



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCION DE PRESTACIONES MÉDICAS
COORDINACION DE UNIDADES MÉDICAS
DE ALTA ESPECIALIDAD
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA
UMAE DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA



TÍTULO.

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA MEDICION DEL GASTO CARDIACO POR
ECOCARDIOGRAFIA TRANSTORACICA Y POR ECUACIONES BASADAS EN EL
PRINCIPIO DE FICK UTILIZANDO SANGRE VENOSA CENTRAL, EN PACIENTES
PEDIATRICOS CRITICAMENTE ENFERMOS.**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL ENFERMO PEDIATRICO EN ESTADO CRÍTICO

PRESENTA:

Dr. ALEJANDRO RAMIREZ RODRIGUEZ

ASESOR EXPERTO:

Dra. ROSALINDA JIMENEZ AGUIJAR

MEXICO, D. F. 2015



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.

INVESTIGADOR PRINCIPAL.

Dra. Rosalinda Jiménez Aguilar.

Adscripción: UMAE Hospital General "Gaudencio González Garza". Centro Médico Nacional La Raza. IMSS. Servicio de Terapia Intensiva Pediátrica.

Dirección del investigador: Calzada Vallejo y Jacarandas sin número, Colonia La Raza, Delegación Azcapotzalco. Código postal: 02990

Tel. (55) 5724 5900. Ext. 23489.

Correo electrónico: rosalinda.jimenez@imss.gob.mx

TESISTA.

Dr. Alejandro Ramírez Rodríguez.

Residente de 2 año de la especialidad de Medicina del Enfermo Pediátrico en Estado Crítico.

Adscripción: UMAE Hospital General "Gaudencio González Garza". Centro Médico Nacional La Raza. IMSS. Servicio de Terapia Intensiva Pediátrica.

Dirección del investigador: Calzada Vallejo y Jacarandas sin número, Colonia La Raza, Delegación Azcapotzalco. Código postal: 02990

Tel. (55) 5724 5900. Ext. 23489.

Correo electrónico: drguevaraserna@hotmail.com.mx

Índice.

Resumen	Página	4
Antecedentes generales	Página	5
Antecedentes específicos	Página	8
Planteamiento del Problema	Página	15
Justificación	Página	17
Objetivos	Página	18
Hipótesis	Página	19
Material y método	Página	20
Aspectos Éticos	Página	24
Recursos y factibilidad	Página	24
Resultados	Página	25
Discusión	Página	26
Conclusión	Página	27
Cronograma	Página	28
Bibliografía	Página	29
Anexos	Página	30
Consentimiento informado	Página	31

RESUMEN.

Antecedentes: La supervisión del estado hemodinámico de los pacientes de alto riesgo quirúrgico y pacientes críticamente enfermos en las unidades de cuidados intensivos es uno de los objetivos principales de su manejo terapéutico. El gasto cardíaco es uno de los parámetros más importantes para la monitorización de la función cardíaca, proporcionando una estimación en conjunto de la entrega de oxígeno y de la perfusión.

Dhingra VK, et al. En el año 2002 realizaron la comparación del gasto cardíaco a través de termomodulación intermitente y técnica Fick en un amplio intervalo de rangos de gasto cardíaco. Llegaron a la conclusión de que había una buena consistencia de cada una de las mediciones con un bajo coeficiente de variación.

Objetivo: Describir el gasto cardíaco medido por ecocardiografía Doppler versus tres fórmulas derivadas del principio de Fick en pacientes críticamente enfermos.

Diseño: Estudio observacional, descriptivo.

Método: Se midió el gasto cardíaco por ecocardiografía Doppler en 11 pacientes pediátricos en la unidad de cuidados intensivos tomando gasometrías arterial y venosa central simultáneamente para calcular el gasto cardíaco mediante tres fórmulas basadas en el principio de Fick.

Resultados: El 72% de los pacientes (n=8) correspondieron al sexo masculino, al sexo femenino el 18% (n=18), la media de edad fue de 51 meses con una desviación estándar de 17.93. Los diagnósticos en orden de frecuencia correspondieron a: neumonía (n=2), sepsis abdominal (n=2), ARDS (n=1), trasplante hepático (n=1), traumatismo craneoencefálico (n=1), estado posparo (n=1), meningocele (n=1), ingesta de cáusticos (n=1), displasia broncopulmonar (n=1). La fórmula de gasto cardíaco derivada del método de Fick, con el VO₂ calculado por sexo tuvo una correlación de Pearson de 0.89, con una r² de 0.94, con una media de gasto cardíaco de 5.08 y una DE 7.9 en comparación con una media de 4.3 y una desviación estándar de 7.4 del gasto cardíaco medido por ecocardiografía Doppler.

Conclusión: Actualmente existen técnicas confiables, no invasivas y de medición continua para determinar el gasto cardíaco en el paciente crítico, sin embargo las mismas no están disponibles en la mayoría de unidades de cuidados críticos pediátricos en México. Las limitaciones de este estudio no permiten recomendar la fórmula de gasto cardíaco derivada del principio de Fick con el VO₂ calculado. Sin embargo se propone esta fórmula para un estudio de validación, dado lo atractivo que resultaría medir el gasto cardíaco con un método asequible y de poco costo económico.

Antecedentes generales.

Definición de gasto cardíaco.

Se denomina gasto cardíaco a la cantidad de sangre que expulsa el corazón en un minuto. Se expresar como: $\text{Gasto cardíaco} = \text{volumen sistólico} \times \text{frecuencia cardíaca}$.

Académicamente hablando, podemos situar los valores de normalidad del gasto cardíaco en el adulto sano en torno a 4-6.5 l/minuto (2.5 l/minuto por metro cuadrado de superficie corporal sería el índice cardíaco), en reposo. ¹

El niño en estado crítico presenta generalmente unas demandas de oxígeno anormales debido al propio proceso desencadenante de la enfermedad, por lo que el valor del gasto cardíaco por sí solo no es suficiente para valorar el estado de la función cardíaca y situación hemodinámica del paciente. ¹

Los determinantes del gasto cardíaco son el volumen sistólico que va a depender de:

La precarga.

Según la ley de Frank - Starling, a una frecuencia cardíaca constante, el gasto cardíaco es directamente proporcional a la precarga hasta un punto a partir del cual, aunque aumenten las presiones de llenado ventricular, el gasto cardíaco no aumentará y en determinadas circunstancias podría descender. ¹

La precarga, por lo tanto, tiene una relación directa con el llenado ventricular cuyo principal determinante es el retorno venoso al corazón. ¹

La relación entre retorno venoso y función cardiaca va a determinar los valores de la presión venosa central y el gasto cardiaco del momento. Un aumento en el retorno venoso producirá un aumento del gasto cardíaco en un corazón sano y la presión venosa central se mantendrá dentro de límites normales. Por contra, en una situación de fallo cardiaco, el corazón no podrá asumir todo el contenido sanguíneo que le llega, lo que producirá un aumento de la presión de aurícula derecha (presión venosa central) y una disminución del retorno venoso debido al descenso en el gradiente de presión entre el sistema venoso y la aurícula derecha, así como un descenso en el gasto cardiaco.¹

Poscarga.

Supone la resistencia al vaciado del corazón. En un corazón sano, la poscarga equivale a la tensión de la pared ventricular en sístole, siendo esta tensión la presión que debe superar el ventrículo para contraerse. El gasto cardíaco tiene una relación inversa con la poscarga.¹

Los principales determinantes de la presión ventricular durante la sístole son la fuerza de contracción ventricular, la distensibilidad de las paredes de la aorta y la resistencia vascular sistémica. Dado que la distensibilidad vascular suele ser constante, en la práctica clínica suele equipararse poscarga con resistencia vascular sistémica, que puede ser calculada a partir de la siguiente fórmula: $RVS = (PAM - PVC) / GC$.¹

A partir de dicha fórmula, podemos entender que la presión arterial media depende fundamentalmente y de forma directa del gasto cardiaco y de las resistencias vasculares periféricas: $PAM = (CO \times RVS) + PVC$.¹

Contractilidad cardiaca.

Es la capacidad intrínseca del miocardio para bombear la sangre en condiciones de precarga y poscarga constantes. Está relacionada con la velocidad de acortamiento del músculo cardíaco que, a su vez, depende del contenido de Ca^{++} intracelular de los miocitos y determinadas proteínas musculares como la proteincinasa. La contractilidad miocárdica puede ser modulada por factores nerviosos y humorales.¹

Métodos para determinar el gasto cardiaco.

Durante varias décadas, el principal método para la determinación del gasto cardiaco ha sido la termodilución intermitente mediante la inserción de un catéter en la arteria pulmonar.¹

A pesar de tratarse de un método preciso, hoy en día, debido a su invasividad, ha sido sustituido en la práctica clínica por otros más modernos y simplificados.¹

De forma ideal, la mejor tecnología para la estimación del gasto cardíaco, debería ser: no invasiva, continua, fiable, reproducible, cómoda tanto para el paciente como para el profesional, exacta y con los mínimos efectos secundarios.¹

La herramienta utilizada más frecuentemente para calcular el gasto cardíaco incluyen: termodilución y litiodilución transpulmonar, métodos que calculan el volumen sistólico a partir del análisis de la morfología de la onda de presión arterial, y los menos invasivos, como los métodos que utilizan la técnica Doppler, o los que utilizan la biorreactancia torácica.¹

Antecedentes específicos.

Ecocardiografía en la medición del gasto cardiaco.

Existen diversos modos de estimar el gasto cardiaco mediante ecocardiografía, que se basan tanto en métodos volumétricos como en la tecnología Doppler en sus distintas modalidades (pulsado, continuo o Doppler color).¹

De las diversas técnicas la que presenta una mejor concordancia con las mediciones realizadas con el catéter de la arteria pulmonar y es de uso más frecuente en la práctica clínica es la medición del gasto cardíaco por Doppler pulsado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo, determinando dos variables, por un lado el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo para calcular el área de superficie y el espectro de velocidad de flujo para calcular el diámetro longitudinal. Estos cálculos se pueden realizar tanto por vía transtorácica como transesofágica.¹

Se realizó un estudio para determinar si la ultrasonografía Doppler podía remplazar al catéter Swan – Ganz para la determinación del gasto cardiaco. Concluyendo que el ultrasonido Doppler de onda continua correlacionaba adecuadamente con las mediciones del gasto cardiaco realizadas a través del catéter de Swan – Ganz. Por lo tanto sugieren que es una alternativa segura y no invasiva para medir el gasto cardíaco.²

En un estudio titulado: “Reproducibilidad de la estimación del índice cardiaco y resistencias vasculares sistémicas por eco- Doppler en pacientes con insuficiencia cardiaca crónica”, que tuvo como objetivo determinar la variabilidad intra e interobservador de la estimación del índice cardíaco y de las resistencias vasculares sistémicas para el equipo de ecocardiografía de una unidad de tratamiento de pacientes ambulatorios con insuficiencia cardiaca crónica. Los autores concluyen que la estimación del índice cardíaco y de las resistencias vasculares sistémicas por ecocardiografía Doppler tiene una aceptable reproducibilidad en su equipo de trabajo.³

Medición del gasto cardíaco por índice de Fick.

La fórmula más ampliamente utilizada es la ecuación de Fick que determina el gasto cardíaco a partir de los contenidos de oxígeno a nivel venoso y arterial, así como el consumo de oxígeno (Vo_2). Desde 1857 Adolph Fick determinó que el gasto cardíaco puede ser determinado de acuerdo a la siguiente fórmula: $GC = Vo_2 / D_{a-v}O_2$.⁴

Esta fórmula es accesible y sólo requiere la obtención de la sangre arterial y venosa, así como determinación del Vo_2 . El Vo_2 puede obtenerse por calorimetría indirecta. Sin embargo, en la práctica clínica resulta difícil realizar la determinación del Vo_2 por calorimetría, ya sea por poca accesibilidad para realizar mediciones repetidas o por dificultades técnicas para realizarla en pacientes graves.

Durante mucho tiempo se consideró a la ecuación de Fick como el estándar de oro para la determinación del gasto cardíaco; sin embargo se plantean objeciones importantes en cuanto su realización: La ecuación se describió para sujetos “normales”, es decir, estables hemodinámicamente y de acuerdo a la fórmula se estableció un valor teórico normal (adulto) de Vo_2 en 250ml/minuto. ⁴

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, la fórmula de Fick supone sesgos importantes en pacientes críticamente enfermos en los cuales el Vo_2 es considerablemente variable. ^{4,5}

Interpretación de la S_{vo_2} : aspectos fisiológicos.

El mantenimiento de la oxigenación tisular en el paciente en estado crítico requiere un contenido arterial de oxígeno, un volumen minuto cardíaco y una perfusión tisular adecuados. Una concentración de hemoglobina de 10 a 12 g/dl con una tensión arterial de O_2 (P_{aO_2}) superior a 60 mmhg ó S_{aO_2} mayor de 90% es adecuada por que la oxigenación tisular no mejorará de manera significativa por una P_{aO_2} o una S_{aO_2} más alta. ⁶

Relación Svo2 – Cvo2

La suma de valores de la Svo2 encontrada en la clínica es del 35 al 80%. Cuando la concentración de la hemoglobina es constante la Svo2 refleja estrechamente el valor del Cvo2. La razón es que la sangre venosa mixta siempre ocupa la proporción “empinada” de la curva de disociación de la oxihemoglobina y tiene una presión parcial de oxígeno relativamente baja. En efecto, una caída de 1 mmHg en la Pvo2 determinará una disminución del 2% en la Svo2. ⁶

Relación Svo2 – C(a-v)o2

Los pacientes en estado crítico con reservas cardiovasculares adecuadas mantienen valores de C(a-v) o2 del orden de 2.5 a 4.5ml/dl. En resumen, la C(a-v)o2 es útil desde el punto de vista clínico para reflejar la extracción de oxígeno, así como la adecuación relativa del volumen minuto cardíaco en relación con la demanda metabólica. Suponiendo una tasa metabólica constante y un contenido de hemoglobina adecuado, es esperada una relación constante entre la C(a-v) o2 y la Svo2; a saber, a medida que disminuya el nivel de la Svo2, el nivel de C(a-v) o2 aumentará. ⁶

Interpretación de la Svo2: Aspectos clínicos

La oferta de oxígeno ($Cao_2 \times VM \times 10$) representa los mililitros de oxígeno presentados a los tejidos en un minuto. El consumo de oxígeno corporal total (Vo_2) representa los mililitros de oxígeno extraído por los tejidos por minuto. La Svo2 estará determinada por la relación entre la oferta de oxígeno (aporte) y el consumo de oxígeno (demanda). ⁶

En estas circunstancias la Svo₂ puede ser conceptualizada como un parámetro de la reserva de oxígeno para satisfacer aumentos adicionales de la demanda de oxígeno. Un valor de la Svo₂ superior al 65% representa reservas adecuadas, un valor del 50 al 65% representa reservas limitadas, un valor del 35 al 50% representa reservas inadecuadas y un valor de menos del 35% con suma probabilidad refleja oxigenación tisular inadecuada.

Este concepto fue corroborado cuando se comparó la Svo₂ con diversas variables hemodinámicas en pacientes quirúrgicos en estado crítico y se observó que era la que mejor reflejaba el equilibrio entre Vo₂ y Do₂ por que se correlacionaba de manera muy significativa con el coeficiente de utilización de oxígeno (Vo₂/Do₂).⁶

Medición del consumo de oxígeno por método de Fick.

El aspecto más laborioso en la medida del gasto cardíaco por método de Fick es cuantificar el consumo de oxígeno; para realizarlo se requiere la medida del volumen del aire espirado por el paciente en un determinado lapso y medir en él las concentraciones de oxígeno y de dióxido de carbono.⁷

Entre otros, tres son los métodos más usados para la obtención de este dato. El más común consiste en medir los volúmenes de gas con un espirómetro o medidor de gas seco. El aire espirado se colecciona en una bolsa de Douglas y ésta se vacía a través de un medidor de gas o espirómetro, realizando los ajustes para temperatura y humedad. En una muestra de este aire espirado, se miden los porcentajes de oxígeno y de dióxido de carbono.

7

En el segundo método el aire espirado pasa por una cámara mezcladora con capacidad de 5 a 10 litros, en donde se analiza continuamente la concentración de los gases señalados, dato que es integrado mediante una computadora con el volumen. Finalmente, en el método de “respiración a respiración”, el aire espirado es eliminado constantemente por una bomba que lo envía a un analizador continuo de oxígeno y dióxido de carbono. El consumo de oxígeno es medido en cada respiración y luego se obtiene el promedio para el tiempo de 1 minuto. La medida precisa del consumo de oxígeno no es una tarea fácil, requiere dedicación y cuidado en los detalles.⁷

Consumo teórico de oxígeno.

Si no se calcula el valor real del consumo de oxígeno, el mismo puede obtenerse teóricamente teniendo en cuenta la superficie corporal del paciente, con la que guarda estrecha relación.⁷

Los lactantes y niños menores tienen una VO₂ de 156 ml/min/m²; de 5 a 10 años de 160 ml/min/m²; de 10 a 15 años de 150 ml/min/m²; los mayores de 15 años de 140ml/min/m². Las cantidades teóricas se aproximan más a las reales si se tiene en cuenta la frecuencia cardiaca, aplicando las siguientes ecuaciones:⁷

Niños Vo₂= SC(99.7 + 0.483 x frecuencia cardíaca)

Niñas Vo₂= SC(85.9 + 0.483 x frecuencia cardíaca)

Equivalencia clínica de la saturación venosa central de oxígeno y la saturación venosa mixta.

Se realizó un estudio titulado: “Falta de equivalencia entre la saturación venosa central y la saturación venosa mixta”. El objetivo de este estudio fue comparar muestras de sangre obtenida a través de un catéter venoso central y sangre obtenida de la mezcla sanguínea de la arteria pulmonar, con la finalidad de probar la hipótesis de que la Scvo2 es equivalente a la Svo2. Concluyendo que las Scvo2 y la Svo2 no son equivalentes en los pacientes críticamente enfermos. Más aún sustituir la Svo2 por la Scvo2 para el cálculo del Vo2 produciría errores inaceptables en el cálculo del gasto cardíaco. La disminución de la saturación entre la Scvo2 y la Svo2 posiblemente resulte por la mezcla de la sangre del atrio y del seno coronario. Esta diferencia entonces esta dada por el consumo cardiaco de oxígeno. ⁸

Se realizó un estudio que lleva por título: “Saturación venosa central de oxígeno. Su valor en el monitoreo cardiovascular pediátrico”. El propósito del estudio: evaluar la utilidad de la saturación venosa central de oxígeno en el monitoreo posoperatorio de cardiocirugía pediátrica. Al ingreso a unidad de cuidados intensivos se clasificaron en 4 grupos según su gasto cardíaco interpretado por frecuencia cardíaca, presión arterial, diuresis, pulso, temperatura: estables (I), bajo gasto leve (II), moderado (III) y severo (IV). Se instituyó tratamiento de acuerdo con la gravedad. Conclusión. Luego de 24 horas de posoperatorio, los valores más bajos de saturación venosa central de oxígeno en los grupos III y IV indicaron una alteración de la oxigenación tisular como expresión de bajo gasto cardíaco. ⁹

Un estudio titulado “No hay correlación entre la saturación venosa mixta y la saturación venosa central en sepsis, independientemente del origen de la sepsis”. Se estimó la correlación entre la Scvo2 y la Svo2, incluyendo su grado de diferencia, por ejemplo: el gradiente entre la Scvo2 y la Svo2 (Scvo2 – Svo2). Concluyeron que la Scvo2 no predecía de manera adecuada la Svo2 en pacientes con sepsis severa. ¹⁰

En el estudio titulado: “Saturación venosa central y saturación venosa mixta en pacientes críticos”. Tuvo como objetivo investigar los valores de Scvo2 y de Svo2 así como crear una ecuación que estime la Svo2 a partir de la Scvo2. Resultados: La Svo2 fue de $68.9\% \pm 1.2\%$ y de la Scvo2 fue de 69.4 ± 1.1 . La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0.003$). El coeficiente de correlación r fue de 0.945 para el total de la población. Se concluye que la Svo2 y la Scvo2 son cercanas en sus valores y son intercambiables para la evaluación inicial de los pacientes críticos. ¹¹

El estudio que lleva por título: “Correlación entre el gasto cardiaco por termodilución y el medido a través de VCO2”. Tuvo como propósito realizar la medición del gasto cardiaco por medio de una fórmula modificada a partir del principio de Fick y correlacionarla con el gasto cardiaco obtenido por termodilución. Los autores concluyen que la determinación del gasto cardiaco por fórmula constituye una alternativa para establecer la tendencia en el comportamiento del gasto cardiaco en pacientes con ventilación mecánica y volumen minuto constante. Sin embargo, la correlación con respecto al método de termodilución no permite utilizarla de forma equivalente. ⁴

Existe un estudio clásico en las unidades de cuidados intensivos en México. El cual se titula: “Comparación de dos fórmulas para calcular el gasto cardíaco contra el método de termodilución”. El objetivo de este estudio fue comparar los resultados de las mediciones del gasto cardíaco obtenidas por termodilución con dos ecuaciones. El autor concluye que: Las fórmulas para evaluar el gasto cardíaco no substituyen al método de termodilución debido a que las medidas tienen una discrepancia importante. ¹²

Sin embargo en un estudio titulado: “La saturación venosa de oxígeno en la vena cava superior versus arterial pulmonar en pacientes pediátricos”, el cual tuvo como objetivo identificar la relación entre la saturación de oxígeno de la sangre extraída de la vena cava superior y la de la arteria pulmonar. Su autor determina que la monitorización continua de la saturación venosa de oxígeno en la vena cava superior se correlaciona con la de la arteria pulmonar. ¹³

Planteamiento del problema.

La medición de los parámetros cardiovasculares es de suma importancia en el manejo de los pacientes críticos, la determinación del gasto cardíaco, del volumen sistólico, de las resistencias vasculares sistémicas y pulmonares ^{14,15}

Sin embargo existe poca evidencia científica que apoye una monitorización exhaustiva del gasto cardíaco en determinados pacientes críticos. Ningún tipo de monitorización ha demostrado aumentar la supervivencia de ningún tipo de paciente; sin embargo parece muy razonable pensar que en determinados pacientes el hecho de tener a nuestro alcance información sobre el funcionamiento cardíaco nos puede ayudar a entender la fisiopatología del proceso, así como guiarnos a la hora de tomar decisiones terapéuticas que, a su vez, si que pueden influir de forma vital en el pronóstico. ¹

El método de termodilución transcardiaca es la técnica utilizada para obtener el gasto cardíaco mediante el catéter de la arterial pulmonar. Ha sido la técnica más utilizada en medicina intensiva, a la cabecera del enfermo y aún al día de hoy es considerada la técnica de referencia. ¹

La técnica de Fick, utilizada en los inicios para calcular el gasto cardíaco de los pacientes ha sido sustituida hoy en día en la práctica clínica por los métodos de termodilución (transcardiaca y transpulmonar), litodilución, biorreactancia, la tecnología basada en el efecto Doppler y la ecocardiografía. Sin embargo la biorreactancia, el Doppler o la ecocardiografía nos permiten, en la actualidad, obtener medidas del gasto cardíaco de forma no invasiva, rápida y fiable ¹.

Es común en nuestro medio realizar la estimación del gasto cardíaco por ecuación de Fick, sustituyendo la toma de sangre de la arterial pulmonar por sangre obtenida de la desembocadura de las venas cavas o a nivel atrial.

Pregunta de investigación:

¿Cuál es la correlación entre la determinación del gasto cardíaco por fórmulas modificadas derivadas del índice de Fick y la determinación del gasto cardíaco obtenida por ecocardiografía Doppler?

Justificación.

No se cuenta con un estudio de correlación adecuado para la medición del gasto cardíaco con fórmulas derivadas del índice de Fick, tomando en cuenta la sustitución del componente venoso mixto por sangre obtenida de la desembocadura de las venas cavas (práctica común en nuestro medio) en relación con un método no invasivo, con adecuada sensibilidad y especificidad como lo es la ecocardiografía Doppler.

En nuestro medio no contamos con las diversas tecnologías que en la actualidad miden de manera confiable el gasto cardíaco. Por tal motivo es importante determinar si existe una correlación adecuada en la obtención del gasto cardíaco por fórmulas derivadas del índice de Fick y la ecocardiografía Doppler (la cual está presente en nuestro medio pero no está disponible de manera rutinaria en la Unidad de Cuidados intensivos de nuestro hospital).

Por lo que determinar el gasto cardíaco a partir de la toma de dos gasometrías una arterial y una venosa central ha sido la única posibilidad de tener una aproximación del estado hemodinámico de los pacientes. Sin embargo la veracidad de los resultados obtenidos a partir de dicha práctica en pacientes pediátricos no está bien establecida.

Objetivos.

Objetivo general.

Comparar el gasto cardíaco obtenido por índice de Fick y el obtenido por Ecocardiografía Doppler.

Objetivos particulares.

Determinar el gasto cardíaco por índice de Fick modificado, introduciendo en la fórmula una VO₂ teórica de acuerdo a la edad de los pacientes y compararlo con el obtenido por ecocardiografía Doppler y bidimensional.

Determinar el gasto cardíaco por índice de Fick modificado, introduciendo en la fórmula una VO₂ calculada ajustada de acuerdo a la frecuencia cardíaca y la superficie corporal y compararlo con el obtenido por ecocardiografía Doppler y bidimensional

Determinar el gasto cardíaco por índice de Fick modificado, sustituyendo en la fórmula la VO₂ por la Cao₂ y compararlo con el obtenido por ecocardiografía Doppler y bidimensional.

Determinar el índice de Flujo pulmonar y sistémico (Q_p/Q_s) obtenido por ecocardiografía Doppler y bidimensional.

Hipótesis.

¿Son similares los promedios de gasto cardiaco obtenidos por ecocardiografía y los derivados del índice de Fick modificado?

Material y método.

Método.

Diseño del estudio.

Estudio observacional, descriptivo, transversal.

Sitio de realización del estudio.

El presente estudio se realizó en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos así como en el servicio de Urgencias pediátricas de la Unidad Médica de Alta Especialidad “Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional La Raza IMSS en el año 2013.

Universo de trabajo.

Pacientes pediátricos de género femenino y masculino, con edades comprendidas entre el mes de edad y los 15 años 11 meses.

Instrumentos de medición.

Se determinó el gasto cardíaco, el índice cardíaco, las resistencias vasculares sistémicas así como el índice Qp/Qs por medio de ecocardiografía Doppler así como la determinación del gasto cardíaco con fórmulas derivadas del índice de Fick en donde se sustituyó la sangre venosa mixta por sangre venosa central, así mismo se utilizó dentro de la fórmula el Vo₂ obtenido de dos maneras diferentes: la primera con valores ya establecidos previamente a saber (lactantes y niños menores 156ml/minuto/m², 5 a 10 años 160ml/minuto/m², de 10 a 15 años 150ml/minuto/m², los mayores de 15 años 140ml/minuto/m²). La segunda manera con un Vo₂ calculado niños: Vo₂= s.c. (99.7 + 0.483 x frecuencia cardíaca), niñas: Vo₂= s.c. (85.9 + 0.483 x frecuencia cardíaca).

Descripción general del estudio.

Una vez obtenida la autorización para realizar la presente investigación, se determinaron las mediciones del gasto cardiaco en pacientes críticamente enfermos o graves en los que era necesario determinar el estado hemodinámico.

Para tal efecto se tomó una gasometría arterial y una gasometría de sangre obtenida de catéter central ubicado en la desembocadura de las cavas o en su defecto en el atrio derecho, con dichas muestras procesadas simultáneamente en el gasómetro de la terapia intensiva se utilizaron los valores para los cálculos del gasto cardíaco. De la gasometría venosa se tomó el nivel de hemoglobina que debió ser mayor a la percentila 5 para ser tomada en cuenta dicha muestra. Todos los pacientes tuvieron una saturación por pulsioximetría superior al 90%. En el mismo momento de recolección de las muestras sanguíneas se midió del gasto cardíaco por ecocardiografía transtorácica: en modo bidimensional, proyección 5 cámaras se midió el tracto de salida del ventrículo izquierdo y posteriormente se utilizó Doppler pulsado para medir los flujos del tracto de salida del ventrículo izquierdo para posteriormente determinar el gasto cardíaco.

En modo bidimensional en eje paraesternal corto se midió el tracto de salida del ventrículo derecho y con Doppler pulsado el flujo para determinar el gasto cardíaco del ventrículo derecho. El ecocardiógrafo determinó de manera automática la constante Integral velocidad – tiempo obteniendo ambos gastos cardíacos, solo se multiplicó por la frecuencia cardíaca de ese momento. Para determinar las resistencias vasculares sistémicas se obtiene en ese mismo momento además la presión venosa central (PVC) así como la tensión arterial ya sea por método invasivo o no invasivo.

Los datos se manejaron de manera anónima y confidencial, de acuerdo a los tratados de Helsinki modificados en Tokio y de acuerdo a la norma del Instituto Mexicano del Seguro Social para la realización de estudios.

Criterios de inclusión.

Pacientes pediátricos de 1 mes a 15 años 11 meses de edad en estado crítico o graves, de género femenino y masculino hospitalizados en el servicio de Terapia Intensiva así como en admisión continua. Que contaron con un catéter venoso central ubicado en la desembocadura de las venas cavas o en la aurícula derecha. En dichos pacientes estaba además justificada la medición del gasto cardíaco por su estado de gravedad.

Criterios de exclusión.

Pacientes con cortocircuitos intra cardiacos, mala ventana ecocardiográfica, insuficiencia aórtica, pacientes con saturación por pulsioximetría menor al 90%, pacientes con hemoglobina por debajo de la percentila 5.

Tamaño de la muestra.

Por ser un estudio descriptivo se realizará un muestro no probabilístico.

VARIABLES UNIVERSALES.

Para el estudio se tendrán en cuenta las variables socio demográficas como edad y género, buscando tener parámetros de similitud que permitan un análisis más objetivo de los resultados.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Indicadores
Edad	Periodo de Tiempo que una persona ha vivido desde que nació	En este estudio se incluirán niños desde 1 mes de edad hasta 15 años 11 meses	Cuantitativa Continua	meses
Género	División del género humano en dos grupos: mujer o hombre.	Femenino- Masculino	Cualitativa Nominal Dicotómica	Hombre Mujer

VARIABLES DE ESTUDIO:

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Indicadores
Gasto Cardíaco	Se define como el volumen de sangre expulsado por cada ventrículo en un minuto y corresponde al producto de la frecuencia cardiaca por el volumen minuto.	El volumen de sangre expulsado por cada ventrículo en un minuto. Se determinará el gasto cardíaco, el índice cardíaco, las resistencias vasculares sistémicas así como el índice Qp/Qs por medio de ecocardiografía Doppler así como la determinación del gasto cardíaco con fórmulas derivadas del índice de Fick en donde se sustituye la sangre venosa mixta por sangre venosa central.	Dependiente Cuantitativa Ordinal	Fórmula de gasto cardíaco: $Vo2/D A-V o2$ Gasto cardíaco por ecocardiografía: Volumen sistólico x frecuencia cardíaca
Pacientes pediátricos críticamente enfermos	Población infantil que padece una enfermedad aguda o reagudización de una enfermedad crónica manifiesta signos y síntomas que en su conjunto, expresan la máxima respuesta posible de su organismo ante la agresión sufrida.	Personas del género femenino y masculino, de 1 mes a 15 años 11 meses de edad con falla orgánica aguda de uno o más órganos que pone en riesgo su vida	Independiente Ordinal	Paciente pediátrico críticamente enfermo: al que tenga una falla orgánica aguda reversible, comprendido entre el mes de edad y los 15 años 11 meses

Análisis Estadístico:

Estadística descriptiva: frecuencias, porcentajes, así como medidas de tendencia central y de dispersión. Se utilizará de acuerdo a los resultados pruebas como el coeficiente de correlación de Pearson. La captura de los datos con el programa de cómputo Fox Base + 2.10, el análisis estadístico de los datos de realizará con el programa de Computo SAS 6.12.

Aspectos éticos:

El presente trabajo de investigación se realiza con base a lo establecido en la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos; artículo 4to publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 6 de Abril de 1990 y la declaración de Helsinki (1964) y sus modificaciones en Tokio 1995.

Recursos y Factibilidad:

Recursos:

Se utilizó un ecocardiógrafo Phillips iE33 x MATRIX, que se encuentra bajo resguardo del servicio de cardiología pediátrica del Centro Médico Nacional La Raza. Participó en la determinación del gasto cardiaco por ecocardiografía un médico adscrito de dicho servicio y una médico residente. Las muestras de sangre para gasometría, se procesó en el gasómetro del servicio de terapia intensiva pediátrica.

El resto de material de papelería (lápices, goma, sacapuntas), fue proporcionado por el tesista. El equipo de cómputo y software utilizado para la recolección y análisis de resultados, fue proporcionado por el asesor experto.

Factibilidad.

Es un estudio con amplias posibilidades de llevarse a cabo debido a que se cuenta con el ecocardiógrafo, el gasómetro y todas las instalaciones propias de un tercer nivel de atención y la medición del gasto cardiaco es una herramienta de medición estándar en todo paciente crítico.

Resultados.

La muestra total de pacientes fue de 11, de los cuales el 72% (n=8) correspondió al genero masculino, el resto (n=3) lo que representa el 28% fueron mujeres, la media de edad para los pacientes de la presente investigación fue de 51.53 meses con una desviación estándar de 97.53, la media para el peso fue de 17.93 con una desviación estándar de 21.37. El 100% de los pacientes estaban sometidos a ventilación mecánica, los niveles de lactato que son un factor a tomar en cuenta para hablar de hipoperfusión titular arrojaron una media de 0.91 con una desviación estándar de 0.57.

El gasto cardiaco medido por ecocardiografía Doppler tuvo una media de 4.36 con una desviación estándar de 7.46, el gasto cardiaco con un Vo2 teórico tuvo una media de 5.63 con una desviación estándar de 7.46, el gasto cardiaco que sustituye el Vo2 por Cao2 tuvo una media de 4.29 con una desviación estándar de 3.71 y por último el gasto cardiaco que tiene una Vo2 calculada por sexo, superficie corporal y frecuencia cardiaca tuvo una media de 5.08 y una desviación estándar de 7.99. El coeficiente de correlación de Pearson más alto correspondió a esta última fórmula con respecto al gasto cardiaco medido por ecocardiografía con una r2 de 0.89

Discusión:

El gold standard para la medición del gasto cardiaco fue durante muchos años instrumentado a través de un catéter de flotación que obtenía muestras por termodilución en la sangre venosa mixta, sin embargo estudios en adultos han determinado que el uso de este tipo de implementos aumenta la morbilidad y mortalidad de los pacientes. Es un método altamente invasivo, se agrega en los pacientes pediátricos el inconveniente de que el catéter más pequeño disponible en el mercado tiene un diámetro de 7.5 fr, lo cual imposibilita su uso en las primeras etapas de la vida.

En la actualidad hay muchos métodos no invasivos, con mediciones continuas del gasto cardiaco que ofrecen además la posibilidad de medir otras variables, cardiovascular, hemodiámicas así como pulmonares que no están disponibles en nuestro medio ni siquiera en las unidades de cuidados intensivos más importantes. Por otro lado no solo los grandes centros hospitalarios tienen a su cargo pacientes críticamente enfermos. Dichas unidades hospitalarias tienen menos recursos materiales, por lo que se vuelve atractivo e inclusive sigue siendo una conducta diagnóstica muy común la realización del “taller hemodinámico” que incluye la medición del gasto cardiaco, a pesar de la evidencia de las dificultades técnicas, de el error resultante que conlleva sustituir la SVO₂ por la SCVO₂, así como que su medición no es continua sino transversal.

No obstante en nuestro medio por la limitación de los recursos económicos así como en otros escenarios clínicos de segundo nivel de atención el tener una fórmula de gasto cardiaco confiable que se obtenga de manera calculada de los resultados de dos gasometrías de fácil obtención y relativamente baratas pudiera resultar de suma utilidad. La fórmula que tuvo una mejor correlación en nuestro estudio (tomando en cuenta las limitaciones del mismo) tiene la ventaja “en apariencia” de tomar en cuenta la frecuencia cardiaca del paciente, el género así como una constante para el mismo y la superficie corporal. A diferencia por ejemplo de las fórmulas que ofrecen una Vo₂ teórica que se obtuvo de pacientes sanos y no críticamente enfermos que sin embargo tiene valores para los distintos grupos de edad.

Podemos sugerir a partir de nuestros resultados que se realice un estudio de validación de dicha fórmula comparada con el gasto cardiaco por ecocardiografía y/o con otros nuevos métodos de medición no invasiva del gasto cardiaco.

Conclusión.

Actualmente existen técnicas confiables, no invasivas y de medición continua para determinar el gasto cardiaco en el paciente crítico, sin embargo las mismas no están disponibles en la mayoría de unidades de cuidados críticos pediátricos en México. Las limitaciones de este estudio no permiten recomendar la fórmula de gasto cardiaco derivada del principio de Fick con el VO₂ calculado. Sin embargo se propone esta fórmula para un estudio de validación, dado lo atractivo que resultaría medir el gasto cardíaco con un método asequible y de poco coste económico.

Cronograma de Actividades.

Actividad.	Enero-2013	Febrero 2013	Marzo-Abril 2013	Mayo 2013	Junio 2013	Julio 2013	Julio 2015
Recolección de la información	xxx						
Elaboración de l protocolo de investigación	xxx						
Proceso en el SIRELCIS		xxx					
Aprobación de l protocolo de investigación			xxx				
Recolección de la información				xxx	xxx		
Análisis de resultados						xxx	
Publicación de la tesis							xxx

Bibliografía

1. García X., Y cols. Estimación del Gasto Cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva. Medicina intensiva; 2011, Vol. 35, No. 9: 552-561.
2. Jain S., Y cols. Noninvasive Doppler ultrasonography for assessing cardiac function : can it replace the Swan-Ganz catheter? Discussion. The american journal of surgery; 2008, vol.196, n^o6, pp.961-968.
3. Florio L., Y cols. Utilidad de la estimación del índice cardíaco y de la resistencia vascular sistémica por eco-Doppler para el diagnóstico de la Insuficiencia Cardíaca. Revista Insuficiencia Cardíaca; 2009 , Vol 4, 3: 123-129.
4. Díaz A., Y cols. Diferencia veno -arterial de dióxido de carbono como predictor de gasto cardíaco disminuido en modelo pediátrico experimental. Revista Medicina Chile; 2012, 140: 39-44.
5. Shapiro B., Peruzzi W. Manejo Clínico de Los Gases Sanguíneos. Editorial Médica Panamericana, 2000: 209-211 y 237-243.
6. Chawla L., Y cols. Lack of Equivalence Between Central and Mixed Venous Blood. Intensive Care Medicine; 2004; 30: 1572 - 1578
7. Banille E., Vittar M., Sáenz S., Pedraza C., Antelo C., Lazzarin O. Saturación venosa central de oxígeno. Su valor en el monitoreo cardiovascular pediátrico. Archivo Argentino Pediátrico; 2006, 104 (5): 406-411.
8. Van Beest P., Y cols. No agreement of mixed venous and central venous saturation in sepsis, independent of sepsis origin. Critical Care, 2010, 14, 6: 219-230.
9. Acuña O., Hernández R., Esquivel A. Correlación de niveles séricos de lactato con la saturación venosa central de oxígeno como marcador de perfusión en pacientes con sepsis, sepsis severa y choque séptico. Archivos de Medicina de Urgencia de México; 2009, Vol. 1, Núm. 1:12-17.
10. Ladakis C., Mynanthefts P., Karabanis A. Central Venous and Mixed Venous Oxygen Saturation in Critically Ill patients. Respiration; 2001, 68: 279-285.
11. Sánchez D. Comparación de dos fórmulas para calcular el gasto cardíaco contra el método de termodilución. Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva; 1998 , Vol. XII, Núm. 2: 54-60.

12. Lima A., Romero S., Facenda A., Sánchez N. La saturación venosa de oxígeno en la vena cava superior versus arteria pulmonar en pacientes pediátricos .Revista Cubana de Anestesiología y reanimación . Ciudad de la Habana; 2010, vol. 9, No. 3: 211-217.
13. Clifford G. Ventrículo derecho y circulación pulmonar conceptos básicos. Revista Española de cardiología; 2010, 63, 01: 81-95.
14. Martínez M., Peña M., Cateterismo cardíaco. Diagnóstico y tratamiento interintervencionista. Editorial Trillas, 2008; 28- 31

Anexos.

1. Fórmulario para la determinación de variables hemodinámicas.

1. Contenido arterial de oxígeno: $CaO_2 = (1.34 \times 10 \times Hb \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0.003)$
2. Contenido venoso de oxígeno: $CvO_2 = (1.34 \times 10 \times Hb \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.003)$
3. $av Do_2 = CaO_2 - CvO_2$
4. Extracción de O₂ = $(CaO_2 - CvO_2) \times CO$
5. Consumo de oxígeno: $Vo_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$

Niños $Vo_2 = SC(99.7 + 0.483 \times \text{frecuencia cardíaca})$

Niñas $Vo_2 = SC(85.9 + 0.483 \times \text{frecuencia cardíaca})$

Otra forma de sustituir el VO₂ en las fórmulas es con el Vo₂ teórico por edad:

Los lactantes y niños menores tienen una VO₂ de 156 ml/min/m²; de 5 a 10 años de 160 ml/min/m²; de 10 a 15 años de 150 ml/min/m²; los mayores de 15 años de 140ml/min/m².

6. Gasto cardíaco: $CO = Vo_2 / (CaO_2 - CvO_2)$
7. Gasto cardíaco: Fórmula despejada = $CO = Vo_2 / (1.34 \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2) \times 10)$
8. Relación QS/QT: $(Cpvo_2 - CaO_2) / (Cpvo_2 - CvO_2)$
9. $Cpvo_2 = PaO_2 (Patm - Pwp) - PaCO_2 / R$. Esta fórmula es para sustituir la sangre de las venas pulmonares por la ecuación del gas alveolar
10. Resistencias vasculares sistémicas: $TAM - PVC / CO$

CO: Gasto cardíaco.

CaO₂: Contenido arterial de oxígeno

CvO₂: Contenido venoso de oxígeno (la sangre debe ser tomada idealmente en la arteria pulmonar).

QS: Gasto sistémico.

QT: Gasto pulmonar.

Cpvo₂: Contenido arterial de oxígeno de las venas pulmonares.

TAM: tensión arterial media.

PVC: Presión venosa central expresada en milímetros de mercurio.

2. Hoja de recolección de datos.

1. Nombre del paciente: Número de afiliación: Edad: Número
de seguridad social: Número de cama: Diagnóstico:

2. Constantes vitales Frecuencia cardiaca: Presión venosa central: Tensión
arterial: Tensión arterial media:

3. Parámetros gasométricos:

PH

Pao₂

Pco₂

HCO₃

Exceso o déficit de base

Lactato

Hemoglobina

Saturación

4. Gasto cardíaco obtenido por ecocardiografía

Por fórmula:

Calculado:

3.Consentimiento informado.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
U.M.A.E HOSPITAL GENERAL “GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA.**

México D.F a ____de____del_____

Nombre del paciente:_____

Nombre del Familiar o Tutor:_____

Apreciado Familiar:

El Centro Médico Nacional La Raza I. M. S. S. Realiza un proyecto de investigación sobre Estado hemodinámico de los pacientes críticamente enfermos. ”. La investigación se realizara a través de toma muestras por gasometría arterial y venosa para lo cual se puncionará al paciente y se le tomará muestra del catéter central. Estas muestras se tomarán cuando el paciente las requiera de acuerdo a su evolución para no tomarle muestras de manera innecesaria.

Se garantiza el anonimato, toda la información recolectada será confidencial y no se hará público el nombre del niño en publicaciones nacionales o internacionales.

NOTA: He leído las condiciones de participación en el proyecto de investigación y estoy de acuerdo en que mi hijo participe en el mismo.

Este estudio no representa algún beneficio para mi hijo pero permitirá que a futuro con la información que se obtenga mejore la calidad de la atención de los niños críticamente enfermos.

Entiendo que la participación de mi hijo es voluntaria y si durante el procedimiento decide no participar, tiene el derecho de hacerlo y esto no afectará su tratamiento y la atención medica que se le proporciona en el IMSS.

Firma del padre o Tutor _____

Testigo_____

En caso de aclaración o queja dirigirse a: Dra. Rosalinda Jiménez Aguilar. Adscripción: UMAE Hospital General “Gaudencio González Garza”. Centro Médico Nacional La Raza. IMSS. Servicio de Terapia Intensiva Pediátrica. Dirección del investigador: Calzada Vallejo y Jacarandas sin número, Colonia La Raza, Delegación Azcapotzalco. Código postal: 02990 Tel. (55) 5724 5900. Ext. 23489. Correo electrónico: rosalinda.jimenez@imss.gob.mx