálculo de los parámetros de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (*Guide SphygmoCor, 2008*).

## **Variabilidad de la frecuencia cardiaca**

Para el registro de las ondas del electrocardiograma (ECG) se requiere de la colocación de electrodos que se ubican en el pecho de los sujetos. Este procedimiento se realiza con el fin de medir la actividad eléctrica del corazón y permite a su vez determinar el funcionamiento normal del mismo.

Las fluctuaciones de las contracciones cardiacas están condicionadas por los procesos respiratorios de inspiración y expiración y son mediadas por la actividad de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. Las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca son comúnmente valoradas por las mediciones del intervalo RR (Ortiz G, 2013).

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se define como la variación del complejo latido-latido de la frecuencia cardiaca producida por la interacción de la actividad de los nervios simpático y parasimpático en el nodo sinusal del corazón. Las variaciones en el impulso del nodo sinusal del corazón representan la variabilidad de la frecuencia cardiaca derivada de intervalos RR. Este fenómeno rítmico es conocido como *arritmia sinusal respiratoria* (RSA), fluctúa con las fases de respiración (inspiración/expiración). La conducción nodal auriculoventricular también se suma a la variabilidad RR, pero no es relevante en condiciones clínicas (Khan y Cols 2010).

La VCF permite obtener información cuantitativa acerca de cambios en el índice cardiaco que son reflejo de sus mecanismos de control; este índice se estima a partir del valor medio de sus oscilaciones características, las cuales junto con las modulaciones de los sistemas simpático y parasimpático controlan

este índice (Cohen 2000). El estudio de la VFC es una herramienta útil en el estudio de diversas enfermedades como neuropatía diabética, hipertensión y otras enfermedades cardiovasculares (Appel 2009).

En una persona sana, en reposo, los latidos se van produciendo con una frecuencia que varía en milisegundos de latido a latido. Este aspecto representa el concepto de variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), o HRV por sus siglas en inglés *Heart Rate Variability* (Roadas, 2008). La evaluación de la VFC es un medio para examinar la integridad del sistema nervioso autónomo (SNA), su equilibrio simpático vagal y el sistema cardiovascular (Kleiger 2005; McCraty 2006). En condiciones de reposo, el corazón sano es dominado por el sistema nervioso parasimpático. El predominio vagal se observa durante la mayor parte del ciclo del sueño, la digestión; y los periodos de atención tranquila, centrada, como la meditación o la oración (Buchner y Cols., 2009).

En personas sanas, el tono simpático y el tono parasimpático están finamente sintonizados. La frecuencia cardiaca es modulada por los efectos combinados de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático y se puede evaluar mediante de los cambios en VFC; ésta se utiliza para identificar a las personas con alto riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, conocer los componentes autónomos de distintos trastornos sistémicos y evaluar el efecto de diferentes intervenciones terapéuticas. La VFC se emplea también para

entender el efecto de trastornos respiratorios del sueño, insomnio y movimientos periódicos de las extremidades (Hisu y Cols., 2007).

La VFC es un predictor independiente para eventos futuros en las enfermedades cardiovasculares, y la mortalidad relacionada con diversos factores de riesgo, incluyendo muerte súbita de origen cardiaco por infarto de miocardio o arritmias (Hacker y Cols., 2007).

El estudio de la VFC se puede realizar mediante diferentes métodos. Los más comunes son medidas estáticas (parámetros de tiempo) y análisis espectral (espectro de frecuencia).

**Análisis de tiempo de la VFC.** Se basa en diferentes variables que pueden ser obtenidas en dos formas distinta, esto es desde las medidas de los intervalos RR o la diferencia entre dichos intervalos; cada intervalo es una medida de las variaciones en milisegundos entre latido y latido registrado mediante electrocardiograma (ECG) o de la presión arterial. Las variables derivadas de la diferencia de los intervalos RR son:

- NN50 (%): es el número de intervalos adyacentes que varían por más de 50 ms.
- pNN50 (%): es el número de intervalos adyacentes que varían por más de 50 ms expresado en porcentaje. Marcador de riesgo trombolítico y representa la influencia parasimpática sobre la frecuencia cardiaca. Es referida como variación de la frecuencia cardiaca a corto plazo.

- RMSSD (ms): es el cuadrado de la raíz media de la unión de los intervalos RR adyacentes y es indicador del control cardiaco vagal (tono parasimpático). Se ha asociado de manera significativa a una fracción de eyección menor.
- SDNN (ms): desviación estándar de todos los NN intervalos y representa la VFC total (Ortiz G 2008).

**Análisis de espectro de frecuencia de VFC.** Este análisis se basa en técnicas autorregresivas, es decir, en particiones de la variación total de la frecuencia cardiaca en ritmos subyacentes que se dan a diferentes frecuencias, las cuales pueden ser asociadas a diferentes ritmos periódicos modulados en forma automática (Roadas y Cols., 2008). Las particiones de la variación total de las frecuencias que se emplean de manera más común son las siguientes:

- HF son las frecuencias respiratorias de 9 ciclos por minuto, clínicamente representa la intervención del sistema nervioso parasimpático en el ritmo cardiaco, es decir, disminución de la frecuencia cardiaca.
- LF son las frecuencias respiratorias bajas inferiores de 8 ciclos por minuto. Se considera una zona representativa de la actividad de barorreceptores, por lo cual se relaciona de manera más precisa con el sistema simpático.

### **Acupuntura y función cardiovascular**

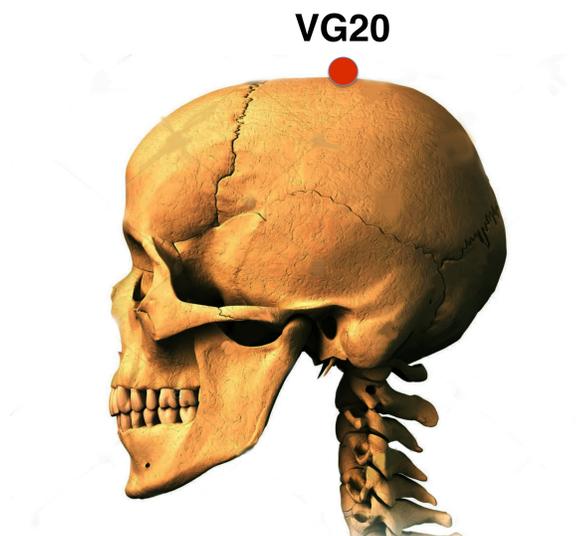
Estudios experimentales en animales y clínicos en humanos han mostrado que la acupuntura puede ejercer efectos importantes sobre el sistema

cardiovascular y proporcionar un tratamiento eficaz para una variedad de trastornos cardiovasculares.

### **Vaso Gobernador 20 (VG20)**

El punto se localiza aproximadamente en la línea media de la cabeza, en la línea que une a los dos ápices de las orejas. VG20 se emplea desde punto de vista clínico en: depresión, epilepsia, insomnio, miedo, falta de concentración, tartamudez, histeria, cefalea, hemiplejía, afasia, acufenos, vértigo, desesperación, amnesia, visión borrosa, obstrucción nasal y prolapso rectal.

Se ha información que disminuye la frecuencia cardiaca y la presión arterial (Gao y Cols., 2009); y produce aumentos discretos de la actividad parasimpática (Sato H, 2009).



**Figura 1. Localización del punto VG20.**

## **Pericardio 6 (PC-6)**

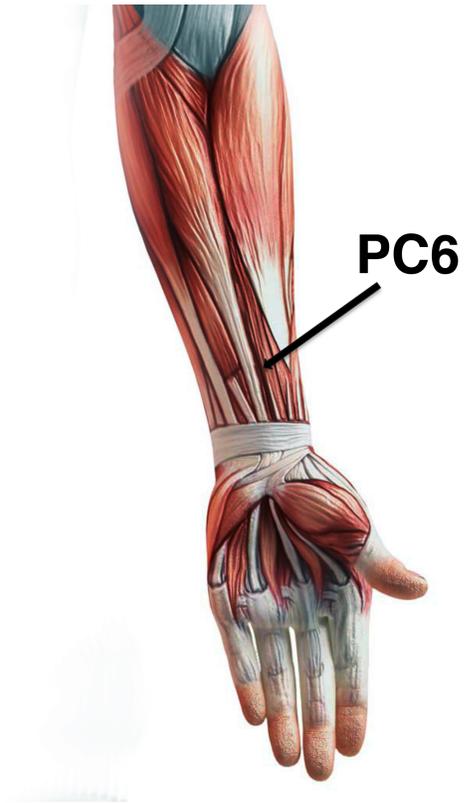
El punto se localiza aproximadamente 4 cm proximal al pliegue de flexión palmar de la muñeca, entre los tendones de los músculos palmar mayor y menor. PC6 se emplea en el tratamiento de: náuseas, vómito, hipo, alteraciones dolorosas del antebrazo y muñeca, síndrome del túnel del carpo, cefaleas, insomnio, depresión, epilepsia, alteraciones inflamatorias de los ojos, glaucoma y palpitaciones.

De manera específica, la acupuntura y la electroacupuntura de PC6 se utilizan para tratar una amplia gama de enfermedades cardiovasculares y síntomas relacionados como la angina de pecho, infarto de miocardio, hipertensión e hipotensión (Syuu y Cols., 2001); así como dolor precordial, palpitaciones y opresión torácica (Maoliang, 1993). En estudios experimentales en modelos con animales se ha informado que la acupuntura en PC6 causa inhibición de la excitación simpática del reflejo cardiovascular (Li, 2010).

En un estudio realizado en perros a los cuales se les ligó la arteria coronaria, la punción del punto PC6 disminuyó la elevación del segmento ST, redujo la resistencia coronaria y mejoró el aporte de oxígeno al corazón isquémico (Zhaoliang, 1987). Lianbi (1983) informó que la presión de oxígeno del miocardio se incrementa con la aplicación de electroacupuntura en PC6 en perros con isquemia cardiaca inducida.

Los reportes acerca de sus acciones cardiovasculares son numerosos, entre los efectos descritos se mencionan los siguientes: disminución de la frecuencia cardiaca, disminuye las arritmias cardiacas (Lin JG y Cols., 2009); en algunos

informes se menciona que disminuye la actividad simpática (Chang y Wang 2010).

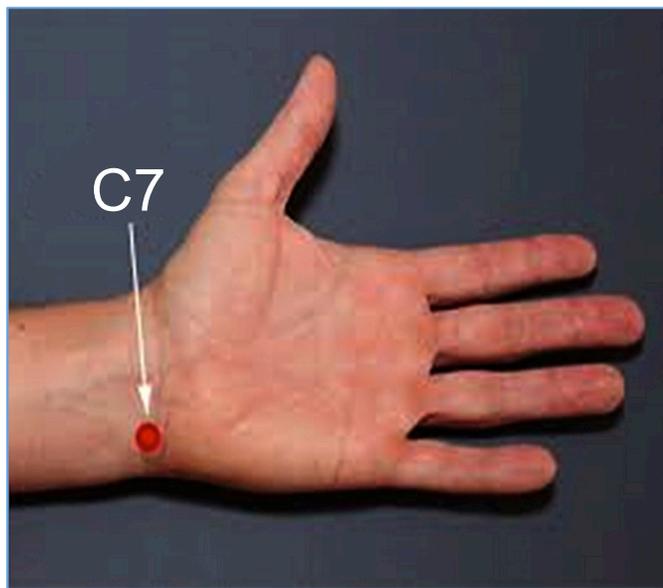


**Figura 2.** Localización del punto PC6.

### **Corazón 7 (C7)**

El punto se localiza entre los huesos cúbito y pisiforme, en el pliegue palmar de flexión de la muñeca, radial al tendón del músculo cubital anterior de la muñeca. C7 se emplea desde puntos de vista clínico en: parestesias en la palma de la mano, alteraciones de la muñeca, alteraciones mentales, neurosis histérica, epilepsia, insomnio, irritabilidad, amnesia, alteraciones del estado de conciencia, dolor cardíaco, taquicardia y palpitaciones.

Se reporta que tiene efectos cardiovasculares diversos como la disminución de la frecuencia cardíaca (Huang H, Zhong Z 2010); respecto a la VFC se informó que la incrementa, al igual que la actividad parasimpática (Hsu CC 2007).

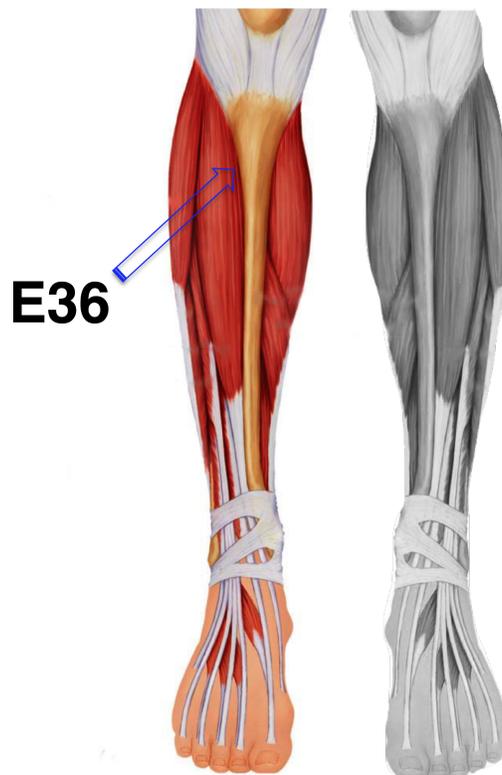


**Figura 3.** Localización del punto C7.

### **Estómago 36 (E-36)**

El punto se localiza aproximadamente 6 cm debajo de la depresión inferior a la rótula y externo al ligamento rotuliano. E36 se emplea desde punto de vista clínico en: parestesias de la rodilla y la pierna, rodilla sin fuerza y dolorosa, insomnio vértigo, hipertensión. Mastitis, neuropatía, sinusitis, odontalgias, dolor gástrico, vómito, diarrea, estreñimiento, indigestión, distensión y dolor abdominal, síndromes crónicos relacionados con fatiga y debilidad; alergias.

Se ha informado que E36 disminuye la presión arterial (Huo y Cols., 2010) y también la actividad simpática (Chang CS 2010).

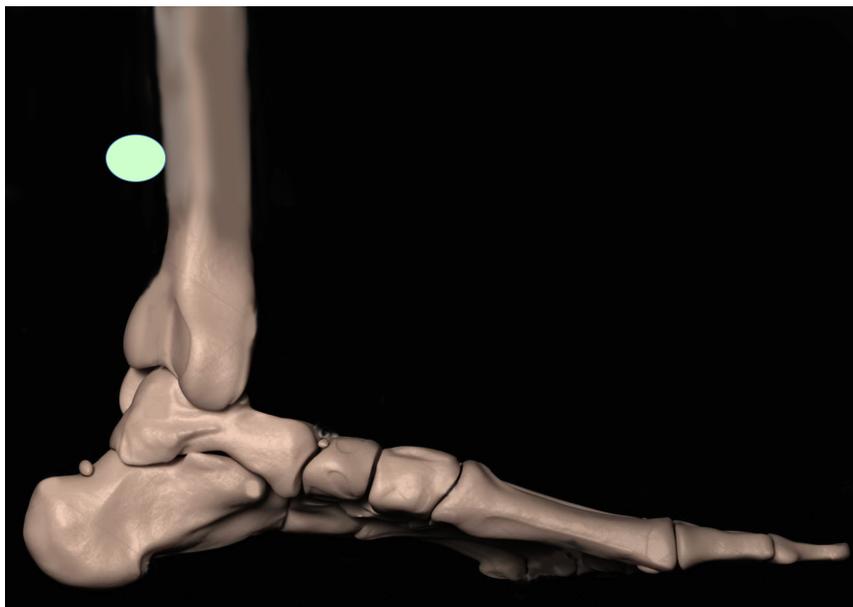


**Figura 4.** Localización del punto E36.

### **Bazo 6 (B-6)**

El punto se localiza aproximadamente 6 cm por arriba de la prominencia del maléolo medial en el borde posterior de la tibia. B6 se emplea desde punto de vista clínico en: trastornos dolorosos en la región del maléolo medio; alteraciones gastrointestinales como distensión abdominal, borborigmos. Además en alteraciones ginecológicas como amenorrea, esterilidad, irregularidades menstruales, leucorrea, dolor en los genitales externos, impotencia y orquitis. Alteraciones de la piel. Alteraciones urológicas como disuria y enuresis. Alteraciones alérgicas e inmunológicas. Alteraciones endocrinas como diabetes mellitus; várices y hemorroides.

Los reportes acerca de su eficacia en trastornos cardiovasculares son escasos, se ha informado que aumenta la actividad simpática (Hu y Cols., 2008).



**Figura 5.** Localización del punto B6.

## **HIPÓTESIS**

La acupuntura en los puntos VG20, PC6, C7, E36 y B6 modifica los parámetros de frecuencia y dominio de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Analizar los cambios en la variabilidad y cinética de la frecuencia cardiaca producida por la estimulación en diversos puntos de acupuntura.

### **Objetivos específicos**

- Examinar el efecto y cinética del punto VG20 en la variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- Examinar el efecto y cinética del punto PC6 en la variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- Examinar el efecto y cinética del punto C7 en la variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- Examinar el efecto y cinética del punto E36 en la variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- Examinar el efecto y cinética del punto B6 en la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

## **MÉTODOS**

Se realizó un estudio experimental, de corte transversal, comparativo y abierto.

### **Población estudiada**

Los participantes en este estudio se reclutaron entre la comunidad universitaria de la Unidad Iztapalapa. Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- edad entre 20 y 40 años
- sanos desde el punto de vista clínico
- no fumadores
- sin antecedentes o la presencia de alteraciones cardiovasculares
- sin obesidad (índice de masa corporal  $> 30$ )
- sin tratamiento con medicamentos o con acupuntura en los 7 días previos al estudio
- sin entrenamiento atlético.

Se reclutaron 30 voluntarios sanos, 15 mujeres (edad  $\pm$  DE:  $25.8 \pm 2.9$ ) y 15 varones (edad  $\pm$  DE:  $26.8 \pm 2.6$ ), a los cuales se les realizó historia clínica. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes y firmó cada uno de ellos una carta aceptando participar en el estudio. La presente investigación cumplió con los requisitos internacionales y nacionales de la investigación biomédica en humanos. El protocolo de investigación lo aprobó el Comité de

Ética de la Institución y estuvo apegado a la Declaración de Helsinki respectiva a la investigación biomédica en humanos.

### **Procedimiento experimental**

El grupo en estudio constó de 30 sujetos, divididos en subgrupos de 6, en cada uno de ellos se colocó un punto diferente de acupuntura: VG20, B6, C7, PC6 o E36; los puntos localizados en extremidades se colocaron del lado derecho. Los sujetos permanecieron en reposo en decúbito dorsal durante 5 minutos; a continuación se realizaron tres periodos de registro de 5 min en las etapas: preacupuntura, transacupuntura y posacupuntura.

### **Variabilidad de la frecuencia cardiaca**

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se evaluó dentro del periodo 9:00 - 11:00 a.m., en una sala de estudio tranquila a 23° C, las participantes se mantuvieron en reposo en decúbito supino. Se les explicó con detalle el procedimiento y después de un período de descanso de 5 minutos, se realizó un registro electrocardiográfico durante los tres periodos de 5 min mencionados. El registro electrocardiográfico se amplificó y digitalizó mediante el equipo *SphygmoCor* (AtCor Medical, Modelo EM3, Sydney, Australia) y se almacenó en una computadora. El dispositivo considera los latidos normales del corazón, omitiendo los latidos ectópicos, para derivar los parámetros estadísticos de los intervalos RR normales (o intervalos NN) del electrocardiograma y calcula varios índices de tiempo, dominio y geométricos

de la VFC. Los índices de dominio de tiempo de la VFC que fueron utilizados en este análisis son la desviación estándar de los intervalos RR (SDNN) y la raíz cuadrada de la diferencia de medias sucesivas del intervalo RR normal (RMSSD). El SDNN es una medida en general de la variabilidad de la frecuencia cardíaca; por lo que los niveles más bajos del SDNN indican una reducción en la VFC. El RMSSD es una medida de la función parasimpática, y un RMSSD reducido es un marcador de pérdida de la función parasimpática (Ortiz 2008).

*Tratamiento con acupuntura para el cálculo de la VFC.* Se emplearon agujas de acupuntura 0.30 x 40 mm, diámetro y longitud respectivamente (*HBW Supply Inc., San Jacinto Hemet, CA, EUA*). Se localizaron los puntos de manera tradicional empleando el parámetro tradicional del *cun* o distancia calculado para participante (1.8 a 2.4 cm) y se introdujo la aguja de manera perpendicular a las profundidades recomendadas; no se realizó estimulación adicional, y la aguja permaneció insertada durante 5 minutos.

Para el análisis cinético de los cambios en la frecuencia cardíaca producida por cada uno de los cinco puntos se llevó a cabo un registro continuo durante 11 min de los intervalos RR mediante el instrumento Finometer (*Finapres Medical Systems, Holanda*). Se aplicó acupuntura en cada uno de los puntos estudiados durante el minuto 6 del registro. A partir de los intervalos RR se

calculó la frecuencia cardiaca; a continuación se obtuvo la primera derivada de la curva de frecuencia cardiaca.

### **Análisis estadístico**

Los resultados se reportaron como medias  $\pm$  desviación estándar. Se compararon los valores basales y posacupuntura mediante la prueba *t-Student*, en todos los casos se empleó la fórmula para datos no pareados y la variante de 2 colas. Se consideró como significativa una  $p < 0.05$ . Se empleó el *software NCSS v. 1, 2007 (East Kaysville, Utah, EUA)*.

## RESULTADOS

### Características demográficas de la población

Las características demográficas de los sujetos en estudio se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características demográficas de la población.

Punto de acupuntura	Población	Edad media $\pm$ DE	Mujeres/varones n
VG20	7	31.9 $\pm$ 8.2	6/1
PC6	7	35.4 $\pm$ 14.4	2/5
C7	7	34.9 $\pm$ 9.0	3/4
E36	6	34.7 $\pm$ 3.3	2/4
B6	7	35 $\pm$ 6.1	6/1

## Variabilidad de la frecuencia cardiaca

### Métodos de dominio de tiempo

Los parámetros de dominio de tiempo de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los periodos basal y posacupuntura se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Parámetros de dominio de tiempo de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en en los periodos basal y posacupuntura.

Punto	SDNN			PNN50			RMSSD		
	B	PA	P	B	PA	P	B	PA	P
VG20	48.6	54.1	0.258	22	20.2	0.505	40.7	41.6	0.843
	±	±		±	±		±		
	24.2	22.2		18.8	14.6		20.8	17.1	
PC6	46.1	52.6	0.108	19.5	20	0.765	40.9	40.1	0.689
	±	±		±	±		±	±	
	17.8	20.3		17.8	18.6		22.9	19.7	
C7	63.8	75.1	0.222	24.6	22.5	0.558	56.7	55.5	0.859
	±	±		±	±		±	±	
	51.5	57.9		32.6	26.1		56.6	46.7	
E36	49.4	61.3	0.069	25.3	26.9	0.676	43.3	48.0	0.335
	±	±		±	±		±	±	
	16.5	25.8		21.2	19.0		20.5	22.5	
B6	37.7	43.6	0.489	8.3	12.8	0.117	30.2	33.6	0.595
	±	±		±	±		±	±	
	22.2	26.6		14.2	18.1		30.4	26.5	

Respecto a las variables de dominio de tiempo: la SDNN se incrementó con la estimulación en cualquiera de los puntos estudiados; los aumentos más marcados se observaron con E36 y PC6 en ambos casos los cambios no fueron significativos,  $p = 0.069$  y PC6  $p = 0.1081$ , de manera respectiva. PNN50 y RMSSD mostraron variaciones muy pequeñas y en todos los casos no significativas con la acupuntura en los puntos estudiados.

### **Método de dominio de frecuencia**

Los parámetros de dominio de frecuencia de la variabilidad de las frecuencias cardiacas basales y posacupuntura se muestran en los Cuadros 3 y 4.

Respecto a las variables de dominio de frecuencia: LF se incrementó con la estimulación en los puntos estudiados, excepto C7; los aumentos más marcados se observaron con VG20 y PC6, pero en ambos casos éstos no fueron significativos,  $p = 0.1458$  y  $0.1081$ , de manera respectiva. El índice HF mostró variaciones muy pequeñas y en todos los casos no significativas con la acupuntura en los puntos estudiados.

**Cuadro 3.** Dominio de frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los periodos basal y posacupuntura.

Punto	LF			HF		
	B	PA	P	B	PA	P
VG20	45.8	56.7	0.146	48.7	38.4	0.146
	±	±		±	±	
	21.8	18.9		15.8	12.4	
PC6	51.3	61.6	0.108	19.5	19.9	0.765
	±	±		±	±	
	15.8	12.4		17.8	18.6	
C7	58.4	57.6	0.936	41.6	42.35	0.936
	±	±		±	±	
	20.0	23.5		20.05	23.5	
E36	59.6	62.4	0.498	40.0	37.6	0.498
	±	±		±	±	
	19.8	17.3		19.8	37.6	
B6	56.9	65.2	0.231	43.0	34.8	0.231
	±	±		±	±	
	20.4	10.3		20.4	10.3	

**Cuadro 4.** Dominio de frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los periodos basal y posacupuntura.

Punto	LF/HF			Poder total		
	B	PA	P	B	PA	P
VG20	1.2	1.7	0.206	1873.1	2336	0.0998
	±	±		±	±	
	0.9	1.0		1727.9	1787.8	
PC6	1.3	2.1	0.255	1546.6	1991.3	0.161
	±	±		±	±	
	0.7	1.8		1337.3	1439.7	
C7	4.1	2.3	0.434	3805.8	6452.3	0.127
	±	±		±	±	
	7.7	2.3		6659.0	6452.3	
E36	2.1	2.3	0.522	1429.7	3284.3	0.192
	±	±		±	±	
	1.7	1.9		916.6	3673.9	
B6	2.0	2.2	0.813	1101.1	1875.6	0.299
	±	±		±	±	
	1.9	1.2		30.4	2010.7	

El cociente LF/HF no experimentó modificaciones notables con la acupuntura en cualquiera de los puntos estimulados. Respecto al poder total, todos los puntos empleados incrementaron el poder total.

Los incrementos más importantes se presentaron con VG20; PC6, C7 y E36 tuvieron una eficacia similar y el menor efecto con B6. El poder total (*total power* por su denominación en inglés) refleja de manera global la actividad del SNA donde la actividad simpática es un contribuyente primario.

En forma general se observó una disminución de este índice en personas con estrés crónico o con enfermedad debida a un debilitamiento de la función reguladora. El significado clínico del *total power* en el dominio de frecuencia es similar al del SNDD en el dominio de tiempo.

### **Parámetros geométricos de la VFC**

Los parámetros geométricos de la variabilidad de la frecuencia cardíacas basales y posacupuntura se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Parámetros geométricos de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los periodos basal y posacupuntura.

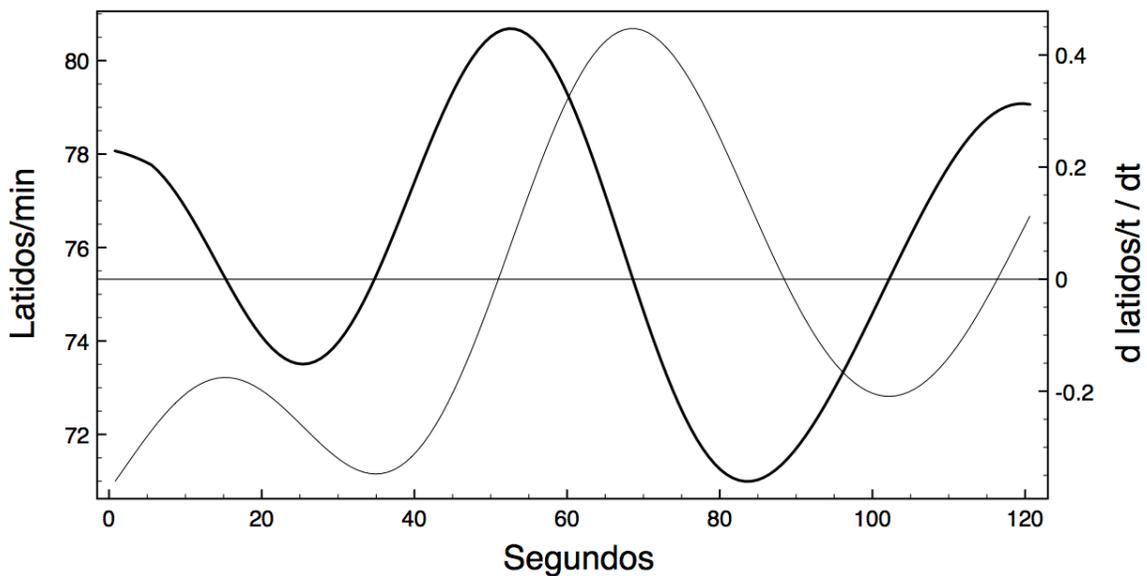
Punto	HRV			TINN		
	B	PA	<i>P</i>	B	PA	<i>P</i>
VG20	10.2	10.7	0.507	271.9	287.3	0.633
	±	±		±	±	
	4.7	3.1		106	109.6	
PC6	9.40	9.6	0.244	280.4	305	0.196
	±	±		±	±	
	3.2	10.3		111	307	
C7	10	11.6	0.0401	239.1	432.4	0.240
	±	±		±	±	
	6.3	7.3		0.2	276.3	
E36	10.3	12.7	0.163	292.3	355.7	0.067
	±	±		±	±	
	2.7	5.4		63.6	113.7	
B6	3.6	7.8	0.542	128.9	247.1	0.815
	±	±		±	±	
	0.54	3.4		0.81	144.5	

Los puntos estudiados incrementaron el índice triangular de la VFC VFC, pero, solo el punto C7 de manera significativa ( $p = 0.0401$ ). Por otra parte, el punto

E36 incrementó la interpolación triangular del histograma de los intervalos NN de manera importante, pero no significativa ( $p = 0.067$ ).

### Frecuencia cardiaca durante el periodo transacupuntura

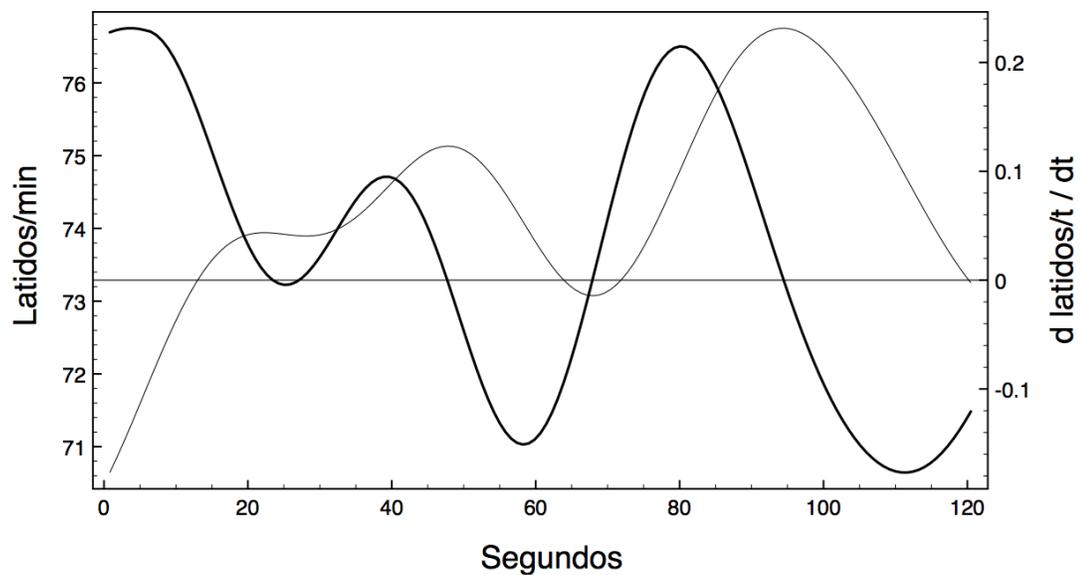
Los cambios en la frecuencia cardiaca originados por la estimulación con acupuntura en los puntos estudiados se muestran en la Figuras 6 a 10.



**Figura 6.** Frecuencia cardiaca y su primera derivada durante los dos primeros minutos del periodo de acupuntura en VG20.

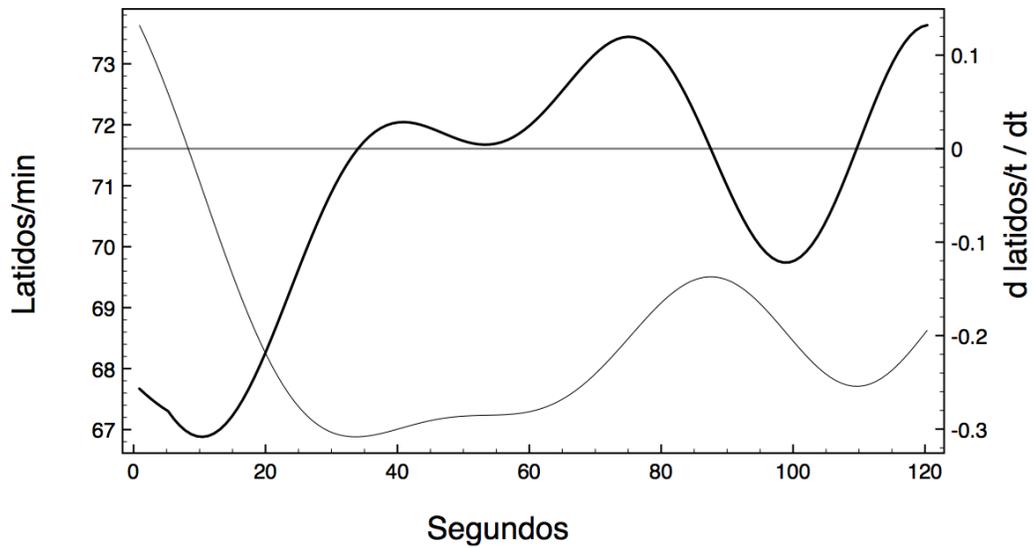
La acupuntura en VG20 no originó cambios notables en la frecuencia cardiaca durante los primeros 30 s de su inserción, Figura 6.

Por otra parte, la estimulación de PC6 provocó un aumento de la frecuencia cardiaca con una pendiente máxima antes de los 10 s posteriores a la inserción de la aguja, Figura 7.



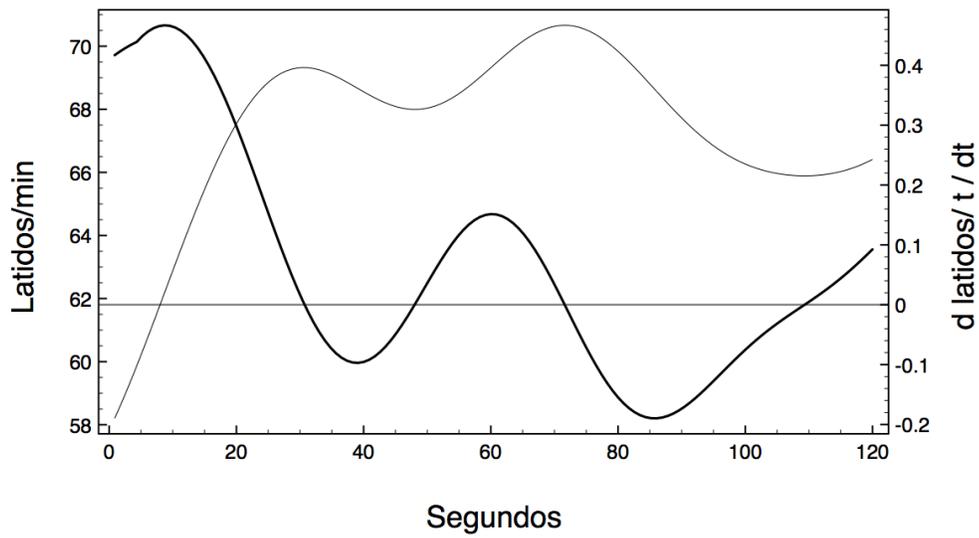
**Figura 7.** Frecuencia cardiaca y su primera derivada durante durante los dos primeros minutos del periodo de acupuntura en PC6.

La estimulación de C7 originó una disminución marcada de la frecuencia cardiaca con una rapidez máxima alrededor del segundo 10, Figura 8.



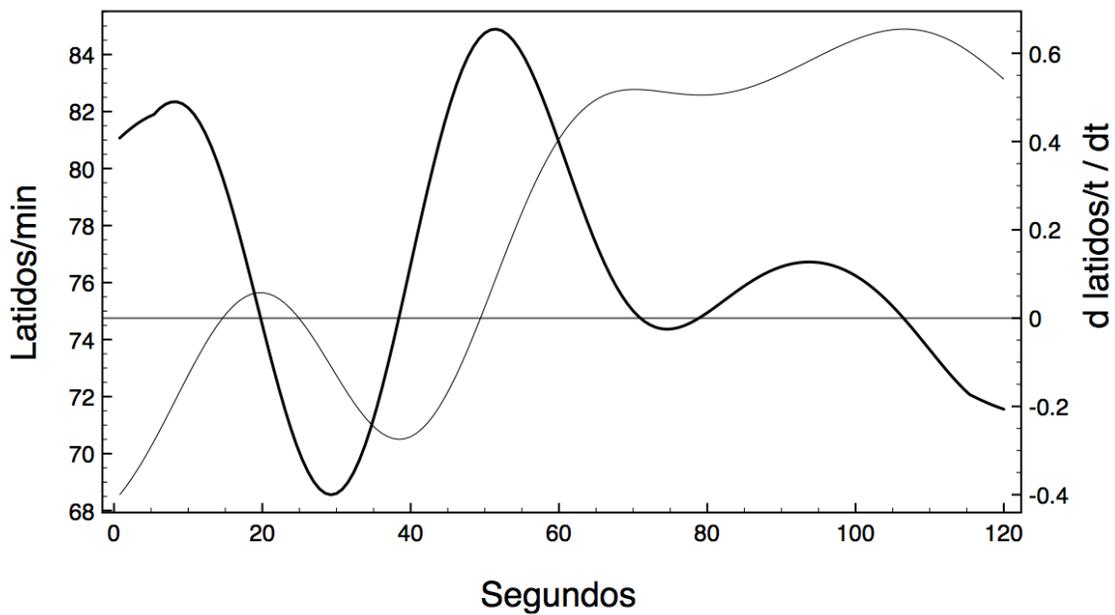
**Figura 8.** Frecuencia cardiaca y su primera derivada durante durante los dos primeros minutos del periodo de acupuntura en C7.

La estimulación de E36 originó un incremento marcado de la frecuencia cardiaca con una rapidez máxima cercana al segundo 10 posterior a la inserción de la aguja, Figura 9.



**Figura 9.** Frecuencia cardiaca y su primera derivada durante los dos primeros minutos del periodo de acupuntura en E36.

La estimulación de B6 originó un incremento discreto de la frecuencia cardiaca con una rapidez máxima antes del segundo 10 posterior a la inserción de la aguja, Figura 10.



**Figura 10.** Frecuencia cardiaca y su primera derivada durante los dos primeros minutos del periodo de acupuntura en B6.

## **DISCUSIÓN**

Los principales hallazgos de este trabajo se describen a continuación.

### **Índices de dominio de tiempo**

Respecto al índice SDNN el punto más activo fue E36, siguiendo en eficacia PC6. Por otra parte, B6 fue el punto que ejerció menor efecto. La SDNN es el parámetro más representativo de la VFC; en algunos escritos médicos se emplean de manera intercambiable los dos términos. De esta manera, una SDNN disminuida es equivalente a una VFC baja y viceversa

### **Índices de dominio de frecuencia**

El punto VG20 fue el que mostró más actividad sobre los parámetros de frecuencia, la variación de estos parámetros sugiere un aumento de la actividad simpática. El punto PC6 tuvo un efecto similar.

Todos los puntos empleados incrementaron el *poder total*. Los incrementos más importantes se presentaron con VG20 y PC6, mientras que C7 y E36 tuvieron una eficacia similar y el menor efecto con B6. El poder total (*total power* por su denominación en inglés) refleja de manera global la actividad del SNA donde la actividad simpática es un contribuyente primario. En forma general se observa una disminución de este índice en personas con estrés crónico o con enfermedad debida a un debilitamiento de la función reguladora.

El significado clínico del poder total en el dominio de frecuencia es similar al del SNDD en el dominio de tiempo.

### **Índices geométricos**

El mayor efecto de la acupuntura en estos índices se obtuvo con el punto C7 y E36, y en menor grado con PC6. Estos índices expresan de manera global la variabilidad de los intervalos RR.

La VFC es la variación instantánea del ritmo cardiaco debido a las influencias autónomas del nodo sinoauricular. La variabilidad de la frecuencia cardiaca permite una evaluación semicuantitativa y no invasiva del equilibrio de los componentes simpático y vagal del sistema nervioso autónomo. Una disminución de la VFC indica una actividad simpática elevada y una disminución de la actividad parasimpática y es un factor de riesgo para eventos y mortalidad cardiaca, independiente de los factores de riesgo coronario.

Respecto a los parámetros de dominio de tiempo, el SDNN (ms) es el parámetro más representativo del VFC; en algunos escritos médicos se emplea de manera intercambiable los dos términos. De esta manera, una SDNN disminuida es equivalente a una VFC baja y viceversa; la acupuntura en los puntos estudiados de manera general elevó la SDNN.

Una disminución del HRV indica una disminución de la complejidad dinámica de los factores que influyen en la frecuencia cardíaca. Se dice, que los individuos sanos tienen una señal de la VFC más irregular y compleja. La determinación de la VFC ahora se emplea para estudiar el riesgo y pronóstico de enfermedades crónicas, trastornos del comportamiento, alteraciones del sueño y envejecimiento.

El pNN50 es un índice relacionado con la actividad parasimpática. Su elevación indica aumento de la actividad vagal. La ansiedad se relaciona con una disminución de los valores pNN50. El índice RMSSD se relaciona con la actividad parasimpática. Su elevación indica aumento de la actividad vagal. Niveles elevados de ansiedad se relacionan con una disminución de los valores RMSSD. Una disminución de este índice ( $<10$ ) acompañado de una disminución de SDNN ( $<20$ ) se relaciona con riesgo elevado de enfermedad cardíaca.

## **Parámetros de dominio de frecuencia**

El *índice LF* refleja la acción conjunta de la actividad simpática y parasimpática. Una disminución de los valores de LF indican una disminución de la actividad simpática. Entre los parámetros de dominio de frecuencia, el HF es un indicador de la acción del nervio vago sobre el corazón y corresponde con la modulación respiratoria. Un aumento de los valores de HF indica un incremento en la acción del vago en la frecuencia cardiaca. Se sabe que la fatiga mental origina una disminución de la HF. Por otra parte, una elevación del cociente LF/HF indica un aumento de la actividad simpática o una reducción de la actividad parasimpática. Se ha informado que reducciones del nivel de estrés asociado a estados de ansiedad reducen el índice LF/HF.

El poder total (*total power* por su denominación en inglés) es índice refleja de manera global la actividad del SNA donde la actividad simpática es una contribuyente primario. En forma general se observa una disminución de este índice en personas con estrés crónico o con enfermedad debida a un debilitamiento de la función reguladora. El significado clínico del *total power* en el dominio de frecuencia es similar al del SNDD en el dominio de tiempo.

**Índices geométricos.** Índice triangular de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Este índice es una cuantificación integral de la distribución de la

densidad, esto es, el número de intervalos NN dividido entre el máximo de la distribución de la densidad.

$$\text{Índice VFC} = (\text{número total de los intervalos NN})/Y$$

TINN. El TINN (por sus siglas en inglés) es la interpolación triangular del histogramas de los intervalos NN y es la amplitud de la base de la distribución medida como la base de un triángulo, que permite a una aproximación de la distribución del intervalo NN; se emplea la diferencia de los mínimos cuadrados para determinar dicho triángulo.

El índice triangular de la VFC y el TINN expresan la VFC global en un periodo de 24 horas y son influidas más por las frecuencia bajas que las altas.

El análisis de la VFC por medio de estos métodos no lineales ha ganado creciente interés dado que existe evidencia de que los mecanismos involucrados en la regulación cardiovascular actúan de manera probable en una forma no lineal. Se ha propuesto que el análisis de la VFC basas en métodos de una dinámica no lineal pueden proveer información valiosa para interpretaciones fisiológicas de la VFC y evaluación del riesgo cardiovascular (Huikuri y Cols. 2003).

La acupuntura en los puntos analizados modificó en general los parámetros de tiempo, frecuencia y geométricos de una manera relacionada con aumento de la VFC.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Las limitaciones potenciales fueron las siguientes:

- Que se realizó una estimulación moderada de los puntos de acupuntura; sin embargo, se lograron cambios significativos en algunas de las variables.
- Número reducido de participantes; no obstante, se observaron se observaron cambios cardiovasculares constantes y en algunos casos significativos.
- Debido al número reducido de sujetos, no se pudo realizar un análisis multivariado, por ejemplo respecto al sexo.
- Respecto a la variabilidad de la frecuencia cardiaca una limitación del estudio es que ésta fue calculada con un periodo de intervalos RR de un periodo inmediato a la estimulación con acupuntura.

## **PERSPECTIVAS**

Debido a que la modificación de la variabilidad de la frecuencia puede ser mediados por mecanismos relacionados con la actividad del sistema nervioso en cualquiera de sus dos vertientes, se pueden proponer estudios en los que se apliquen antagonistas colinérgicos o adrenérgicos para observar si se modifica la acción de los puntos de acupuntura examinados.

## **CONCLUSIONES**

La estimulación mínima con acupuntura manual en los cinco puntos estudiados provocó efectos diferenciados en la variabilidad de la frecuencia cardiaca. En lo general, todos los puntos aumentaron la variabilidad de la frecuencia cardiaca en especial C7 y E36 y PC6; por otra parte, VG20 y B6 tuvieron menor efecto.

Cuatro de los puntos estudiados modificaron en forma aguda la frecuencia cardiaca, tres la incrementaron y uno la disminuyó.

Este estudio confirma que la acupuntura puede modificar en forma aguda la variabilidad de la frecuencia cardiaca y que los puntos poseen un perfil cinético diferenciado. Los resultados apoyan la idea de estudiar el efecto de la acupuntura en la variabilidad de la frecuencia cardiaca en tratamientos a largo plazo, y examinar si se producen de manera eventual modificaciones favorables del riesgo cardiovascular.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Appel ML, Berger RD (2009) Beat to beat variability in cardiovascular variables  
J Am Coll Cardiol; 14, 5,1139-1148.
- Azmani M (2009) Medicina energética. Acupuntura II. Circuitos energéticos  
principales. Editorial Paidotrobo.
- Bonet S, Jhon C (2007) Aplicación práctica de la medida de la onda de pulso  
en el estudio de la rigidez arterial. Hipertensión (Madr.); 24:30-4.
- Bao Y, Yu D, Zheng B, Cheng C (1981) The immediate effect on acute  
myocardial infarction treated by puncturing Neiguan. Chin Acupunct  
Moxib 1: 2–5.
- Bauer R, Iwamoto T (1989) Ventrolateral medullary neurons modulate pressor  
reflex to muscular contraction. Am J Physiol 257(5 Pt 2): R1154–R1161.
- Bennarroch E (1997) The Central Autonomic Network: Functional Organization  
and Clinical Correlations. Armonk, NY: Futura Press 245-265.
- Buchner T, Petelczyc M, Zebrowski JJ (2009) On the nature of heart rate  
variability in a breathing normal subject: a stochastic process analysis.  
Chaos. 19: 028504.
- Chang S, Wang H (2010) Effect of electroacupuncture on St 36 (Zusanli) and LI  
10 (Shousanli) acupuncture points on heart rate variability. 38(2):231-9.
- Gao YH, Chen SP, Wang JY (2009) Effects of electroacupuncture of different  
acupoints groupson blood pressure and heart rate variability in rats.  
Zhen Ci Yan Jiu 34 (1):21-6.

- Ganong F (2015) Fisiología Médica, MacGraw- Hill Lange, 24ª edición, 2015.
- Gomez G, Troncoso A (2013) Utilidad del tiempo de tránsito del pulso en la polisomnografía. *Medicina respiratoria* 6 (2):33-38.
- Guide SphygmoCor (2008). [www.atcormedical.com](http://www.atcormedical.com). EUA.
- Guyton A (2011) Tratado de Fisiología Médica, Elsevier, 12a Ed. Barcelona, España.
- Guangjun Wang, Yuying Tian (2013) Pilot Study of Acupuncture Point Laterality: Evidence from Heart Rate Variability Evid Based Complement. *Alternat Med* 27: 47606.
- Haker E, Egekvist H, Bjerring P (2007) Effect of sensory stimulation (acupuncture) on sympathetic and parasympathetic activities in healthy subjects. *J Autonomic Nerv Syst* 79(1):52–59.
- Hisu G, Manders ES, Evans JC (2007) reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. *Circulation* 90(2):878-83.
- Hu L, Cai RL, Wu ZJ (2008) Effects of electroacupuncture of different acupoints on cardiac function in acute myocardial ischemia rabbits. *Zhen Ci Yan Jiu* 33(2):88-92.
- Huikuri HV, Makikallio TH, Perkiomaki J (2003) Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *J Electrocardiol.* 36 9 (Suppl): 95-9.
- Joyner M, Sheppard T (1997) Autonomic regulation of the circulation. In: Low P, ed. *Clinical Autonomic Disorders*. 2nd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott-Raven. pp. 61–71.

- Kass D (2005) Ventricular arterial stiffening: integrating the pathophysiology. *Hypertension* 46:185–193.
- Kang-Ling W, Hao-Min C, Shih-Hsien S (2010) Wave Reflection And Arterial Stiffness In The Prediction Of 15Year All-Cause And Cardiovascular Mortalities: A Community Based Study. *Hypertension* 55: 799–805.
- Kleiger R, Stein P, Thomas Bigger J (2005) Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 10(1):88–101.
- Khattar Rajdeep (2001) Pulse pressure and prognosis. *Heart* 85(5):484-6.
- Khan T, Dudnik E (2010) Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise. *J Sport Med* 88(3):304-9.
- Litscher G, Wang L, Gaischeck I (2011) Violet laser acupuncture part 4: Acute effects on human arterial stiffness and wave reflection. *J Acupunct Meridian Stud* 4:168-74.
- Li P, Simon JC (1991) Modulatory effect of somatic inputs on the medullary cardiovascular neuronal function. *News Physiol Sci.* 6: 69–72.
- Ortiz G, Mendoza R (2008) Variabilidad de la frecuencia cardiaca, una herramienta útil, *Rev Digital Buenos Aires, Argentina.* No. 121.
- Najjar S, Scuteri A, Lakatta EG (2005) Arterial aging: is it an immutable cardiovascular risk factor. *Hypertension* 46:454–462.
- Rivas-Vilchis (2007) Assessment of the vascular effects of PC6 (Neiguan) using the second derivative of the finger photoplethysmogram in healthy and hypertensive subjects. *Am J Chinese Med* 35:427–436.

- Roadas G, Carballido P, Capdevilla L (2008) Heart Rate Variability: definition, measurement and clinical relation aspects. *Arch Med Deporte: V XXV* (123): 41-47.
- Sato H, Chen C (2009) Acute effects of acupuncture treatment with Baihui (GV20) on human arterial stiffness and wave reflection. *J Acupunct Meridian Stud.* 2(2):130–134.
- Sussmann J (2007) *Acupuntura teoría y práctica*. Editorial Kier. Buenos Aires. Argentina.
- Stornetta R, Morrison S, Ruggiero D (1989) Neurons of rostral ventrolateral medulla mediate somatic pressor reflex. *Am J Physiol* 256(2 Pt 2): R448–R462.
- Tam KC, Yiu HH (1975) The effect of acupuncture on essential hypertension. *Am J Chin Med* 3: 369–375.
- Taylor A, Marcus B (1998) Interaction of the nervous system and the heart. En: *The science and practice of pediatric cardiology*. Garson A, Bricker JT Jr, Fisher DJ, Neish SR. Williams and Wilkins, EUA. pp. 415-42.
- Thompson WO, Thompson PK, Dailey ME (1988) The effect of upright posture on the composition and volume of the blood in man. *J Clin Invest* 5:573–609.
- Zhaoliang T (1987) Assessment of acupuncture in the prevention of sudden death from coronary heart disease. *J Trad Chinese Med* 7(2):143-146.