

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE MEDICINA  
HOSPITAL ESPAÑOL DE MEXICO  
UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA  
"ALBERTO VILLAZON SAHAGÚN"**

**"Relación entre los parámetros hemodinámicos obtenidos  
por método de cardiobioimpedancia en pacientes sanos y  
enfermos "**

**TESIS DE POSTGRADO**

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

**MEDICINA INTERNA**

**PRESENTA:**

**Dr. José Antonio Herrera Ibarra**

**ASESOR DE TESIS:**

**Dr. Ulises Wilfrido Cerón Díaz**

**MEXICO D.F.**

**Mayo 2009**



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.

---

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

---

**DR. FRANCISCO RUIZ MAZA**  
**PROFESOR TITULAR DE CURSO**  
**MEDICINA INTERNA**  
**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**  
**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.

A mi esposa Aranzazú por ser mi compañera de vida en las buenas y en las malas.

A mi hija Sofía Isabel porque su presencia y ternura me permite conocer más a Dios.

## RECONOCIMIENTOS

Agradezco al Dr. Ulises Wilfrido Cerón Díaz, su amistad, 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.

A los pacientes de la Unidad de Terapia Intensiva, maestros de vida.

INDICE  
PAGINA

I. RESUMEN.....	6
II. INTRODUCCION .....	7
III.OBJETIVOS.....	12
IV. SUJETOS Y MÉTODOS.....	12
V. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	14
VI. RESULTADOS.....	14
VII. DISCUSION.....	21
VIII. CONCLUSIONES.....	23
IX. CONFLICTO DE INTERESES.....	24
X. BIBLIOGRAFÍA.....	25

## RESUMEN

La cardiobioimpedancia es un método no invasivo que permite el cálculo y registro de variables hemodinámicas. El presente trabajo se investiga la relación que existe entre los parámetros hemodinámicos (cociente de tiempo sistólico, índice de aceleración e índice de velocidad) obtenidos por método de cardiobioimpedancia en sujetos sanos y enfermos.

Como objetivo secundario se observó la correlación existente entre la fracción de expulsión obtenida por método ecocardiográfico y el cociente de tiempo sistólico además de los índices de aceleración y velocidad.

Nuestros resultados muestran que los Índices de Velocidad y Aceleración (IV e IA) muestran buena correlación al ser medidos tanto en sujetos sanos como enfermos. Ambos índices indican de manera indirecta el inotropismo cardíaco.

El Cociente de Tiempo Sistólico (CTS) no correlacionó en el estudio con los IA, los IV y el CTS. Existen estudios donde el CTS correlaciona con la Fexp medida por método ecocardiográfico.

En los datos obtenidos en el presente estudio no hubo enfermos con CTS alto con Fexp baja, lo cual constituye una limitante importante en la interpretación de los datos.

Sin embargo, la fracción de expulsión medida por método ecocardiográfico en los pacientes de la UTI correlacionó con los IV y los IA, lo cual se tendría que corroborar en un estudio de mayor número de pacientes para ver si persiste dicha correlación.

Surgen interrogantes interesantes como si se puede utilizar los IA y los IV como predictores de función sistólica en pacientes internados en una UTI o como predictores de enfermedad coronaria en pacientes vistos en consulta clínica.

## **INTRODUCCIÓN**

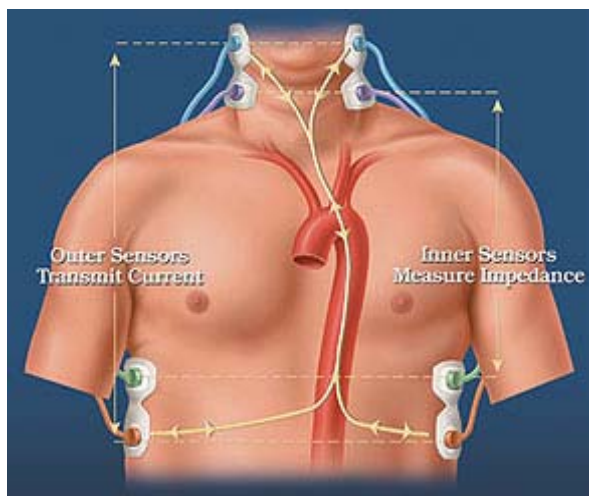
Dentro de las metodologías de estudio hemodinámico no invasivas se encuentra actualmente la bioimpedancia torácica. La cardiobioimpedancia o bioimpedancia cardíaca es un método no invasivo para obtener parámetros hemodinámicos, incluyendo medidas de flujo sanguíneo (volumen latido, gasto cardíaco), post-carga (resistencia vascular sistémica), trabajo cardíaco (trabajo cardíaco de ventrículo izquierdo), función sistólica (índices de aceleración y velocidad), estatus de flúidos (contenido de flúido 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 cardiobioimpedancia 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.



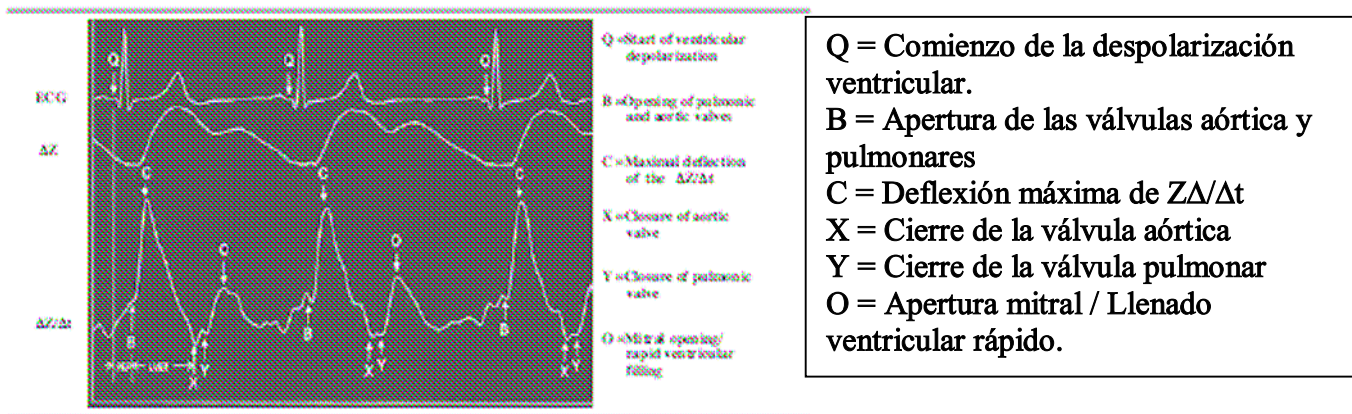
**FIGURA 1**



Una corriente eléctrica alterna de baja amplitud y alta frecuencia es entregada de los 4 sensores externos y los 4 sensores internos detectan los cambios instantáneos en el voltaje. Como lo sugiere la ley de Ohm, cuando una corriente eléctrica es aplicada al tórax, los cambios en el voltaje son directamente proporcionales a los cambios en la impedancia. La impedancia torácica total, llamada impedancia base ( $Z_0$ ), es la suma de la impedancia de los componentes torácicos, incluyendo la grasa, tejidos cardíacos y músculo esquelético, tejido pulmonar y vascular, tejido óseo y aire. Cambios en  $Z_0$  ocurren por cambios en los volúmenes pulmonares con la respiración y cambios en el volumen y velocidad sanguíneos en los grandes vasos durante la sístole y

la diástole. El componente rápidamente cambiante de la impedancia torácica ( $\Delta Z$ ) es filtrado con la finalidad de eliminar las variaciones respiratorias, dejando los cambios en la impedancia ocasionados por la eyección ventricular. Figura 1-A ilustra cómo la primera derivada de la forma de onda de impedancia ( $\Delta Z/\Delta t$ ) es utilizada con un electrocardiograma para determinar el comienzo de la sístole eléctrica, apertura de la válvula aórtica, deflexión máxima de la forma de onda ( $\Delta Z/\Delta t$ ) y el cierre de la válvula aórtica.

Figura 1 A



De aquí que una serie de parámetros son medidos y calculados (Tabla A). La primera derivada también es utilizada para incorporarla en la ecuación de la que se deriva el cálculo del volumen latido, siguiendo un modelo matemático descrito por Kinnen y Kubicec en 1964. (modelo del cilindro torácico) y que genera la siguiente fórmula:

$$SV = P_b \frac{l^2}{Z^2} \left| \frac{dZ}{dt} \right|_{\min} \cdot t_e$$

Estos parámetros son continuamente mostrados en la pantalla del monitor de bioimpedancia e impresos en un reporte de monitoreo hemodinámico. Figura 1B.

Tabla A

<b>Table A Impedanciografía cardíaca / Parámetros y Definiciones</b>		
<b>Parámetro hemodinámico por impedancia</b>	<b>Definición</b>	<b>Valores normales</b>
Contenido de Fluidos Torácicos (CFT)	Representa el contenido neto de fluidos en el tórax.	Hombres: 30-50 kW <sup>-1</sup> Mujeres: 21-37 kW <sup>-1</sup>
Volumen Latido (VL)	Cantidad de sangre expulsada por el corazón en cada latido.	70-100 ml/latido (en reposo)
Indice Cardíaco (IC)	Volumen de sangre expulsado del corazón cada minuto; (Frecuencia cardíaca X Vol latido)	2.5-4.5 L/min/m <sup>2</sup>
Indice 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 <sup>-1</sup> seg <sup>-1</sup>
Indice de Aceleración (IA)	Indice de aceleración pico del flujo aórtico sanguíneo y una medida real del estado inotrópico cardíaco; independiente de la postcarga.	70 - 170 x 100 <sup>-1</sup> seg
Presión Arterial Media	Presión arterial promedio	70-90 mm Hg

(PAM)	a través del ciclo cardíaco.	
Presión Venosa Central (PVC)	Presión promedio de la aurícula derecha en el ciclo cardíaco.	2-8 mm Hg
Resistencia Vasculat Sistémica (RVS)	Fuerza a vencer por parte del ventrículo para expulsar sangre a través de la aorta. (postcarga)	800 – 1200 dinas/seg/cm <sup>5</sup>
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).	
Indice de Trabajo Cardíaco Izquierdo (ITCI)	Cantidad de trabajo del ventrículo izquierdo realizado cada minuto al eyectar sangre	3 – 5 kg/min/m <sup>2</sup>

**Figura 1 B**

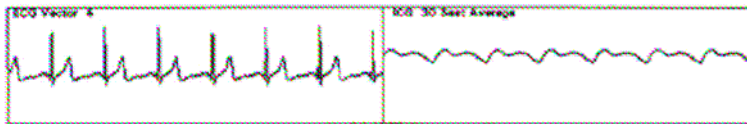
*Hemodynamic Status Report*

Name: \_\_\_\_\_ Age: 83 Height: 5 ft 2 in  
 ID: \_\_\_\_\_ Sex: Female Weight: 145 lb  
 BSA: 1.67 m<sup>2</sup>

30 Beat Average

Page 1 of 1

Parameter	Description	Value	Low	Normal	High
HR	Heart Rate	70	55	88	
SBP	Systolic Blood Pressure	135	100	140	
DBP	Diastolic Blood Pressure	90	80	90	
MAP	Mean Arterial Pressure	105	84	100	
CI	Cardiac Index	2.2	2.5	4.7	
CO	Cardiac Output	3.7	4.2	7.8	
SI	Stroke Index	3.2	30	65	
SV	Stroke Volume	52	40	108	
SVRI	Systemic Vascular Res. Index	3562	1337	2482	
SVR	Systemic Vascular Resistance	2159	74.2	137.8	
ACI	Acceleration Index	106	90	170	
VI	Velocity Index	48	32	65	
TFC	Thoracic Fluid Content	64.8	21.0	37.0	
LCWI	Left Cardiac Work Index	3.0	3.0	8.5	
LCW	Left Cardiac Work	5.0	3.4	10.0	
STR	Systolic Time Ratio	0.45	0.30	0.60	
PEP	Pre-Ejection Period	121			
LVET	Left Ventricular Ejection Time	265			



Clinical Note: \_\_\_\_\_

Data Collection: 08/08/01 at 09:45  
 Report Generated: 08/08/01 at 09:45  
 Signature: \_\_\_\_\_

**OBJETIVO**

El presente trabajo tiene como objetivo investigar la relación que existe entre los parámetros hemodinámicos (cociente de tiempo sistólico, índice de aceleración e índice de velocidad) obtenidos por método de cardiobioimpedancia en sujetos sanos y enfermos.

Como objetivo secundario se pretende observar la correlación existente entre la fracción de expulsión obtenida por método ecocardiográfico y el cociente de tiempo sistólico además de los índices de aceleración y velocidad.

#### **SUJETOS Y METODO:**

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y comparativo en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Español de México. La captación de datos se realizó a partir del mes de agosto del 2006 a septiembre del 2006 para los valores obtenidos en sujetos sanos y del mes de enero del 2006 a septiembre del 2006 para los valores obtenidos en sujetos enfermos (pacientes que estuvieron en la Unidad de Terapia Intensiva y requirieron durante su internamiento monitorización con el aparato de bioimpedancia).

Se recolectaron parámetros hemodinámicos de 7 sujetos sanos y 14 sujetos enfermos.

El grupo de 14 sujetos enfermos contaba además con mediciones ecocardiográficas de la fracción de expulsión que se realizaron durante su estancia en la UCI cuando simultáneamente contaban con registros en tiempo real de cardiobioimpedancia.

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).

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).

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

Se realizó un análisis de correlación entre los registros hemodinámicos obtenidos 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% ( $\pm$  1.96 Desviación Estándar).

## **DISEÑO ESTADÍSTICO**

Se realizó un análisis de correlación entre los registros hemodinámicos obtenidos tanto en sujetos sanos como en pacientes (sujetos enfermos). Los resultados fueron expresados en medias e intervalos de confianza del 95% ( $\pm$  1.96 Desviación estándar ).

## **RESULTADOS**

El grupo de sujetos sanos ( $n = 7$ ) se realizó un total de 21 mediciones que fueron capturadas con el aparato de bioimpedancia. De los sujetos sometidos a estudio en el grupo de sujetos sanos, 5 fueron de género masculino y 2 del género femenino. Este grupo oscilaba entre los 22 y 28 años de edad.

4 individuos con actividad física regular semanal (ejm trotar, ejercicios aeróbicos) y 3 no practicaban actividad física alguna.

En el grupo de enfermos ( $n= 14$  pacientes) se realizaron un total de 42 mediciones con el aparato de bioimpedancia. Este grupo de pacientes oscilaba entre los 55 y 75 años de edad y cursaban con distintas patologías (shock séptico, hemorrágico, insuficiencia cardíaca etc.).

## **SUJETOS SANOS**



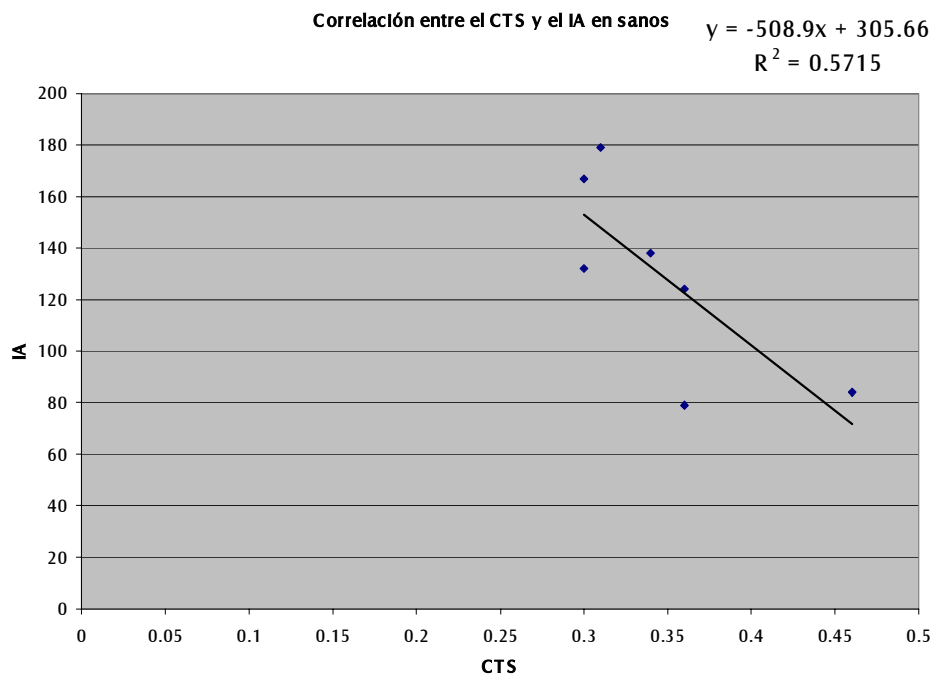
En el grupo de sujetos sanos el promedio de CTS fue de  $0.34 \pm 0.056$ , el promedio de IA fue de  $129 \pm 37.824 /100 \text{ seg}^2$  , el promedio de IV fue de  $67.85 \pm 20.128 /1000 \text{ segs.}$  **Tabla 1.**

**TABLA 1**

Número	CTS 1	IA 1	IV 1
2	0.34	138	66
2	0.3	132	70
2	0.31	179	93
2	0.36	124	71
2	0.36	79	44
2	0.46	84	41
2	0.3	167	90
Promedio	0.34	129	67.85
DE	0.05	37.82	20.12

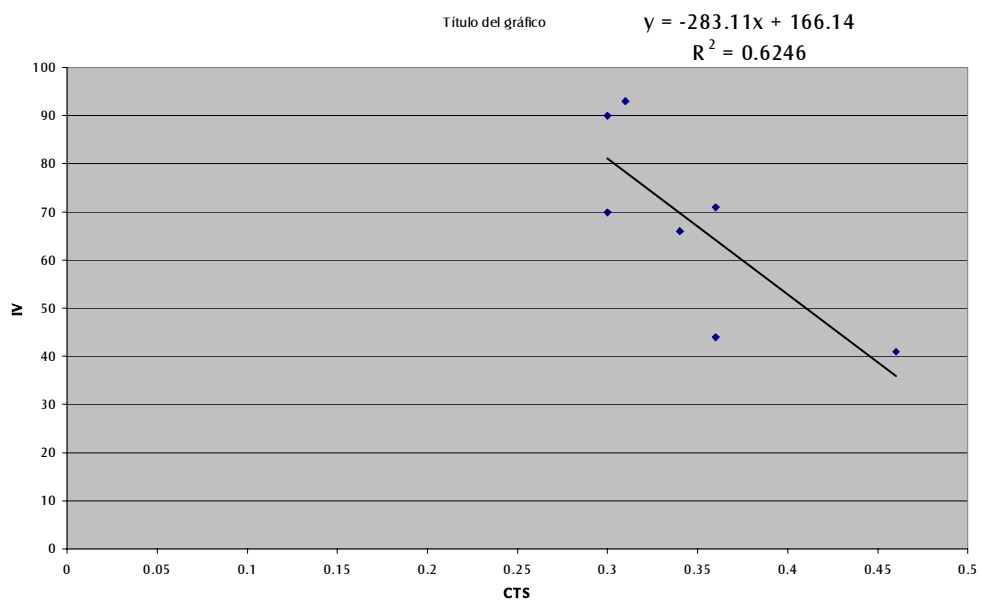
La correlación entre el CTS y el IA en el grupo de sujetos sanos mostró una r de 0.756 (Figura 2)

**Figura 2**



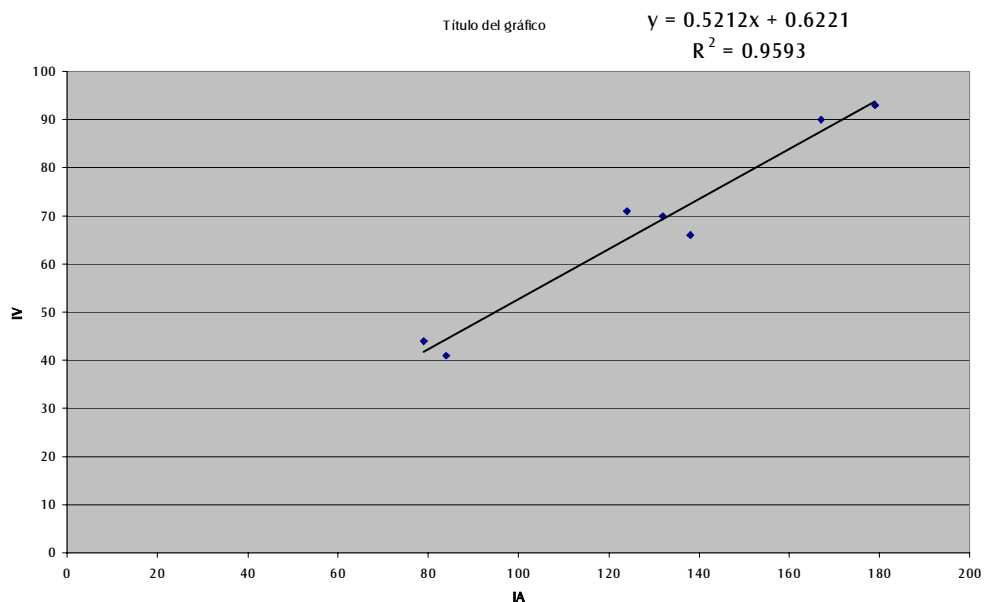
La correlación entre el CTS y el IV en el grupo de sujetos sanos mostró una  $r$  de 0.790 (Figura 3)

Figura 3



La correlación entre IA e IV en sujetos sanos mostró una  $r = 0.979$  (Figura 4)

Figura 4



SUJETOS ENFERMOS

En el grupo de sujetos enfermos (pacientes) el promedio de CTS fue de  $0.35 \pm 0.098$ ; el promedio de IA fue de  $72.928 \pm 35.024 /100 \text{ seg}^2$ ; el promedio de IV fue de  $33.928 \pm 13.975 /1000 \text{ segs.}$  **Tabla 2**

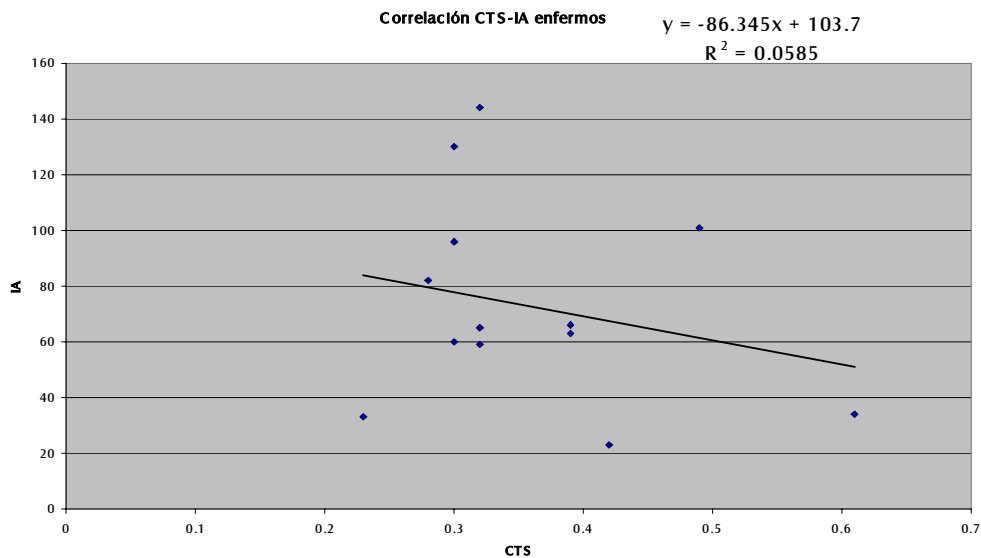
**TABLA 2**

CTS	IA	IV	
0.3	96	42	
0.32	144	59	
0.32	59	30	
0.3	60	32	
0.3	130	56	
0.28	82	47	
0.32	65	30	
0.39	66	29	
0.23	33	22	
0.61	34	13	
0.49	101	45	
0.39	63	29	
0.32	65	25	
0.42	23	16	
Promedio	0.35	72.92	33.92
DE	0.09	35.02	13.97

La correlación entre el CTS y el IA en sujetos enfermos mostró una  $r = 0.242$

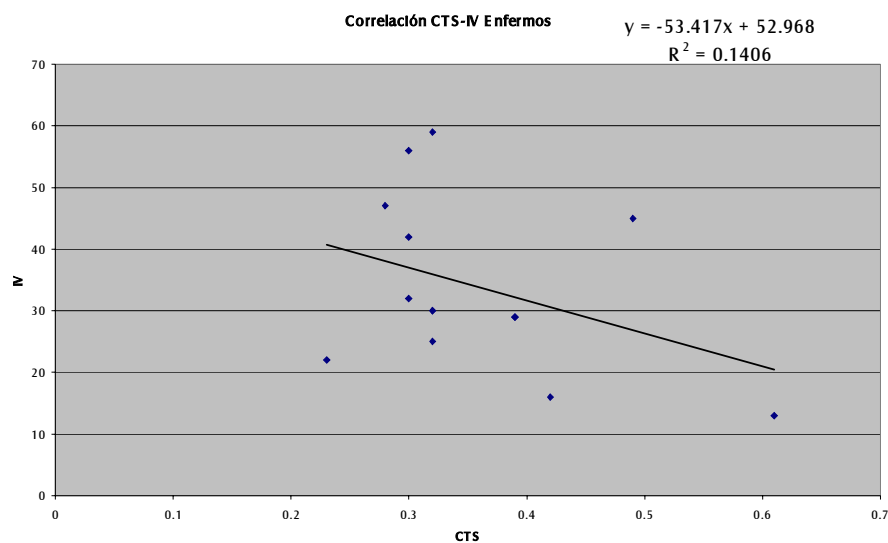
(Figura 5)

**Figura 5**



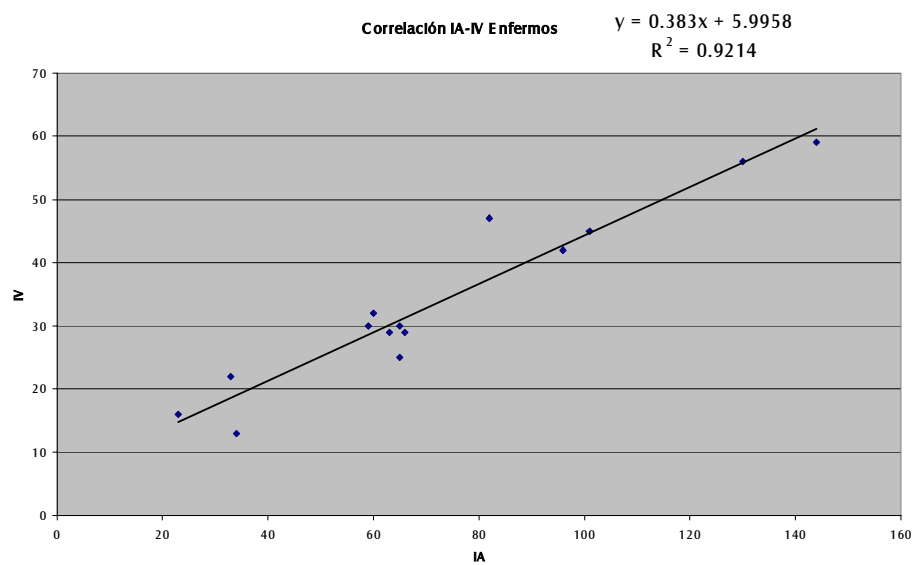
La correlación entre el CTS y el IV en sujetos enfermos mostró una  $r = 0.375$  (Figura 6)

Figura 6



La correlación entre el IA y el IV en sujetos enfermos mostró una  $r = 0.959$  (Figura 7)

Figura 7



De los 14 sujetos enfermos se realizaron medidas ecocardiográficas de fracción de expulsión de manera simultánea al estar monitorizados por el aparato de cardiobiompedancia, tomándose registro de CTS, IA e IV. (Tabla 3)

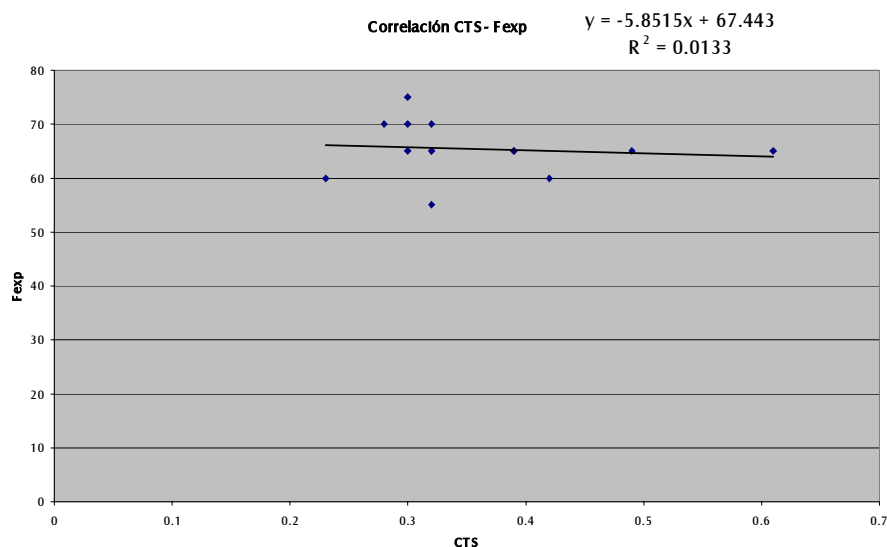
**Tabla 3**

Edad	Fexp	CTS	IA	IV
81	70	0.3	96	42
46	70	0.32	144	59
48	55	0.32	59	30
69	65	0.3	60	32
45	75	0.3	130	56
78	70	0.28	82	47
69	65	0.32	65	30
70	65	0.39	66	29
84	60	0.23	33	22
79	65	0.61	34	13
84	65	0.49	101	45
78	65	0.39	63	29
81	65	0.32	65	25
88	60	0.42	23	16

La correlación entre la fracción de expulsión (Fexp) y CTS mostró una  $r = 0.115$

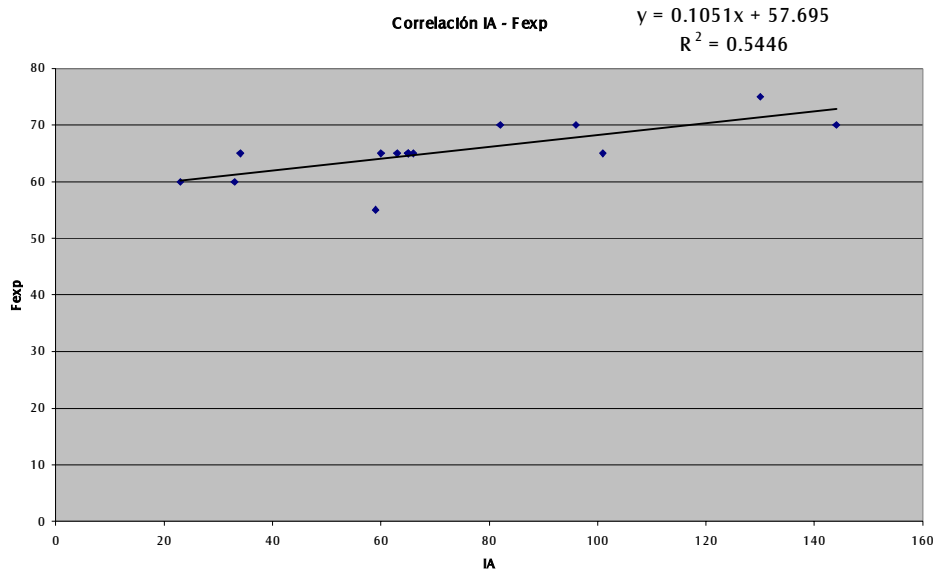
(figura 8)

**Figura 8**



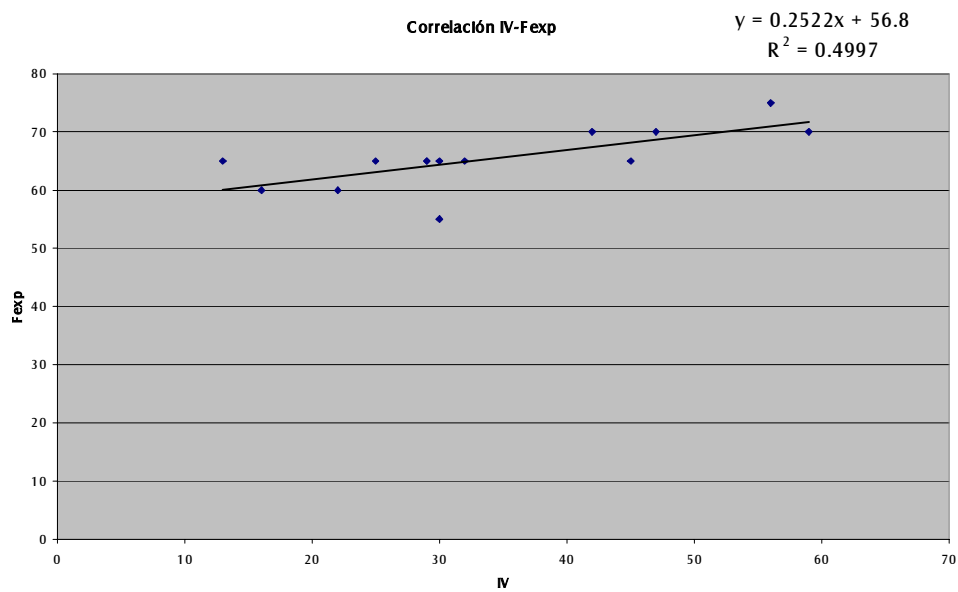
La correlación entre IA y la Fexp mostró una  $r= 0.738$  (Figura 9)

Figura 9



La correlación entre la Fexp y el IV mostró una  $r= 0.707$  (Figura 10)

Figura 10



## DISCUSIÓN

Dentro de los parámetros analizados por la cardiobioimpedancia, el índice de velocidad (IV) y el índice de aceleración (IA) nos brindan información sobre los cambios de velocidad y aceleración del flujo sanguíneo a través de la aorta y que de forma indirecta nos indican los estados de contractilidad e inotropismo cardíacos.

Otro parámetro ampliamente utilizado como un dato indirecto de la sístole eléctrica es el cociente de tiempo sistólico (CTS). Existen estudios donde este parámetro ha tenido buena correlación con la fracción de expulsión medida por método ecocardiográfico (4).

En el presente estudio destacan observaciones interesantes:

- 1.- Se observaron coeficientes de correlación de Pearson entre los IA y los IV tanto en el grupo de sujetos sanos como en el grupo de enfermos (0.97 en sanos y 0.95 en enfermos), lo cual indica una buena fuerza de relación entre estos parámetros.
- 2.- Se observaron coeficientes de correlación de Pearson entre los CTS y los IA e IV de 0.75 y 0.79 respectivamente en el grupo de sujetos sanos. Sin embargo en el grupo de sujetos enfermos no se observa relación alguna entre estos parámetros ( $r=0.24$  y  $r=0.37$  para IA e IV respectivamente)
- 3.- En el grupo de sujetos enfermos, el coeficiente de correlación de Pearson que mostró el CTS vs la fracción de expulsión ecocardiográfica ( $F_{exp}$ ) fue de 0.11 lo cual va en contra de lo demostrado en otros estudios al respecto. Sin

embargo la correlación fue mayor al compararse la Fexp con los IV e IA (0.70 y 0.73 respectivamente).

En la tabla 4 se brindan las correlaciones encontradas en el presente estudio, tanto en sujetos sanos como enfermos.

**Tabla 4**

CTS vs	IA	r= 0.75	S anos
CTS vs	IV	r=0.79	S anos
IA vs	IV	r=0.97	S anos
CTS vs	IA	r=0.24	E nfermos
CTS vs	IV	r=0.37	E nfermos
IA vs	IV	r=0.95	E nfermos
F exp vs	CTS	r=0.11	E nfermos
F exp vs	IA	r=0.73	E nfermos
F exp vs	IV	r=0.70	E nfermos

Es importante señalar que el registro y análisis de datos obtenidos por monitoreo de cardiobioimpedancia pudieran en algunas situaciones presentar limitaciones; esto debido a una colocación errónea de los parches de monitoreo, uso en pacientes con contraindicaciones establecidas como:

- 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).



Todos estos factores pueden alterar la señal del monitoreo conduciendo a interpretaciones erróneas y malas decisiones terapéuticas.

## CONCLUSIONES

En base al estudio realizado se puede llegar a las siguientes conclusiones:

Los Índices de Velocidad y Aceleración (IV e IA) muestran buena correlación al ser medidos tanto en sujetos sanos como enfermos. Ambos índices indican de manera indirecta el inotropismo cardíaco.

El Cociente de Tiempo Sistólico (CTS) no correlacionó en el estudio con los IA, los IV y el CTS. Existen estudios donde el CTS correlaciona con la Fexp medida por método ecocardiográfico.

En los datos obtenidos en el presente estudio no hubo enfermos con CTS alto con Fexp baja, lo cual constituye una limitante importante en la interpretación de los datos.

Sin embargo, la fracción de expulsión medida por método ecocardiográfico en los pacientes de la UTI correlacionó con los IV y los IA, lo cual se tendría que corroborar en un estudio de mayor número de pacientes para ver si persiste dicha correlación.

Surgen interrogantes interesantes como si se puede utilizar los IA y los IV como predictores de función sistólica en pacientes internados en una UTI o como predictores de enfermedad coronaria en pacientes vistos en consulta clínica.

### **Conflicto de Intereses**

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

## 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.