

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO

**UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA
“ALBERTO VILLAZÓN SAHAGÚN”**

TÍTULO:

**“¿AFECTA EL RENDIMIENTO DE LA CARDIOBIOIMPEDANCIA LA
UBICACIÓN DE LOS SENSORES A NIVEL DE CUELLO DE MANERA
DISTINTA A LA CONVENCIONAL?”**

**TESIS DE POSTGRADO PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA
EN:**

MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO

PRESENTA:

**DR. JOSÉ ANTONIO HERRERA IBARRA
DR. ULISES WILFRIDO CERÓN DÍAZ
DR. JOSE ALFREDO SIERRA UNZUETA**

NOVIEMBRE 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

**DR. JOSÉ ALFREDO SIERRA UNZUETA
JEFE DE ENSEÑANZA HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO
JEFE DEL SERVICIO DE UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO**

**DR. ULISES WILFRIDO CERÓN DÍAZ
MÉDICO ADSCRITO DE BASE
UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO
ASESOR DE TESIS**

**DR. JOSÉ ANTONIO HERRERA IBARRA
RESIDENTE DE IV AÑO DE LA ESPECIALIDAD DE
“MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO”
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO
TITULAR DE TESIS**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, la Fuerza Primera y Última de los Universos Su Amor, Su Misericordia y su Guía en el Corazón.

A mis padres José Antonio y María Yolanda su infinito amor y su papel de Maestros de Vida en esta tierra.

A mi hermana María Elena su Amor, su Fraternidad Única y su Amistad Invaluable.

A mi sobrina Avé, que me ha traído días de Inmensa Ternura y Alegría.

A Aranzazú, mi Novia Amada, por su Amor Verdadero y su Paciencia ante mis largas horas de trabajo, así como Sus Palabras arengando mi Corazón.

A mis tíos Iván Ho González y María Antonieta Ramírez por fungir como padres adoptivos en esta patria.

Al maestro Ricardo Martínez Zubieta, que me ha enseñado el Arte de la Medicina bajo el estandarte de Coraje, Humildad y Sabiduría.

A mis Amigos que quiero como hermanos, Eduardo Prado, María Dolores Castellanos, Jean Paul Vázquez, Fanny Rodríguez, Javier González, Janeth Gómez, Karina Hermosillo Reséndiz y Manuel Antonio Torres Ocaña.

A los mexicanos que me abrieron las puertas a esta hermosa cultura.

A mis “Maestros del Silencio” en el Arte de la Medicina...Los Pacientes.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco al Dr. Ulises Wilfrido Cerón Díaz, su invaluable apoyo moral, médico y técnico, sobre todo en el análisis estadístico del presente trabajo.

A la Empresa Tecnomed por los sensores donados para la realización de este protocolo.

A la Sociedad de Beneficiencia Española la utilización del monitor de cardiobioimpedancia para las mediciones del protocolo.

Agradecemos de igual manera al grupo de residentes voluntarios del hospital Español de México por su valioso tiempo dedicado a esta investigación.

**“ LA VERDAD ES AQUELLA QUE SE ENCUENTRA EN TU CORAZÓN... ALLÍ
LA ENCONTRARÁS...”**

Revelaciones de un Sueño

INDICE

Página

I. RESUMEN.....	5
II. INTRODUCCION.....	6
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
IV. OBJETIVO.....	8
V. SUJETOS Y MÉTODO.....	9
VI. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	13
VII. RESULTADOS.....	14
VIII. DISCUSIÓN.....	27
IX. CONCLUSIONES.....	29
X. BIBLIOGRAFÍA.....	31
XI. CONFLICTO DE INTERESES.....	33

I. RESUMEN

La cardiobioimpedancia es un método no invasivo que permite el cálculo y registro de variables hemodinámicas. Muchos pacientes en terapia intensiva requieren la colocación de accesos venosos centrales por vía yugular y esto puede interferir con la posición recomendada por el fabricante de uno de los sensores cervicales, trayendo en consecuencia una probable alteración en la fidelidad y veracidad de los registros hemodinámicos. Hasta donde tenemos conocimiento no existe un estudio que haya analizado el rendimiento del monitor de impedancia con los sensores cervicales colocados de manera distinta a la convencional.

En voluntarios sanos el cambio de posición de los sensores en el cuello afecta clínicamente la señal obtenida en los distintos parámetros hemodinámicos. No obstante, esta señal no parece afectar el registro de índice cardíaco y cociente de tiempo sistólico. Nuestros resultados muestran que la colocación intersensores a nivel cervical de 180 grados (diametralmente opuestos) no necesariamente se tiene que cumplir como lo establece el fabricante del monitor ya que se observó una buena correlación en el índice cardíaco, cociente de tiempo sistólico, índice de aceleración e índice de velocidad en las posiciones experimentales.

Estas posiciones intersensores, deberán ser evaluadas en una población de pacientes en un estudio posterior.

II. INTRODUCCIÓN

Dentro de las metodologías de estudio hemodinámico no invasivas se encuentra actualmente la bioimpedancia torácica. La cardiobiompedancia o bioimpedancia cardíaca es un método no invasivo para obtener parámetros hemodinámicos, incluyendo medidas de flujo sanguíneo (volumen latido, gasto cardíaco), post-carga (resistencia vascular sistémica), trabajo cardíaco (trabajo cardíaco de ventrículo izquierdo), función sistólica (índices de aceleración y velocidad), estatus de líquidos (contenido de líquido torácico) y tiempos de intervalos electromecánicos (período de pre-eyección, tiempo de eyección ventricular izquierdo y cociente de tiempo sistólico). Este método ha sido ampliamente utilizado y validado en distintas condiciones clínicas como son estados de insuficiencia cardíaca, hipertensión pulmonar, ventilación mecánica y bypass coronario.

La cardiobiompedancia es una forma de pletismografía que utiliza la impedancia eléctrica torácica para estimar cambios en el volumen sanguíneo aórtico y cambios en el volumen de líquidos en el tórax.

Los sensores (parches) de bioimpedancia se colocan generalmente en la base del cuello (2 parches, correspondientes a los superiores), en ambas regiones laterales cervicales, por debajo de los lóbulos de cada oreja y los inferiores a nivel de ambas líneas axilares medias a nivel de apéndice xifoides, como si ilustra en la figura 1. Los parámetros obtenidos aparecen en la tabla I.

FIGURA 1

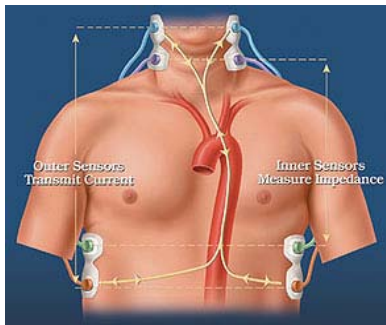


Tabla I

Tabla I Impedanciografía cardíaca / Parámetros y Definiciones

Parámetro hemodinámico por impedancia	Definición	Valores normales
Contenido de Fluidos Torácicos (CFT)	Representa el contenido neto de fluidos en el tórax.	Hombres: 30-50 kW ⁻¹ Mujeres: 21-37 kW ⁻¹
Volumen Latido (VL)	Cantidad de sangre expulsada por el corazón en cada latido.	70-100 ml/latido (en reposo)
Índice Cardíaco (IC)	Volumen de sangre expulsado del corazón cada minuto; (Frecuencia cardíaca X Vol latido)	2.5-4.5 L/min/m ²
Índice de Velocidad (IV)	Medida de la velocidad y dirección de la sangre a medida que abandona la aorta; medida de contractilidad dependiente de precarga/volumen	33 - 65 x 1000 ⁻¹ seg ⁻¹
Índice de Aceleración (IA)	Índice de aceleración pico del flujo aórtico sanguíneo y una medida real del estado inotrópico cardíaco; independiente de la postcarga.	70 - 170 x 100 ⁻¹ seg
Presión Arterial Media (PAM)	Presión arterial promedio a través del ciclo cardíaco.	70-90 mm Hg
Presión Venosa Central (PVC)	Presión promedio de la aurícula derecha en el ciclo cardíaco.	2-8 mm Hg
Resistencia Vascular Sistémica (RVS)	Fuerza a vencer por parte del ventrículo para expulsar sangre a través de la aorta. (postcarga)	800 – 1200 dinas/seg/cm ⁻⁵
Cociente de Tiempo Sistólico (STR)	Tasa de sístole eléctrica respecto a la mecánica.	0.3-0.5
Tiempo de Eyección Ventricular Izquierda (TEVI)	Tiempo comprendido entre la apertura y cierre de la válvula aórtica (valor normal depende de la frecuencia cardíaca).	
Índice de Trabajo Cardíaco Izquierdo (ITCI)	Cantidad de trabajo del ventrículo izquierdo realizado cada minuto al eyectar sangre	3 – 5 kg/min/m ²

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchos pacientes en la unidad de terapia intensiva, requieren la colocación de un acceso venoso yugular para administración de medicamentos, monitoreo de PVC, colocación de catéter arterial pulmonar, catéteres de diálisis etc, que pudieran interferir con la colocación de uno de los dos parches superiores (cervicales) de la bioimpedancia. Esto trae como consecuencia la posibilidad de una falta de fidelidad y confiabilidad en los datos obtenidos en el estudio hemodinámico.

Las recomendaciones del fabricante (CardioDynamics, ICG Company, San Diego, USA), son las de colocar los parches cervicales diametralmente opuestos, esto es, con 180 grados de diferencia uno respecto al otro. Una revisión extensa de la literatura actual sobre la colocación de los sensores del monitor de cardiobioimpedancia fue realizada y se encontraron trabajos sobre la variación de la distancia intrasensores, sin que apareciera algún estudio realizado sobre el efecto que tiene el colocar los sensores de manera distinta a la recomendada por los fabricantes y su influencia sobre las mediciones hemodinámicas realizadas por el monitor en cuestión.

IV- OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo investigar si la colocación de los electrodos del cuello en posiciones no convencionales altera las mediciones hemodinámicas en sujetos sanos en reposo.

V. SUJETO Y MÉTODO:

Se realizó un estudio prospectivo observacional y comparativo en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Español de México. La captación de los datos se realizó a partir del mes de agosto hasta el mes de septiembre del 2006. Dicho estudio fue realizado en 7 voluntarios aparentemente sanos, previo consentimiento informado. El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Institución.

Los criterios de exclusión utilizados en el estudio fueron los siguientes:

- Peso corporal < 30 Kg ó > 155 Kg.
- Presencia de regurgitación aórtica moderada a severa.
- Presencia de insuficiencia tricuspídea moderada a severa.
- Fibrilación auricular.
- Flutter auricular.
- Contracciones ventriculares prematuras frecuentes (> 6 contracciones/minuto).

La duración aproximada el estudio fue de 60 minutos aproximadamente.

La captación de datos fue realizada por personal médico de la unidad.

Los sujetos fueron evaluados en posición de decúbito dorsal, con estado basal de reposo, de al menos 15 minutos, sin estímulo exógeno que alterara los parámetros fisiológicos durante el estudio.

Los sensores de bioimpedancia y los registros captados no tuvieron costo alguno para los sujetos voluntarios de estudio. Estos juegos de sensores fueron provistos por la **compañía Tecnomed de México**.

Se utilizó un monitor de bioimpedanciografía cardíaca: **Monitor de Bioimpedancia (BIOZ®) Versión de Software 2.26, CardioDynamics, San**

Diego, California) prestado por la **Sociedad de Beneficiencia Española** para el protocolo, sin costo alguno para los individuos sometidos a estudio, así como para personal de investigación.

Se colocaron los sensores acorde a las recomendaciones del fabricante (denominados en el estudio como “sensores en posición control”). La colocación recomendada se describe a continuación: los sensores cervicales (2) en la base del cuello alineado con el lóbulo de cada oreja y los otros dos sensores (torácicos) a nivel del proceso xifoideo, líneas axilares medias. (figura 1). Se añadieron a la región cervical 2 pares adicionales de sensores los cuales fueron colocados: 2 en región cervical posterior y 2 en región cervical anterior, respetando la colocación de los sensores en posición control, a nivel de cuello y región torácica. Estos sensores adicionales se denominaron en el estudio como “sensores en posición alterna”. (Figura 3, 4 y 5).

Figura 3

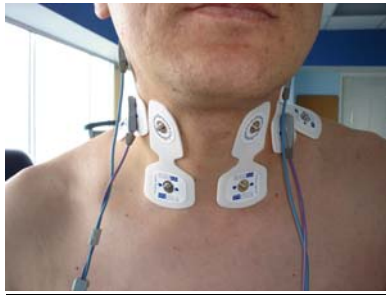
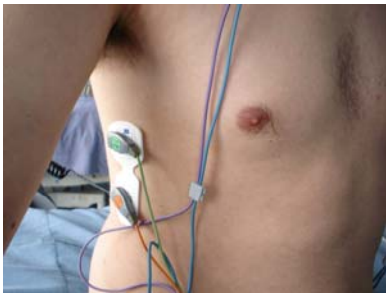


Figura 4

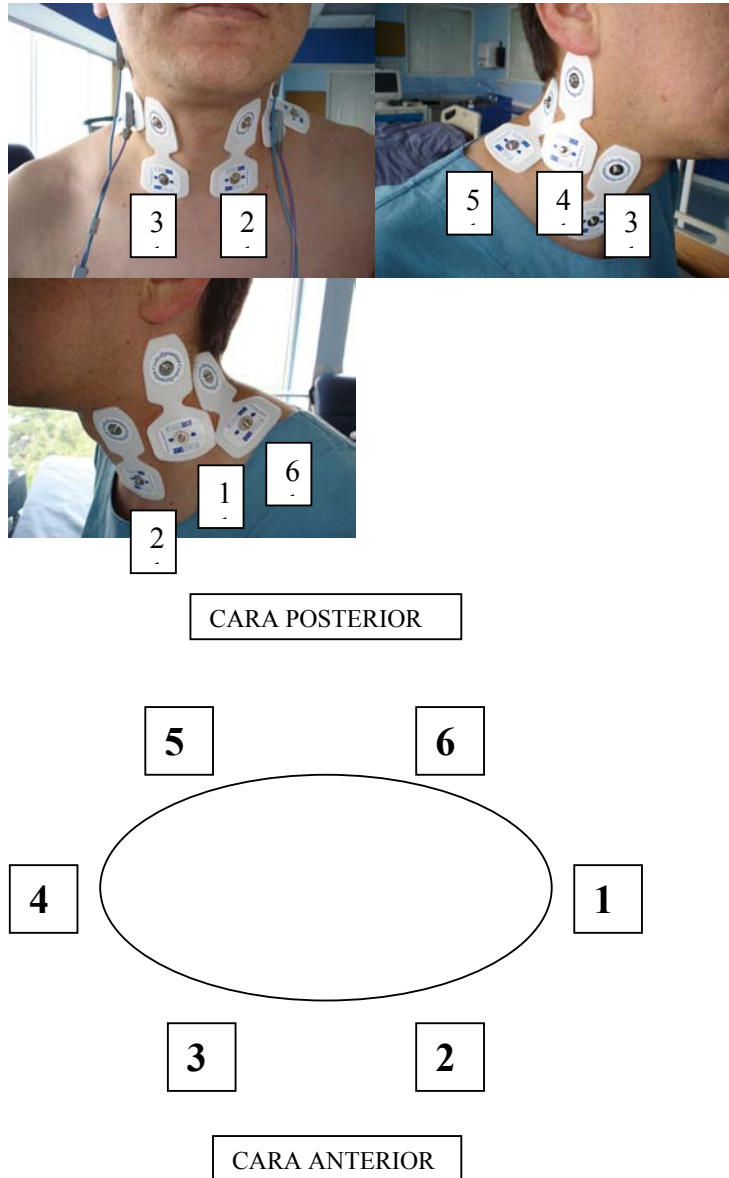


Figura 5



Los sensores en posición control y alterna fueron enumerados como se muestra en la figura 6 y las combinaciones a estudiar (denominadas en el estudio “sensores en posiciones alternas”) se muestran al pie de la figura.

FIGURA 6



Posición de sensores control a nivel cervical: 1-4 (Estándar acorde al fabricante).

Posiciones alternas : 1-2, 1-3, 1-5, 1-6, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 3-4, 3-5, 3-6, 4-5, 4-6 y 5-6.

Las posiciones a nivel torácico se respetaron durante todo el estudio.

Antes de evaluar las combinaciones de sensores en posición alterna, se tomó un registro hemodinámico con los sensores colocados en posición control. Esta posición control fue nuestra medición de calibración. Posteriormente, se procedió a evaluar los sensores colocados en posición alterna, precedidos siempre de una calibración del monitor con los sensores cervicales colocados en posición control. De esta manera, se realizó la captación de parámetros hemodinámicos de las 14 combinaciones posibles en posición alterna, siempre precedidas de su calibración correspondiente.

Los parámetros que se evaluaron durante las mediciones fueron: Índice Cardíaco (IC), Cociente de Tiempo Sistólico (CTS), Contenidos de Fluídos Torácicos (CFT), Índice de Aceleración (IA) e Índice de Velocidad (IV). Estos parámetros fueron evaluados por ser los que surgen directamente del cálculo de la primera derivada (dZ/dt) obtenido por el monitor.

VI. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de correlación entre los registros hemodinámicos obtenidos con los sensores en posición control y los obtenidos con los sensores en posición alterna expresándose los resultados a través del coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados fueron expresados en medias, precisión (1 desviación estándar de las diferencias) e intervalos de confianza del 95% (± 1.96 Desviación Estándar). El bias (promedio de las diferencias entre las posiciones control y alternas) se obtuvo a través del análisis de los resultados por el método de Bland y Altman. Se obtuvo el análisis de diferencias porcentuales de los resultados (porcentaje de diferencia entre las medidas obtenidas con los sensores en posición control versus las obtenidas con los sensores en posiciones alternas).

VII. RESULTADOS

Un total de 196 mediciones fueron capturadas con el aparato de bioimpedancia en un total de 7 sujetos sanos sometidos a estudio (28 mediciones por sujeto). De estas 28 mediciones por sujeto, 14 mediciones se determinaron con los sensores colocados en posición alterna (consistentes en las combinaciones propuestas en el diseño experimental) cada una precedida por una medición basal (14 mediciones), con la colocación de los electrodos en las posiciones control (combinación de sensores cervicales 1-4). De los sujetos sometidos a estudio, 5 fueron de género masculino y 2 del género femenino. 4 individuos con actividad física regular semanal (ejm trotar, ejercicios aeróbicos) y 3 no practicaban actividad física alguna.

El promedio de índices cardíacos en posición control fue de 3.28 ± 0.584 L/min/m². El promedio de las mediciones en posiciones alternas fue de 3.32 ± 0.534 L/min/m². Las diferencias entre los promedios de índices cardíacos fue de 0.04 ± 0.23 L/min/m². La correlación entre las mediciones en posición control y las mediciones en las posiciones alternas demostró una “r” 0.92 (Figura 7). El análisis de Bland-Altman muestra un bias de 0.04 L/min/m² y una precisión de 0.23 L/min/m² con un intervalo de inclusión del 95% de (1.96 DE) de ± 0.45 L/min/m². (Figura 8). El análisis de la diferencia porcentual muestra un bias de 1.79 %, una precisión de 7.42% y un intervalo de inclusión del 95% (± 1.96 DE) de 14.5% (Fig 9 y Tabla II).

FIGURA 7

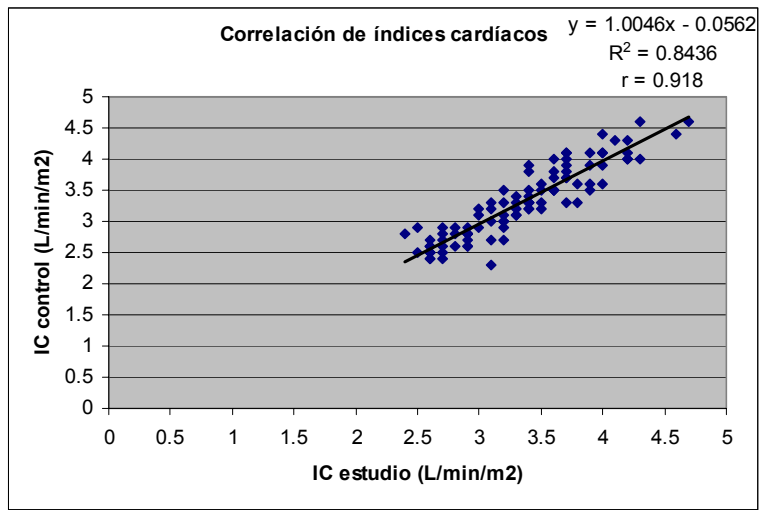


Figura 8 Análisis por Bland y Altman de los índices cardíacos.

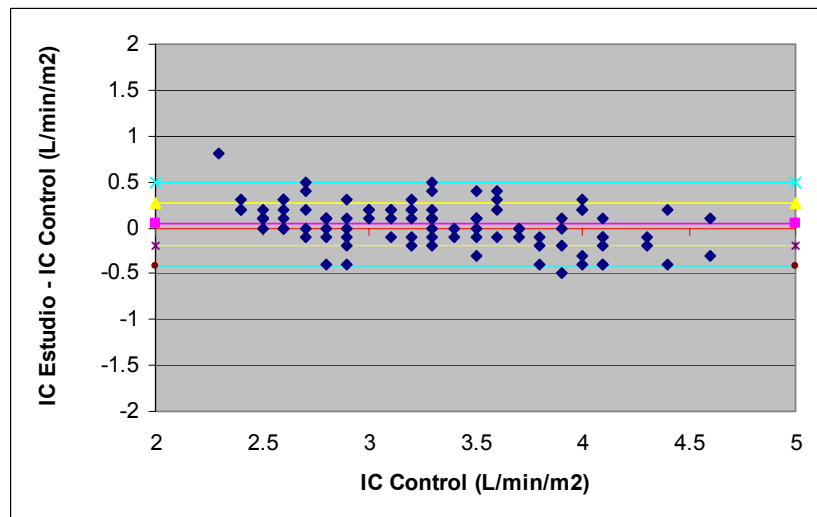


Figura 9 Análisis de diferencias porcentuales de los índices cardíacos.

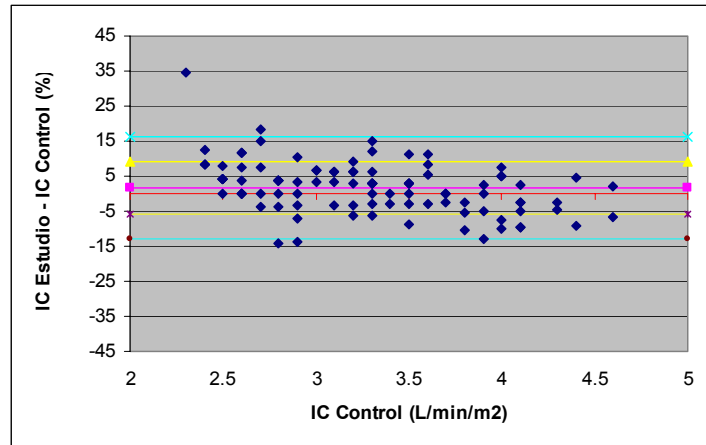


TABLA II Bias, precisión e intervalo de confianza del 95% de los índices cardíacos.

Parámetro evaluado: INDICE CARDIACO	VALORES PUNTUALES				DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)		
	Bias	Precisión/ 1.96 DE		r	Bias	Precisión/ 1.96 DE	
Todas las mediciones	0.04	0.23	0.45	0.92	1.79	7.42	14.5
Menor BIAS	0.01	0.17	0.34	0.96	0.75	5.16	10.1
Mayor BIAS	0.03	0.23	0.54	0.86	1.36	9.81	19.2
Mayor Precisión	0.09	0.14	0.28	0.98	3.1	4.06	8.0
Menor Precisión	0.03	0.25	0.48	0.91	1.33	7.9	15.4

El promedio de los cocientes de tiempo sistólicos basales (en posición estándar) fue de 0.34 ± 0.04 . El promedio de los cocientes de tiempo sistólicos aleatorios fue de 0.33 ± 0.04 . La diferencia de los promedios fue -0.004 .

La correlación entre las mediciones en posición control versus las mediciones en posición alterna mostró una “r”= 0.83 (Figura 10). El análisis de Bland-Altman mostró un Bias de -0.004 y un intervalo de inclusión (± 1.96 DE) de ± 0.048 (Figura 11). El análisis de la diferencia porcentual muestra un bias de -0.99% , una precisión de 6.12% y un intervalo de inclusión de 13% (Fig 12 y Tabla III).

Figura 10

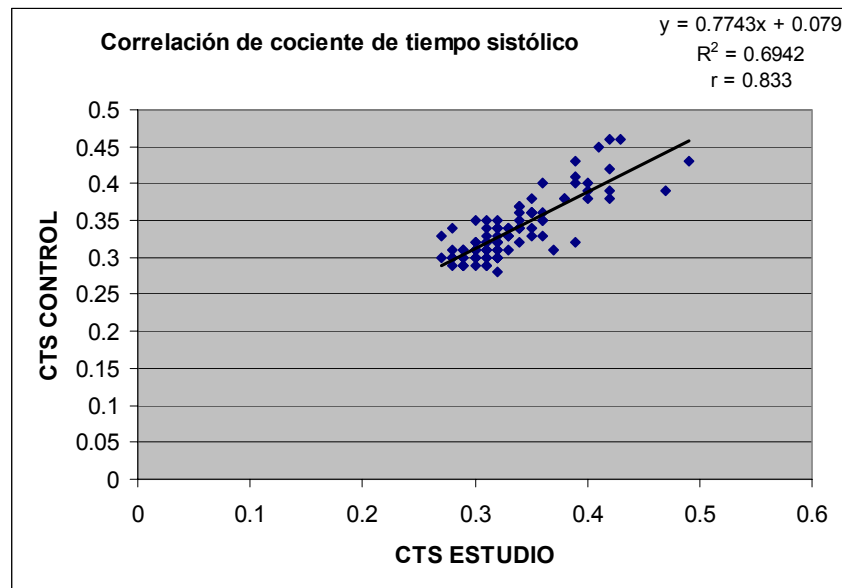


Figura 11 Análisis por Bland y Altman de los cocientes de tiempo sistólico

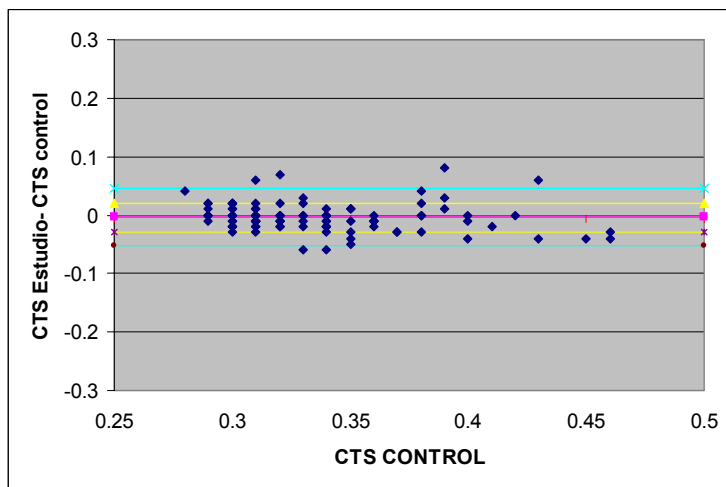


Figura 12 Análisis de diferencias porcentuales de los cocientes de tiempo sistólico.

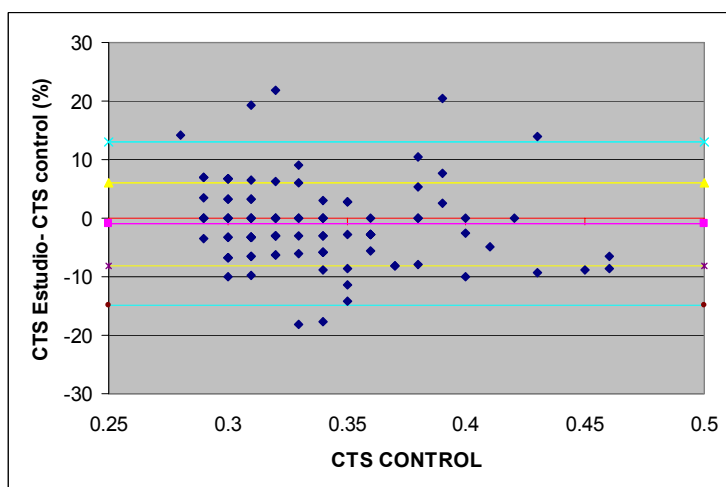


TABLA III Bias, precisión e intervalos de confianza del 95% de cocientes de tiempo sistólico.

Parámetro evaluado: COCIENTE DE TIEMPO SISTÓLICO	VALORES PUNTUALES			DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)			
	Bias	Precisión/ 1.96 DE		r	Bias	Precisión/ 1.96 DE	
Todas las mediciones	0	0.02	0.04	0.83	-0.99	6.12	13.0
Menor BIAS	0	0.02	0.04	0.89	-0.27	5.8	11.6
Mayor BIAS	0	0.03	0.06	0.74	-0.34	8.82	17.6
Mayor Precisión	-0.01	0.01	0.03	0.86	-1.71	3.58	8.7
Menor Precisión	0	0.03	0.05	0.81	0.14	8.4	16.4

Las tabla IV muestra los resultados obtenidos en el análisis de los contenidos de flúidos torácicos.

Las tablas V muestra los resultados obtenidos en el análisis de los índices de aceleración.

Las tablas VI muestran los resultados obtenidos en el análisis de los índices de velocidad.

TABLA IV Bias, precisión e intervalos de confianza del 95% de los contenidos de flúidos torácicos.

Parámetro evaluado: CONTENIDO DE FLÚIDOS TORÁCICOS	VALORES PUNTUALES			DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)			
	Bias	Precisión/ 1.96 DE		r	Bias	Precisión/ 1.96 DE	
Todas las mediciones	3.34	7.84	12.2	0.52	10.92	13.9	27.2
Menor BIAS	3.1	7.4	11.5	0.56	10.4	13.9	27.2
Mayor BIAS	2.63	7.0	11.2	0.47	8.7	13.7	26.8
Mayor Precisión	2.18	4.8	7.4	0.62	7.0	8.3	16.3
Menor Precisión	4.2	10	15.6	0.39	13.5	17.9	35.2

TABLA V Bias, precisión e intervalos de confianza del 95% de los índices de aceleración.

Parámetro evaluado: INDICE DE ACELERACIÓN	VALORES PUNTUALES			DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)			
	Bias	Precisión/ 1.96 DE		r	Bias	Precisión/ 1.96 DE	
Todas las mediciones	-1.12	14.0	28.6	0.89	-0.66	12.0	23.6
Menor BIAS	-0.1	13.0	25.6	0.93	-0.27	10.0	20.0
Mayor BIAS	-8.8	8.1	24.3	0.85	-6.3	13.1	25.7
Mayor Precisión	5.0	12.0	18.7	0.98	4.3	6.5	12.8
Menor Precisión	-2.4	16.6	34.8	0.81	-1.39	13.5	26.5

TABLA VI Bias, precisión e intervalos de confianza del 95% de los índices de velocidad.

Parámetro evaluado: INDICE DE VELOCIDAD	VALORES PUNTUALES			DIFERENCIAS PORCENTUALES (%)			
	Bias	Precisión/ 1.96 DE		r	Bias	Precisión/ 1.96 DE	
Todas las mediciones	1.39	9.72	17.7	0.89	2.29	12.1	23.6
Menor BIAS	1.54	9.28	16.7	0.91	2.20	10.8	21.2
Mayor BIAS	-2.4	6.1	14.2	0.86	-2.9	12.0	23.5
Mayor Precisión	3.5	8.13	12.6	0.97	5.1	7.10	13.9
Menor Precisión	2.14	12.7	22.8	0.80	3.96	15.5	30.4

Las combinaciones de sensores fueron enumeradas como se muestran en la tabla VII. Posteriormente seleccionamos las combinaciones de sensores que aparecían en más del 80% de las ocasiones, con las menores y mayores DE (Tablas VIII y IX respectivamente, con asterisco las mediciones que aparecieron con mayor frecuencia) y las combinaciones de sensores con el menor y mayor BIAS (Tablas X y XI respectivamente, con asterisco las mediciones que aparecieron con frecuencia). En las porciones inferiores de las tablas VIII a la XI aparece un diagrama con la colocación de los sensores utilizada en el estudio e interconectadas las combinaciones que aparecieron en más del 80% de las veces.

TABLA VII

Numeración asignada a las combinaciones de los sensores de bioimpedancia en el protocolo.

Numeración asignada a la Combinación en el estudio.	Combinación en estudio.
2	1-2
3	1-3
4	1-5
5	1-6
6	2-3
7	2-4
8	2-5
9	2-6
10	3-4
11	3-5
12	3-6
13	4-5
14	4-6
15	5-6

Tabla VIII

Combinaciones con la menor Desviación Estándar (DE) respecto a los parámetros hemodinámicos a evaluarse. (De las 14 combinaciones se toman las 7 combinaciones con menor DE). (Se marcan con asterisco las que se presentaron en = ó > 80% de las veces).

Indice Cardíaco (IC)	Cociente de Tiempo Sistólico (CTS)	Contenido de Flúidos Torácicos (CFT)	Indice de Aceleración (IA)	Indice de Velocidad (IV)
2	2	*3	*3	*3
*3	*3	*4	*4	*4
*4	*4	6	*5	*5
*5	*5	10	7	6
7	8	11	9	7
10	12	14	12	14
11	14	15	15	15

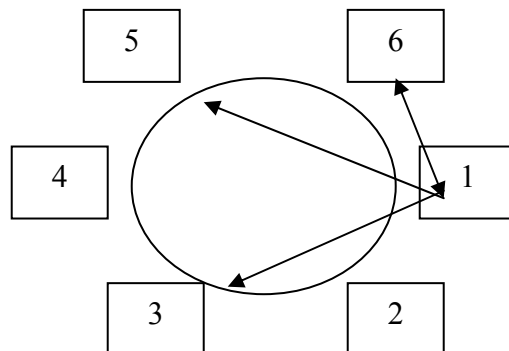


Tabla IX

Combinaciones con la mayor Desviación Estándar (DE) respecto a los parámetros hemodinámicos a evaluarse. (De las 14 combinaciones se toman las 7 combinaciones con mayor DE). (Se marcan con asteriscos marcadas las que se presentaron en = ó > 80% de las veces).

Indice Cardíaco (IC)	Cociente de Tiempo Sistólico (CTS)	Contenido de Flúidos Torácicos (CFT)	Indice de Aceleración (IA)	Indice de Velocidad (IV)
6	6	2	2	2
*8	7	5	6	*8
*9	*9	7	*8	*9
12	10	*8	10	10
*13	11	*9	11	11
14	*13	12	*13	12
15	15	*13	14	*13

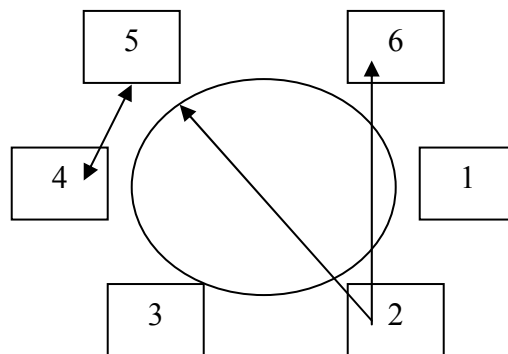


Tabla X

Combinaciones con el menor BIAS respecto a los parámetros hemodinámicos a evaluarse. (De las 14 combinaciones se toman las 7 combinaciones con menor BIAS). (Se marcan con asteriscos las que se presentaron en = ó > 80% de las veces).

Indice Cardíaco (IC)	Cociente de Tiempo Sistólico (CTS)	Contenido de Flúidos Torácicos (CFT)	Indice de Aceleración (IA)	Indice de Velocidad (IV)
*2	*4	*2	*2	*2
*4	5	3	3	3
*7	*7	*4	*4	*4
9	8	5	*7	*7
*11	*11	9	8	*11
13	12	10	*11	12
14	14	*11	14	15

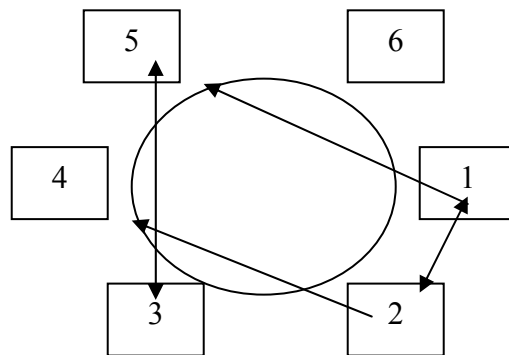
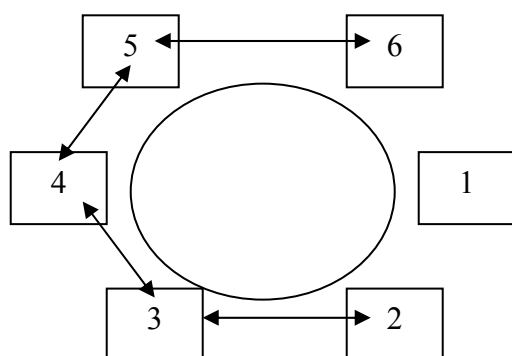


Tabla XI

Combinaciones con el mayor BIAS respecto a los parámetros hemodinámicos a evaluarse. (De las 14 combinaciones se toman las 7 combinaciones con el mayor BIAS). (Se marcan con asterisco las que se presentaron en = ó > 80% de las veces).

Indice Cardíaco (IC)	Cociente de Tiempo Sistólico (CTS)	Contenido de Flúidos Torácicos (CFT)	Indice de Aceleración (IA)	Indice de Velocidad (IV)
3	2	*6	5	5
5	3	7	*6	*6
*6	*6	8	9	8
8	9	12	*10	9
*10	*10	*13	12	*10
12	*13	14	*13	*13
*15	*15	*15	*15	14



VIII. Discusión

La cardiobioimpedancia provee una forma no invasiva disponible y versátil de medición del gasto cardíaco, índice cardíaco y otras variables hemodinámicas como el cociente de tiempo sistólico, índice de velocidad, índice de aceleración etc. Sin embargo, factores como la adecuada colocación de los sensores, la distancia entre uno y otro y el tipo de variable hemodinámica a ser evaluada, se ven sometidos a variaciones que pudieran ser importantes durante el estudio de cualquier paciente y esto pudiera conllevar a una inadecuada interpretación de la condición hemodinámica que se presente en ese momento.

En nuestro estudio, 4 de las 5 variables evaluadas (IC, CTS, IA e IV) mostraron coeficientes de correlación de Pearson de 0.91, 0.83, 0.89 y 0.88 respectivamente lo cual indica una buena fuerza de relación entre las mediciones con los sensores colocados de manera distinta a la convencional y la posición estándar convencional. Pese a la similitud entre los promedios de los contenidos de flúidos torácicos (CFT), se mostró una pobre correlación en las mediciones realizadas. Sin embargo, el intervalo de confianza de 95% arrojó un valor de imprecisión de $\pm 8.83/\text{Kohm}$ y una diferencia de promedios de 3.34; probablemente estos valores a la hora de evaluarse este parámetro, no modificaría la conducta terapéutica del clínico y su opinión respecto a los flúidos intra y extra torácicos.

Analizando las gráficas de Bland-Altman surgen observaciones interesantes:

1.- Las combinaciones de sensores que mostraron la mayor precisión y exactitud fueron la 1-3, la 1-5 y la 1-6 (menor DE) y las 1-2, 1-5, 2-4 y 3-5 (menor BIAS). La combinación que apareció en ambas categorías fue la 1-5. Analizando los

diagramas de colocación de sensores, se observa que las mediciones que mostraron el mejor rendimiento fueron aquellas con los sensores colocados de forma separada (no contiguas), sin cumplirse precisamente los 180^a recomendados por el fabricante del monitor

2.- Las combinaciones de sensores que mostraron tener la menor precisión y menor exactitud fueron las 2-5, la 2-6 y la 4-5 (mayor DE) y las 2-3, la 3-4, la 4-5 y la 5-6 (mayor BIAS). Analizando los diagramas de colocación de sensores se observa que las colocaciones con la menor distancia, esto es las que se encuentran contiguas, producen mediciones que difieren en gran medida de las registradas por el método control.

Surge la cuestión de si estos datos son extrapolables a la población de pacientes en que se encuentran en una unidad de cuidados intensivos monitorizados con bioimpedancia y que cuentan con accesos venosos a nivel cervical que afectan la colocación convencional de los sensores y probablemente la adecuada señal de monitoreo y la confiabilidad de los datos.

En el presente estudio, el hecho de que solamente haya sido realizado en sujetos voluntarios sanos es una limitante que pudiera ser importante al respecto. No obstante, permite observar ciertas tendencias en la colocación de los sensores que podrían ser evaluadas en pacientes en un estudio posterior y observar la persistencia de los hallazgos realizados en nuestros estudios.

Hasta donde tenemos conocimiento, el estudio presente es el primero en evaluar de manera sistemática el rendimiento de la cardioimpedancia a través de la modificación de la colocación intersensores a nivel cervical. Probablemente el

estudio realizado en un número mayor de sujetos voluntarios sanos y /o pacientes arroje similares conclusiones o permita dilucidar recomendaciones más estrictas sobre la colocación de los sensores y de esta manera obtener parámetros hemodinámicos de manera segura y confiable.

IX. CONCLUSIONES

La veracidad y precisión de las mediciones y registros de parámetros hemodinámicos obtenidos por el método de cardiobioimpedancia dependen de factores como la colocación de los sensores a nivel cervical, la distancia intersensores y del parámetro a evaluarse.

En voluntarios sanos el cambio de posición de los sensores en el cuello afecta clínicamente la señal obtenida en los distintos parámetros hemodinámicos. No obstante, esta señal no parece afectar el registro de índice cardíaco y cociente de tiempo sistólico ya que estos parámetros mostraron tener el menor bias y la mayor precisión.

La pobre correlación, los altos bias y la imprecisión en las estimaciones de los contenidos de fluidos torácicos sugiere que las posiciones alternas no pueden sustituir a la posición control (convencional) de los sensores. Esta última conclusión es aplicable a los índices de aceleración e índices de velocidad, excepto para localizaciones que lograron una mayor precisión.

Nuestros resultados muestran que la relación intersensores a nivel cervical de 180 grados (diametralmente opuestos) no necesariamente se tiene que cumplir como lo establece el fabricante del monitor ya que se observó una buena correlación en parámetros como el índice cardíaco, cociente de tiempo sistólico, índice de velocidad e índices de aceleración.

Es necesario realizar un estudio en pacientes para observar si estos datos pueden ser extrapolados y de esta manera el operador (clínico) puede realizar mediciones

con la seguridad de que no se verán modificados los parámetros hemodinámicos por la colocación no convencional de los sensores de bioimpedancia.

X. Conflicto de Intereses

Los autores del presente trabajo niegan cualquier interés social, económico o político con los fabricantes o proveedores del material de bioimpedancia.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Baura G.D., Wagner K.B. Intrasensor spacing and sensor placement variability on impedance cardiography (ICG) parameters. CDIC Technical Report No TR-048, July 26, 2000. CardioDynamics International Corporation.
- 2.- Charles Parrot et al. Comparison of changes in ejection fraction to changes in impedance cardiography cardiac index and systolic time ratio. *Congestive Heart Failure* 2004, 10 (2 suppl2):11-13.
- 3.- John E. Strobeck, Marc A. Silver. Beyond the Four Quadrants: The Critical and Emerging Role of Impedance Cardiography in Heart Failure. *Congestive Heart Failures* 2004. Editorial
- 4.- Brenda Thompson et al. Is impedance cardiography-derived systolic time ratio a useful method to determine left ventricular systolic dysfunction in heart failure?. *Journal of Cardiac Failure* 2004; 10 (suppl 4):S38
- 5.- Kinnen E, Kubicek WG, Hill DW, Turton G (1964a): Thoracic cage impedance measurements: Impedance plethysmographic determination of cardiac output (A comparative study). *U.S. Air Force School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base, Texas SAM-TDR-64:(15) 8.*
- 6.- Kinnen E, Kubicek WG, Hill DW, Turton G (1964b): Thoracic cage impedance measurements: impedance plethysmographic determination of cardiac output (An interpretative study). *U.S. Air Force School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base, Texas SAM-TDR-64:(23) 12.*
- 7.- Kinnen E, Kubicek WG, Hill DW, Turton G (1964c): Thoracic cage impedance measurements, tissue resistivity in vivo and transthoracic impedance at 100 kc. *U.S. Air Force School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base, Texas SAM-TDR-64:(5) 14.*
- 8.- Kubicek WG (1968): *Minnesota Impedance Cardiograph Model 303. Instruction Manual*, 4 pp. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis.
- 9.- Kubicek WG, Karnegis JN, Patterson RP, Witsoe DA, Mattson RH (1966): Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aerospace Med.* 37:(12) 1208-12.
- 10.- Kubicek WG, Patterson RP, Witsoe DA (1970): Impedance cardiography as a non-invasive method for monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 170: 724-32.

11.- Marcellus Francis et al. Impedance Cardiography in Heart Failure patients in the intensive Care Unit: Its value in the detection of left ventricular systolic dysfunction and correlation with the echocardiogram. The Journal of the American College of Cardiology 2004. 43(5 suppl A) 207A

12.- Raaijmakers, Esther PhD; Faes, Theo J. C. PhD; Scholten, Rob J. P. M. MD, PhD; Goovaerts, Henk G. PhD; Heethaar, Rob M. PhD Critical Care Medicine (C) 1999 Lippincott Williams & Wilkins, Inc. Volume 27(6), June 1999, pp 1203-1213A meta-analysis of three decades of validating thoracic impedance cardiography