

11724

20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL CENTRO MEDICO
NACIONAL "LA RAZA"**

**CORRELACIÓN ENTRE EL GASTO
CARDIACO POR TERMODILUCIÓN Y POR
BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA
TRANSTORÁCICA**

**TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TITULO DE LA ESPECIALIDAD EN
MEDICINA DEL ENFERMO ADULTO EN ESTADO CRÍTICO**

**PRESENTA
DR BENJAMIN GREGORIO CROES ARAQUE
ASESOR**

**DR FERNANDO MOLINAR RAMOS
MÉXICO DF OCTUBRE 2002**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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. JESÚS ARENAS OSUNA
JEFE DE EDUCACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN

DR. FERNANDO MOLINAR RAMOS
TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO

DR. BENJAMIN GREGORIO CROES ARAQUE
RESIDENTE DE MEDICINA CRÍTICA



DIVISION DE ESPECIALIZACION
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADOS
FACULTAD DE MEDICINA

NUMERO DEFINITIVO DEL PROTOCOLO

2002-690-0081

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Benjamin Croes Araque
FECHA: 18/10/02
FIRMA: [Signature]

[Signature]

COAUTORES

Dra. María Inés Vázquez Hernández

Médico Jefe de la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, IMSS.

Dr. José Ángel Baltazar Torres.

Médico adscrito a la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, IMSS.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi esposa Carlota, mis hijos Sebastián y Arianne, por su amor, tiempo y comprensión en los momentos que no compartí con ustedes.

A mis padres, Margoth y Bernardo, pero principalmente a mi madre que me ha amado y ayudado tanto en esta vida. Igualmente a todo el resto de mis familiares, gracias.

A todos los médicos de base por su tiempo dedicado en la enseñanza, principalmente a la Dra. María Inés Vázquez, el Dr. José Ángel Baltazar, y el Dr. Elpidio Cruz, por su dedicación en nuestra enseñanza.

A mis amigos Martín Santibáñez y Sergio Zamora, por su gran amistad.

A mis compañeros residentes, Concepción Valenzuela, Rafael Ancona, Carlos Olán y Sócrates Gutiérrez, además de su amistad, por su ayuda incondicional en la realización de la presente tesis.

A todo el personal para-médico de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, por su apoyo en estos dos años de mi especialización.

Y en especial a México por haberme brindado casa, alimentación y felicidad en estos casi 13 años que estado en este hermoso país.

RESUMEN

TITULO: Correlación entre el gasto cardiaco por termodilución (GC_{ID}) y por bioimpedancia eléctrica transtorácica (GC_{BEI}).

OBJETIVO: Demostrar que el valor del GC_{BEI} correlaciona con el valor del GC_{ID} y conocer si la etiología de la inestabilidad hemodinámica modifica esta correlación.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se seleccionaron pacientes con inestabilidad hemodinámica y con catéter de flotación en arteria pulmonar para la instalación del equipo de bioimpedancia eléctrica transtorácica. Se realizaron mediciones simultáneas entre ambos métodos evaluando el GC y la existencia de correlación.

RESULTADOS: Se realizaron 41 mediciones en 6 pacientes, con promedio de edad de 62 ± 6.5 años; 4 del género masculino y dos del femenino. Presentando para el GC un coeficiente de correlación de 0.774 ($P < 0.01$). El promedio de GC_{BEI} fue de 5.31 ± 1.41 L/min, y GC_{ID} de 5.99 ± 2.23 L/min. Observamos que en pacientes con choque séptico la correlación del GC se presentó con valores dispersos.

CONCLUSIONES: El valor del GC_{BEI} correlaciona adecuadamente con el valor del GC_{ID} . A diferencia de los otros diagnósticos, observamos una correlación baja del GC en pacientes con choque séptico.

PALABRAS CLAVE: Bioimpedancia eléctrica transtorácica; termodilución; gasto cardiaco; hemodinamia.

ABSTRACT

TITLE: Correlation of cardiac output by thermodilution (GC_{ID}) and transthoracic electrical bioimpedance (GC_{IEB}).

OBJECTIVE: To demonstrate that the GC_{BET} value correlate with GC_{ID} value, and to know if the etiology of the hemodynamic instability modify this correlation.

MATERIAL Y METHODS: Patients hemodynamic unstable with arterial pulmonary flotation catheters were selected to install the transthoracic electrical bioimpedance device. Simultaneous measures between both methods were been carried out evaluating cardiac output and the existence of a correlation.

RESULTS: A total of 41 simultaneous measures in 6 patients were been carried out, with mean ages of 62 ± 6.5 years; 4 males and two females. Presenting for cardiac output a correlation of 0.774 ($P < 0.01$). The mean CO_{BET} was 5.31 ± 1.41 L/min, and CO_{ID} of 5.99 ± 2.23 L/min. We observed that cardiac output correlation in patients with septic shock presented with disperse values.

CONCLUSIONES: The GC_{BET} value correlate adequate with the GC_{ID} value. Unlike the other diagnoses, we observed a low cardiac output correlation in patients with septic shock.

PALABRAS CLAVE: Transthoracic electrical bioimpedance; thermodilution; cardiac output; hemodynamic.

INTRODUCCION

El gasto cardiaco (GC) es la cantidad de sangre entregada a la circulación sistémica por el corazón. Los valores normales del GC en reposo en el adulto fluctúan entre 4 y 8 L/min. Los determinantes del GC son: la contractilidad miocárdica, la frecuencia cardiaca (FC), la precarga y la poscarga. Los cambios en cualquiera de estos factores modifican el valor del GC y reflejan el estado de la función cardiovascular. Por lo tanto, la determinación del GC, junto con la de otros parámetros hemodinámicos, constituye uno de los pilares que nos permite realizar la evaluación integral del estado cardiocirculatorio de los pacientes críticamente enfermos y determinar un plan terapéutico específico.

Existen métodos invasivos y no invasivos para medir el GC. Hay tres métodos invasivos: el método de consumo de oxígeno usando el principio de Fick, una técnica de dilución de indicador y la técnica de termodilución (TD). Entre los métodos no invasivos se encuentran principalmente la ecocardiografía y la bioimpedancia eléctrica transtorácica (BET).⁽¹⁾

La TD utiliza un catéter multi-lumen de flotación en la arteria pulmonar (CAP). Esta técnica fue descrita por George Fegler en 1954. El CAP fue diseñado en 1967 por H. J. C. Ganz e introducido en la clínica médica en 1971.⁽²⁾ La TD es una técnica de dilución de un indicador, en la que el indicador es el descenso térmico de la sangre. Se inyecta una solución fría a través de la luz proximal del CAP y después de que se mezcla en el ventrículo derecho con la sangre venosa que regresa de la periferia, pasa hacia la arteria pulmonar, donde el sensor térmico de la punta del CAP percibe los cambios dinámicos en la temperatura de la sangre. La fórmula de Stewart-Hamilton relaciona el GC con el cambio de temperatura a lo largo del tiempo y es la siguiente:

$$QT = \frac{V (TS - TI) \times K1 \times K2}{\int TS(t)dt}$$

En donde QT es el gasto cardiaco, V es el volumen inyectado, TS es la temperatura sanguínea, TI es la temperatura del inyectado, $\int TS(t)dt$ es el cambio de temperatura sanguínea en función del tiempo y K1 y K2 son constantes computacionales. El GC medido por esta técnica puede variar mucho según la fase del ciclo respiratorio en la que se inicie la inyección de la solución. Sin embargo, el promedio de múltiples inyecciones aleatorias tiende a minimizar las diferencias. ⁽³⁾

El empleo del CAP vino a cambiar las perspectivas de la evaluación cardiovascular a la cabecera del enfermo, ofreciendo una ventaja a la práctica de la terapia intensiva además de ser considerado como el estándar de oro en la determinación del GC. La mayoría de los autores están de acuerdo en que el procedimiento es de utilidad en diversas entidades nosológicas como son: el estado de choque (independientemente del tipo), la reposición aguda de volumen (en especial en pacientes con enfermedades cardíacas y/o edad avanzada), en el perioperatorio del pacientes de alto riesgo, en el diagnóstico y tratamiento del síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, en la utilización del balón intra-aórtico de contrapulsación y en general en pacientes con inestabilidad hemodinámica severa que requieren de manejo intensivo con volumen y drogas vasoactivas. ⁽⁴⁾

Sin embargo, su utilización, además de conllevar una técnica de inserción complicada, no esta exenta de complicaciones, las cuales pueden ocurrir durante la instalación (neumotórax, inserción mediastinal, hematoma por punción arterial, embolia aérea, trombosis de vena mayor, arritmias y perforaciones del corazón o venas con taponamiento cardiaco) o bien durante su permanencia

(sepsis secundaria a su instalación prolongada o violación de los principios asépticos, perforación de la arteria pulmonar o infarto pulmonar, daño vascular, tromboembolismo y nudo intravascular).⁽⁵⁾ Incluso recientemente, en un estudio observacional, Connors et al.⁽⁶⁾ reportan la asociación al uso del catéter a un incremento en la mortalidad e utilización de los recursos. Empero, otros estudios como el reportado en nuestro país por Cerón Díaz et al.⁽⁷⁾, demuestran que el empleo del CAP está justificado en pacientes graves con falla multiorgánica, sin influir en la tasa de mortalidad.

La BET ha recibido mucha atención en la literatura como método no invasivo fácil de utilizar para medir el GC y otras variables relacionadas como el volumen sistólico (VS) y el índice cardiaco (IC). El principio de la BET se basa en que los tejidos corporales son buenos conductores eléctricos. La sangre es expulsada del ventrículo izquierdo en forma pulsátil y este cambio de volumen sanguíneo resulta en un cambio de conductividad y por lo tanto de la impedancia del tórax a la corriente eléctrica. Estos cambios son debidos principalmente a cambios en el volumen y la velocidad de la sangre en la aorta. El equipo de BET mide estos cambios al inyectar corriente eléctrica alterna de alta frecuencia (70kHz) y amplitud baja (2.5mA) a través del tórax, entre un par de sensores colocados en el cuello y otro par en la base del tórax a nivel de la línea axilar media y el apéndice xifoides. Con esta frecuencia alta se elimina la posibilidad de interferencia de la actividad bioeléctrica del corazón y del cerebro. Adicionalmente, la impedancia cutánea del sensor es baja a alta frecuencia, por lo tanto no hay efectos térmicos a los tejidos del paciente.⁽⁸⁾

La ecuación para calcular el VS, introducida inicialmente por Kubicek et al en 1966, se basa en la suposición de que el tórax puede ser modelado como un conductor eléctrico homogéneo lleno de sangre. El equipo de BET despliega una señal directa adquirida

denominada dZ/dt , la cual se compara con un trazo electrocardiográfico, determina todos los aspectos del ciclo cardiaco y de esta forma calcula el volumen sistólico, lo que a su vez permite determinar el GC y otros parámetros hemodinámicos. ⁽⁹⁾

Sramek (1983) y Bernstein (1986) desarrollaron otras fórmulas para el cálculo del volumen sistólico con los principios de Kubicek, logrando con ellos mayor grado de correlación, utilizando igualmente la señal de impedancia.

$$VS = \frac{0.17H^3}{4.2} \cdot T_{LVE} \cdot \frac{(dZ/dt)_{max}}{Z_0}$$

Las ventajas de esta técnica son la no invasividad, el menor costo en comparación con TD y la continuidad de la medición del flujo sanguíneo global y del GC, así como de otros parámetros hemodinámicos. Por lo anterior, este método es una alternativa para la evaluación hemodinámica de los pacientes en estado crítico.

Las condiciones que pueden limitar la confiabilidad de los datos son: choque séptico, la insuficiencia aórtica, la hipertensión arterial severa (TAM >130 mmHg), la talla menor a 120 o mayor a 230 cm, el peso menor a 30 o mayor a 155 Kg, el movimiento del paciente así como el uso del balón intra-aórtico de contrapulsación. ⁽¹⁰⁾

La TD ha sido analizada por más de 30 años y se utiliza ampliamente para medir el GC ⁽³⁾ considerándose en la actualidad el estándar de oro para realizar dicha medición. Se han publicado alrededor de 150 artículos que comparan el GC medido por BET y por TD, logrando identificar, en algunos estudios, una correlación adecuada. ⁽¹⁰⁾ Además, ambas técnicas se han comparado en pacientes quirúrgicos, con lesión pulmonar asociada al ventilador y

en revascularizados, entre otros, con buena correlación en algunos y pobre en otros.⁽¹¹⁻¹⁶⁾

Un estudio realizado en nuestro país⁽¹⁷⁾ reporta una correlación satisfactoria utilizando un equipo similar al nuestro, pero desafortunadamente, con el protocolo aplicado, no se tuvo un control sobre la calidad del proceso de medición tanto con el equipo de BET como con el equipo de TD, llevando a un error relativo anormalmente bajo. Este hecho hace necesaria la realización de otros estudios para definir con claridad el papel real que tiene la BET en la determinación del GC en el paciente críticamente enfermo.

OBJETIVOS

Demostrar que el valor del GC_{BET} correlaciona con el valor del GC_{ID} .

Conocer si la etiología de la inestabilidad hemodinámica modifica la correlación entre el valor del GC_{BET} y el valor del GC_{ID} .

DISEÑO DEL ESTUDIO

Prospectivo, observacional, descriptivo, longitudinal y abierto.

OBJETIVOS

Demostrar que el valor del GC_{BET} correlaciona con el valor del GC_{ID} .

Conocer si la etiología de la inestabilidad hemodinámica modifica la correlación entre el valor del GC_{BET} y el valor del GC_{ID} .

DISEÑO DEL ESTUDIO

Prospectivo, observacional, descriptivo, longitudinal y abierto.

MATERIAL Y METODOS

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos, con inestabilidad hemodinámica por cualquier causa y con CAP instalado previamente. La inestabilidad hemodinámica se definió por los siguientes criterios: tensión arterial sistólica <90 mmHg durante al menos 30 minutos consecutivos a pesar de la reanimación hídrica previa, índice cardiaco <2.2 L/min/M², presión de oclusión de la arteria pulmonar >15 mmHg y FC ajustada a la tensión arterial media (TAM) >20.1 [FAP = (FC X PVC) / TAM]. No se incluyeron pacientes con peso <30 o >155 Kg, talla <120 o >230 cm, frecuencia cardiaca >250 por minuto, con balón intra-aórtico de contrapulsación, con cirugía cardiaca o de aorta recientes, con deformidades torácicas, derrame pleural o bien aquellos que no tuvieran CAP previamente instalado. Los pacientes en quienes se retiró el CAP o que tenían agitación psicomotriz fueron excluidos.

Se registraron los datos demográficos y clínicos de cada paciente. La posición correcta del CAP se verificó mediante radiografía del tórax y se procedió a la instalación del equipo de BET de la siguiente manera: se colocaron cuatro pares de electrodos, dos en las caras laterales del cuello y los otros dos en las caras laterales del tórax. El equipo que se utilizó fue el "BIOIMPEDANCIA ELECTRICA TRANSTORACICA-CARDIODYNAMICS INTERNATIONAL Modelo BZ 41 10-05, Bioz.com". Posterior a la calibración de los equipos se determinó el GC simultáneamente por ambos métodos. El valor del GC_{ID} se obtuvo del promedio de 3 mediciones consecutivas. La inyección del indicador se realizó independientemente del ciclo respiratorio.

Se realizó estadística descriptiva para los datos demográficos, los valores se expresan como porcentaje y como promedio \pm DE, según

sea el caso. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para estimar la distribución de la normalidad de las variables. Debido a que las variables tuvieron distribución no normal, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para los valores del GC. La prueba de Mann-Whitney se usó para evaluar las diferencias entre las medianas del GC. Un valor de $P < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo.

Para evaluar el efecto de la etiología sobre la correlación del GC medido por ambos métodos, se separaron los pacientes con choque séptico y se realizó el mismo análisis estadístico en este grupo, comparándolo con el resto de los pacientes.

RESULTADOS

Se incluyeron 6 pacientes, dos mujeres (33%) y 4 hombres (66%) con edad promedio de 62 ± 6.5 años (rango de 32 a 78 años). La tabla I muestra los diagnósticos y el número de mediciones realizadas en cada paciente. En total se realizaron 41 mediciones pareadas del GC. El promedio del GC_{TD} fue de 5.99 ± 2.23 L/min. y del GC_{BEI} fue de 5.31 ± 1.41 L/min. La mediana de GC_{BEI} fue de 5.3 L/min. y de GC_{TD} fue de 5.9. La prueba de Mann-Whitney no mostró diferencias entre las medianas (Tabla II).

El coeficiente de correlación de Pearson para GC fue de 0.774 ($P < 0.01$). La Gráfica 1 muestra el diagrama de dispersión del GC por ambos métodos en todo el grupo. En los pacientes con choque séptico, el coeficiente de correlación fue de 0.773, pero sin alcanzar significancia estadística ($P = 0.227$). En los pacientes sin choque séptico el coeficiente de correlación fue de 0.793 ($P < 0.01$) (Tabla III)

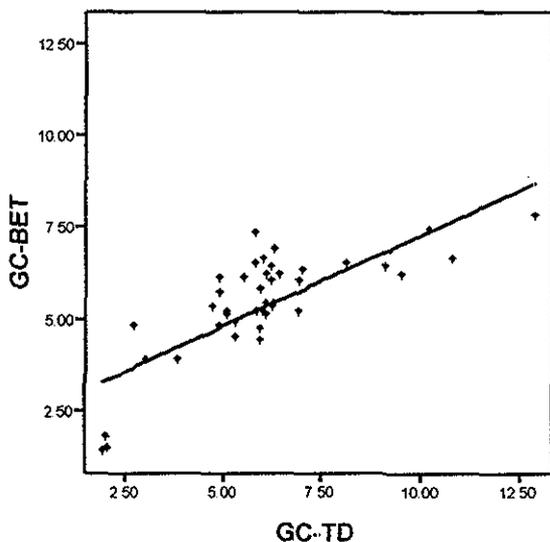
TABLAS Y GRAFICAS

Tabla I		
Diagnósticos y número de mediciones de GC		
Paciente	Diagnostico	Mediciones
1	Pancreatitis Grave	10
2	Neumonía atípica	3
3	Pancreatitis grave	14
4	Tromboembolia pulmonar	7
5	Infarto miocardio	3
6	Choque séptico	4
Total		41

Tabla II							
Análisis Estadístico							
	Promedio ± DE	Mediana	Dif. mediana	Mann- Whitney	P	Shapiro Wilk	P
GC _{BE}	5.31 ± 1.41	5.3	0.6	698,500	0.188	0.886	0.10
GC _{ID}	5.99 ± 2.23	5.9				0.905	0.10

Tabla III		
Coefficiente de Correlación		
	r	P
Todos los pacientes	0.774	<0.01
Pacientes sin choque séptico	0.793	<0.01
Pacientes con choque séptico	0.773	0.227

Gráfica 1
Diagrama de Dispersión para GC en L/min.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

DISCUSION

El estándar de oro del monitoreo hemodinámico en el paciente crítico continua siendo la medición del GC a través del CAP. Existen otros métodos no invasivos que han demostrado buena correlación. La BET, como método no invasivo ha sido evaluada en diversos estudios previos.

Uno de los primeros estudios en evaluar la correlación de métodos invasivos y no invasivos fue descrito por Bernstein ¹¹ en 1986, en donde evaluó el GC en 98 mediciones pareadas, con un equipo equivalente al nuestro reportando una $r = 0.88$. Ellos refieren limitaciones en la confiabilidad de la BET en casos de insuficiencia de válvula aórtica, así como en sepsis, ya que en el estado hiperdinámico de la sepsis el flujo sanguíneo es mayor a nivel cutáneo y de la musculatura esquelética torácica por vasodilatación periférica, por lo cual la conductividad de corriente alterna es mayor en estas áreas, dando valores falsos. En nuestro estudio, observamos que la correlación entre GC_{TD} y GC_{BET} no alcanza significancia estadística en pacientes sépticos, sin embargo es importante notar que sólo fueron 4 mediciones pareadas.

Appel et al ¹² en 1986 evaluaron la correlación de estos métodos en 16 pacientes quirúrgicos con 391 mediciones, con $r = 0.83$ y con un equipo equivalente al nuestro. Mientras que Shoemaker et al ⁹ en 1994 en un estudio prospectivo y multicéntrico de 68 pacientes críticos con 842 mediciones simultáneas reportaron una $r = 0.86$, pero utilizando un equipo con corriente alterna de 100kHz y 4 mA a nivel torácico. Nuestro equipo maneja valores inferiores de corriente alterna con menor capacidad de letérea y prácticamente con índice de correlación muy semejantes.

Huerta et al ¹⁷ reportan en 1996 en México una $r = 0.48$ en 147 mediciones simultáneas, con significancia estadística, con un equipo similar al nuestro. A diferencia, nuestro estudio, con menor número de mediciones, presentan cifras de correlación cercanas a las reportadas en la literatura internacional.

Igualmente otro equipo de BET pero corporal total con electrodos en partes distales de las extremidades, descrito por Koöbi et al ¹⁹, presentó una $r = 0.29$ con valor significativo en 97 mediciones simultaneas en 74 pacientes con revascularización aortocoronaria. A diferencia, nuestro equipo no se puede utilizar en estos pacientes por la cirugía de tórax reciente perdiendo validez la correlación.

Más recientemente, un meta-análisis reportado por Raaijmakers et al ¹⁰ de 112 estudios refieren una $r = 0.81$, pero de estos, 31 se realizaron con una sola medición, reportando una $r = 0.72$. Ellos refieren que la correlación es mejor con evaluaciones simultaneas repetidas. Nuestros resultados se acercan bastante a lo reportado.

Es importante destacar que los resultados de nuestro estudio deben considerarse preliminar por el menor número de mediciones pareadas reportadas que el cálculo original, pero con cifras que nos apoyan su adecuada correlación. Este equipo no viene a desplazar al estándar de oro que es la termodilución con catéter de Swan-Ganz, pero sería de gran ayuda en aquellos casos en que no sea posible instalar el CAP.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

Nuestros resultados semejan a lo reportado en la literatura internacional sobre la correlación del GC entre la BET y el estándar de oro.

Cabe mencionar que solamente se realizaron 4 mediciones en pacientes con choque séptico, presentando una baja correlación.

Sugerimos ampliar el estudio ya que el número de muestras predeterminado no se alcanzó por razón de tiempo.

Sin embargo la BET ofrece una alternativa en la evaluación del estado cardiorodinámico del paciente gravemente enfermo, en los que no se puede instalar el CAP.

BIBLIOGRAFIA

1. Oblouk Darovic G. Monitoring Cardiac Output. Handbook of Hemodynamic Monitoring. W.B. Saunders Company 1999:158-168.
2. Gravenstein N, Good ML, y Banner TE, Assessment of Cardiopulmonary Function. Civetta-Taylor-Kirby: CRITICAL CARE. Lippincott-Raven 3a Edición 1997:867-898.
3. Leatherman JW y Marini JJ Uso clinico del Cateter Arteria Pulmonar. Hall-Schmidt-Wood: CUIDADOS INTENSIVOS, Mc Graw-Hill Interamericana, 2ª Edición, Volumen I; 1998:169-192.
4. Lozano Espinosa MA, Aldaco Ortega J, González Flores G et al. Monitorización hemodinámica invasiva. Rev Iberolat C Int 1998;7:62-5.
5. Reines D. Cateter de Swan-Ganz. Dr Pedro Gutierrez Lizardi: Procedimientos en el Paciente Critico. Ediciones Cuellar 2ª reimpresión 1996:144-148.
6. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, et al. The Effectiveness of Right Heart Catheterization in the Initial Care of Critically Ill Patients. JAMA 1996;276:889-897.
7. Ceron Diaz UW, Vázquez Mathieu JP, Sierra Unzueta A et al. Utilidad del catéter de Swan-Ganz: estudio de casos y controles. Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int 1998;12:7-15.
8. BioZ.com. Operator Manual .Cardiodynamics International corporation. 1998:1-117.
9. Shoemaker WC, Wo CCJ, Bishop MH, et al. Multicenter trial of a new thoracic electrical bioimpedance device for cardiac output estimation. Crit Care Med 1994;22:1907-1912.
10. Raaijmakers E, Faes TJC, Scholten RJPM, Goovaerts HG et al. A meta-analysis of three decades of validating thoracic impedance cardiography. Crit Care Med 1999;27:1203-1213.

11. Berstein D. Continuous noninvasive real-time monitoring of stroke volume and cardiac output by thoracic electrical bioimpedance. *Crit Care Med* 1986;14:898-901.
12. Appel PL, Kram HB, Mackabee J et al. Comparison of measurement of cardiac output by bioimpedance and thermodilution in severely ill surgical patients. *Crit Care Med* 1986;14:933-935.
13. Hirschi MM, Kittler H, Woisetschläger C et al. Simultaneous comparison of thoracic bioimpedance and arterial waveform-derived cardiac output with thermodilution measurement. *Crit Care Med* 2000;28:1798-1802.
14. Kööby T, Kaukinen S y Turjanmaa V. Cardiac Output can be reliably measured noninvasively after coronary artery bypass grafting operation. *Crit Care Med* 1999;27:2206-2211.
15. Imhoff M, Lehner JH, y Löhlein D. Noninvasive whole-body electrical bioimpedance cardiac output and invasive thermodilution cardiac output in high-risk surgical patients. *Crit Care Med* 2000;28:2812-2818.
16. Genoni M, Pelosi P, Romand JA, et al. Determination of cardiac output during mechanical ventilation by electrical bioimpedance or thermodilution in patients with acute lung injury: Effects of positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med* 1998;26:1441-1445.
17. Huerta-Torrijos J, Lazaro Castillo JL, Dominguez Gordillo LR et al. Comparación entre el gasto cardiaco (GC) medido por los métodos de termodilución (TD) y bioimpedancia eléctrica torácica (BET). *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 1996;19:214-217.
18. Bland JM, y Altman DG. Statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 1986;1:307-310.

19. Koöbi T, Kaukinen S, Turjanmaa VMH, y Uusitalo AJ. Whole-body impedance cardiography in the measurement of cardiac output. *Crit Care Med* 1997;25(5):779-85.