



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE MEDICINA  
SOCIEDAD DE BENEFICENCIA ESPAÑOLA, I.A.P.  
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO  
DEPARTAMENTO DE TERAPIA INTENSIVA

CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES DE FUNCIÓN  
SISTÓLICA MEDIDAS POR CARDIOBIOIMPEDANCIA Y  
ECOCARDIOGRAFÍA DE DOS DIMENSIONES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL ENFERMO

ADULTO EN ESTADO CRÍTICO

PRESENTA:

DR. MIJAIL RAULOVICH FRIAS ABRAHAMOV

DR. ALFREDO SIERRA UNZUETA  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN  
Y JEFE DEL SERVICIO DE TERAPIA INTENSIVA

ASESOR METODOLÓGICO:  
DR. ULISES WILFRIDO CERÓN DÍAZ



HOSPITAL ESPAÑOL

MÉXICO, D. F.

2008



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.

**AUTORIZACIÓN**

**DR. ULISES W. CERÓN DÍAZ**  
**TUTOR Y DIRECTOR DE TESIS.**

**DR. ALFREDO SIERRA UNZUETA.**  
**JEFE DE TERAPIA INTENSIVA HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO.**

**Dr. ALFREDO SIERRA UNZUETA.**  
**JEFE DE ENSEÑANZA HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Agradecer a Dios por todas sus bendiciones y entre estas se encuentran las personas con las que me ha rodeado, ya que sin el apoyo de ellas jamás hubiera alcanzado esta meta.**

Raúl Frias, Natalie Frias, Claudia Pineda, Fernando Frias, Paola Ramírez, Valentina Abramova, Boris Frias, Yan Frias, Eduardo Ustarez y Eduardo Prado

**A mis maestros por su paciencia, por su entrega desinteresada en la enseñanza y por el respeto y cariño que siempre han demostrado hacia sus pacientes.**

Dr. Alfredo Sierra Unzueta.

Dr. Ulises W. Cerón Diaz.

Dr. Ricardo Martínez Zubieta.

## ÍNDICE

	Pág.
1. Resumen	5
2. Abstrac	6
3. Introducción	7
4. Pacientes y métodos	14
5. Resultados	16
6. Discusión	20
7. Conclusiones	22
8. Bibliografía	23

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la correlación entre la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FE) obtenida por ecocardiografía de dos dimensiones (ECO-2D) con el cociente de tiempo sistólico, índice de aceleración e índice de velocidad (CTS, IA, IV), obtenidos por cardiobioimpedancia torácica (CBT) como evaluadores de la función sistólica.

**Pacientes y Método:** Se realizaron mediciones casi simultáneas de ECO-2D y CBT a todo paciente que tuviera indicación de un estudio de ecocardiografía y que cumpliera con los criterios de inclusión. Para describir la relación entre las variables, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se elaboró una curva ROC, con el propósito de determinar el rendimiento de la variable que mejor se correlacionara con la FE.

**Resultados:** De 26 estudios, 20 cumplieron con los criterios de inclusión. La edad promedio fue de  $67.8 \pm 2$  años. El diagnóstico más frecuente fue sepsis. El análisis de correlación demostró FE vs TCS por CBT "r" -0.76 ( $p= 0.001$ ); FE vs IA por CBT "r" 0.28 ( $p=0.287$ ); FE vs IV por CBT "r" 0.1 ( $p=0.687$ ). La curva ROC construida para determinar el rendimiento del CTS obtenida por CBT mostró que el punto de corte con mejor capacidad discriminativa fue de 0.4, con una sensibilidad de 89%, especificidad de 91%.

**Conclusiones:** La alta correlación entre el CTS medido por CBT y la FE por ECO 2D, además de la excelente capacidad discriminativa, sugieren que el CTS medido por CBT puede ser usado como una medida no invasiva para la detección de enfermos con baja fracción de eyección ventricular izquierda.

Palabras clave: cardiobioimpedancia torácica, ecocardiografía, evaluadores de función sistólica.

## **ABSTRAC**

**Objective.** To evaluate the correlation between left ventricle ejection fraction (EF) obtained by 2-dimensional echocardiography (2D-ECO) with the systolic time quotient (STQ), acceleration index (AI) and velocity index (VI) obtained by thoracic cardio bioimpedance (TCB), both methods to evaluate the systolic function.

**Patients and Methods.** Simultaneous measurements were performed with 2D-ECO and TCB to every patient with an indication for an ecocardiographic study and that fulfilled all the inclusion criteria. In order to describe the association between variables the Pearson correlation coefficient was obtained, and a receiver-operator curve analysis (ROC) was done in order to find the variable best associated with the EF.

**Results.** From 26 studies done, 20 fulfilled the inclusion criteria. Patients average age was  $67.8 \pm 2$  years-old. The most frequent diagnostic was sepsis. The Pearson correlation coefficient test showed that EF versus STQ for TCB was “r”  $-0.76$  ( $p=0.001$ ); EF versus AI for TCB was “r”  $0.28$  ( $p=0.287$ ); EF versus VI for TCB was “r”  $0.1$  ( $p=0.687$ ). STQ obtained by TCB was analyzed with ROC and the result obtained showed that the cut point with the best descriptive capacity was  $0.4$  with a sensibility of  $89\%$  and an specificity of  $91\%$ .

**Conclusions.** The strong correlation between STQ measured by TCB and the EF measured by 2D-ECO plus the excellent discerning capacity suggest that the STQ measured by TCB can be use as a non-invasive method for the detection of patients with low left ventricle ejection fraction.

**Key words:** thoracic bioimpedance, echocardiography, evaluation of systolic function.

## INTRODUCCIÓN

Durante la práctica clínica en el cuidado del paciente crítico, nos encontramos con una serie de interrogantes a resolver, y una de ellas corresponde a evaluar la función ventricular izquierda, de acuerdo a como determinemos que se encuentra la misma, podrá variar el manejo inicial al paciente y depender de esto que sobreviva.

La evaluación física rutinaria, que incluye la presión arterial, la frecuencia cardiaca, y el gasto urinario, frecuentemente falla para demostrar el verdadero estatus hemodinámico de pacientes comprometidos (1). Varios estudios han demostrado que el clínico es capaz de predecir con exactitud el estado hemodinámico, basado en la evaluación física y los hallazgos clínicos solo en aproximadamente el 50 % de los casos (2); por lo que se requiere el apoyo de una serie de tecnologías (Termodilución (TD), Ecocardiografía (ECO), Bioimpedancia) que puedan ayudar a determinar éste. La solicitud de la evaluación ecocardiográfica de la función ventricular izquierda es común en las unidades de cuidados intensivos. La función sistólica del ventrículo izquierdo ha sido extensamente estudiada con eco en modo M (3), eco bidimensional (4), eco-transesofágico (5) y Doppler (6). Se puede usar una combinación de técnicas para su evaluación pero las más comúnmente empleadas son la fracción de eyección (FE) y la fracción de acortamiento (7).



La Cardiobioimpedancia Torácica (CBT) es una tecnología que ha ganado aceptación en la evaluación y el manejo del paciente con falla cardiaca (8). El interés en la tecnología de la impedancia como un método en el diagnóstico cardiovascular inicia con Mann, quién en 1937 mide la resistencia eléctrica de su dedo colocando un electrodo en la base y otro en la punta; él notó que había una correlación entre la altura de la amplitud de la onda de pulso y el registro de la variación de la curva de la impedancia eléctrica de su dedo (9).

De acuerdo a la ley de Kirchoff la corriente eléctrica pasa a través de conductos de alta conductancia; así cuando una corriente alterna (CA) de 20 y 100 khz es aplicada en el tórax, esta se distribuye en forma primaria vía fluidos extracelulares hacia los vasos sanguíneos (estos se comportan eléctricamente como conductores); consecuentemente, con cada incremento en el volumen sanguíneo aórtico durante la sístole, existe un incremento proporcional en la conductancia eléctrica aórtica. La relación entre estos dos cambios es expresada de la siguiente forma:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta R}{R}$$

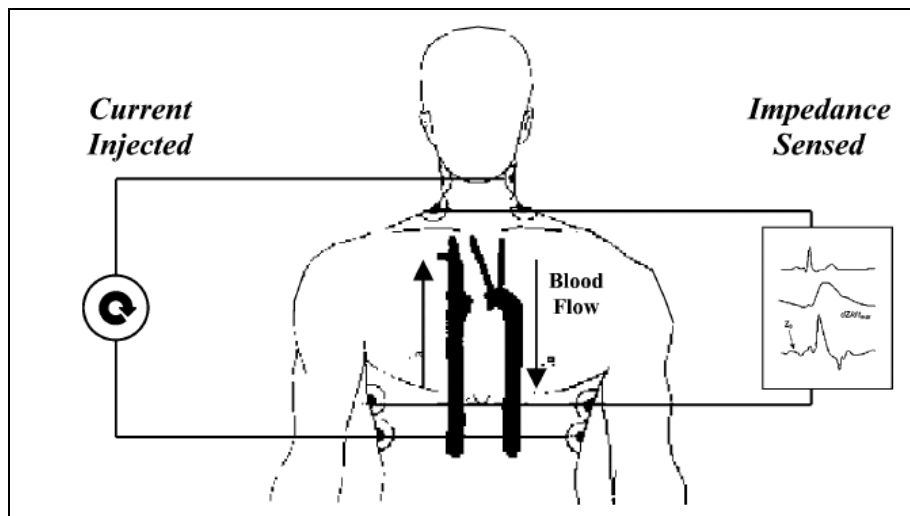
Donde  $\Delta V$  es igual al volumen latido,  $V$  es el volumen aórtico justo antes del inicio de la sístole,  $\Delta R$  es el cambio de la resistencia eléctrica en sístole (también llamada  $\Delta Z$  o variación de impedancia) y  $R$  es la resistencia (o impedancia) eléctrica de base (10).

Basado en los trabajos de Mann, Kedrov es el primero que realiza cálculos del gasto cardiaco utilizando los cambios en la impedancia eléctrica. Su formula: (11)

$$\Delta V = \frac{\Delta R}{R} \times \text{Peso corporal (g)}.$$

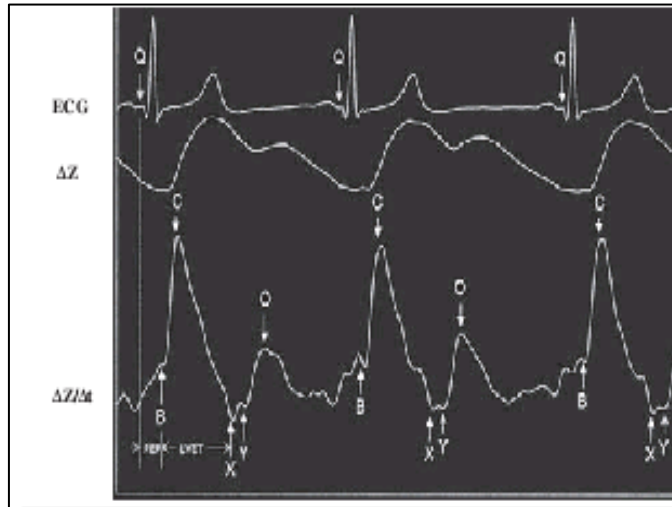
**R**

La CBT es una forma de pletismografía que utiliza los cambios en la impedancia eléctrica torácica, para estimar los cambios en el volumen sanguíneo en la aorta y los cambios del volumen de fluido en el tórax. El procedimiento consiste en la colocación de cuatro pares de sensores, dos a nivel del cuello en su base y otros dos en la línea media axilar a nivel del apéndice xifoides. Una corriente alterna de baja amplitud y alta frecuencia es liberada de los cuatros sensores externos y es detectada por los sensores internos que instantáneamente detectan los cambios en el voltaje.



El total de la impedancia torácica, llamada impedancia de base (**R**), es la suma de la impedancia de los componentes del tórax, que incluyen grasa, músculo cardiaco, esquelético, pulmón, tejido vascular, hueso y aire. Los cambios en la impedancia de base (**ΔR**) ocurren debido a cambios en volumen pulmonar durante la respiración y a cambios en el volumen y la velocidad de la sangre en los grandes vasos durante la sístole y la diástole.

Los rápidos componentes de los cambios de la impedancia de base torácica son filtrados por el software del equipo, para remover las variaciones de la respiración, dejando solo aquellos cambios debido a la eyección ventricular lográndose graficar un registro de ondas similares a la de presión arterial (primera derivada), con deflexiones positivas cuando la impedancia torácica disminuye y negativas cuando aumenta. La primera derivada de la onda de impedancia (grafica 1) es usada conjuntamente con el electrocardiograma, para determinar el inicio de la sístole eléctrica, la apertura de la válvula aórtica (B), el punto máximo de deflexión de la primera derivada (C) y el cierre de la válvula aórtica (X). A través del análisis de estos componentes se pueden medir y calcular flujo, función sistólica ventricular (índice de aceleración (IA), índice de velocidad (IV), y el cociente de tiempo sistólico (CTS)), resistencia y estatus del contenido torácico (12,13).



Gráfica 1.  $\Delta Z / \Delta t$ . Onda de la primera derivada, **Q** inicie despolarización ventricular; **B** apertura de la válvula aórtica y pulmonar; **C** máxima deflexión; **X** cierre de la válvula aórtica; **Y** Cierre de la válvula pulmonar.

Kerckamp HJ y Heethaar RM. Investigaron la habilidad de la CBT para evaluar la función ventricular sistólica, en comparación con los parámetros ecocardiográficos ya conocidos. Realizaron un estudio con 28 pacientes con afección cardiaca. El estudio demostró que la aplicación de la CBT es similar a la ECO-2D en la práctica clínica cardiológica. (14)

Charles W. Parrott, comparó los cambios en la fracción de eyección (FE) y el cociente de tiempo sistólico (CTS) de la CBT en 13 sujetos, de los cuales el 54% tenían una afección cardiaca isquémica. El estudio demostró una alta correlación con los cambios de la FE. (15).

El estudio realizado por Hartleb M. evaluó el uso de la CBT en el seguimiento de los ajustes hemodinámicos de adaptación durante el cambio postural y el ejercicio isométrico. 16 sujetos con un sistema cardiovascular intacto fueron analizados; el estudio concluyó que la CBT ofrecía una alternativa valiosa, en el monitoreo cardiovascular del volumen latido y gasto cardiaco, en sujetos con una función cardiovascular normal, pero el cálculo de la FE. estaba asociada con un alto riesgo de error (16).

Aunque la ecocardiografía bidimensional Doppler (ECO-2D) es una gran arma para la evaluación de la función sistólica, esta no siempre esta disponible las 24 horas en las unidades de cuidados intensivos, además, se requiere de un personal calificado para una adecuada interpretación y ofrece información en tiempo real lo que no permite el constante monitoreo del paciente.

Un simple método no invasivo con adecuada relación costo-efectividad, que nos permita el monitoreo constante de los cambios en la función ventricular, es deseable en la evaluación clínica y el manejo del paciente crítico.

Aunque algunos estudios preliminares han demostrado la eficacia de la CBT en la evaluación de la función ventricular, existen otros que han demostrado lo contrario, esto determina la necesidad de seguir realizando estudios prospectivos con el fin de determinar el valor independiente de la CBT en cuanto a la evaluación de la

misma, ya que la toma de decisiones que resulta de los datos obtenidos puede modificar las intervenciones terapéuticas realizadas, además de poder monitorizar la efectividad de las mismas.

El propósito de este estudio es **correlacionar** la FE obtenida por ECO-2D con el IA, IV, y CTS obtenidos por CBT, como evaluadores de la función sistólica ventricular.

## **PACIENTES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en el Hospital Español, de junio a septiembre de 2007, previa autorización del protocolo por el Comité de Ética de la Institución, con los siguientes criterios de inclusión: pacientes mayores de 15 años, con estudio de ECO – 2D y adecuada ventana ecocardiográfica, buen espectro de doppler y autorización mediante carta de consentimiento informado. Se excluyeron a los siguientes pacientes: Insuficiencia aórtica, coartación aórtica, aneurisma aórtico, corto circuito intracardiaco, fibrilación auricular, flutter auricular, contracciones ventriculares prematuras frecuentes (>6 por minuto), e impedimento para la colocación de los sensores de CBT. Y se eliminaron a los pacientes que durante el estudio desarrollaron una arritmia como fibrilación auricular, flutter auricular, contracciones ventriculares prematuras frecuentes (>6 por minuto).

Una vez incluidos los pacientes a quienes se les midió la FE por el método de Simpson modificado, CTS por el trazo electrocardiográfico y periodo eyectivo calculado por ECO – 2D, simultáneamente se colocaron los parches de electrodos por el investigador y se realizaron las mediciones por CBT y al obtener una adecuada señal en el equipo de CBT se imprimieron los trazos con los valores de referencia de la función sistólica del VI.

Todos los resultados de ecocardiografía, fueron grabados para la corroboración de los resultados por un segundo ecocardiografista quién no tenía conocimiento de los resultados de CBT, durante la obtención de los datos a correlacionar.

### **Análisis estadístico.**

Para describir la relación entre las variables, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se elaboró una curva ROC, con el propósito de determinar el rendimiento de la variable que mejor se correlacionará con la FE y nos ayudará a detectar una baja fracción de expulsión ( $\leq 50\%$ ). Para una significancia estadística del coeficiente de correlación en el presente trabajo se considerará una  $r \geq 0.7$

Se elaboró una hoja de recolección de datos en base al programa de Excel versión 2003, y se realizó el análisis estadístico mediante el programa SPSS, versión 14.



## RESULTADOS

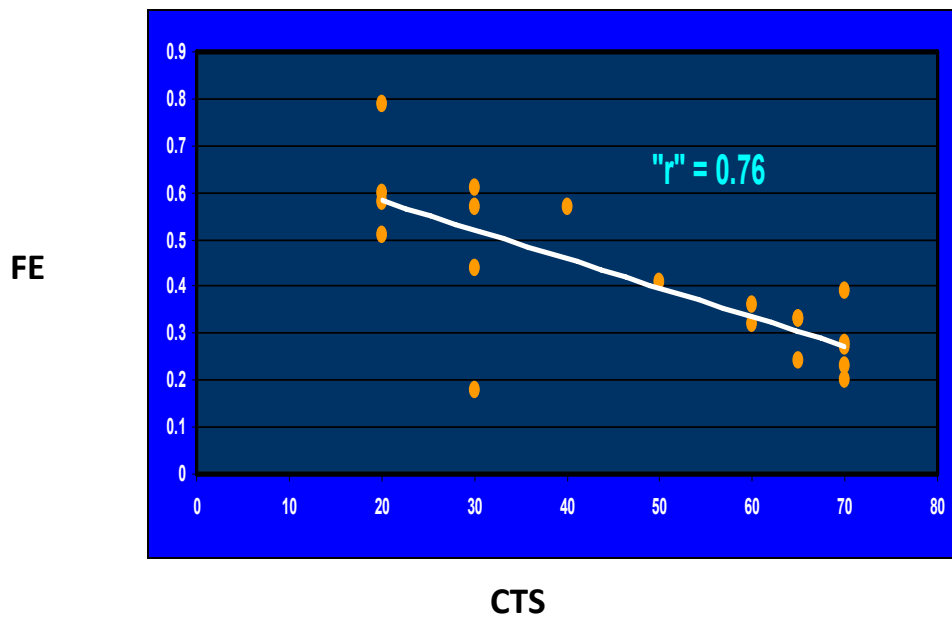
Durante el periodo de estudio se observaron 26 pacientes, de los cuales 6 fueron eliminados al momento de realizar el ECO-2D por la presencia de extrasístoles supraventriculares frecuentes 1 paciente, por fibrilación auricular 1 paciente, por diagnóstico de novo de insuficiencia aórtica 2 pacientes, por mala señal de CBT 2 pacientes. Las características de los pacientes se describen en la tabla 1, siendo el diagnóstico más frecuente, el de sepsis.

**Tabla 1: Variables demográficas**

VARIABLE	VALOR (%)
<b>Género</b>	
Masculino	11 (55.0)
Femenino	9 (45.0)
Edad	67.8+/- 2
<b>Diagnóstico</b>	
Sepsis	7 (35)
IAM.	4 (20)
EPOC.	3 (15)
Neumonía	3 (15)
Falla cardiaca	2 (10)
IRA.	1 (5)

En el análisis estadístico de las variables ECO vs. BIO el que mejor correlación mostró fue el de FE vs. CTS con una “r” de -0.76 y una  $p < 0.001$ . Lo cual se muestra en la grafica 1.

Gráfica 1: FE vs CTS por CBT.



El análisis de las variables IA e IV, estas no mostraron correlación con la FE medida por ECO-2D tabla 2. También se realizó la correlación del CTS obtenido por ECO-2D y la FE medida con una “r” de -0.87, se correlacionó el CTS obtenido por ECO-2D y CBT con una “r” de 0.92 y ambas con una  $p < 0.001$  tabla 2.

**Tabla (2).**

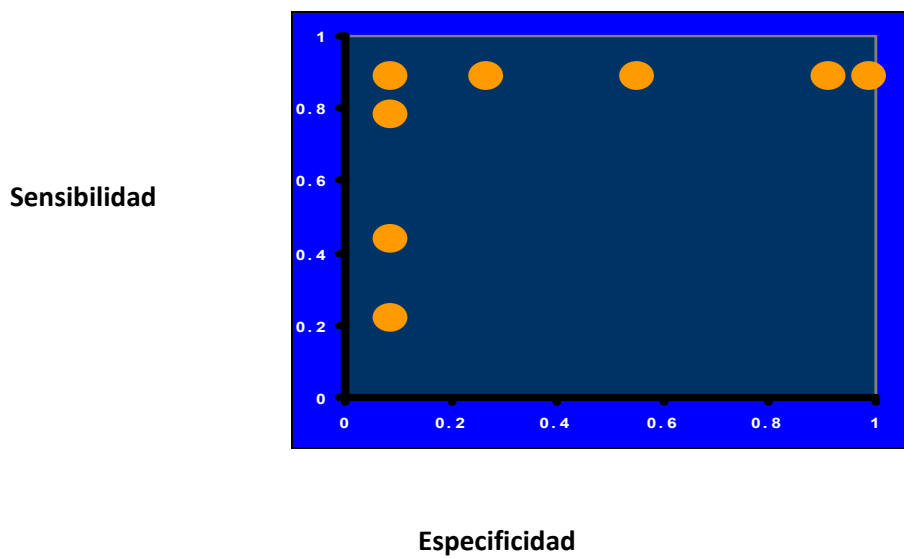
<b>Correlaciones</b>	<b>r*</b>	<b>p**</b>
FE vs TCS por ECO.	-0.87	< 0.001
TCS por ECO vs TCS por CBT.	0.92	< 0.001
FE vs IA por CBT.	0.28	0.287.
FE vs IV por CBT.	0.1	0.687

Notas: \*= Cociente de correlación, \*\*= *t de student*

La curva ROC construida para determinar el rendimiento del CTS como prueba diagnóstica para detectar una FE de  $\leq 50\%$  mostró un área de 0.89 grafica 2, con una sensibilidad del 89%, una especificidad del 91%, un valor predictivo positivo de 84%, un valor predictivo negativo de 91% y una exactitud de 90% tabla 3.

**Gráfica 2: Curva Roc**

**AUC = 0.89**



**Tabla: 3**

<b>FE vs. CTS</b>		
	<b>FE<sub>≤</sub>0.50</b>	<b>FE<sub>≥</sub>0.50</b>
<b>CTS<sub>≥</sub>0.40</b>	<b>8</b>	<b>1</b>
<b>CTS<sub>≤</sub>0.40</b>	<b>1</b>	<b>10</b>

<b>Sensibilidad</b>	<b>89%.</b>
<b>Especificidad</b>	<b>91%.</b>
<b>VPP.</b>	<b>84%.</b>
<b>VPN.</b>	<b>91%.</b>

## DISCUSIÓN

La CBT nos permite obtener una serie de variables como gasto cardiaco, contenido de flujo torácico y a diferencia de termodilución podemos adquirir variables que evalúan la función sistólica. Durante nuestra revisión bibliográfica encontramos pocos estudios que hayan valorado estas variables de función sistólica, la mayoría de ellos con muestras pequeñas y algunos retrospectivos, de aquí nace la necesidad de tener nuestra propia experiencia.

En este análisis prospectivo, el CTS. obtenido por CBT demostró una fuerte correlación con la FE de ECO-2D y fue capaz en forma razonable de distinguir una FE mayor del 50% y una FE menor del 50%, aunque no fue parte del diseño original del trabajo, se correlacionó el CTS obtenido por ECO-2D y la FE medida con una "r" de -0.87 y se correlacionó el CTS obtenido por ECO-2D y CBT con una "r" 0.92, lo que habla de una adecuada exactitud de este método.

No se pudo demostrar ninguna correlación entre las variables de FE e IA, IV medidos por CBT. No queda claro el porque de estos resultados, ya que podría atribuirse posiblemente en algunos casos a una no muy buena señal de impedancia, el equipo requiere de una perfecta señal de impedancia para poder obtener estas dos variables. Sin embargo, durante el tiempo de estudio se tuvo cuidado de que la señal de bioimpedancia fuera al menos adecuada para su interpretación.

Podemos inferir de los resultados del estudio, que la medición del CTS usando BIO, es un método relativamente simple de realizar, no es invasivo y puede ayudar a identificar pacientes con falla sistólica, para tomar decisiones y realizar el monitoreo terapéutico de éstas. Aunque el monitoreo no fue parte del estudio, esta es una de las grandes ventajas teóricas que ofrece esta tecnología y que probablemente abren la posibilidad de trabajos futuros que puedan valorar esta capacidad.

Una limitación que se encontró durante el estudio para la aplicación del equipo de BIO., fueron los criterios de exclusión, situaciones que reducen el número de pacientes que pueden acceder a esta tecnología, ya que muchas de estas están presentes en el paciente crítico, sin embargo, en pacientes bien seleccionados esta no deja de ser una buena alternativa.

Entre las limitaciones del estudio podemos señalar, el tamaño pequeño de la muestra, los pacientes no fueron incluidos en forma secuencial, durante la última fase del estudio se buscaron pacientes con baja función sistólica para ampliar el rango de mediciones, estos fueron 5 en total, en una sola toma de mediciones de ECO y CBT, es posible que comparaciones seriadas muestren cambios significativos entre las variables analizadas por lo que mencionamos la importancia de valorar esta tecnología para el monitoreo de sus diferentes variables.

## **CONCLUSIONES**

Existe una alta correlación entre el CTS medido por CBT y la FE medido por ECO 2D, además de la excelente capacidad discriminativa para identificar pacientes con FE baja con la ventaja de ser un procedimiento no invasivo. Esta correlación no se presentó al comparar las variables de IA e IV; sin embargo, se requieren estudios con poblaciones mayores para reforzar o refutar los resultados del presente estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Marc A. Silver, MD; Pamela Cianci, MSN; et al. Evaluation of impedance cardiography as an alternative to pulmonary artery catheterization in critically ill patients. CHF.2004;10(suppl2);17-21.
2. Stevenson LW, Perloff JK. The limited reliability of physical signs for estimating hemodynamics in chronic heart failure. JAMA 1989;261:884-888.
3. Joseph MX. Et al. Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. CHEST 2004;126:1592-1597.
4. Ozier Y, Gueret, et al. Two dimensional echocardiographic demonstration of acute myocardial depression in septic shock. Critical Care Med 1984;12:596-599.
5. E. Huttemann. et al. Transoesophageal echocardiography in critical care. Minerva Anesthesiol 2006;72:891-913.
6. Miyatake K, Yamagishi M, Tanaka N, et al. New method for evaluating left ventricular wall motion by color-coded tissue Doppler imaging. J Am Coll Cardiol 1995;25:717-724.
7. S. Price, E. Nicol, et al. Echocardiography in the critically ill : current and potential roles Intensive Care Med 2006;32:48-59.
8. Kazuhiko N, Kawasaki M, et al. Usefulness of thoracic electrical bioimpedance cardiography: noninvasive monitoring of cardiac output. J Card Fail 2003;9(suppl):S107.



9. Mann H: Study of peripheral circulation by means of an alternating current bridge. Proc Soc Exp. Biol Med 1937;36:670-673.
10. Yaron Moshkovitz, Edo Kaluski, et al. Recent developments in cardiac output determination by bioimpedance: comparison with invasive cardiac output and potential cardiovascular applications. Curr Opin Cardiol 2004;19:229-237.
11. Kedrov AA. About of the new method of determination pulsate oscillations of blood filling in the different parts of the human body. Klin Med 1941;19:71-80
12. John E. Strobeck, MD, PhD; Marc A. Silver, MD. Beyond the four quadrants: The critical and emerging role of impedance cardiography in heart failure. Journal of Cardiac failure 2004; 10(suppl 4):S38.
13. Sodolski, Kutarski A., et al. Impedance cardiography : A valuable method of evaluating haemodynamic parameters. Cardiol J. 2007;14(2):115-26.
14. Kerckamp HJ., Heethaar RM., et al. A comparison of bioimpedance and echocardiography in measuring systolic heart function in cardiac patients. Ann N Y Acad Sci 1999(20);873:149-54.
15. Parrott cw, Burnham KM, et al. Comparison of changes in ejection fraction to changes in impedance cardiography cardiac index and systolic time ratio. Congestive Heart Fail 2004 10(2 suppl 2);11-3
16. Hartleb M, Rudzki K, et al. Usefulness of thoracic electrical bioimpedance in detection of ejection fraction changes. J Physiol Pharmacol 2000 Mar;51(1):151-9.