



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina

División de Estudios de Posgrado

Facultad De Medicina

Evaluación de la concordancia entre los cambios del volumen latido registrados por bioimpedancia eléctrica corporal y por Doppler arterial, posterior al levantamiento de piernas en individuos sanos.

TESIS

que para obtener el título en la especialidad de Medicina del Enfermo en Estado Crítico presenta:

Dr. Mauro Miguel Angel Herrera Cházari.

ASESOR: Dr. Ulises W. Cerón Díaz

MÉXICO D.F.

Febrero 2015



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.

Aprobada por:

Dr. Ricardo Martínez Zubieta

Jefe del Curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico

Dr. Manuel Álvarez Navarro

Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación

Dr. Ulises W. Cerón Díaz

Asesor de tesis

Adscrito del servicio de Terapia Intensiva del Hospital
Español de México

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres: Mauro y Cecilia, por el apoyo y consejo brindado en todo momento.

*A mis hermanas: Laura y Karla, por ser mis cómplices en todas nuestras
aventuras.*

Al Dr. Ulises Cerón, por su dedicación y asesoría en este proyecto.

*Al Dr. Ricardo Martínez Zubieta, por la oportunidad de realizar la especialidad de
terapia intensiva en este gran hospital.*

A Lulú, por estar siempre a mi lado y darme el mejor regalo de mi vida: mi hijo.

INDICE

Página

Resumen	5
Introducción	6
Voluntarios y métodos	11
Resultados	13
Discusión	15
Conclusiones	16
Bibliografía	17
Anexos	19

RESUMEN.

Introducción: El levantamiento pasivo de piernas es útil en la predicción de la respuesta a la administración de volumen. Este método identifica con gran fiabilidad a los pacientes que responden a la administración de fluidos. Los indicadores que se utilizan para predecir la respuesta a volumen implican el uso de dispositivos invasivos; la técnica de bioimpedancia, al ser no invasiva, se perfila como una alternativa segura, capaz de rastrear eficazmente los cambios en el volumen latido. En este estudio se buscó la concordancia entre los cambios en el volumen latido detectados por bioimpedancia eléctrica corporal y los cambios con Doppler arterial.

Objetivo: Evaluar si existe concordancia entre los cambios en el volumen latido detectados por bioimpedancia eléctrica corporal y los cambios del volumen latido detectados por Doppler arterial, en voluntarios sanos con la maniobra de levantamiento de piernas.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, transversal, prospectivo. Los criterios de inclusión fueron: 1) Individuos sanos (hombres o mujeres) mayores de 18 años (internos de pregrado, residentes rotantes en el servicio de terapia intensiva, así como residentes de terapia intensiva), 2) sin antecedentes personales patológicos cardiovasculares de importancia para el estudio, 3) que hayan autorizado su participación por escrito a través de un formato de consentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron: 1) Cualquier condición que impida el levantamiento pasivo de las piernas.

INTRODUCCIÓN.

La medición de gasto cardíaco (CO) y el cálculo de índice cardíaco (IC) han sido utilizados selectivamente en las últimas dos décadas, debido principalmente al hecho de que la medición del IC requiere el procedimiento invasivo de la cateterización del corazón derecho y la colocación de un catéter de Swan – Ganz¹.

El impacto positivo de la terapia hemodinámica temprana dirigida por metas en la evolución postoperatoria se ha investigado con mayor frecuencia en los últimos años en pacientes de alto riesgo sometidos a cirugía cardíaca y también en aquellos sometidos a otro tipo de cirugía. Sin embargo, estas estrategias preventivas requieren monitoreo hemodinámico avanzado para evaluar el gasto cardíaco y volumen sistólico. Las herramientas clásicas disponibles (medición de la oclusión de la arteria pulmonar por termodilución o Doppler esofágico), son invasivas u operador dependiente y requieren una curva de aprendizaje, no son convenientes para la práctica de rutina ².

La bioimpedancia eléctrica se basa en principios de física establecidos en Rusia en la década de 1940 y aplicados a la medición de gasto cardíaco. Este método de monitoreo hemodinámico fue retomado por la NASA en la década de 1960 para medir el gasto cardíaco de los astronautas en el programa espacial ³. Desde mediados de la década de 1990 ha habido un renovado interés en la bioimpedancia eléctrica en el campo de la medicina, con la aparición de los monitores nuevos y cada vez más eficientes. Los principales monitores disponibles en la actualidad son BioZ.com (CardioDynamics, San Diego, CA), Physioflow (Manatec, Ebersviller Petit, Francia), y Niccomo (Medis, Ilmenau, Alemania). Existen dos tipos de bioimpedancia: torácica y corporal. El principio de medición consiste en aplicar una corriente alterna de baja intensidad (completamente indoloro para el paciente) y de alta frecuencia en la base del tórax o en las extremidades, dependiendo del dispositivo empleado, de un conjunto de electrodos de la piel y recoger la misma corriente alterna a la base del cuello de otro conjunto de electrodos de la piel. La corriente eléctrica fluye preferentemente

a través de los medios líquidos (grandes vasos de sangre intratorácica y cámaras del corazón), el registro continuo de la impedancia eléctrica (es decir, las resistencias aplicadas a una corriente alterna) del tórax o las extremidades, y sus variaciones durante el ciclo cardíaco permiten el cálculo del volumen sistólico y del gasto cardíaco. La disminución en el volumen de sangre intratorácica durante la sístole es de hecho responsable de un aumento transitorio de la impedancia mientras que la diástole se acompaña de una reducción cíclica de la impedancia eléctrica del tórax ³.

Se han propuesto diferentes fórmulas para calcular el volumen sistólico desde mediados de 1960. La ecuación más antigua es la propuesta por Kubicek en 1966 ⁴. Recientemente, Sramek y Bernstein propusieron una ecuación simplificada, ahora integrada en el software de cálculo de múltiples monitores en el mercado ⁵. Esta ecuación se puede escribir como sigue: $SV = LVET \cdot k \cdot [(dz / dt) \text{ máx} / Z_0]$, donde SV es el volumen sistólico, LVET es el tiempo de eyección ventricular izquierda, k es una constante estimada a partir de un normograma del paciente incorporando las principales características morfológicas (talla, sexo, edad), Z₀ representa la impedancia base del tórax, y (dz / dt) max es el máximo cambio de impedancia durante el ciclo cardíaco. Parece que el cálculo del volumen sistólico es aún más fiable (mejor correlación y una mayor precisión) cuando Z₀ es mayor que 15 ohmios y (dz / dt) máx mayor que 0,3.

Los dispositivos de bioimpedancia eléctrica corporal, para recoger las señales de los pacientes, suelen utilizar dos pares de electrodos que transmiten corriente (colocado justo proximal a las muñecas y los tobillos en la parte interna), y otro par de electrodos que detectan (reciben) de línea de base y los cambios en la impedancia (colocado aproximadamente 5 cm proximal a los electrodos de inyección). En los pacientes con edema periférico severo o enfermedad vascular periférica severa, los electrodos pueden ser colocados más arriba en la pierna; si el paciente cuenta con un injerto venoso (cuando una vena se ocupa para cirugía de revascularización coronaria) puede ser utilizada la parte lateral de los tobillos ⁶.

La maniobra de elevar las piernas es útil en la predicción de la respuesta a la administración de volumen. La elevación de las piernas con un ángulo de 45° sobre el plano de la cama durante al menos 1 min reproduce, de una manera reversible, los efectos cardiovasculares de un aporte de volumen de 300ml ⁷. La respuesta hemodinámica a esta maniobra, considerada más como un test que como un tratamiento, puede utilizarse en pacientes sometidos a ventilación mecánica y con respiración espontánea. Su capacidad predictiva ha sido demostrada también en pacientes con arritmias. Un aumento del VS > 10-12% estimado con ecocardiografía, sistema PiCCO®, Doppler esofágico u otros dispositivos durante la maniobra permite predecir un incremento del VS > 15% tras la administración de volumen con una elevada sensibilidad y especificidad ⁸⁻⁹.

El volumen latido es el volumen de sangre que expulsa el corazón en cada latido. Si no existe una patología que produzca cortocircuito, el volumen latido del ventrículo derecho es igual al del izquierdo. Cuando existe una condición aguda que modifique el volumen latido de un ventrículo, no pasarán más que unos pocos latidos para que se igualen nuevamente. También se puede medir con técnica Doppler a través de medir la velocidad de flujo de sangre que pasa por la aorta ascendente o descendente torácica. Al integrar la velocidad en el tiempo se obtiene la distancia promedio que se desplazan los elementos sanguíneos en cada latido; se calcula o se mide el área de corte transversal de la aorta y se calcula el volumen del cilindro que se construye con esas medidas; este será el volumen latido. Los valores normales del volumen latido son: VL= 60 a 70mL/lat; IVL= 30 a 50mL/lat m². Las determinantes del volumen latido son la precarga, la postcarga y la contractilidad, de tal manera que cualquier modificación de estas puede modificar el volumen latido ¹⁰.

La ecocardiografía constituye una herramienta útil en la evaluación de la función cardiovascular del paciente crítico debido a que nos proporciona imágenes en tiempo real, a pie de cama y de una manera no invasiva (ETT) o mínimamente invasiva (ETE). La información obtenida por el examen ecocardiográfico es interpretada e inmediatamente integrada en la valoración global del paciente. La

principal indicación de la ecocardiografía en UCI es el estudio de la función cardiocirculatoria en el shock puesto que nos permite obtener información acerca de su etiología y puede ser de gran utilidad como guía y monitorización del tratamiento instaurado^{11 - 12}. Las últimas guías cardiológicas americanas sobre el uso de la ecocardiografía consideran que esta técnica tiene una indicación A (uso apropiado: el test es generalmente aceptable y es un procedimiento razonable para esa indicación) en situaciones de hipotensión o inestabilidad hemodinámica¹³.

La ecocardiografía básica debería realizarse en la fase de valoración inicial del shock puesto que permite detectar de manera rápida los cuadros característicos causantes de shock: fallo ventricular izquierdo grave, fallo ventricular derecho generalmente secundario a tromboembolismo pulmonar, taponamiento cardíaco, insuficiencia valvular masiva e hipovolemia. En este momento de la evaluación, antes de instaurar cualquier terapéutica (medicamentosa o quirúrgica), la rentabilidad diagnóstica es máxima. Posteriormente, debería realizarse un examen ecocardiográfico más completo ante la presencia de una insuficiente respuesta terapéutica o si se necesita profundizar en la fisiopatología del proceso. Esta exploración más exhaustiva requiere un conocimiento de ecocardiografía avanzada que pueda garantizar una información fiable, detallada y más profunda sobre aspectos de función cardiovascular relevantes en el manejo hemodinámico del paciente crítico. La realización de exámenes ecocardiográficos, de manera discontinua pero repetida, contribuye a profundizar en la valoración hemodinámica, así como a evaluar y guiar el tratamiento. Por otro lado, la ultrasonografía general es también una herramienta muy útil en la valoración global del paciente en shock y puede ayudar a identificar un origen no cardiogénico del estado de inestabilidad hemodinámica. Evidentemente, la información obtenida por ecografía siempre debe ir ligada a otros elementos de la valoración clínica del paciente crítico como son la historia y el examen clínicos, las pruebas de imagen y de laboratorio así como la información obtenida con otros sistemas de monitorización hemodinámica^{14 - 15}.

La ecocardiografía transtorácica se utiliza a menudo como elemento de comparación para la validación de nuevas técnicas de medición del gasto cardiaco. Sin embargo, la ETT no es fiable en caso de una mala ventana torácica. El uso de Doppler arterial femoral es simple y sobrepasa este límite común entre los pacientes de cuidados intensivos. Por otra parte, ha demostrado ser una herramienta de fácil aprendizaje ¹⁶. Un estudio reciente demostró que podría ser útil para la evaluación de la respuesta de fluidos en pacientes intubados con sepsis grave o pancreatitis aguda después de una maniobra de levantamiento de piernas ¹⁷.

El uso de parámetros derivados del Doppler arterial femoral se basa en la hipótesis de que sus cambios relativos reflejan las variaciones del volumen sistólico. Esta relación depende de las propiedades complejas del árbol arterial sistémico, tales como la distensibilidad arterial, la impedancia de los vasos, la superficie de la arteria femoral, y la distribución del gasto cardiaco ¹⁸.

Se planteó la hipótesis que existe concordancia entre los cambios detectados por bioimpedancia corporal y los cambios registrados por Doppler arterial en el volumen latido inducido por la maniobra de levantamiento de piernas.

El objetivo primario de este estudio consiste en evaluar si existe concordancia entre los cambios en el volumen latido detectados por bioimpedancia eléctrica corporal y los cambios del volumen latido detectados por Doppler arterial, en voluntarios sanos con la maniobra de levantamiento de piernas. El objetivo secundario consiste en comparar el volumen latido calculado por bioimpedancia eléctrica corporal, con el volumen latido calculado por Doppler arterial.

VOLUNTARIOS Y METODOS

Voluntarios: Este estudio se realizó en el periodo comprendido entre octubre 2014 y enero 2015, se incluyeron en el estudio nueve individuos sanos, de los cuales seis fueron hombres (66.6%) y tres mujeres (33.3%). Se realizó un estudio observacional, transversal, prospectivo. Los criterios de inclusión fueron: 1) Individuos sanos (hombres o mujeres) mayores de 18 años (internos de pregrado, residentes rotantes en el servicio de terapia intensiva, así como residentes de terapia intensiva), 2) sin antecedentes personales patológicos cardiovasculares de importancia para el estudio, 3) que hayan autorizado su participación por escrito a través de un formato de consentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron: 1) Cualquier condición que impida el levantamiento pasivo de las piernas.

Diseño del estudio: Se calculó un tamaño de muestra de ocho voluntarios sanos. Los datos obtenidos del equipo de bioimpedancia y del estudio Doppler fueron registrados en una hoja de calculo de Microsoft Excel. Se mantuvo la confidencialidad de los participantes durante todo el estudio. Se obtuvo información del participante: peso, altura, índice de masa corporal (peso actual/altura²), tensión arterial. Posteriormente el participante subió a la cama eléctrica, se colocó en decúbito dorsal y se mantuvo en reposo durante 5 minutos. Se obtuvieron mediciones basales hemodinámicas en decúbito dorsal al minuto y a los cuatro minutos de iniciada la prueba, empleando el método de bioimpedancia eléctrica corporal, así como mediciones por medio de Doppler arterial y se registraron en la hoja de datos. Posteriormente se realizó levantamiento de piernas de forma pasiva, elevando la parte inferior de la cama a 45°. Se obtuvieron mediciones hemodinámicas al minuto y a los cuatro minutos posteriores al levantamiento pasivo de piernas por medio de bioimpedancia eléctrica corporal y se compararon con las mediciones realizadas mediante Doppler arterial. Se realizó este procedimiento en dos ocasiones, considerando determinaciones con bioimpedancia eléctrica corporal y Doppler carotideo y femoral en posición basal y con la maniobra de levantamiento de piernas. Análisis estadístico: Las medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas con distribución normal fueron media y desviación estándar, respectivamente; para las variables

cuantitativas sin distribución normal fueron la mediana y el rango intercuartil, respectivamente. Las medidas de resumen para las variables cualitativas fueron frecuencias y porcentajes. Para el análisis inferencial se empleó “t” de Student, U de Mann Whitney, coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de correlación de Spearman, de acuerdo a la naturaleza de las variables. La información se concentró y se analizó en una base de datos con el programa Excel 2011 de Microsoft®.

El presente trabajo se ajustó a las normas éticas e institucionales del Hospital Español y se ajustó a las normas éticas internacionales, a la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en seres humanos (2002) y en la Declaración de Helsinki. Se elaboró un documento titulado “Forma de consentimiento informado e información para el voluntario” en el cual se explican el propósito y el diseño del estudio, el procedimiento a realizar durante el estudio, los posibles riesgos y beneficios del estudio. Dicho documento fue firmado por el voluntario, así como por dos testigos con la finalidad de aclarar dudas respecto al estudio. Se utilizó terminología médica, puesto que todos los voluntarios fueron personal relacionado con el área de salud.

RESULTADOS.

En el periodo comprendido entre octubre 2014 y enero 2015 se incluyeron en el estudio nueve individuos sanos, de los cuales seis fueron hombres (66.6%) y tres mujeres (33.3%). El promedio de edad fue de 30.56 años (edad mínima 22 años, edad máxima 54 años). Se realizaron mediciones de volumen latido y gasto cardiaco con el aparato de bioimpedancia NICaS® y velocidad sistólica mediante Doppler arterial carotideo y femoral, durante el primer y ultimo minuto en cuatro momentos, dos en posición basal y dos con levantamiento de piernas, de forma intercalada. En la tabla 1 se describen los resultados obtenidos al determinar el delta de volumen latido, gasto cardiaco y velocidad sistólica durante el primer minuto en la primera y segunda maniobra del levantamiento de piernas.

Tabla 1. Delta de volumen latido, gasto cardiaco y velocidad sistólica durante el primer minuto.

Mediciones realizadas	r ²	r	↑/↑	↓/↓	↑/↓	↓/↑
ΔVL vs ΔVS carotida primera maniobra	0.030	0.17	3	1	1	4
ΔVL vs ΔVS carotida segunda maniobra	0.211	0.46	1	3	1	4
ΔVL vs ΔVS femoral primera maniobra	0.005	0.07	4	1	0	4
ΔVL vs ΔVS femoral segunda maniobra	4.50E-06	0.00	1	3	1	4
ΔQ vs ΔVS carotida primera maniobra	0.042	0.20	3	1	1	4
ΔQ vs ΔVS carotida segunda maniobra	0.292	0.54	1	3	1	4
ΔQ vs ΔVS femoral primera maniobra	0.023	0.15	4	1	0	4
ΔQ vs ΔVS femoral segunda maniobra	0.022	0.15	1	3	1	4

R²: coeficiente de determinación. R: coeficiente de relación de Pearson.

En todas las comparaciones se obtuvieron coeficientes de correlación bajos. Los coeficientes de correlación más altos se obtuvieron comparando la diferencia entre volumen latido y velocidad sistólica fueron a nivel de carótida durante la segunda maniobra de levantamiento de piernas con un coeficiente de correlación de 0.46 y la diferencia entre gasto cardiaco y velocidad sistólica a nivel

de carótida durante la segunda maniobra de levantamiento de piernas con un coeficiente de correlación de 0.54. Del 11 al 44% de los cambios fueron concordantes en el sentido esperado (ambos métodos registran un incremento en el GC). Del 11 al 33% de los cambios fueron concordantes en un sentido no esperado (ambos métodos registran un descenso en el GC).

En la tabla 2 se describen los resultados obtenidos al determinar el delta de volumen latido, gasto cardiaco y velocidad sistólica durante el ultimo minuto en la primera maniobra y segunda maniobra del levantamiento de piernas.

Tabla 2. Delta de volumen latido, gasto cardiaco y velocidad sistólica durante el ultimo minuto.

Mediciones realizadas	r²	r	↑/↑	↓/↓	↑/↓	↓/↑
ΔVL vs ΔVS carotida primera maniobra	0.004	0.06	3	1	0	5
ΔVL vs ΔVS carotida segunda maniobra	0.336	0.58	3	2	2	2
ΔVL vs ΔVS femoral primera maniobra	0.016	0.13	4	1	4	0
ΔVL vs ΔVS femoral segunda maniobra	0.003	0.05	2	1	3	3
ΔQ vs ΔVS carotida primera maniobra	0.007	0.09	3	1	1	4
ΔQ vs ΔVS carotida segunda maniobra	0.233	0.48	3	2	2	2
ΔQ vs ΔVS femoral primera maniobra	0.001	0.03	4	1	4	0
ΔQ vs ΔVS femoral segunda maniobra	0.029	0.17	2	1	3	3

R²: coeficiente de determinación. R: coeficiente de relación de Pearson.

En esta tabla, todas las comparaciones se obtuvieron coeficientes de correlación bajos. Los coeficientes de correlación más altos fueron obtenidos comparando la diferencia entre volumen latido y velocidad sistólica a nivel de carótida durante la segunda maniobra de levantamiento de piernas con un coeficiente de correlación de 0.58 y la diferencia entre gasto cardiaco y velocidad sistólica a nivel de carótida durante la segunda maniobra. Del 22 al 44% de los cambios fueron concordantes en el sentido esperado (ambos métodos registran un incremento en el GC). Del 11 al 22% de los cambios fueron concordantes en un sentido no esperado (ambos métodos registran un descenso en el GC).

Tabla 3. Delta de volumen latido, gasto cardiaco y velocidad sistólica durante el ultimo minuto.

Mediciones realizadas	r ²	r	↑/↑	↓/↓	↑/↓	↓/↑
Δ Carotida vs Δ Femoral	0.100	0.32	10	3	2	3

R²: coeficiente de determinación. R: coeficiente de relación de Pearson.

Se encontró baja correlación entre los cambios de la velocidad sistólica registrados en ambos sitios anatómicos (femoral y carótida); la concordancia fue del 72%.

DISCUSION

Nuestra hipótesis consideraba que existe concordancia entre los cambios detectados por bioimpedancia corporal y los cambios registrados por Doppler arterial en el volumen latido inducido por la maniobra de levantamiento de piernas.

En este estudio se analizó la correlación que existe entre el volumen sistólico determinado por Doppler arterial carotideo y femoral con el volumen latido y el gasto cardiaco determinado por bioimpedancia eléctrica, con mediciones al primer minuto y al ultimo minuto con la maniobra del levantamiento de piernas.

El levantamiento pasivo de las piernas induce una traslocación de la sangre venosa de las piernas y el compartimento esplácnico hacia las cavidades cardiacas. Incrementa la presión sistémica media por cambios en la presión hidrostática creada por la elevación de las piernas.

La bioimpedancia eléctrica no mide de forma directa el GC del VI, sino que lo extrapola a través de la velocidad global de conducción de un estímulo eléctrico, mediante la integración de múltiples señales generadas por el flujo pulsátil de la aorta y la resistencia a la aplicación de la corriente eléctrica. Las medidas continuas de cambio en la impedancia causado por la fluctuación del volumen sanguíneo a través del ciclo cardíaco hacen que sea posible medir, calcular y monitorizar de forma continua el volumen sistólico, el gasto cardiaco, la contractilidad miocárdica.

En nuestro estudio no se encontró una correlación ni concordancia entre la medición del volumen sistólico, gasto cardiaco y velocidad sistólica entre el Doppler arterial (carotideo y femoral) y la bioimpedancia eléctrica corporal.

Entre las limitaciones de nuestro estudio se encuentran que el voluntario sano recibía estímulos externos que podrían modificar algunas mediciones (como son el sueño, estrés al momento de someterse a la prueba, interactuar de forma involuntaria con los operadores). Creemos que, al realizar este estudio en pacientes bajo sedación y analgesia, sin ningún estímulo exterior, pudieran encontrarse resultados diferentes. Además de contar con un método continuo de medición de gasto cardiaco de respuesta rápida. En base a los resultados, el incrementar la muestra de individuos sanos no sugiere que pudiera encontrarse alguna modificación de los resultados. Otra limitación fue la variabilidad intraobservador pudiera ser una limitante para la realización del estudio.

Entre las ventajas de este estudio se encuentran su reproducibilidad en cualquier unidad de terapia intensiva, así como la no invasividad de ambos métodos.

CONCLUSIÓN.

Al realizar el levantamiento pasivo de piernas y medir volumen sistólico, gasto cardiaco y velocidad sistólica con dos métodos no invasivos como son bioimpedancia eléctrica corporal y Doppler arterial carotideo y femoral, no existe una concordancia ni correlación en los cambios registrados en ambos dispositivos. Habrá que demostrar que estos resultados se corroboren en una población de enfermos críticos.

BIBLIOGRAFIA.

1. *Chest* 2004;125;1431-1440.
2. Sramek BB: Thoracic electrical bioimpedance measurement of cardiac output. *Crit Care Med* 22:1337-1339, 1994
3. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 28, No 3 (June), 2014: pp 755–760
4. Kubicek WG, Karnegis JN, Patterson RP, et al: Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aerosp Med* 37: 1208-1212, 1966
5. Bernstein DP: A new stroke volume equation for thoracic electrical bioimpedance: Theory and rationale. *Crit Care Med* 14: 904-909, 1986.
6. Kaukinen S, Kobi T, Bi Y, et al. Cardiac output measurement after coronary artery bypass grafting using bolus thermodilution, continuous thermodilution, and whole-body impedance cardiography. *J Cardiothorac.*
7. Vartun A, Flo K, Acharya G (2014) Effect of Passive Leg Raising on Systemic Hemodynamics of Pregnant Women: A Dynamic Assessment of Maternal Cardiovascular Function at 22–24 Weeks of Gestation. *PLoS ONE* 9(4): e94629. doi:10.1371.
8. Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med.* 2006;2006:5.
9. Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, La Torre G, Mannocci A, De Waure C, et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: Systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med.* 2010;36:1475-83.
10. Cerón Ulises. Monitoreo hemodinámico avanzado en el enfermo en estado crítico. Ed. Prado. 2006; 87 – 88.
11. Ayuela Azcárate JM, Clau Terré F, Ochagavía A, Vicho Pereira R. Papel de la ecocardiografía en la monitorización hemodinámica de los pacientes críticos. *Med Intensiva.* 2012;36:220-32.
12. Schmidt GA, Koenig S, Mayo PH. Ultrasound to guide diagnosis and

- therapy. *Chest*. 2012;142:1042-8.
13. Marik PE, Monnet X, Teboul JL. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Ann Intensive Care*. 2011;1(1):1.
 14. Ayuela Azcárate JM, Clau Terré F, Ochagavía A, Vicho Pereira R. Papel de la ecocardiografía en la monitorización hemodinámica de los pacientes críticos. *Med Intensiva*. 2012;36:220-32.
 15. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physician/La Société de Réanimation de Langue Française statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest*. 2009;135:1050-60.
 16. Brennan JM, et al. Radial artery pulse pressure variation correlates with brachial artery peak velocity variation in ventilated subjects when measured by internal medicine residents using hand-carried ultrasound devices. *Chest* 2007;131(5): 1301–7.
 17. Preau S, et al. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med* 2010;38(3):819–25.
 18. Hemla D, et al. Total arterial compliance estimated by stroke volume-to-aortic pulse pressure ratio in humans. *Am J Physiol* 1998;274(2 Pt 2):H500–5.

ANEXOS.

FORMA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO E INFORMACION PARA EL VOLUNTARIO

Medico del estudio:	Mauro Herrera Cházari
Dirección de la institución:	Hospital Español de México. Av. Ejercito Nacional 613. Col. Granada Miguel Hidalgo, C.P. 11520, D.F.
Teléfono:	55 5501 7096
Título del protocolo:	Evaluación de la concordancia entre los cambios del volumen latido registrados por bioimpedancia eléctrica corporal y por Doppler arterial, posterior al levantamiento de piernas en individuos sanos.

PROPOSITO DEL ESTUDIO.

Evaluar si existe concordancia entre los cambios en el volumen latido detectados por bioimpedancia eléctrica corporal y los cambios del volumen latido detectados por Doppler arterial, en voluntarios sanos con la maniobra de levantamiento de piernas.

DISEÑO DEL ESTUDIO.

Se realizará un estudio con individuos, mayores de 18 años, sin antecedentes personales patológicos cardiovasculares de importancia para el estudio y que hayan autorizado su participación por escrito. Se excluirán del estudio aquellos individuos con cualquier condición que impida el levantamiento pasivo de las piernas.

DURACIÓN DEL ESTUDIO.

La duración del estudio será de 30 minutos.

RESPONSABILIDADES DEL VOLUNTARIO.

Ninguna, el voluntario únicamente acostará en la cama y permitirá el levantamiento pasivo de piernas, así como la obtención de las mediciones previo y posterior al levantamiento de piernas.

PROCEDIMIENTO.

El estudio se realizará en un cubículo de la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Español de México. Se empleará una cama electrónica que permita el levantamiento de piernas de forma pasiva. Las mediciones hemodinámicas se realizarán empleando el método de bioimpedancia eléctrica corporal así como mediciones por medio de Doppler arterial.

Se obtendrán mediciones basales en decúbito dorsal y después de cinco minutos de reposo en la cama. Posteriormente se realizará levantamiento de piernas de forma pasiva, elevando la parte inferior de la cama a 45°. Se obtendrán mediciones hemodinámicas cuatro minutos posteriores al levantamiento pasivo de piernas por medio de bioimpedancia eléctrica corporal y se compararán con las mediciones realizadas mediante Doppler arterial.

RIESGOS Y MOLESTIAS.

Para hacer las mediciones con el equipo de bioimpedancia, se le colocarán dos parches en cada antebrazo, los cuales serán conectados a cables que, a su vez, serán conectados a un dispositivo que procesa la señal eléctrica. Este dispositivo mide los cambios en la impedancia (resistencia) eléctrica, al paso de un flujo de corriente por su cuerpo, de magnitud que no producirá ninguna molestia o daño. El método Doppler permite medir la velocidad del flujo de la sangre a través de analizar las ondas de sonido que regresan al transductor que las emite; el cual aplica en la piel cubierta con un material conductor; tampoco le causará molestias o daños.

POSIBLES BENEFICIOS DEL ESTUDIO.

Ninguno para el voluntario; sin embargo, la información podrá ser de utilidad para enfermos, en el caso de que los hallazgos lo permitan.

RETIRO DEL ESTUDIO Y NEGATIVA A PARTICIPAR.

El voluntario tiene la libertad de retirar esta autorización y de interrumpir su participación en este programa en cualquier momento. El retiro del voluntario del estudio no afectará su capacidad de recibir la atención médica a la que tenga derecho de cualquier otro modo.

COSTO DEL ESTUDIO.

El equipo de bioimpedancia será proporcionado por la empresa CRUZHAM y no generará ningún costo para el estudio.

PAGO POR PARTICIPAR

Los voluntarios no recibirán compensación alguna por su participación.

PRIVACIDAD DE LA INFORMACION

Los datos de los voluntarios serán recabados bajo un código que impedirá que alguien ajeno al estudio los conozca. En la eventual publicación, los datos del voluntario no aparecerán en ella.

ACUERDO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.

Al firmar esta forma de consentimiento informado, reconozco que:

1. He leído cuidadosamente y comprendo la información presentada en este documento de consentimiento.
2. El propósito y los procedimientos relacionados con este estudio de investigación se me han explicado completamente y he tenido la oportunidad de hacer preguntas y, todas mis preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.
3. Comprendo que tengo la libertad de retirar esta autorización y de interrumpir mi participación en este programa en cualquier momento.
4. Comprendo que dicho retiro no afectará mi capacidad de recibir la atención médica a la que tenga derecho de cualquier otro modo.

PARTICIPANTE

Nombre:

Firma:

Fecha:

PRIMER TESTIGO:

Nombre:

Domicilio:

Firma:

Fecha:

SEGUNDO TESTIGO:

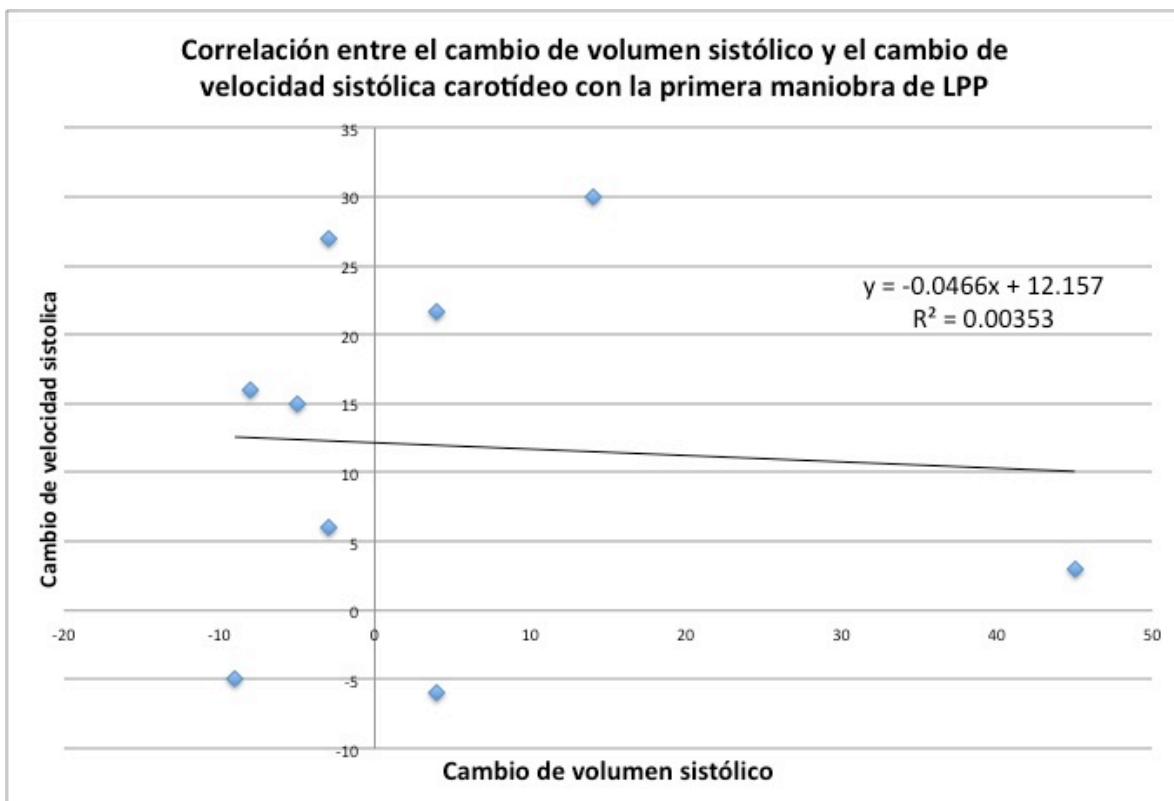
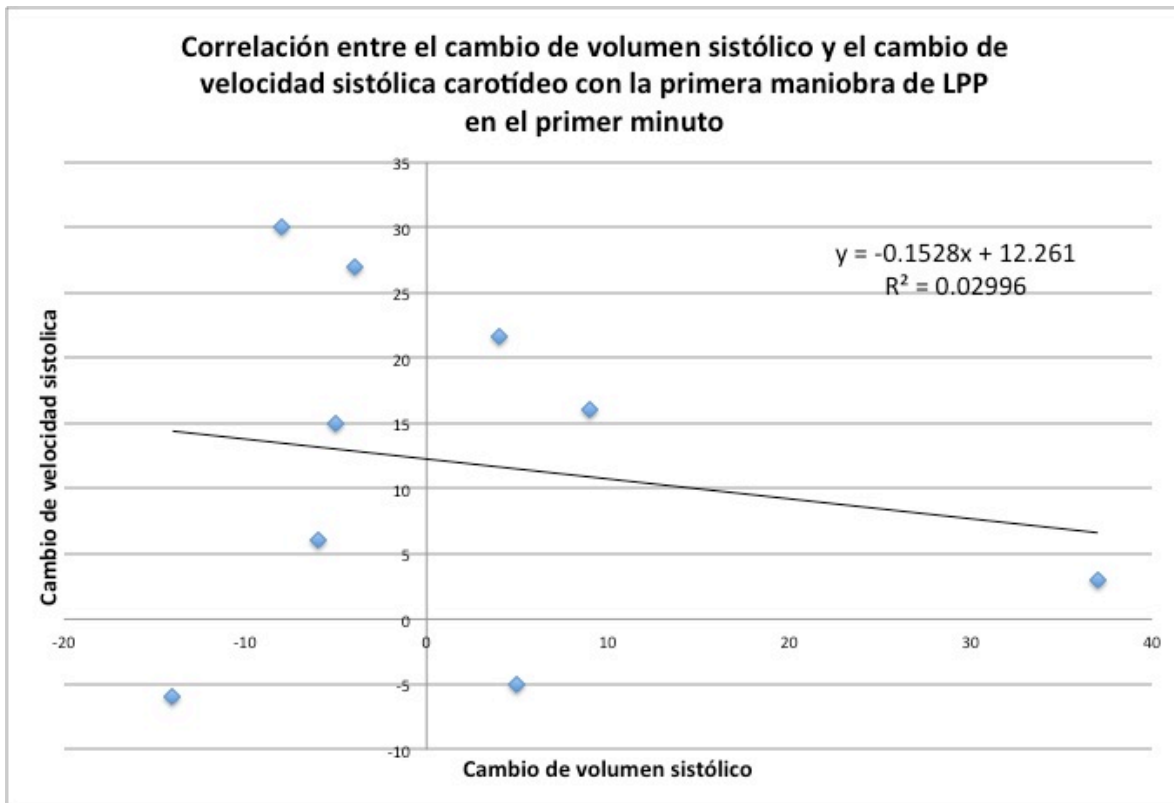
Nombre:

Domicilio:

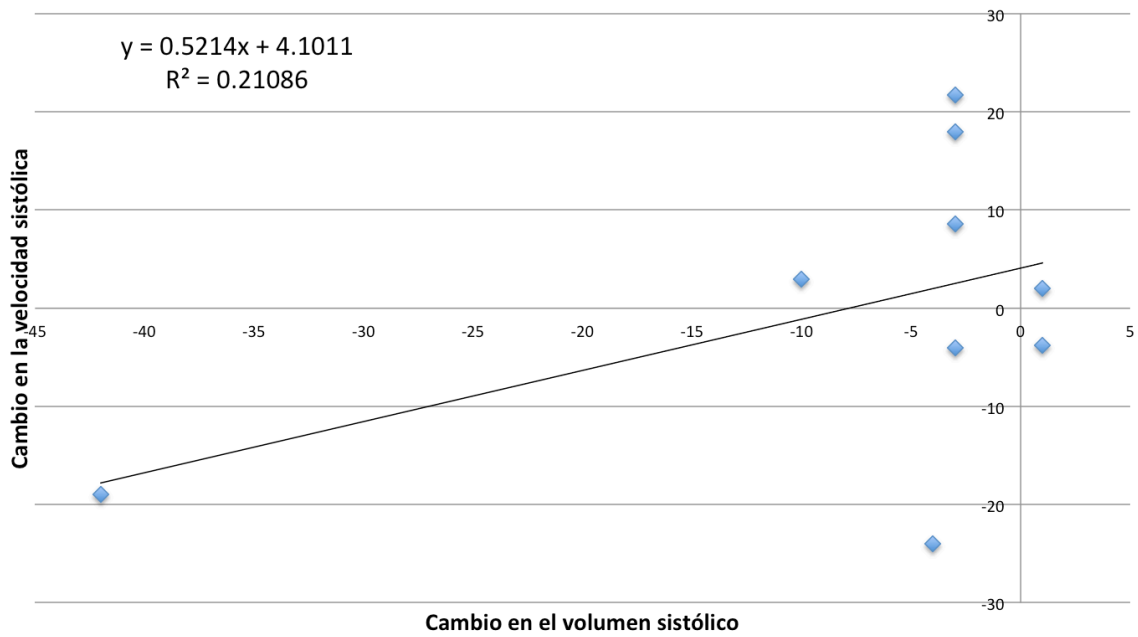
Firma:

Fecha:

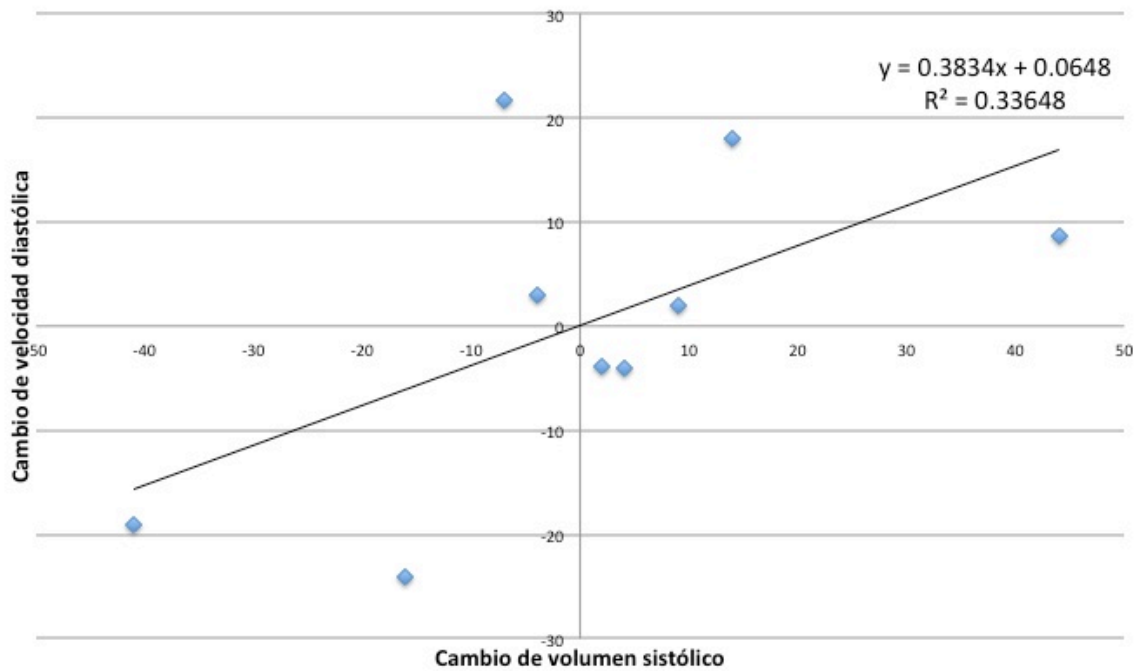
GRAFICOS.



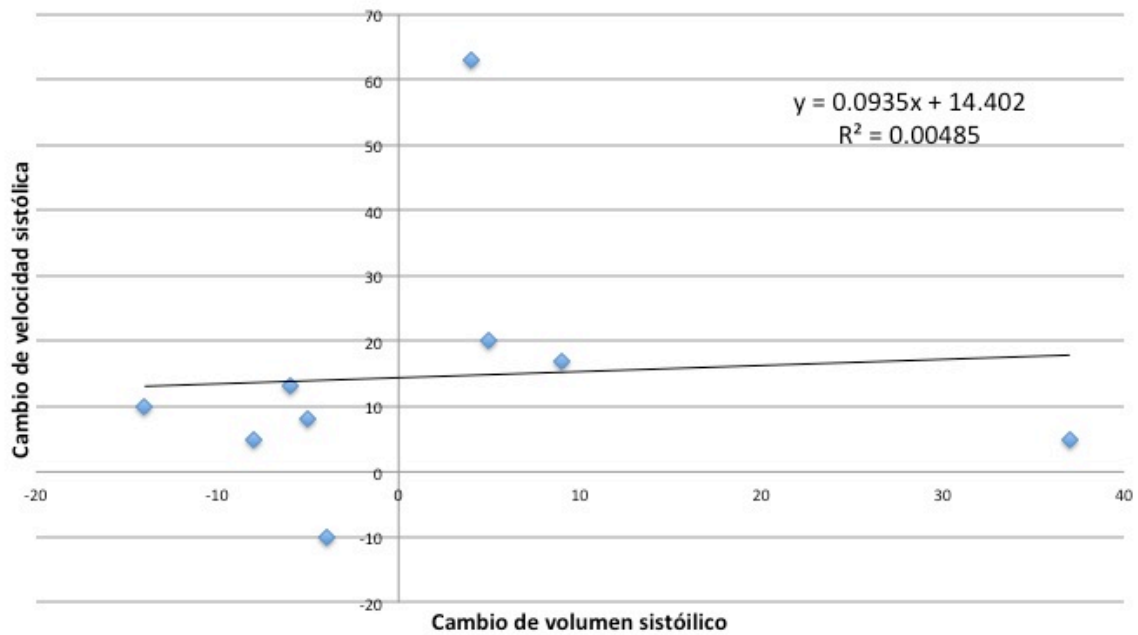
Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica carotídeo con la segunda maniobra de LPP en el primer minuto



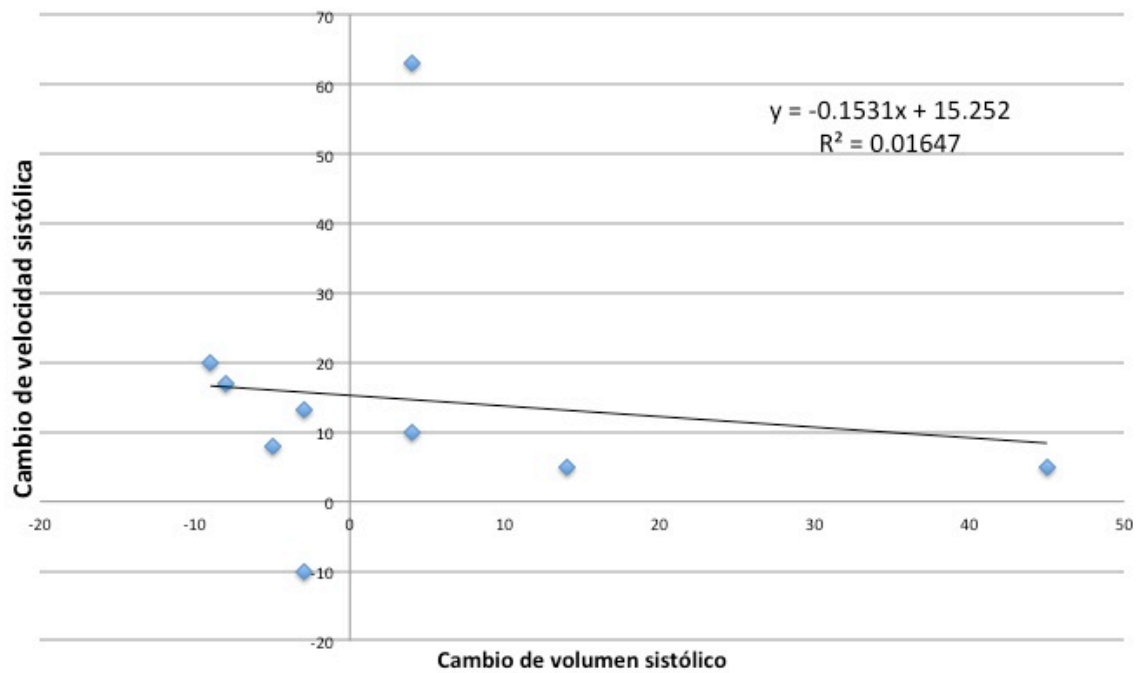
Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica carotídea con la segunda maniobra de LPP



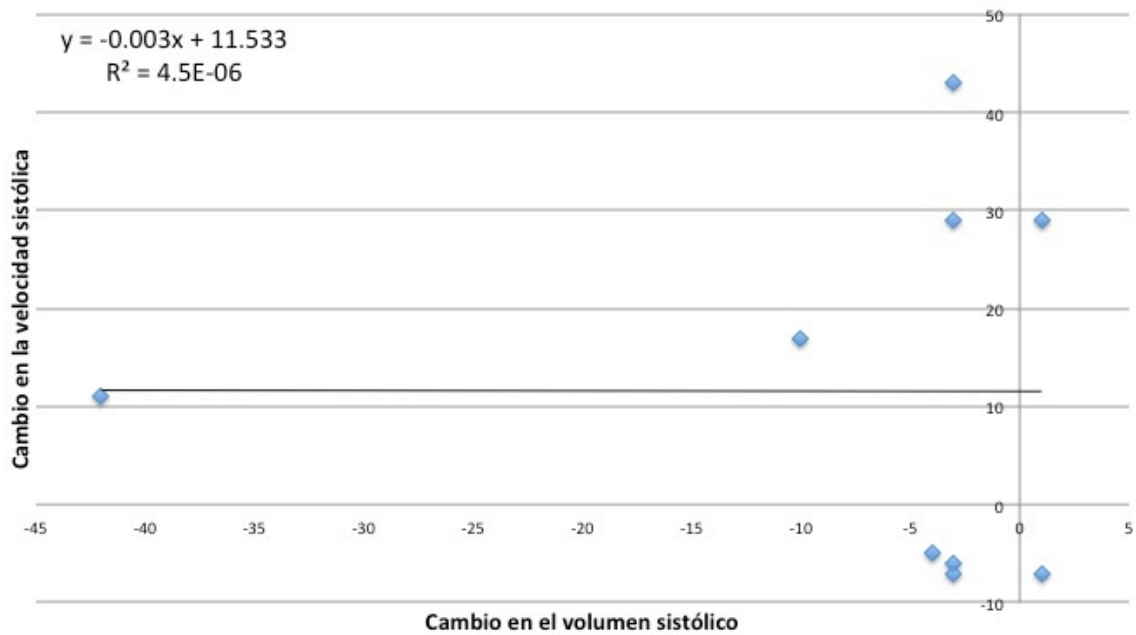
Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica femoral con la primera maniobra de LPP en el primer minuto



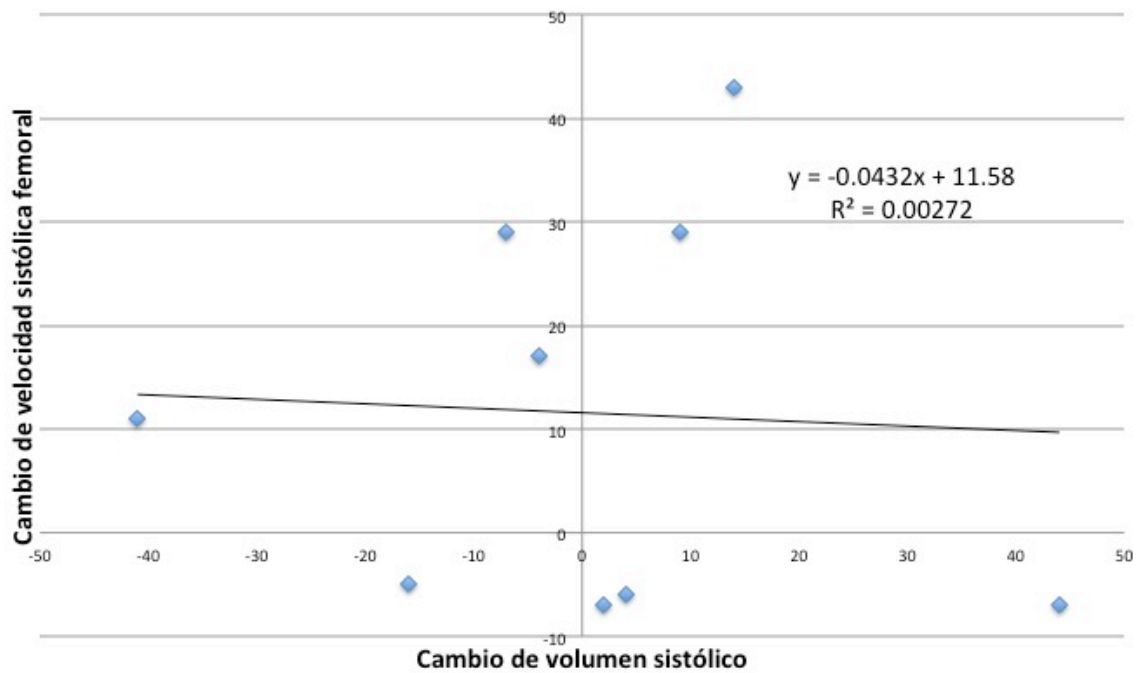
Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica femoral con la primera maniobra de LPP

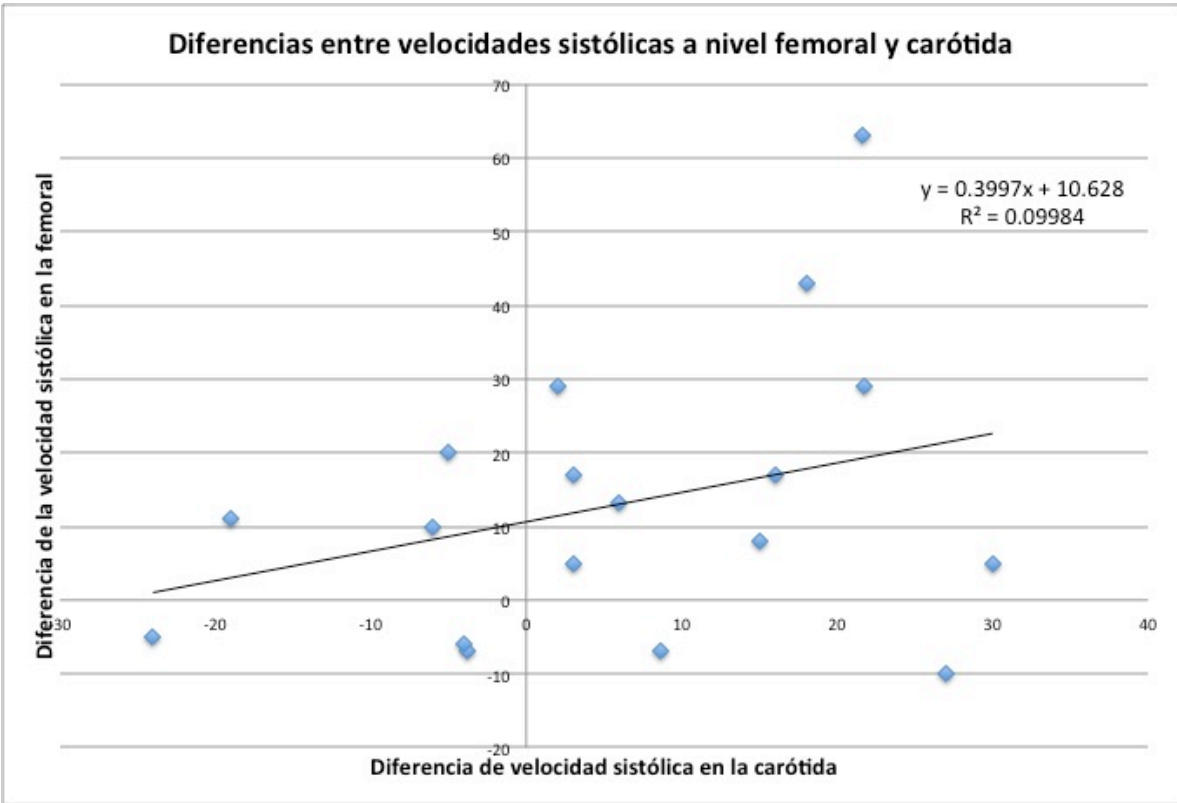
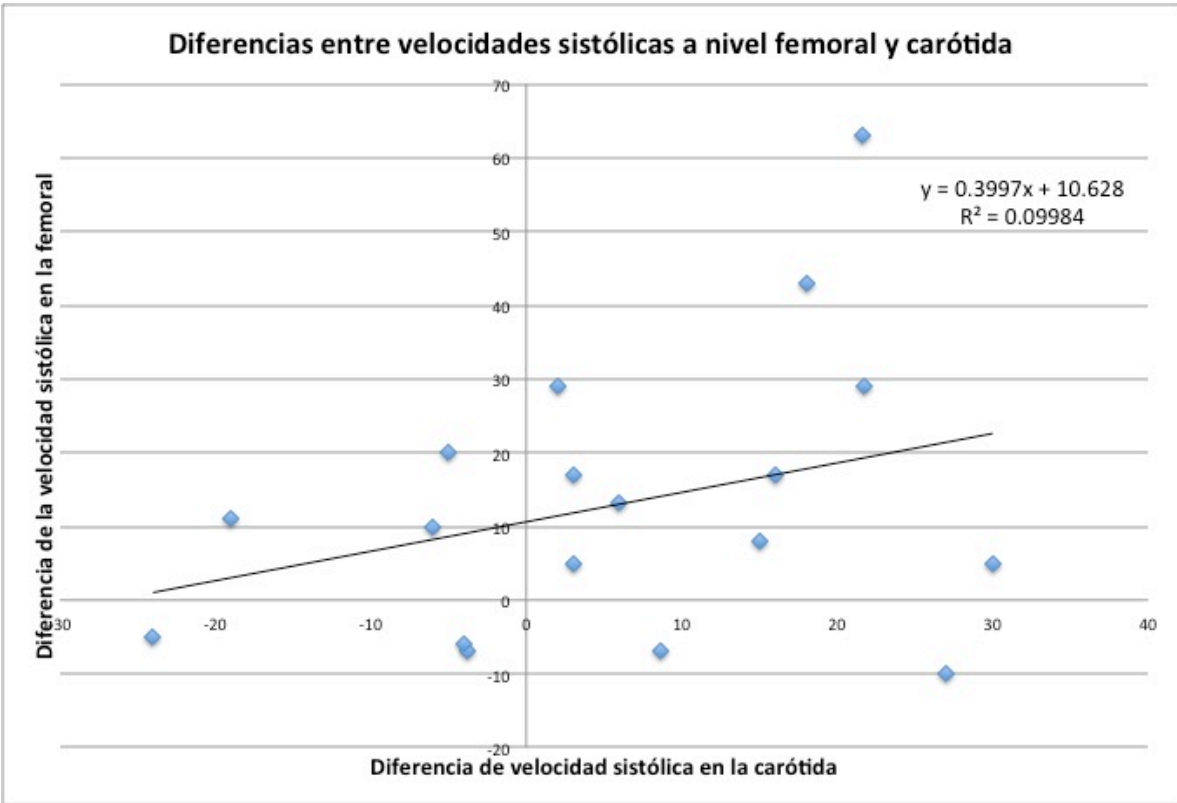


Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica femoral con la segunda maniobra de LPP en el primer minuto

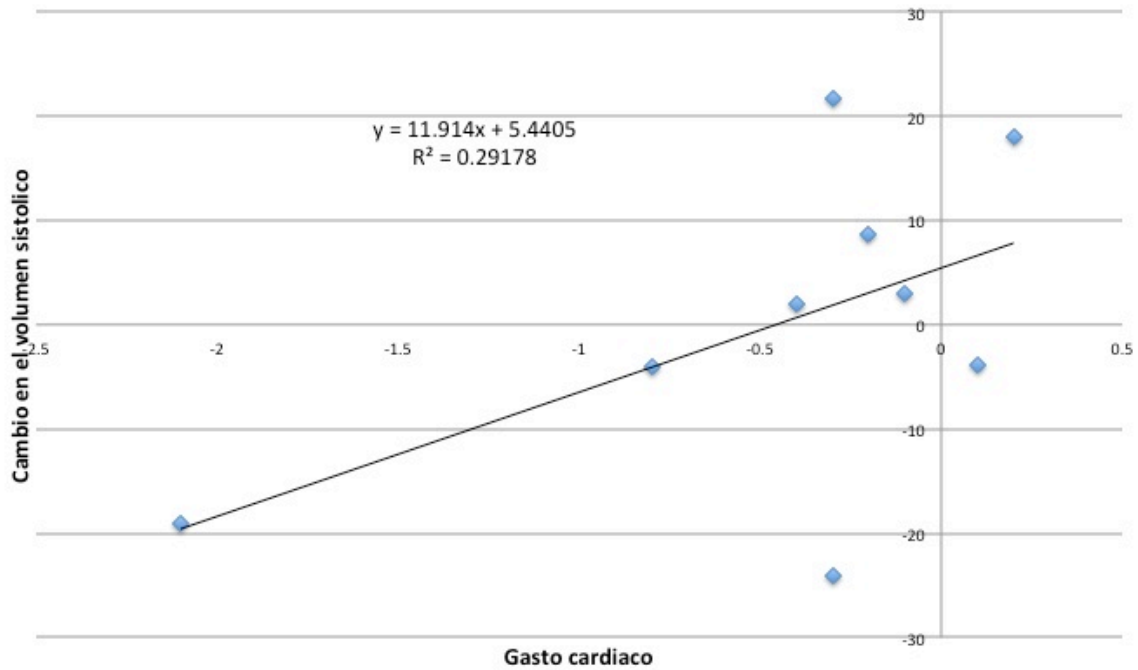


Correlación entre el cambio de volumen sistólico y el cambio de velocidad sistólica femoral con la segunda maniobra de LPP

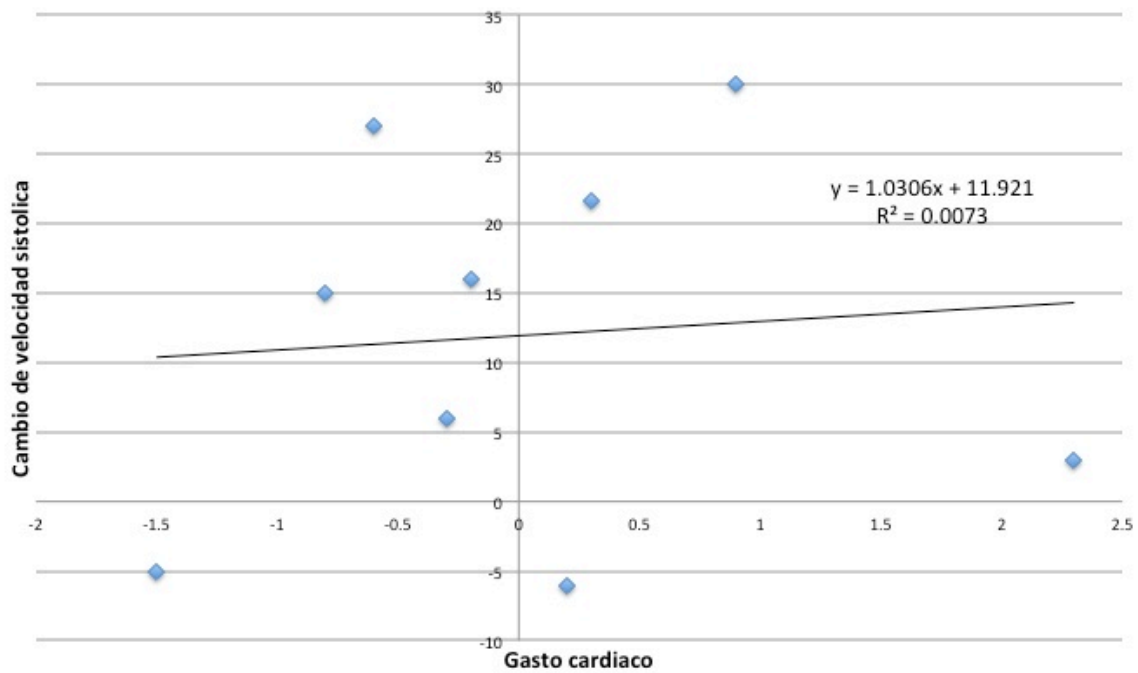




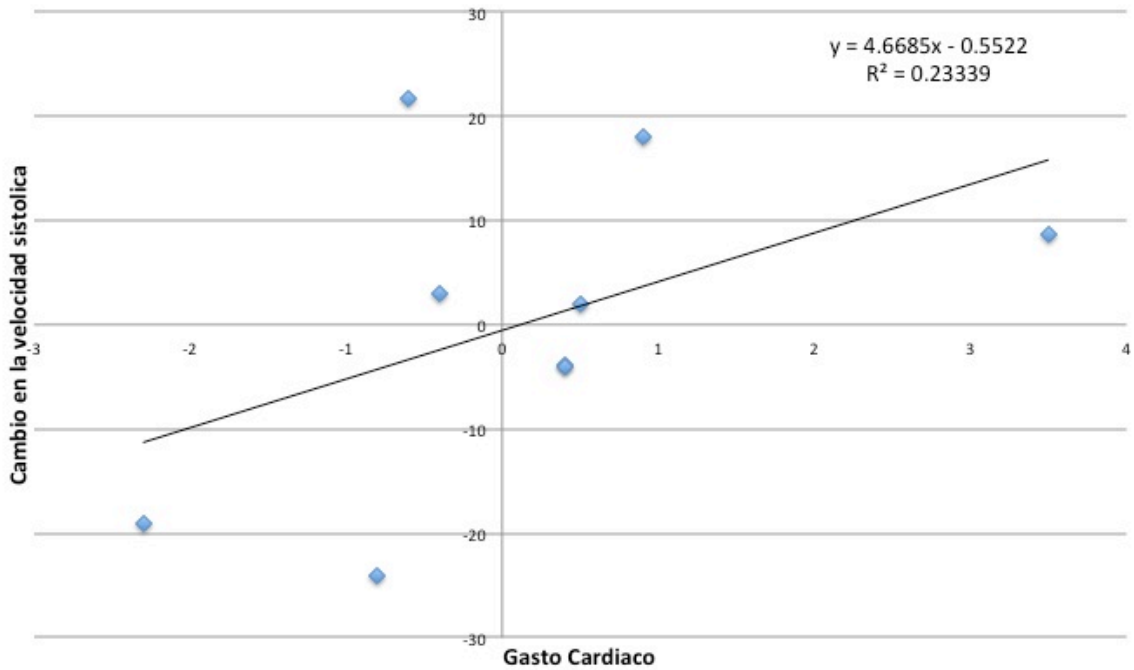
Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica carótida con la segunda maniobra de LPP en el primer minuto



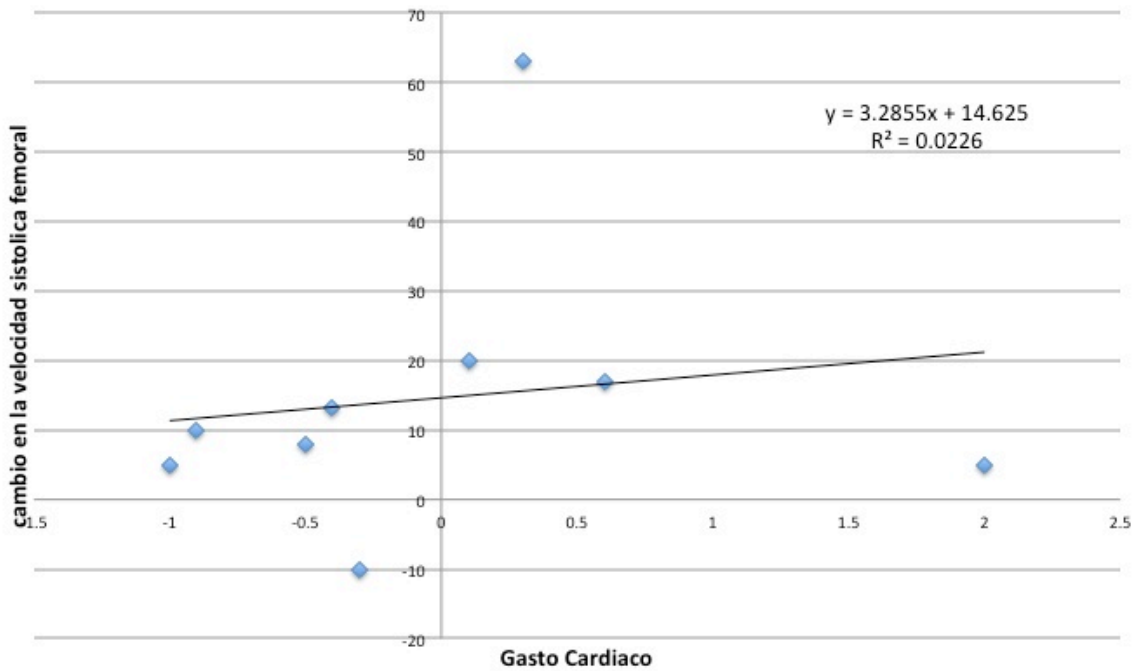
Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica carótida con la primera maniobra de LPP



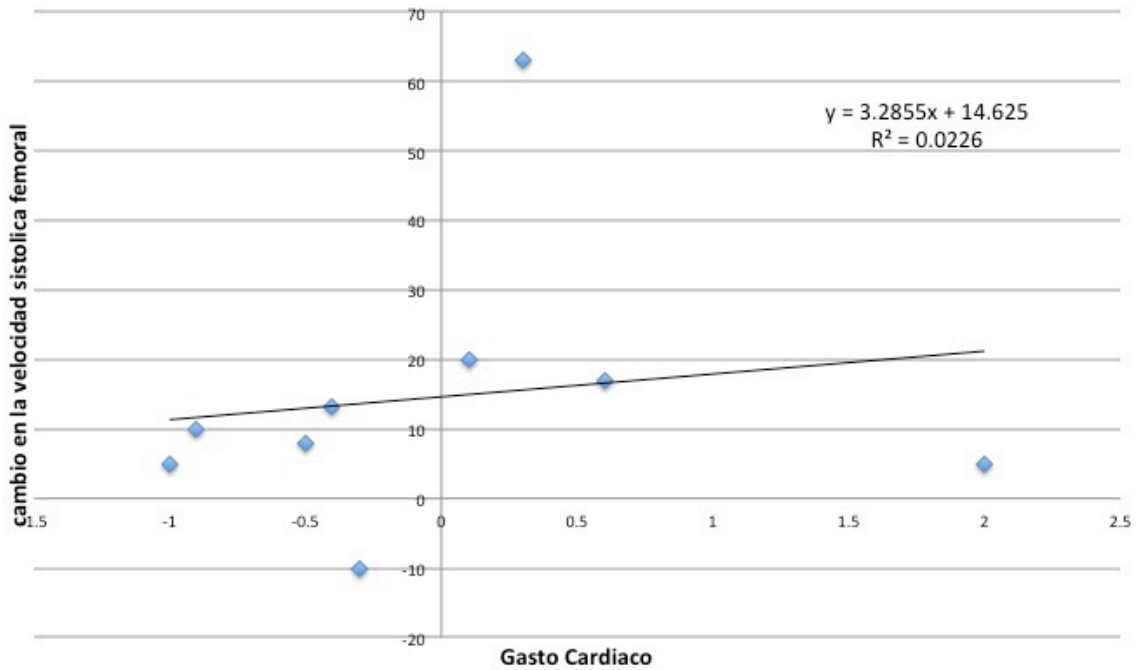
Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica carótida con la segunda maniobra de LPP



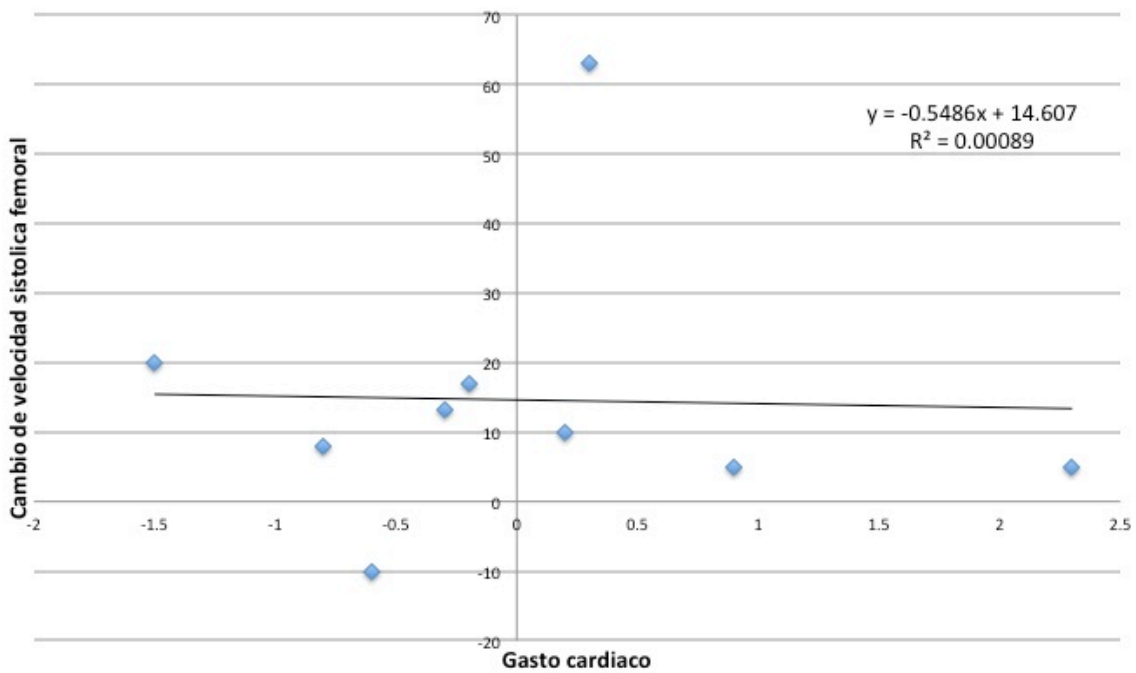
Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica femoral con la primera maniobra de LPP en el primer minuto



Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica femoral con la primera maniobra de LPP en el primer minuto



Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica femoral con la segunda maniobra de LPP



Correlación entre el cambio de gasto cardiaco y el cambio de velocidad sistólica femoral con la segunda maniobra de LPP

