

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



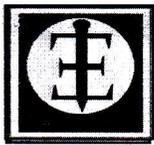
**CORRELACIÓN DEL GASTO CARDIACO POR ECOCARDIOGRAFÍA Y
MÉTODO DE FICK CON SANGRE VENOSA PERIFÉRICA EN PACIENTES
CON FALLA CARDIACA**

**MARIO JAVIER LUNA CARRERA
SERGIO RODOLFO RAMÍREZ ORTÍZ**

Tesis

Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna
Para obtener el grado de
Maestros en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna

Julio 2016



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

Los Doctores: Mario Javier Luna Carrera

Carné Universitario No.: 100022995

Sergio Rodolfo Ramírez Ortíz

Carné Universitario No.: 100022994

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro (a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Medicina Interna**, el trabajo de tesis **CORRELACIÓN DEL GASTO CARDIACO POR ECOCARDIOGRAFÍA Y MÉTODO DE FICK CON SANGRE VENOSA PERIFÉRICA EN PACIENTES CON FALLA CARDIACA**

Que fue asesorado: Dra. Mayra E. Cifuentes

Y revisado por: Dr. Edgar Rodríguez

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para julio 2016.

Guatemala, 04 de julio de 2016

Dr. Carlos Humberto Vargas Reyes MSc

Director

Escuela de Estudios de Postgrado



/mdvs

2ª. Avenida 12-40, Zona 1, Guatemala, Guatemala

Tels. 2251-5400 / 2251-5409

Correo Electrónico: especialidadesfacmed@gmail.com

Guatemala, 18 de marzo de 2016

Doctor
Edgar Axel Oliva González MSc.
Coordinador Específico de Programas de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

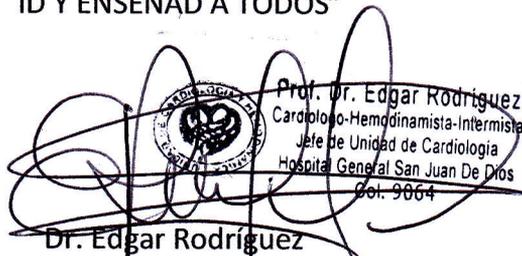
Estimado doctor Oliva González:

Por este medio, le informo que asesoré el contenido del Informe Final de Tesis con el título: “ **Correlacion del Gasto Cardíaco por ecocardiografía y método de Flick con sangre venosa periférica en pacientes con falla cardíaca**”, presentado por los doctores Mario Javier Luna Carrera y Sergio Rodolfo Ramírez Ortiz el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna del Hospital General San Juan de Dios y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Prof. Dr. Edgar Rodríguez
Cardiologo-Hemodinamista-Intermedia
Jefe de Unidad de Cardiología
Hospital General San Juan De Dios
Cot. 9064

Dr. Edgar Rodríguez
Asesor de Tesis
Maestría en Ciencias Médicas con
Especialidad en Cardiología
Hospital General San Juan de Dios



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala 18 de marzo de 2016

Doctor
Edgar Axel Oliva González MSc.
Coordinador Específico de Programas de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

Estimado doctor Oliva González:

Por este medio, le informo que revisé el contenido del Informe Final de Tesis con el título: **“Correlacion del Gasto Cardiaco por ecocardiografía y método de Flick con sangre venosa periférica en pacientes con falla cardiaca”**, presentado por los doctores Mario Javier Luna Carrera y Sergio Rodolfo Ramírez Ortíz el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna del Hospital General San Juan de Dios y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dra. Mayra Cifuentes
Revisor de tesis
Jefe de Departamento
Medicina Interna
Hospital General San Juan de Dios

DRA. MAYRA E. CIFUENTES
MEDICO Y CIRUJANO
COL. 5914

INDICE

	Resumen.....	i
I.	Introducción.....	1
II.	Antecedentes.....	3
III.	Objetivos	12
IV.	Material y Método.....	13
	4.1 Tipo de estudio.....	13
	4.2 Población.....	13
	4.3 Muestra.....	13
	4.4 Criterios de Inclusión.....	13
	4.5 Criterios de exclusión	13
	4.6 Técnica, procesos e instrumentos utilizados en la recolección.....	
	de datos.....	13
	4.7 Plan de procesamiento y análisis	14
	4.8 Alcances y limites.....	14
	4.9 Aspectos Éticos	17
V.	Resultados.....	18
VI.	Discusión y Análisis.....	21
	6.1 Conclusiones.....	23
	6.2 Recomendaciones.....	24
VII.	Referencias Bibliográficas.....	25
VIII.	Anexos	27
	8.1 Anexo 1 Boleta de recolección de datos.....	27
	8.2 Anexo 2 Consentimiento informado	28

RESUMEN

Contexto: No hay estudios que validen el uso de sangre venosa periférica para calcular el gasto cardiaco por método de Fick. **Objetivos:** Correlacionar la medición del gasto cardiaco por ecocardiografía y por método de Fick calculado con sangre venosa periférica en pacientes con insuficiencia cardiaca. **Método:** Estudio de correlación. Se calculó el gasto cardiaco de 30 pacientes que ingresaron al servicio de Medicina Interna y cardiología del Hospital General San Juan de Dios con diagnóstico de insuficiencia cardiaca, utilizando ecocardiograma y con la fórmula de Fick usando sangre venosa periférica. **Resultados:** El 63.3% eran mujeres, la edad promedio fue de 58 (± 7.41) años. El gasto cardiaco promedio calculado por ecocardiograma fue de 4.06 L/min (± 1.36 L/min) y por formula de Fick de 4.21 L/min (± 1.23 L/min). El coeficiente de correlación de Spearman obtenido fue de 0.43 ($p=0.01$). **Conclusiones:** Se encontró correlación moderada (r 0.43) entre el gasto cardiaco medido por Fick con sangre periférica y ecocardiografía.

Palabras clave: Gasto cardiaco, insuficiencia cardiaca, ecografía, gasometría.

I. INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardiaca (IC) es un síndrome clínico que ocurre en pacientes que, a causa de una anomalía hereditaria o adquirida del corazón, ya sea estructural, funcional o ambas, desarrolla síntomas (disnea y fatiga) y signos (edema y estertores) que conducen con frecuencia a hospitalización y mala calidad de vida, así como menor esperanza de vida(1).

Este diagnóstico representa un problema de salud pública que presenta una incidencia que va en aumento a nivel mundial, La Asociación Americana del Corazón en el año 2013 estimó que había 5,1 millones de personas con insuficiencia cardiaca en los Estados Unidos y más de 650,000 nuevos casos diagnosticados anualmente(2). Esto debido al envejecimiento poblacional y prolongación de la vida de los pacientes cardiopatas gracias a los nuevos tratamientos, así como al aumento en la prevalencia de enfermedades crónicas como insuficiencia renal crónica, diabetes mellitus e hipertensión arterial(1).

En pacientes con insuficiencia cardiaca la medición del gasto cardiaco, que indica la cantidad de sangre que bombea el corazón hacia la aorta cada minuto, o la cantidad de sangre que fluye por la circulación, según las últimas guías, está recomendada en pacientes con perfusión disminuida, con hipotensión o con deterioro de la función renal, en quienes no es posible estimar el exceso de las presiones de llenado intracardiaco, especialmente durante la terapia inicial de los casos agudos en los que la terapéutica depende esencialmente de las cifras de gasto cardiaco, resistencias periféricas y presiones de llenado de cavidades ventriculares. (2)

Entre los métodos para medir el gasto cardíaco se pueden utilizar métodos directos o indirectos como el método de oxígeno de Fick y el de dilución del indicador o por método de imagen como el ecocardiograma (3). Según el principio de Fick, el gasto cardiaco se puede calcular conociendo el consumo de oxígeno en un minuto (VO_2) y dividiéndolo entre la diferencia arterio-venosa.

Los diferentes métodos de medición del gasto cardiaco por ecocardiografía de dos dimensiones y doppler, método de Fick y termo dilución fue comparada desde 1987, lo cual ha evidenciado que los métodos por imágenes pueden utilizarse para la evaluación del gasto cardiaco con resultados tan precisos como los obtenidos por métodos invasivos(4)

En nuestro medio muchas veces nos enfrentamos a pacientes con falla cardiaca refractaria a tratamiento convencional, siendo necesario usar tratamiento inotrópico, el cual en países desarrollados es guiado en muchas ocasiones por métodos invasivos de medición del gasto cardiaco, como el método de termodilución y el método de Fick o con métodos no invasivos como ecocardiografía doppler(2), pero en muchos contextos como en nuestro hospital no contamos con dichos recursos y el gasto cardiaco es calculado en pacientes con falla cardiaca utilizando la fórmula de Fick, usando sangre venosa periférica en lugar de sangre venosa mixta, dicha medición se utiliza muchas veces como guía para iniciar tratamiento inotrópico y su monitoreo. Actualmente no se cuenta con ningún estudio que apoye la confiabilidad del cálculo del gasto cardiaco de esta modalidad.

Está descrita la sustitución de la saturación venosa mixta por saturación venosa central para el cálculo del gasto cardiaco demostrando una buena correlación (5), pero en la actualidad no se cuenta con ningún estudio que correlacione los valores de saturación venosa periférica con el gasto cardiaco en pacientes con falla cardiaca, por lo que se desconoce si tiene utilidad clínica usar el método de Fick con esta modificación.

Únicamente esta descrito, en pacientes con sepsis y choque séptico un estudio publicado en el 2012 realizado en Tailandia por Piyavechviratana K. donde se hizo la correlación de la saturación venosa de la vena antecubital y la saturación venosa central concluyendo que la medición periférica no era el valor exacto al obtenido de manera central pero había una correlación significativa(6).

II. ANTECEDENTES

Definición

La insuficiencia cardiaca (IC) es un síndrome clínico que ocurre en pacientes que, a causa de una anomalía hereditaria o adquirida del corazón, ya sea estructural, funcional o ambas, desarrolla síntomas (disnea y fatiga) y signos (edema y estertores) que conducen con frecuencia a hospitalización y mala calidad de vida, así como menor esperanza de vida(1).

El síndrome clínico de IC puede ser resultado de desórdenes en el pericardio, miocardio, endocardio, válvulas cardiacas, grandes vasos o de algunas anormalidades metabólicas, pero la mayoría de pacientes tienen síntomas debido al deterioro de la función miocárdica del ventrículo izquierdo y se puede asociar a un amplio espectro de anormalidades en el funcionamiento del ventrículo izquierdo y se puede encontrar desde el rango de ventrículo izquierdo con tamaño normal y fracción de expulsión preservada hasta aquellos pacientes con dilatación severa y fracción de expulsión marcadamente disminuida(1).

Epidemiología

La insuficiencia cardiaca es un problema mundial, con más de 20 millones de personas afectadas(1). El riesgo anual de desarrollar falla cardiaca para americanos mayores de 40 años es del 20 % (7). Su incidencia se incrementa con la edad, de 20 por 1000 individuos en pacientes de 65 a 69 años de edad; a mayor de 80 por 1000 individuos en pacientes mayores 85 años de edad(8). Los pacientes de raza negra tienen el riesgo más alto de desarrollar falla cardiaca(9).

Aunque la sobrevida ha mejorado, la mortalidad por insuficiencia cardiaca persiste aproximadamente en un 50% dentro de los primeros 5 años del diagnóstico (10) (11). La sobrevida también se asoció a la clase funcional, en un estudio cohorte con sobrevida a 5 años en el estadio A, B, C y D según la clase funcional de la Asociación del Corazón de Nueva York de insuficiencia cardiaca fue 97%, 96%, 75% y 20 % respectivamente(12). La IC es el diagnóstico primario en más de un millón de pacientes hospitalizados anualmente. Pacientes hospitalizados con IC están en alto riesgo de rehospitalización por cualquier causa, con rango de readmisión a un mes de 25%(13).

Clasificación

La IC se puede clasificar según sus estadios como la de la asociación americana del corazón que enfatiza el desarrollo y progresión de la enfermedad y puede ser usada para describir individuos y poblaciones o la de la asociación del corazón de Nueva York que se enfoca en la capacidad de ejercicio y estado sintomático de la enfermedad (2).

Aunque la causa de IC en pacientes con conservación de la fracción de expulsión difiere de la que se observa en casos de disminución de la fracción de expulsión, existe una superposición considerable entre las causas de estos dos trastornos (1).

CLASIFICACIÓN DE LA NEW YORK HEART ASSOCIATION	
Capacidad funcional	Valoración objetiva
Clase I	Pacientes con enfermedad cardiaca pero sin limitación de la actividad física. La actividad física ordinaria no causa en forma indebida fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
Clase II	Pacientes con enfermedad cardiaca que produce ligera limitación de la actividad física. Se encuentran cómodos en reposo pero la actividad física ordinaria produce fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
Clase III	Pacientes con enfermedad cardiaca que produce limitación notable de la actividad física. Se encuentran cómodos en reposo. Actividades inferiores a las ordinarias causan fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
Clase IV	Pacientes con enfermedad cardiaca que produce incapacidad para realizar cualquier actividad física sin molestias. Los síntomas de insuficiencia cardiaca o de síndrome anginoso pueden estar presentes incluso en reposo. Si se realiza cualquier actividad física se incrementa la molestia.

Fuente: adaptado de New York Heart Association, Inc. *Diseases of the Heart and Blood Vessels: Nomenclature and Criteria for Diagnosis*, 6th ed. Boston Little Brown, 1964, p. 114. |

Causas.

En países industrializados, la arteriopatía coronaria se ha tornado la causa predominante en mujeres y varones y explica casi 60 a 75% de los casos de IC. La hipertensión también contribuye al desarrollo de insuficiencia cardiaca en 75% de los pacientes, lo que incluye a la mayoría de los pacientes con arteriopatía coronaria(1).

Signos y síntomas

Los pacientes con falla cardíaca tienden a manifestarse con una variedad de síntomas como por ejemplo, disminución de la clase funcional, taquipnea, disnea en reposo o esfuerzo, tos, nicturia, disnea paroxística nocturna, dolor abdominal, y anorexia, entre otros. Algunos pueden definir la severidad de la falla cardíaca, sin embargo ninguno de

estos síntomas es específico para la enfermedad, de los más comunes son disnea y fatiga, los cuales se manifiestan de manera importante en pacientes con falla cardiaca exacerbada (1)(5)(14).

La ausencia de disnea significativa no excluye el diagnóstico de falla cardiaca, debido a que los pacientes pueden acomodarse a los síntomas modificando su estilo de vida(5).

La disnea en reposo es uno de los síntomas de alta sensibilidad en poblaciones de la tercera edad, sin embargo, es referido en otras condiciones médicas, por lo tanto, el valor predictivo positivo de estos síntomas de manera aislada es bajo (5)(14).

En el examen físico encontramos taquicardia, ritmos irregulares, extrasístoles, presiones diferenciales estrechas, taquipnea, presión venosa yugular elevada, estertores, roncus o sibilancias, latido apaxiano desplazado hacia abajo y a la izquierda, S₃ o S₄, soplo de insuficiencia mitral o tricúspidea, edema, y en casos más graves pulsos alterantes, frialdad, y coloración moteada de las extremidades. Aunque ninguno de estos es específico, algunos de ellos son mayormente asociados (5)(1) (2)(14).

Diagnostico

Una historia clínica completa y un examen físico dirigido sirve como núcleo para el proceso diagnóstico, en pacientes con insuficiencia cardiaca crónica sin embargo el diagnóstico es muchas veces retrasado o no diagnosticado completamente debido a que ningún signo o síntoma es diagnostico(1)(14).

La base para hacer el diagnóstico es tener un alto índice de sospecha, en particular para pacientes con alto riesgo. Cuando estos pacientes presentan signos o síntomas de falla cardiaca deben realizarse pruebas de laboratorio adicionales(1).

Exámenes de laboratorio habituales, se debe de realizar hematología completa, electrolitos en sangre, nitrógeno de urea, creatinina, enzimas hepáticas, y examen de orina, en algunos pacientes se debe de evaluar la presencia de diabetes mellitus, pruebas tiroideas y dislipidemias (1)(14).

Electrocardiograma

Se recomienda la realización sistemática de un electrocardiograma de 12 derivaciones. La mayor importancia de este estudio es valorar el ritmo, establecer la presencia de hipertrofia de ventrículo izquierdo o antecedente de infarto agudo al miocardio (1)(14).

Radiografía de tórax

Proporciona información sobre el tamaño y forma del corazón, vasculatura pulmonar así como identificar causas no cardíacas de los síntomas del paciente (1)(14).

Valoración de la función ventricular izquierda

La prueba más útil es el doppler/ ecocardiograma bidimensional. El índice más útil de la función ventricular izquierda es la fracción de expulsión ventricular(1)(14).

Marcadores Biológicos

La concentración circulante de péptido natriurético es un método útil para el diagnóstico. El péptido natriurético cerebral (BNP por sus siglas en inglés) y el pro BNP N-terminal se libera en el corazón insuficiente y son marcadores sensibles de disminución de la fracción de expulsión, hay que tomar en cuenta que estos se elevan con la edad y con el deterioro de la función renal(1)(14).

Prueba de esfuerzo

Las pruebas de esfuerzo no se recomiendan de manera habitual para pacientes con IC, pero pueden ser útiles para valorar la necesidad de trasplante cardíaco en pacientes con IC avanzada (1)(14).

Monitoreo hemodinámica

Imágenes cardiacas no invasivas

Pacientes con falla cardíaca sospechada o en fallo agudo se debe realizar ecocardiografía doppler para evaluar la función ventricular, tamaño, grosor, movimiento de la pared, y función valvular (2).

Evaluación invasiva

El monitoreo hemodinámica invasivo con un catéter en la arteria pulmonar debe realizarse para guiar la terapia en pacientes que presentan distrés respiratorio o evidencia clínica de perfusión disminuida y que la evaluación clínica no permite evaluar adecuadamente el exceso de llenado de las presiones intracardiacas también puede ser de ayuda en pacientes cuidadosamente seleccionados que los síntomas persisten a pesar del ajuste empírico de la terapia estándar y en aquellos que (2):

- Presión sistólica disminuida a pesar de la terapia inicial
- Estado volumétrico, perfusión y resistencia sistémica incierta
- Empeoramiento de la función renal secundario a tratamiento
- Quienes requieren aminas vasoactivas

Gasto cardíaco

El gasto cardíaco es la cantidad de sangre que bombea el corazón hacia la aorta cada minuto, también es la cantidad de sangre que fluye por la circulación. El nivel de gasto cardíaco varía mucho con el nivel de actividad del organismo, los factores que interfieren directamente en el gasto cardíaco son nivel básico de metabolismo, ejercicio físico, edad, el tamaño del organismo entre otros. En los varones jóvenes y sanos el gasto cardíaco medio en reposo alcanza los 5.6 Litros/minuto y 4.9 Litros/minuto en mujeres y el de un adulto 5.1 Litros/minuto por disminución de la actividad corporal con la edad. Debido a que el gasto cardíaco aumenta en proporción a la superficie corporal se expresa en término de índice cardíaco que es el gasto cardíaco por metro de superficie corporal. El índice cardíaco a los 10 años de edad es aproximadamente de 4Litros/minuto/metro² y disminuye hasta los 2.4 Litros/minuto/metro² hacia los 80 años (3).

Parámetros en relación al gasto cardiaco.

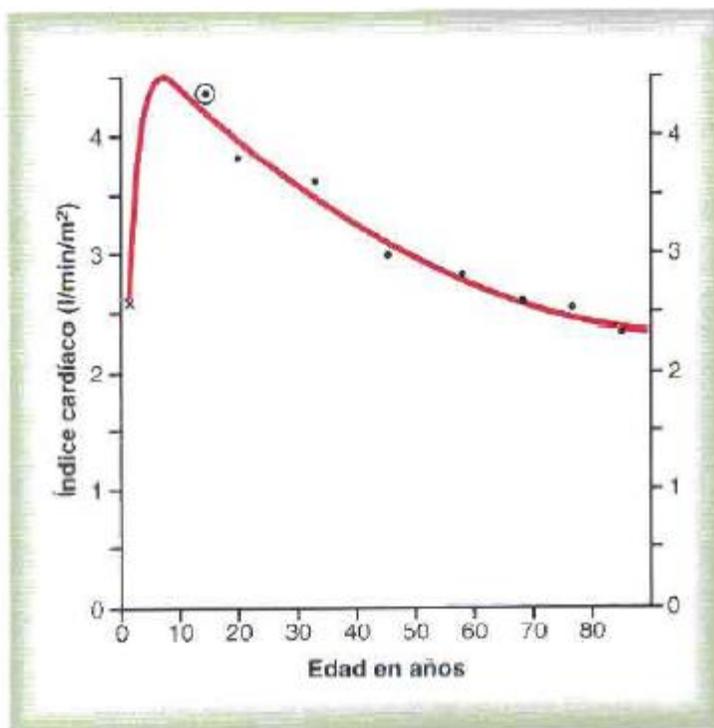
Gasto sistólico: Es la cantidad de sangre que sale del corazón en cada latido (60 a 100 mililitros)

Gasto cardiaco: Frecuencia cardiaca x Volumen sistólico

Fracción de expulsión: Es el porcentaje de sangre que sale del corazón en relación con el volumen diastólico.

Normalmente 60%, y es definitivamente anormal por debajo del 50%.

El cálculo del gasto cardiaco tiene utilidad vital en los casos agudos en los que la terapéutica depende esencialmente de las cifras de gasto cardiaco, resistencias periféricas y presiones de llenado de cavidades ventriculares. En efecto, en las unidades de cuidado coronario y de terapia intensiva posquirúrgica, el manejo de los pacientes con insuficiencia cardiaca secundaria a infarto agudo de miocardio o de otras causas; el cor pulmonale agudo, por embolia pulmonar masiva, requieren de monitorización hemodinámica para el uso racional de inotrópicos, diuréticos, vasodilatadores.



Índice cardiaco en distintas edades. (Reproducido a partir de Guyton AC. Jones CE; Coleman TB: Circulatory Physiology Cardiac Output and its Regulation. 2nd ed.

Métodos para cuantificar el gasto cardiaco.

Entre los métodos para medir el gasto cardíaco en humanos se pueden utilizar métodos indirectos como el método de oxígeno de Fick y el de dilución del indicador (3).

El método de oxígeno de Fick.

Según el principio de Fick, el gasto cardiaco se puede calcular conociendo el consumo de oxígeno en un minuto (VO₂) y dividiéndolo entre la diferencia arterio-venosa

$$GC = \frac{\text{Consumo de O}_2 \text{ (ml/min)}}{\text{Cont. Arterial de O}_2 \text{ (ml/100cc)} - \text{cont. Venoso mixta de O}_2 \text{ (ml/100cc)}}$$

La concentración de O₂ absorbida por la sangre depende de la cantidad de sangre que llega al pulmón a oxigenarse; así pues, si se conoce la cantidad de O₂ que ha ingresado y la diferencia arteriovenosa podrá calcularse la cantidad de sangre que ha llegado al pulmón a oxigenarse. La muestra arterial se toma de una arteria periférica, mientras que la muestra venosa se obtiene del tronco de la arteria pulmonar en donde la sangre venosa ya ha sido mezclada dentro de las cámaras cardíacas. El principio de Fick es un principio de dilución. Cuando el Gasto Cardíaco está disminuido, la cantidad de sangre que llega al pulmón es menor y es por ello que la cantidad de O₂ que difunde del alveolo al capilar alcanza una alta concentración de tal forma que la sangre que sale del pulmón tiene mucha mayor saturación de O₂ que cuando entro por eso se encuentra una gran diferencia arteriovenosa. Como cifra aislada, el gasto cardiaco no tiene un valor que pueda considerarse normal o anormal ya que es directamente proporcional a la superficie corporal. Por ello debe expresarse esta relación que corresponde al gasto cardiaco dividido entre la superficie corporal o índice cardiaco, su valor normal oscila entre 2.8 y 4.2 litros/minuto/metro² (15).

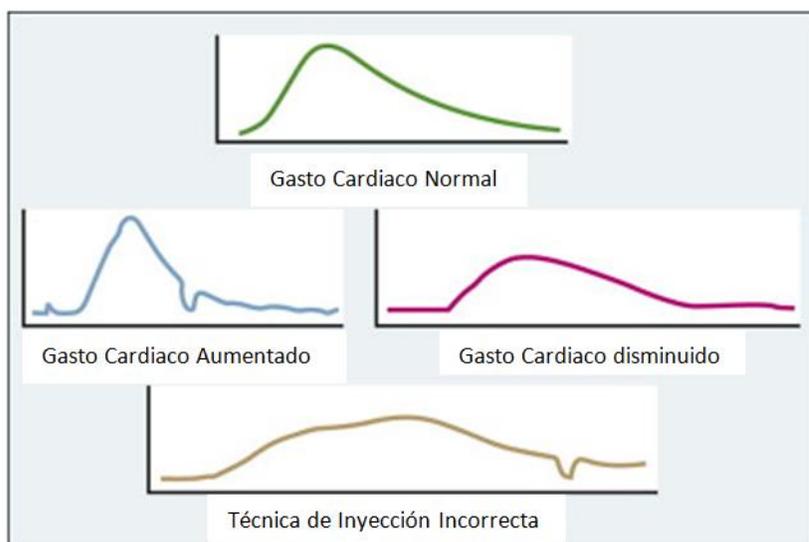
Método de termodilución

El procedimiento de termodilución requiere la inyección de un bolus de líquido usualmente salino normal, dentro del puerto proximal del catéter. El cambio resultante en la temperatura en el líquido es medido por un termistor montado en la parte distal del final del catéter. El cambio de la temperatura contra el tiempo es graficado. Entonces el gasto cardiaco es calculado usando una ecuación que considera la temperatura y la gravedad

específica de lo inyectado y la temperatura y la gravedad específica de la sangre junto con el volumen de lo inyectado. Un factor de calibración es también usado. El gasto cardiaco es inversamente relacionado al área por debajo a una curva de termo dilución mostrada como una función de temperatura contra tiempo con un área pequeña por debajo de la curva indicando un alto gasto cardiaco (5).

Fluctuaciones de temperatura en el circuito pueden afectar su precisión (16), sin embargo el uso de dos termistores puede mejorar significativamente la precisión de esta técnica (17).

El método de termodilución para la medición de gasto cardiaco se considera como el estándar de oro práctico.



Ecocardiografía doppler

Mediante el estudio bidimensional combinado con el sistema de doppler pulsado es posible estudiar la resultante de la función ventricular que es el gasto cardiaco. En efecto, cuando se mide el área sectorial del orificio aórtico y se multiplica por la integral de la velocidad del flujo cuantificado al mismo nivel es posible obtener el gasto sistólico y cuando este se multiplica por la frecuencia cardiaca podremos obtener el gasto cardiaco (15).

Técnica.

- 1) Mediante un corte de eje largo paraesternal en sístole medir el diámetro (d) del anillo aórtico entre la unión septoaortica y la aortomitral.
- 2) Calculo del área del anillo aórtico:
$$\text{Area} = \pi \times r^2 = 3.1416 \times (\text{diametro}/2)^2$$
- 3) Ya obtenida el área el anillo aórtico se multiplica por la integral de la velocidad del flujo obtenida a nivel del anillo aórtico mediante una aproximación apical.
- 4) Al multiplicar el gasto sistólico por la frecuencia cardiaca resulta el gasto cardiaco (15).

Ecocardiografía Bidimensional

El ecocardiograma bidimensional ofrece la posibilidad de estudiar la función del corazón en diferentes aspectos; permite conocer si las cavidades ventriculares son de tamaño normal o se encuentran dilatadas; también es posible saber si las paredes ventriculares se encuentran hipertrofiadas o su grosor es normal. Cuando por técnica modo M no es posible obtener cortes perpendiculares del eje longitudinal o transversal del corazón, puede utilizarse el ecocardiograma de 2 dimensiones mediante el eje largo para obtener las medidas del paraesternal, el espesor del septum interventricular y de la pared posterior, así como las dimensiones en diástole y sístole de la cavidad ventricular izquierda y de esta manera el acortamiento porcentual(15).

La determinación del gasto cardiaco por ecocardiografía de dos dimensiones y doppler, método de Fick y termo dilución fue comparada desde 1987 lo cual evidenciando que los métodos por imágenes pueden utilizarse para la evaluación del gasto cardiaco con resultados tan precisos como los obtenidos por métodos invasivos(4).

III. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar si existe correlación entre la medición del gasto cardiaco por ecocardiografía y por método de Fick calculado con sangre venosa periférica en pacientes con insuficiencia cardiaca para dirigir la terapia inotrópica.

IV. MATERIAL Y METODO

4.1 Tipo de estudio

Estudio de correlación.

4.2 Población

Pacientes con diagnóstico de insuficiencia cardiaca de acuerdo a la definición de la ACCF/AHA

4.3 Muestra

Los 30 pacientes que ingresaron de mayo a octubre del año 2015 al servicio de Medicina Interna y cardiología del Hospital General San Juan de Dios, con diagnóstico de insuficiencia cardiaca de acuerdo a la definición de la ACCF/AHA 2013.

4.4 Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años
- Pacientes con Insuficiencia cardiaca clase funcional III y IV según la Asociación del Corazón de Nueva York
- Pacientes con indicación de gasometría arterial como evaluación de estado acido base, insuficiencia respiratoria, diabetes no controlada

4.5 Criterios de exclusión

- Pacientes en choque
- Pacientes inestables o en ventilación mecánica que no podían ser transportados a la clínica de ecocardiografía
- Pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica o neumonía con saturación arterial <90% a pesar de O2 suplementario
- Hematocrito <24%
- Presencia de fistula arterio venosa para hemodiálisis
- Dificultad para realizar punción venosa o arterial

4.6 Técnicas, procesos e instrumentos utilizados en la recolección de datos

Diariamente se preguntó a médicos residentes de Medicina Interna sobre pacientes con diagnóstico de insuficiencia cardiaca hospitalizados, luego de la ubicación de cada paciente, se le presentó al paciente el estudio indicándole que consistía en la toma de dos

muestras sanguíneas y la realización de un ecocardiograma transtorácico, dando a conocer los riesgos y beneficios de cada uno al acceder a participar en él.

Se obtuvo en ese momento muestra de sangre venosa periférica de venas antecubitales (aproximadamente 0.5 cc) y sangre arterial de la arteria radial (aproximadamente 0.5cc), se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del gasto cardiaco:

$$GC = \frac{\text{Consumo de O}_2 \text{ (ml/min)}}{\text{Cont. Arterial de O}_2 \text{ (ml/100cc)} - \text{cont. Venoso mixta de O}_2 \text{ (ml/100cc)}}$$

Las mediciones de gasometría se realizaron a través de la máquina de gases marca Roche® modelo Cobas b121 localizada en el hospital.

El mismo día se realizó ecocardiografía con un equipo ESAOTE® modelo MYLAB50-Xvisión-CV-sonda IQPROBEP A240 El Médico Cardiólogo que realizó el estudio estaba ciego al valor del gasto cardiaco obtenido al utilizar el principio de Fick.

4.7 Plan de procesamiento y análisis

Los datos fueron ingresados y validados (doble ingreso) en Epi Info® 3.5.4 y analizados en el programa de Epi-Info® 7 y R®. Se realizó correlación de Spearman debido a la distribución no normal de ambas variables, de acuerdo a los resultados según la prueba para normalidad de Shapiro-Wilk para gasto cardíaco por ecocardiograma y por método de Fick la p fue < 0.05.

4.8 Alcances y límites de la investigación

El estudio permitió conocer la eficacia de la medición del método de Fick usando sangre venosa periférica y para la valoración de la importancia de este método en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con insuficiencia cardiaca.

Variable	Definición	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Edad	Tiempo que una persona ha vivido, a contar desde que nació.	Edad indicada en expediente clínico	Cuantitativa discreta	Razón	Años
Sexo	Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer.	Sexo indicado en expediente clínico	Cualitativa	Nominal	Femenino o masculino
Capacidad funcional	La facultad presente en una persona, para realizar las actividades de la vida diaria, sin necesidad de supervisión, es decir, la capacidad de ejecutar tareas y desempeñar roles en la cotidianidad, dentro de un amplio rango de complejidad.	Según la Clasificación de clase funcional de la Asociación del Corazón de Nueva York III: marcada limitación de la actividad debido a los síntomas, incluso durante la actividad menor a lo normal, cómo solo en reposo. IV: Limitación severa, síntomas aun en reposo.	Cualitativa	Nominal	III o IV
Gasto Cardíaco por ecocardiograma	Calculo del gasto cardíaco por ecocardiografía	Calculo del gasto cardíaco por ecocardiografía doppler	Cuantitativa	De Razón	Litros/minuto
Gasto Cardíaco por Método de Fick	Principio que afirma que la liberación o captación de una sustancia por un órgano es igual al producto del flujo sanguíneo a través del órgano por la diferencia de concentración arteriovenosa de la sustancia.	Calculo del gasto cardíaco que es igual al cociente del consumo máximo de oxígeno entre la diferencia de oxígeno arterio venoso según el método de Fick	Cuantitativa	De Razón	Litros/minuto

Saturación O2 venosa preferencia	La saturación de oxígeno en sangre venosa es una medida que hace referencia a la cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina en un momento concreto.	La saturación de oxígeno en sangre venosa obtenida de gasometría venosa	Cuantitativa	De Razón	Porcentaje
Saturación O2 arterial preferencia	La saturación de oxígeno en sangre arterial es una medida que hace referencia a la cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina en un momento concreto.	La saturación de oxígeno en sangre arterial obtenida de gasometría arterial	Cuantitativa	De Razón	Porcentaje
Hemoglobina	Es una heteroproteína de la sangre, transporta el oxígeno hasta los tejidos, el dióxido de carbono desde los tejidos hasta los pulmones que lo eliminan.	La hemoglobina obtenida entre la media de la hemoglobina obtenida en gasometría arterial y venosa	Cuantitativa	De Razón	Gramos/decilitro
VO2	Es la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo determinado, vale decir, el máximo volumen de oxígeno en la sangre que nuestro organismo puede transportar y metabolizar.	Se estimó con la fórmula 125 ml/min/m2	Cuantitativa	De Razón	Mililitro/minuto

4.9 Aspectos éticos

El estudio contó con la aprobación del Comité de Investigación del Hospital. Se informó a cada paciente sobre la investigación y se solicitó el consentimiento para la realización de la toma de muestra de sangre. También se les informó sobre el anonimato y la absoluta confidencialidad de los datos de las fichas personales y pruebas realizadas. Este estudio es de categoría II (con riesgo moderado según el Comité de Bioética en Investigación en Salud de la Universidad de San Carlos de Guatemala) ya que se realizaron pruebas diagnósticas de rutina como la extracción de sangre. No se realizó intervención en el tratamiento ni procedimientos diagnósticos mayores.

V. RESULTADOS

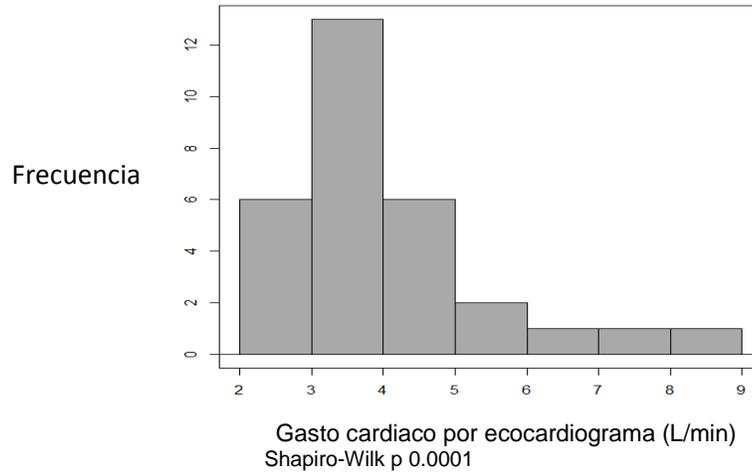
Se estudiaron 30 pacientes, el 63.3% eran mujeres, la edad promedio fue de 58 ± 7.41 años. El gasto cardiaco promedio calculado por ecocardiograma fue de 4.06 ± 1.36 L/min y por formula de Fick de 4.2 ± 1.23 L/min. Las características generales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1
Características generales
n=30

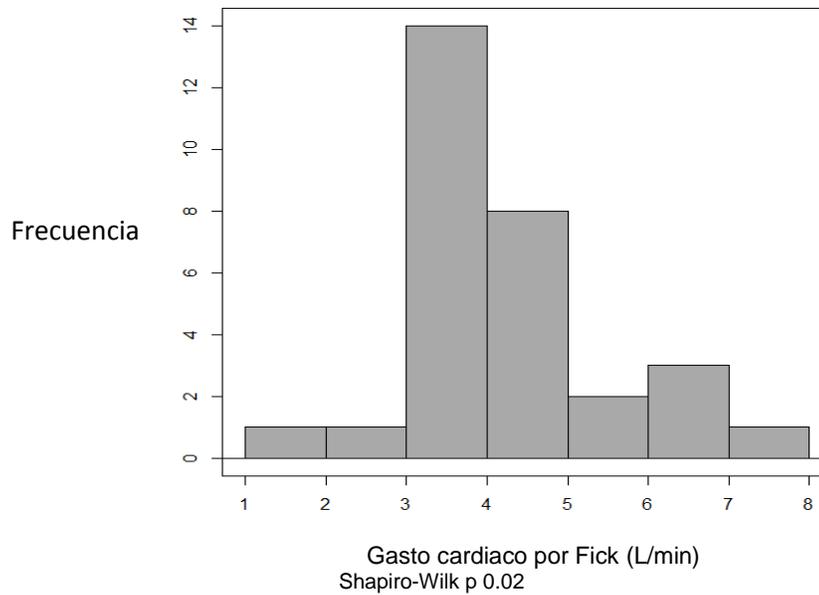
	n (%)	\bar{x}	\pm DE
Sexo			
Femenino	19 (63.3)		
Masculino	11 (36.7)		
Edad años		58	± 7.41
Altura metros		1.6	± 0.04
Peso Kilogramos		64.56	± 7.03
Saturación Venosa %		64.61	± 6.87
Saturación Arterial %		97.37	± 1.23
Gasto cardiaco por ecocardiograma L/min		4.06	± 1.38
Gasto cardiaco por formula de Fick L/min		4.21	± 1.23
Hemoglobina gr/Dl		12.3	± 1.66

Como se observa en las gráficas 1 y 2, el gasto cardiaco medido por método de Fick y por ecocardiograma presentaron distribución no normal. Las dos variables presentaron un valor $p < 0.05$ calculado por Shapiro-Wilk demostrando una distribución no normal. La curtosis para gasta cardiaco por ecocardiograma fue de 2.71 y para gasto cardiaco por método de Fick fue de 1.3 presentando una distribución leptocúrtica.

Grafica 1
Gasto cardiaco por ecocardiograma

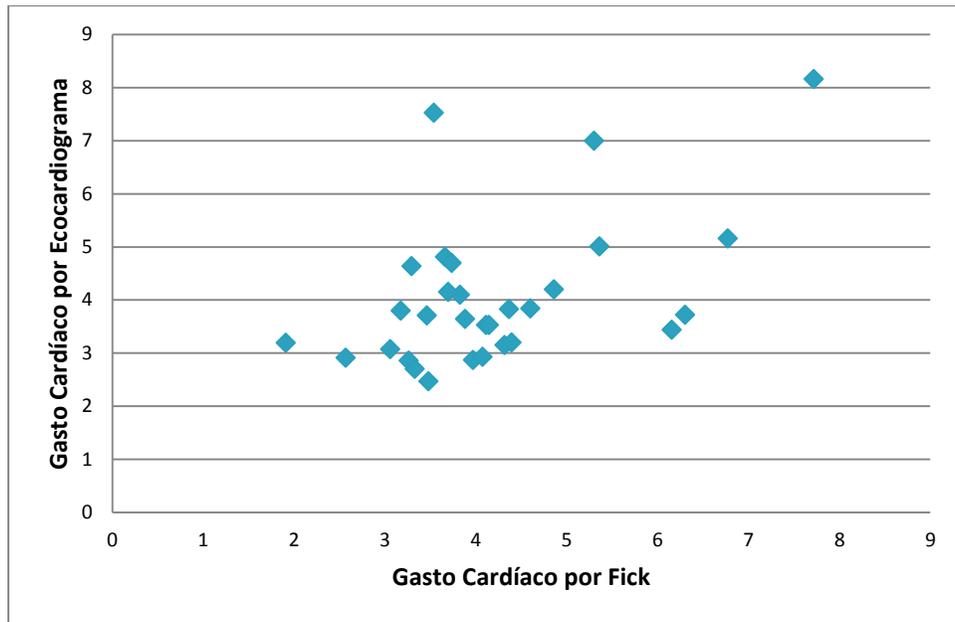


Grafica 2
Gasto cardiaco por Fick



El coeficiente de correlación de Spearman obtenido fue de 0.43 ($p=0.01$). En la gráfica 3 se presenta la correlación entre gasto cardiaco calculado con el método de Fick y por ecocardiograma

Gráfica 3
Correlación de Gasto Cardíaco por Fick y por Ecocardiograma



Valor r: 0.43

VI. DISCUSIÓN Y ANALISIS

En nuestro estudio encontramos que existe algún grado de correlación (r 0.43) entre el gasto cardiaco medido por ecografía y el calculado por el método de Fick con sangre venosa periférica. En este estudio se remplazó el contenido de oxígeno venoso central por contenido de oxígeno venoso periférico, sin estar este último validado. Esto se realizó con el objetivo de que en un contexto donde estos nuevos métodos no se encuentren disponibles, se pueda realizar la medición del gasto cardiaco utilizando la formula descrita por Fick, sustituyendo la sangre venosa central por sangre venosa periférica como método alternativo.

El Gasto Cardiaco es una variable fisiológica utilizada por el clínico para la toma de decisiones en enfermos graves. El primer método para calcular el gasto cardiaco fue descrito por Fick en 1887, basado en el consumo de oxígeno y el contenido arterial y venoso de oxígeno. Éste método se considera preciso sin embargo muy invasivo, por lo que actualmente ha sido sustituido en la práctica clínica por otros métodos modernos y menos invasivos (2).

La correlación se determinó mediante el coeficiente de Spearman, la cual indicó que hay una correlación moderada (r 0.43) entre los cálculos de gasto cardiaco obtenidos utilizando el método de Fick y la ecocardiografía, se obtuvo una gran variabilidad en los resultados, en general el gasto cardiaco fue un poco más elevado calculado por Fick (+0.15 L/min), el 100% de los pacientes se encontraba en estadio III de la NYHA, 12 de los 30 pacientes el gasto cardiaco fue menor y en 7 el gasto cardiaco fue considerablemente más bajo con una media de -1.76 L/min. Esto posiblemente se debe a que cuando se evalúa la saturación venosa mixta se evalúa la sustracción de oxígeno de los tejidos de todo el cuerpo, al medir la saturación central se evalúa la sustracción de la parte superior (18), la cual ya se ha estudiado previamente, puede ser utilizada como sustituto de la sangre venosa mixta como meta en pacientes con choque séptico (19) y al evaluar la saturación de oxígeno de la sangre venosa periférica en la fosa antecubital se está evaluando la sustracción de oxígeno solo en el miembro superior, además para obtener la sangre venosa periférica se ligó el miembro el menor tiempo y con la menor fuerza posible ya que se desconoce cuánto pueden influir dichas variables en los niveles de saturación, pero se asume que entre más tiempo y con mayor fuerza se ligue el miembro

causara disminución del flujo arterial disminuyendo el aporte de oxígeno y al disminuir del retorno venoso aumentara la sustracción de oxígeno, estas dos razones podrían causar niveles anormalmente bajos de saturación venosa.

Existen publicaciones de estudios previos sobre la correlación que hay entre la medición del gasto cardiaco calculado por el método de Fick usando sangre venosa mixta y central y la ecocardiografía (5)(16)(17)(19), pero no se cuenta con ningún estudio que valide el uso del método de Fick utilizando sangre venosa periférica.

En un estudio realizado en el 2012 en Tailandia por Phramongkutklao Hospital, se evaluó la correlación de la saturación venosa periférica y la central obteniendo como resultado una correlación del 75%, siendo esta significativa pero no exacta entre la saturacion venosa antecubital y la central (4).

La relevancia clínica de este estudio es que aún no se tienen suficientes datos para validar o refutar el uso del método de Fick utilizando contenido de oxígeno venoso periférico. Además se tuvo como limitación el pequeño número de pacientes estudiados y que el diseño de estudio ideal sería comparar en pacientes con falla cardiaca la correlación entre saturación venosa mixta, central y periférica.

El grado de correlación encontrado en este estudio debe incentivar a realizar más investigaciones utilizando el contenido de oxígeno venoso periférico en el cálculo del gasto cardiaco y así poder ser utilizado como método alternativo.

6.1 CONCLUSIONES

6.1.1 Se encontró correlación moderada (r 0.43) entre el gasto cardiaco medido por Fick con sangre periférica y ecocardiografía.

6.1.2 La correlación no es suficiente para poder sustituir la medición del gasto cardiaco por ecocardiograma con la medición utilizando el método de Fick con sangre periférica.

6.2 RECOMENDACIONES

6.2.1 Realizar más estudios sobre el método de Fick utilizando sangre periférica con un número de muestra más grande ya que no se encuentran datos que validen realizarlo de esta manera.

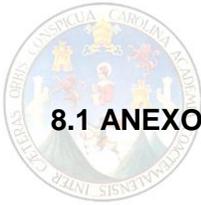
6.2.2 No utilizar el método de Fick sustituyendo la saturación venosa central por la saturación venosa periférica hasta que se cuenten con estudios que lo validen.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Mann D, Chakinala M. Insuficiencia cardiaca y cor pulmonale. In: Fauci A, editor. *Harrison Principios de Medicina Interna*. 18th ed. México: McGraw Hill; 2012. p. 1901–15.
2. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE, Drazner MH, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation* [Internet]. 2013 Oct 15 [cited 2014 Jul 10];128(16):e240–327. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23741058>
3. Guyton AC. *Gasto cardíaco, retorno venoso y su regulación*. 11th ed. Tratado de Fisiología Médica. Philadelphia, Pensilvania, USA.: Elsevier Saunders; 2006. 232-245 p.
4. Huntsman LL, Stewart DK, Barnes SR, Franklin SB, Colocousis JS, Hessel E a. Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man. Clinical validation. *Circulation* [Internet]. 1983 Mar 1 [cited 2014 Oct 10];67(3):593–602. Available from: <http://circ.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/01.CIR.67.3.593>
5. Greenberg B, Kahn A. Clinical Assessment of Heart Failure. In: Bonow R, editor. *Braunwald's Heart Disease*. 9th ed. USA: Elsevier Saunders; 2009. p. 505–15.
6. Piyavechviratana K, Tangpradubkiet W. Study of the correlation between central venous oxygen saturation and venous saturation from the antecubital vein in severe sepsis/septic shock patients. *Critical care* [Internet]. 2012;255. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3363673/?report=classic>
7. Djoussé L, Driver JA, Gaziano JM. Relation between modifiable lifestyle factors and lifetime risk of heart failure. *JAMA* [Internet]. 2009 Jul 22 [cited 2014 Oct 11];302(4):394–400. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2742484&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
8. Curtis LH, Whellan DJ, Hammill BG, Hernandez AF, Anstrom KJ, Shea AM, et al. Incidence and prevalence of heart failure in elderly persons, 1994-2003. *Arch Intern Med* [Internet]. 2008 Feb 25 [cited 2014 Oct 11];168(4):418–24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18299498>
9. Bahrami H, Kronmal R, Bluemke DA, Olson J, Shea S, Liu K, et al. Differences in the incidence of congestive heart failure by ethnicity: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Arch Intern Med* [Internet]. 2008 Oct 27 [cited 2014 Oct 11];168(19):2138–45. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3038918&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
10. Levy D, Kenchaiah S, Larson MG, Benjamin EJ, Kupka MJ, Ho KKL, et al. Long-term trends in the incidence of and survival with heart failure. *N Engl J Med* [Internet]. 2002 Oct 31 [cited 2014 Oct 11];347(18):1397–402. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12409541>
11. Roger VL, Weston SA, Redfield MM, Hellermann-Homan JP, Killian J, Yawn BP, et al. Trends in heart failure incidence and survival in a community-based population. *JAMA* [Internet]. 2004 Jul 21 [cited 2014 Oct 11];292(3):344–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15265849>

12. Loehr LR, Rosamond WD, Chang PP, Folsom AR, Chambless LE. Heart failure incidence and survival (from the Atherosclerosis Risk in Communities study). *Am J Cardiol* [Internet]. 2008 Apr 1 [cited 2014 Oct 11];101(7):1016–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18359324>
13. Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, Bravata DM, et al. Heart disease and stroke statistics--2013 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* [Internet]. 2013 Jan 1 [cited 2014 Jul 27];127(1):e6–245. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23239837>
14. Massie B. Insuficiencia cardíaca: fisiopatología y diagnóstico. In: Ausiello D, Goldman L, editors. *Cecil tratado de medicina interna*. 23rd ed. Philadelphia, PA 19103: Elsevier Saunders; 2008. p. 345–53.
15. Guadalajara J. Fisiología de la circulación. In: Méndez, editor. *Guadalajara Cardiología*. 6th ed. México: Méndez Editores, S.A. de C.V.; 2006. p. 17–8.
16. Moise SF, Sinclair CJ, Scott DHT. Pulmonary artery blood temperature and the measurement of cardiac output by thermodilution. *Anaesthesia* [Internet]. 2002 Jun [cited 2014 Oct 11];57(6):562–6. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2044.2002.02513.x>
17. Lehmann KG, Platt MS. Improved accuracy and precision of thermodilution cardiac output measurement using a dual thermistor catheter system. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 1999 Mar [cited 2014 Oct 11];33(3):883–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10080494>
18. Ho KM, Glasg F, Harding R, Chamberlain J, Bulsara M. Circulatory Failure. *YJCAN* [Internet]. Elsevier Inc.; 2010;24(3):434–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jvca.2007.10.011>
19. Alkhouli M, Solaiman AY, Zhao H, Morad A, Escarcega RO, O’Murchu B, et al. Clinical utility of central venous saturation for the calculation of cardiac index in cardiac patients. *J Card Fail* [Internet]. Elsevier Inc; 2014 Oct [cited 2016 Jan 23];20(10):716–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25038264>

VIII. ANEXOS



8.1 ANEXO No.1

BOLETA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES.

Nombre: _____.

Sexo: _____ Edad: _____ Peso: _____ Altura: _____

Fecha: _____.

Gasto cardiaco por Fick:

1. Saturación arterial	
2. Saturación venosa periférica	
3. Hemoglobina	
4. VO ₂	
5. Clase Funcional	

Gasto cardiaco por ecocardiografía:

8.2 ANEXO No. 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Usted ha sido seleccionado para participar en el que estamos estudiando a pacientes con diagnóstico de falla cardiaca, el estudio consiste en tomarle dos muestras de sangre de una vena y una arteria, para realizar un cálculo y saber cuánta sangre bombea su corazón por minuto además un ecocardiograma fuera del hospital sin tener costo alguno. Su participación es totalmente voluntaria y sus datos son privados, usted puede participar o no. Si no lo desea continuara el tratamiento establecido en este hospital. Si acepta y luego decide retirarse del estudio lo puede hacer en cualquier momento y seguirá recibiendo el tratamiento dentro del hospital. El procedimiento que se le realizara es el siguiente:

Se le extraerán dos muestras de sangre, las cual se realizarán con material completamente descartable y desinfectado. Esta extracción es de aproximadamente media cucharadita de sangre, este puede causar un poco dolor y en algunas ocasiones un moretón. Con esta muestra se realizarán las pruebas de oxígeno en su sangre. Luego se le realizara un ecocardiograma.

He comprendido y me han resuelto las dudas por lo que consiento voluntariamente participar en la investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento, sin que afecte de ninguna manera a mi persona.

Nombre del participante _____

Firma _____ DPI _____ Fecha _____

Nombre del testigo _____

Firma _____ DPI _____ Fecha _____

Nombre del investigador _____

Firma _____ DPI _____ Fecha _____

_____ (iniciales del investigador).

Iniciales Paciente _____
No. Correlativo _____

PERMISO DEL AUTOR PARA COPIAR EL TRABAJO

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada: "CORRELACION DEL GASTO CARDIACO POR ECOCARDIOGRAFIA Y METODO DE FICK CON SANGRE VENOSA PERIFERICA EN PACIENTES CON FALLA CARDIACA" para propósitos de consulta académica. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiera la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.