



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

División de Estudios en Posgrado e Investigación

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIO SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO

“Correlación de la fracción de eyección de ventrículo izquierdo con niveles séricos de lactato y saturación venosa central como marcador de perfusión tisular.”

Trabajo de investigación que presenta:
Dr. Tomás Eduardo Rodríguez Díaz

Para obtener el Diploma de Subespecialidad en:
MEDICINA CRITICA PEDIATRICA

Asesores de Tesis:
Dr. Jorge Federico Robles Alarcón

No. De Registro de Protocolo:
612.2018

Año:
CIUDAD DE MÉXICO, 2018



ISSSTE



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

División de Estudios en Posgrado e Investigación

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIO SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO

“Correlación de la fracción de eyección de ventrículo izquierdo con niveles séricos de lactato y saturación venosa central como marcador de perfusión tisular.”

Trabajo de investigación que presenta:
Dr. Tomás Eduardo Rodríguez Díaz

Para obtener el Diploma de Subespecialidad en:
MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

Asesores de Tesis:
Dr. Jorge Federico Robles Alarcón

No. De Registro de Protocolo:
612.2018



Año:
2018

DR. DANIEL ANTONIO RODRIGUEZ ARAIZA
COORDINADOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION



DRA. FLOR MARIA DE GUADALUPE AVILA FEMATT
JEFE DE ENSEÑANZA MÉDICA

DRA. MARTHA EUNICE RODRIGUEZ ARELLANO
JEFE DE INVESTIGACION

DR. JORGE FEDERICO ROBLES ALARCON
PROFESOR TITULAR DEL CURSO



DR. JORGE FEDERICO ROBLES ALARCON
ASESOR DE TESIS

RESUMEN

Hoy en día se cuenta con muchos recursos para evaluar el gasto cardiaco y analizar el estado hemodinámico de los pacientes en estado crítico. El ultrasonido al ser un equipo móvil cuenta con la facilidad de poder acercarse a la cama del paciente, minimizando los riesgos de traslado, y en comparación con otras técnicas de evaluación hemodinámica (como catéteres invasivos Swan-Ganz), representa menor riesgo para el paciente. La principal indicación de la ecocardiografía en UCI es el estudio de la función cardiocirculatoria en el shock puesto que nos permite obtener información acerca de su etiología y puede ser de gran utilidad como guía y monitorización del tratamiento instaurado. Es por esto que se justifica su uso en las unidades de cuidados críticos, al ser mínima invasiva y arrojar datos sumamente útiles en la evaluación de pacientes críticos. Se realizó un estudio en todos los pacientes que ingresen en el periodo de Junio 2018 a Octubre 2018 para demostrar la utilidad de la ecocardiografía mínimamente invasiva, como marcador de hipoperfusión sistólica en el estado de choque, comparándola con otros marcadores invasivos de hipoperfusión invasivos, como el lactato arterial y saturación venosa central. Mediante el análisis en el programa estadístico IBM SPSS 24.0, se incluyeron 30 pacientes donde se incluyen las variables Lactato sérico, Saturación venosa central y Fracción de eyección de ventrículo izquierdo. Mediante modelo de regresión lineal, no se encontró correlación significativa entre estos valores. Conclusión; pudo existir alteraciones en la fracción de eyección de ventrículo izquierdo, por el uso de fármacos inotrópicos y vasopresores, que incrementaran dicho valor por lo que no se pudo llegar a correlacionar estadísticamente.

Palabras clave:

Ecocardiografía, Lactato, Saturación venosa central, Choque pediátrico, Terapia intensiva pediátrica.

ABSTRACT

Today there are many resources available to evaluate cardiac output and analyze the hemodynamic status of critically ill patients. The ultrasound being a mobile device has the facility of being able to approach the patient's bed, minimizing the risks of transfer, and in comparison with other techniques of hemodynamic evaluation (such as invasive Swan-Ganz catheters), it represents a lower risk for the patient . The main indication of echocardiography in the ICU is the study of cardiocirculatory function in shock, since it allows us to obtain information about its etiology and can be very useful as a guide and monitor the treatment established. This is why its use in critical care units is justified, since it is minimally invasive and throws extremely useful data in the evaluation of critical patients. A study was conducted in all patients admitted between June 2018 and October 2018 to demonstrate the usefulness of minimally invasive echocardiography as a marker of systolic hypoperfusion in the shock state, comparing it with other invasive hypoperfusion markers, such as arterial lactate and central venous saturation. Through the analysis in the IBM SPSS 24.0 statistical program, 30 patients were included, including the variables serum lactate, central venous saturation and left ventricular ejection fraction. Using a linear regression model, no significant correlation was found between these values. Conclusion; there could be alterations in the ejection fraction of the left ventricle, due to the use of inotropic and vasopressor drugs, which increased this value and therefore could not be statistically correlated.

Keywords: Echocardiography, Lactate, Central venous saturation, Pediatric shock, Pediatric intensive therapy

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo incondicional brindado para la realización de este sueño.

A mis profesores quienes me alimentaron de conocimientos para continuar con la labor de curación a los niños en estado crítico.

A mis compañeros de generación, gracias a que con su compañía, cariño y comprensión hicieron de que este tiempo fuera de mi casa, lo más llevadero posible.

A Alejandra, que gracias a tu amor me impulsaste a tomar la decisión de estar aquí. Gracias a tu apoyo, a tu paciencia, a los ánimos que me diste en los días difíciles o cuando las cosas no estaban como hubiera querido, porque siempre me esperabas con una sonrisa y me impulsabas a dar lo mejor de mí.

Gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE.....	1
INTRODUCCIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	5
MARCO TEÓRICO.....	6
OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS SECUNDARIOS	11
HIPÓTESIS.....	12
JUSTIFICACIÓN	13
MATERIAL Y MÉTODOS	14
GENERALIDADES.....	14
SITIO DE ESTUDIO.....	14
SUJETOS DE ESTUDIO	14
CRITERIOS DE SELECCIÓN	14
FUENTE DE DATOS	15
VARIABLES DEL ESTUDIO.....	15
IMPLICACIONES ÉTICAS.....	15
RESULTADOS.....	16
DISCUSIÓN.....	20
CONCLUSIONES.....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	22

INTRODUCCIÓN

El estudio de la función cardiovascular constituye un aspecto fundamental del cuidado del paciente crítico. La monitorización hemodinámica nos permite obtener información acerca de la fisiopatología cardiocirculatoria que nos ayudará a realizar el diagnóstico y a guiar la terapéutica en las situaciones de inestabilidad hemodinámica. El catéter de arteria pulmonar (CAP) ha sido la técnica más utilizada desde su introducción hace más de 40 años. Aunque su papel en el conocimiento más profundo de la función cardiovascular es indiscutible, su uso ha descendido debido a la controversia de sus indicaciones y sus limitaciones. Por este motivo, se ha intensificado la búsqueda de nuevos métodos de monitorización.

Actualmente, el desarrollo tecnológico nos proporciona numerosos sistemas que exploran los aspectos más importantes de la hemodinámica (precarga, función ventricular, objetivos de la reanimación hemodinámica, etc.). Estos sistemas, al igual que el CAP, poseen ventajas y limitaciones que es necesario conocer antes de su aplicación en la práctica clínica. La ecocardiografía, aunque no es propiamente un sistema de monitorización continua, ofrece información anatómica y funcional que puede ser enormemente útil en la valoración hemodinámica del paciente crítico.

La saturación venosa mixta de oxígeno (SvO₂), obtenida en la arteria pulmonar, probablemente representa el mejor indicador de la adecuación de la entrega de oxígeno (DO₂). En diversas situaciones de patología crítica, la saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂), obtenida en la aurícula derecha, ha demostrado una buena correlación con la SvO₂ (aunque sobreestima en torno al 5%), así como un consistente paralelismo en sus cambios. La reducción del gasto cardiaco (GC) y/o el aumento de las necesidades metabólicas se traducirán en un incremento compensador en la extracción de oxígeno, con el consiguiente descenso de las saturaciones venosas. Este descenso será precoz, pudiendo preceder incluso a la elevación del lactato sérico.

La incorporación de las saturaciones venosas como objetivo metabólico final del proceso de reanimación ha demostrado su impacto beneficioso en el pronóstico de diferentes poblaciones de pacientes críticos. Sin embargo, en determinadas situaciones de shock distributivo, la presencia de SvcO₂ elevadas también se ha asociado a mayor mortalidad. Este fenómeno vendría determinado por diferentes mecanismos, como fenómenos de shunt, flujo heterogéneo, o alteraciones en la extracción de oxígeno. Por tanto, es fundamental conocer las limitaciones de esta variable y, en el contexto clínico adecuado, disponer de otros parámetros que nos informen sobre el estado de perfusión tisular del individuo.

En general, la elevación en la concentración de lactato en sangre indica la presencia de hipoxia tisular y metabolismo anaerobio. La magnitud de esta elevación en los niveles de lactato se ha correlacionado directamente con el pronóstico del paciente con patología crítica aguda. En cuanto a su utilidad en la guía del proceso de reanimación, la monitorización del aclaramiento del lactato en respuesta a las intervenciones terapéuticas no se ha mostrado inferior a la resucitación guiada por SvcO₂.

La ecocardiografía posee un papel clave en la evaluación de la contractilidad puesto que nos permite obtener múltiples parámetros que pueden ser útiles en la unidad de cuidados intensivos (UCI) para su estimación. La FEVI es el parámetro más frecuentemente utilizado para evaluar la contractilidad en pacientes críticos de la UCI[12].

En las últimas tres décadas, el ultrasonido en manos de intensivistas se ha convertido en un complemento para los procedimientos de cabecera y el manejo del paciente. Ha transformado la guía de acceso vascular en muchos entornos, ya que se estima que el 70% de las UCIP emplean ultrasonido rutinariamente en la colocación de un catéter venoso central (CVC). Además, los

programas de becas de cuidado intensivo pediátrico que usan ultrasonido superan a los que no lo hacen en una proporción de casi 7:1, lo que sugiere que la mayoría de los nuevos médicos asistentes ingresan a la fuerza de trabajo con experiencia en ultrasonido[8].

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día se cuenta con muchos recursos para evaluar el gasto cardiaco y analizar el estado hemodinámico de los pacientes en estado crítico. Durante la evaluación inicial en urgencias dichos recursos pueden estar limitados, sin embargo, en las unidades de terapia intensiva pediátrica se cuenta con mayor equipo y recursos para la evaluación hemodinámica, en particular con equipos de ultrasonografía. El ultrasonido al ser un equipo móvil cuenta con la facilidad de poder acercarse a la cama del paciente, minimizando los riesgos de traslado, y en comparación con otras técnicas de evaluación hemodinámica (como catéteres invasivos Swan-Ganz), representa menor riesgo para el paciente. En nuestra unidad de terapia pediátrica contamos con equipo de ultrasonido el cual nos ayuda a realizar evaluaciones hemodinámicas completas. El objetivo de estudio es demostrar la utilidad que tiene la evaluación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (la cual está muy relacionada con el gasto cardiaco), y correlacionarla con los niveles de lactato séricos, los cuales se incrementan significativamente en estados de hipoperfusión tisular, de esta manera se obtiene un indicador confiable del estado hemodinámico comprometido, para de esta manera iniciar terapéuticas dirigidas de una forma más expedita

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la asociación que existe entre la fracción de eyección y la fracción de acortamiento medida por el método de Teichholz con la saturación venosa central y el lactato sérico?

MARCO TEÓRICO

La monitorización hemodinámica nos permite obtener información sobre el funcionalismo cardiovascular del paciente crítico, por lo que constituye una pieza fundamental en la aproximación diagnóstica y en la guía terapéutica del paciente con hipoperfusión tisular [1]. Desde la aparición del catéter de arteria pulmonar hasta el desarrollo reciente de tecnologías mínimamente invasivas, la monitorización hemodinámica se ha rodeado de interrogantes en cuanto a su utilidad y su impacto final sobre el pronóstico de nuestros pacientes. Actualmente, el desarrollo tecnológico nos proporciona numerosos sistemas que exploran los aspectos más importantes de la hemodinámica (precarga, función ventricular, objetivos de la reanimación hemodinámica, etc.). La ecocardiografía, aunque no es propiamente un sistema de monitorización continua, ofrece información anatómica y funcional que puede ser enormemente útil en la valoración hemodinámica del paciente crítico [3].

Un primer paso obligado en la evaluación inicial del paciente crítico es determinar la idoneidad del estado de perfusión de los tejidos. La presencia y/o persistencia de disoxia celular va a ser un factor fundamental en el desarrollo de lesiones orgánicas, fracaso multiorgánico y, eventualmente, la muerte del individuo[4]. Lo que habitualmente conocemos como inestabilidad hemodinámica suele referirse a la presencia de signos clínicos sugestivos de hipoperfusión (alteración del sensorio, pobre relleno capilar, etc.), y, sobre todo, a la presencia de hipotensión arterial. Ahora bien, en los últimos años la evidencia de que la presencia de hipoperfusión aun en ausencia de hipotensión y/o de estos signos clínicos, a lo que se denomina shock oculto o compensado, se asocia también a cifras significativamente elevadas de morbimortalidad⁷ ha llevado a un mayor esfuerzo por detectar dichas situaciones de hipoperfusión.

En el paciente crítico, hablaremos de shock, o insuficiencia cardiovascular, cuando tengamos evidencia de hipoperfusión tisular. La incapacidad para mantener la adecuada perfusión de los tejidos va a provocar un incremento en la extracción de oxígeno a nivel microcirculatorio, así como el inicio de las vías anaerobias a fin de mantener la respiración celular [7]. Así, en nuestra práctica clínica, hablaremos de situación de shock cuando detectemos una disminución de las saturaciones venosas de oxígeno y/o una elevación del lactato sérico, más allá de la presencia o no de hipotensión arterial.

Saturación venosa mixta, saturación venosa central y lactato como marcadores de función cardiovascular

En reposo, el cuerpo normalmente extrae el 25% de la cantidad total de oxígeno que se entrega. En un estado de salud estable constante, la entrega de oxígeno (DO_2) es lujosa cuando se compara con las demandas de oxígeno con aproximadamente el 75% del oxígeno entregado regresa sin utilizarse [8]. La DO_2 varía de acuerdo a los lechos vasculares, siendo algunos órganos extractores altos (cerebro y corazón) y otros extractores bajos (piel y riñones). Una verdadera saturación venosa mixta ($S_{mv}O_2$) permite la evaluación global de la extracción de oxígeno corporal. La medición debe ocurrir después de que el retorno venoso de todos los órganos se mezcle, para evitar que la $S_{mv}O_2$ refleje solo la extracción de oxígeno del lecho vascular de un órgano [9]. Al usar un catéter arterial pulmonar, la $S_{mv}O_2$ es obtenida en la arteria pulmonar. Sin un catéter colocado en la arteria pulmonar, la $S_{mv}O_2$ de la arteria pulmonar se puede calcular aproximadamente con una muestra de sangre venosa procedente de un catéter central con la punta colocada en la unión de la VCS y AD. Cuando una saturación de sangre venosa es determinada de la unión de la VCS y AD u otro sitio central se refiere como saturación venosa central ($S_{cv}O_2$) o saturación de la aurícula derecha. La saturación normal de oxígeno de la sangre venosa central que regresa al corazón derecho ($S_{cv}O_2$) es de 65 a

80%. Valores por debajo de 60% indican una extracción de oxígeno por los tejidos aumentada. Esto puede ser debido por una disminución en la entrega de oxígeno o un aumento en las demandas de oxígeno por los tejidos. Las causas más comunes de una disminución en la entrega de oxígeno incluyen gasto cardíaco disminuido, anemia y/o saturación arterial de oxígeno baja (hipoxia). Alternativamente, una baja ScvO₂ puede ser el reflejo de un aumento en las demandas de oxígeno tisular en la presencia de un trabajo respiratorio aumentado, fiebre, convulsiones, escalofríos, dolor, actividad física o una migración de catéter al ser coronario. Una baja ScvO₂ menor de 60% por lo general se acompaña de acidosis debido a un cambio al metabolismo anaerobio.

Una ScvO₂ normal o alta generalmente también se puede asociar a hipoxia. Una ScvO₂ elevada puede ocurrir con una DO₂ apropiada o inclusive supra normal en el marco de un consumo celular y/o mitocondrial alterado. Esto puede llevar a hipoxia celular y se puede observar en los cuadros de sepsis con vasodilatación severa o envenenamiento mitocondrial (toxicidad por cianuro).

Es importante remarcar que a pesar de ser un buen sustituto de la SmvO₂, la ScvO₂ puede variar dependiendo de la posición del catéter, etapa de la enfermedad e incluso la edad del niño. En un estado de salud normal, la vena cava superior (VCS) tiene una saturación venosa ligeramente menor que la vena cava inferior (VCI) en parte debido a la alta tasa de extracción de oxígeno cerebral y baja extracción de oxígeno renal. Esto es especialmente cierto especialmente en niños pequeños donde el cerebro grande y en desarrollo es el mayor extractor de oxígeno. Por lo tanto la SmvO₂ es mayor que la ScvO₂ por un 2 a 3% [6]. La relación entre la saturación de la VCS y VCI se puede invertir en estados de shock. Durante el coque hipovolémico o cardiogénico el flujo sanguíneo mesentérico y renal disminuyen y la extracción de oxígeno aumenta causando que la saturación de la VCI se vuelva menor que la VCS, por lo tanto durante algunos estados de shock la ScvO₂ puede volverse mayor que la SmvO₂. A pesar de estas importantes diferencias, la mayoría de los autores creen que cambios en la ScvO₂ reflejan estrechamente cambios en la SmvO₂ y por lo tanto permanece como un buen marcador de la perfusión de los tejidos.

En resumen, una disminución en la ScvO₂ es asociada con disminución en el gasto cardíaco, concentración de hemoglobina y saturación arterial y varias inversamente con el consumo de oxígeno. Es un marcador extremadamente útil para hipoperfusión tisular y puede ser seguido en serie para determinar el impacto de las maniobras de resucitación como administración de líquidos, transfusión de sangre y soporte inotrópico. Alcanzar una ScvO₂ > 70% es un objetivo terapéutico durante la resucitación en sepsis y choque séptico.

Lactato

El metabolismo del lactato es complejo y su producción es altamente dependiente de las condiciones fisiológicas a nivel celular. A pesar de que la acidosis láctica es frecuentemente usada como un marcador celular de hipoxia, puede estar elevado en situaciones no hipóxicas [14]. Una revisión bioquímica de la producción del lactato ayuda en el entendimiento de la hiperlactatemia durante los estados de enfermedad críticos.

La respiración celular es el proceso mediante el cual la glucosa es utilizada para producir energía en forma de trifosfato de adenosina (ATP). El componente citosólico de este proceso no requiere oxígeno y consiste en la glucólisis, mientras que la porción mitocondrial es altamente dependiente de oxígeno consiste en el ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) (también conocido como el ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs) y fosforilación oxidativa (también conocida como transporte de electrones en la membrana mitocondrial). Durante la glucólisis la glucosa es convertida en piruvato con la producción total de 2 moléculas de ATP. La mayoría de la producción de energía ocurre en la mitocondria durante el ciclo del ácido tricarboxílico (2 ATP) y la fosforilación oxidativa (32 ATP). Una cantidad pequeña de lactato es normalmente producida durante la glucólisis, pero es rápidamente metabolizado por el hígado y excretado por el riñón. Así, el lactato sérico se mantiene normal por debajo de 2 mmol/L. La producción de lactato se incrementa dramáticamente durante la hipoxia.

Debido a la baja presión de oxígeno, el piruvato no puede continuar al metabolismo aeróbico en la mitocondria y es desviado hacia la producción de lactato. La hipoxia también produce una disminución de la actividad de la deshidrogenasa de piruvato la cual convierte al piruvato a acetil CoA. el cambio continuo del piruvato hacia lactato resulta en una elevación del lactato sérico y una elevación del índice lactato piruvato (normal 10:1).

La acidosis láctica debida a hipoperfusión se refiere tradicionalmente como acidosis láctica tipo A y se asocia con un índice elevado de lactato piruvato. El lactato elevado en la presencia de acidosis se ha utilizado como marcador de la hipoperfusión tisular y metabolismo anaerobio. Múltiples estudios han correlacionado los aumentos de los niveles de lactato con la mortalidad en pacientes con alguna variedad de enfermedad critica. Sin embargo, los estudios que utilizan al lactato como un punto final de reanimación para mejorar la sobrevida han sido inconclusos. Una explicación del porque la dificultad de usar el lactato como punto final de la resucitación es que la producción del lactato ocurre debido a estímulos no hipóxicos.

La hiperlactatemia en los pacientes críticamente enfermos no siempre es debida solo a la hipoxia celular. Descrita como acidosis no hipóxica o acidosis tipo B, las elevaciones del lactato sérico pueden ocurrir durante la perfusión normal o después de que la hipoperfusión se ha corregido. La producción de lactato puede estar incrementada durante estados de hiperglucólisis. Estados excesivos de catecolaminas se han encontrado como estimulantes de la glucólisis a una velocidad que excede la capacidad oxidativa de la mitocondria y lleva a una acidosis tipo B. El aumento de la glucólisis del músculo esquelético y del hígado resulta en aumentos tanto en la producción de piruvato como de lactato, manteniendo así la relación de lactato a piruvato. El incremento del piruvato resultante es después metabolizado a lactato a una velocidad mas alta de lo normal. Los estados hiperadrenérgicos son comunes en las UCI pediátricas e incluyen la administración exógena de catecolaminas y desordenes asociados con una respuesta inflamatoria sistémica severa (p. ej. lesión pulmonar aguda, trauma, sepsis, quemaduras). La acidosis tipo A o B pueden ser mas acentuadas en la presencia de metabolismo hepático disminuido y/o depuración renal disminuida.

La hiperlactatemia puede ocurrir también debido a efectos de drogas o toxinas. Cualquier droga que intervenga en el ciclo del TCA o la fosforilación oxidativa puede llevar a una producción excesiva de lactato. Estos medicamentos incluyen metformina, salicilatos, inhibidos de la HMG CoA reductasa, cianuro, hierro y propofol. Los errores innatos del metabolismo se pueden presentar con una elevación importante del lactato sérico. Algunos ejemplos de errores innatos del metabolismo que pueden presentarse con acidosis láctica incluyen la deficiencia de piruvato deshidrogenasa, deficiencia de la piruvato descarboxilasa, deficiencia de glucosa-6-fosfatasa, deficiencia de fructosa-1,6-difosfatasa y desordenes mitocondriales. Además, ciertos tumores se asocian con hiperlactatemia. Finalmente, la hiperlactatemia puede estar causada por una elevación en el isómero D del lactato. Esto se observa usualmente en estados de sobre crecimiento bacteriano intestinal como en el síndrome de intestino corto[1].

Los principales determinantes de la llegada de oxígeno a los tejidos son (a) la presión de perfusión y (b) el transporte global de oxígeno. El proceso de reanimación hemodinámica, mediante la manipulación de estas variables de presión y flujo, buscará restaurar el equilibrio entre transporte (DO₂) y consumo (VO₂) de oxígeno a los tejidos, con la consiguiente reversión de la anaerobiosis. La corrección del estado de disoxia debería conseguirse cuanto antes, puesto que la duración del daño va a condicionar el mayor desarrollo de fracaso orgánico, con consecuencias directas sobre el pronóstico del individuo.

Como acabamos de exponer, más allá de la consecución de valores de DO₂ o flujo predeterminados, la reanimación hemodinámica pretenderá la normalización de valores fisiológicos de marcadores de perfusión global del organismo. En la práctica clínica disponemos fundamentalmente de 2 variables extremadamente útiles para este fin: las saturaciones venosas de oxígeno y los niveles de lactato.

La saturación venosa mixta de oxígeno (SvO₂), obtenida en la arteria pulmonar, probablemente representa el mejor indicador de la adecuación del DO₂. En diversas situaciones de patología crítica, la saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂), obtenida en la aurícula derecha, ha demostrado una buena correlación con la SvO₂ (aunque sobreestima en torno al 5%), así como un consistente paralelismo en sus cambios. La reducción del GC y/o el aumento de las necesidades metabólicas se traducirán en un incremento compensador en la extracción de oxígeno, con el consiguiente descenso de las saturaciones venosas. Este descenso será precoz, pudiendo preceder incluso a la elevación del lactato sérico. La incorporación de las saturaciones venosas como objetivo metabólico final del proceso de reanimación ha demostrado su impacto beneficioso en el pronóstico de diferentes poblaciones de pacientes críticos. Sin embargo, en determinadas situaciones de shock distributivo, la presencia de SvcO₂ elevadas también se ha asociado a mayor mortalidad. Este fenómeno vendría determinado por diferentes mecanismos, como fenómenos de shunt, flujo heterogéneo, o alteraciones en la extracción de oxígeno. Por tanto, es fundamental conocer las limitaciones de esta variable y, en el contexto clínico adecuado, disponer de otros parámetros que nos informen sobre el estado de perfusión tisular del individuo.

En general, la elevación en la concentración de lactato en sangre indica la presencia de hipoxia tisular y metabolismo anaerobio. La magnitud de esta elevación en los niveles de lactato se ha correlacionado directamente con el pronóstico del paciente con patología crítica aguda. En cuanto a su utilidad en la guía del proceso de reanimación, la monitorización del aclaramiento del lactato en respuesta a las intervenciones terapéuticas no se ha mostrado inferior a la resucitación guiada por SvcO₂.

En situaciones de hipoxia tisular, además de la formación de lactato, se producirá también una elevación de aniones secundarios a la anaerobiosis, así como un defecto en el lavado de CO₂ del organismo. Así, la determinación del exceso de base estándar y de la diferencia arteriovenosa de CO₂ -P(v-a)CO₂- puede ser de ayuda en la evaluación del estado global de oxigenación de los tejidos. Aunque la alteración en los valores iniciales de exceso de base estándar ha mostrado un valor pronóstico similar al del lactato, su evolución en el tiempo se ve afectada por múltiples factores diferentes a la hipoxia celular, por lo que no se recomienda su uso como parámetro independiente en la guía de la reanimación. En cuanto a la P(v-a)CO₂ (ya sea central o mixta), diferentes trabajos han correlacionado inversamente su valor a los valores de índice cardíaco. Niveles de P(v-a)CO₂>6mmHg han demostrado ser útiles en la detección de hipoperfusión persistente a pesar de la normalización de la SvcO₂, aunque su incorporación a algoritmos de resucitación todavía no se ha evaluado.

La ecocardiografía permite obtener el GC de forma no invasiva (ecocardiografía transtorácica, ETT) o mínimamente invasiva (ecocardiografía transesofágica, ETE) y ofrece además una amplia información hemodinámica. A pesar de sus múltiples aplicaciones y la rápida extensión de su utilización en la UCI, es preciso adquirir un entrenamiento adecuado para poder garantizar la calidad y fiabilidad de las medidas. La ecocardiografía posee un papel clave en la evaluación de la contractilidad puesto que nos permite obtener múltiples parámetros que pueden ser útiles en la UCI

para su estimación. La FEVI es el parámetro más frecuentemente utilizado para evaluar la contractilidad en pacientes con enfermedad cardíaca. La FEVI es considerada fundamental en pacientes con insuficiencia cardíaca no solo a causa de su importancia pronóstica (a más baja FEVI, peor supervivencia) sino también porque la mayoría de los estudios seleccionan a los pacientes basándose en su FEVI. En el momento de su interpretación y evaluación en pacientes críticos deberíamos tener en cuenta que es también dependiente de la precarga, la frecuencia cardíaca y, fundamentalmente, de la poscarga. Esta dependencia sería especialmente significativa en las situaciones con un incremento o una disminución importante de la poscarga como ocurre en la sepsis. Además, la ecocardiografía nos ofrece otros parámetros de demostrada utilidad en la evaluación de la contractilidad como son el índice de Tei, el dP/dt máx, el desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo y la velocidad máxima de la onda S del Doppler tisular mitral o tricuspídeo, los cuales tienen mayor o menor sensibilidad a los cambios de inotropismo y a las condiciones de carga.

La ecocardiografía constituye una herramienta útil en la evaluación de la función cardiovascular del paciente crítico debido a que nos proporciona imágenes en tiempo real, a pie de cama y de una manera no invasiva (ETT) o mínimamente invasiva (ETE). La información obtenida por el examen ecocardiográfico es interpretada e inmediatamente integrada en la valoración global del paciente. La principal indicación de la ecocardiografía en UCI es el estudio de la función cardiocirculatoria en el shock puesto que nos permite obtener información acerca de su etiología y puede ser de gran utilidad como guía y monitorización del tratamiento instaurado. Es por esto que se justifica su uso en las unidades de cuidados críticos, al ser mínima invasiva y arrojar datos sumamente útiles en la evaluación de pacientes críticos. Esperamos encontrar una fuerte correlación de la disminución de la fracción de eyección en pacientes críticos, con niveles altos de lactato y niveles disminuidos de saturación venosa central que se relacionan ambos al mismo tiempo con hipoperfusión tisular en pacientes con datos de choque. De esta forma comenzar a incrementar su uso en nuestra unidad, para la ayuda de toma de decisiones en la terapéutica de nuestros pacientes.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Demostrar la utilidad de la ecocardiografía mínimamente invasiva, como marcador de hipoperfusión sistólica en el estado de choque, comparándola con otros marcadores invasivos de hipoperfusión.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Evaluar por medio de mínima invasión la función sistólica del ventrículo izquierdo.
2. Extracción de saturación venosa central y lactato sérico arterial.
3. Realizar la correlación que existe entre los resultados obtenidos y determinar la utilidad de la ecocardiografía en estados de choque e hipoperfusión.

HIPÓTESIS

Nuestra hipótesis principal es que existe una correlación entre la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, con los marcadores séricos de hipoperfusión, en este caso lactato sérico y Saturación venosa central.

JUSTIFICACIÓN

La ecocardiografía constituye una herramienta útil en la evaluación de la función cardiovascular del paciente crítico debido a que nos proporciona imágenes en tiempo real, a pie de cama y de una manera no invasiva (ETT) o mínimamente invasiva (ETE). La información obtenida por el examen ecocardiográfico es interpretada e inmediatamente integrada en la valoración global del paciente. La principal indicación de la ecocardiografía en UCI es el estudio de la función cardiocirculatoria en el shock puesto que nos permite obtener información acerca de su etiología y puede ser de gran utilidad como guía y monitorización del tratamiento instaurado. Es por esto que se justifica su uso en las unidades de cuidados críticos, al ser mínima invasiva y arrojar datos sumamente útiles en la evaluación de pacientes críticos. Esperamos encontrar una fuerte correlación de la disminución de la fracción de eyección en pacientes críticos, con niveles altos de lactato y niveles disminuidos de saturación venosa central que se relacionan ambos al mismo tiempo con hipoperfusión tisular en pacientes con datos de choque. De esta forma comenzar a incrementar su uso en nuestra unidad, para la ayuda de toma de decisiones en la terapéutica de nuestros pacientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizara un estudio de tipo transversal, prospectivo, observacional, en el Hospital Regional Licenciado Adolfo López Mateos en el área de Terapia Intensiva Pediátrica, se registrara toda la población que ingrese a la unidad durante el periodo 1 Junio 2018 a 30 Octubre 2018, se realizara ecocardiograma al ingreso durante y al egreso, así como niveles de lactato sérico arterial y saturación venosa central de oxígeno.

Se utilizó para la detección de la FEVI un equipo de Ecocardiograma marca Philips HP ImagePoint HX ®, Equipo Gasómetro, marca Siemens ®, Equipo de cómputo portátil, marca Asus ®

SITIO DE ESTUDIO

El sitio de estudio se desarrollará en el área de terapia intensiva pediátrica del Hospital Regional Licenciado Adolfo López Mateos del ISSSTE.

SUJETOS DE ESTUDIO

Se realizará ecocardiograma a toda la población pediátrica que ingrese a nuestra unidad de cuidados críticos pediátricos. Dicha población abarca desde la edad de 1 mes de vida hasta los 17 años 11 meses

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión

Todo paciente pediátrico que ingrese a la UTIP para manejo o vigilancia se realizara rastreo ecocardiográfico. Dichos pacientes deberán contar con acceso vascular en aurícula derecha y contar con al menos una gasometría arterial a su ingreso.

Criterios de exclusión

Pacientes con cardiopatía congénita y pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente para corrección de dicha cardiopatía.

Criterios de eliminación

Pacientes que hayan sido trasladados otra unidad de terapia pediátrica, en quienes no se podrá completar la evaluación de seguimiento

FUENTE DE DATOS

Para las variables independientes los datos serán obtenidos del expediente, se concentrarán resultados de variables en banco de datos electrónicos elaborada en Microsoft Excel 2013 ® para su análisis posterior en el programa electrónico IBM SPSS Statistics 24.0

VARIABLES DEL ESTUDIO

VARIABLES INDEPENDIENTES: Edad, sexo, patología de base, fármacos inotrópicos y vasopresores, lactato sérico, estado ácido base, uso de ventilación mecánica.

VARIABLES DEPENDIENTES: FEVI, Lactato sérico y saturación venosa central

IMPLICACIONES ÉTICAS

El proyecto se ajustó al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud así como a la Declaración de Helsinki adoptada en junio de 1964. Sin embargo el único compromiso de los investigadores será mantener la respectiva confidencialidad.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, este estudio es considerando sin riesgo debido a que es un estudio observacional.

Se presentara estudio al comité de ética y enseñanza de HRL Adolfo López Mateos.

El Estudio no interviene en la terapéutica del paciente, no pone en riesgo la vida del mismo y no se requiere de algún consentimiento informado para tales intervenciones, ya que se pueden considerar como de rutina en una unidad de cuidados intensivos pediátricos

RESULTADOS.

Se realizó el análisis con el programa IBM SPSS 24.0, de 30 pacientes que ingresaron a la terapia intensiva pediátrica (Tabla 1 Valores demográficos), así como auxiliar gráfico con el programa de hoja de cálculo Excel 2013 ®.

Tabla 1. Valores Demográficos

	N = 30 pacientes
Edad _ Meses (Min – Max)	93.36 (1-204)
Sexo	Masculino 20 Femenino 10
Ventilación	Presión Control 11 Volumen Control 8 Sin ventilación Mecánica 11
Peso (Kg) (Min – Max)	25.0 (3-85)
Talla (cm) (Min – Max)	110.4 (52-165)
Apoyo aminergico	Adrenalina 10 Noradrenalina 6 Dobutamina 3 Ninguna 11

Posteriormente se procedió a realizar la limpieza de la base de datos, por tener datos faltantes, se analizaron con pruebas de normalidad las variables a sustituir Tabla 2, datos se desglosan las variables con faltantes y con que se sustituyeron.

Tabla 2. Sustitución de variables faltantes

VARIABLE	FALTANTES (%)	Media/Mediana/Moda	Prueba de Normalidad	TIPO DE DISTRIBUCIÓN : GRÁFICOS- SESGO- KURTOSIS	VALOR SUSTITUIDO
FEVI%Cardio	24%	Mediana	Gráfica, Kurtosis Y Relación con media y DE	Paramétrica	66.47
SvcO2	8%				Por ser la variable Dependiente no se sustituye
Lactato	10%	Mediana	Gráfica de Kurtosis y Relación con media y DE	Paramétrica	26.66

Se realizó una correlación (Tabla 3) para contestar la pregunta de investigación, pero con la N obtenida de 30 pacientes no se encontró correlación significativa entre la función ventricular medida por ecocardiografía ni los valores invasivos como lactato y saturación venosa. Además, se corrió un modelo de regresión lineal entre los mismos datos sin que se lograra explicar el efecto de la variable dependiente sobre la independiente, con modelos sin diferencias estadísticamente significancias entre FEVI – DDVI y el Lactato (Tabla 4) o SvO2 (Tabla 5).

Tabla 3. Correlación lineal entre las mediciones ecocardiográfico y el lactato

		Valor de Lactato	FEVI	DDVI
Valor de Lactato	Correlación de Pearson	1	0.35	-0.245
	Sig. (Bilateral)		0.95	0.233
	N	30	30	30
FEVI	Correlación de Pearson	0.31	1	-0.150
	Sig. (Bilateral)	0.95		0.425
	N	30	30	30
DDVI	Correlación de Pearson	-0.224	-0.152	1
	Sig. (Bilateral)	0.245	0.440	
	N	30	30	30

Figura 1. Gráfico de dispersión entre la FEVI y el valor de lactato.

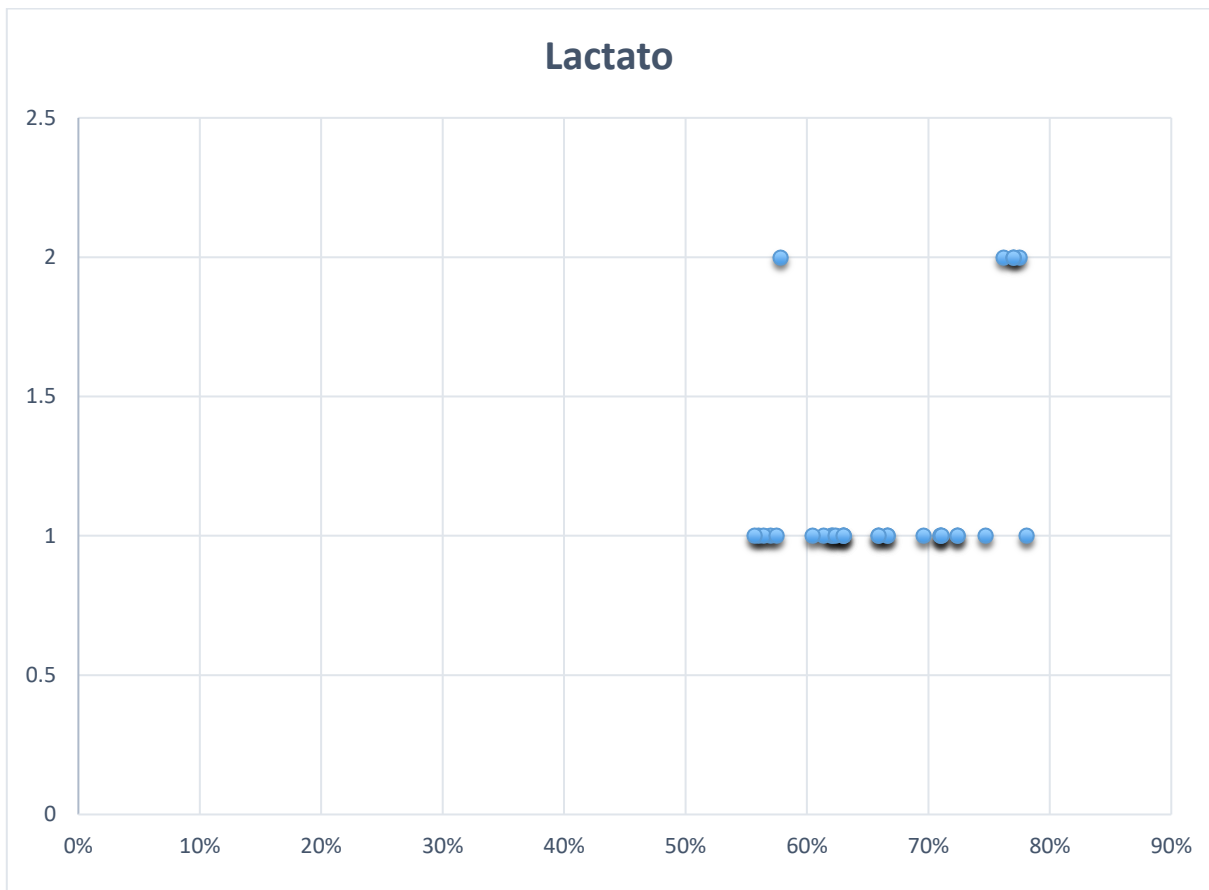


Tabla 4. Modelo de Regresión Lineal utilizando modelos con Fracción de Eyección y Diámetros diastólicos del VI y los valores de Lactato.

Coefficientes^a

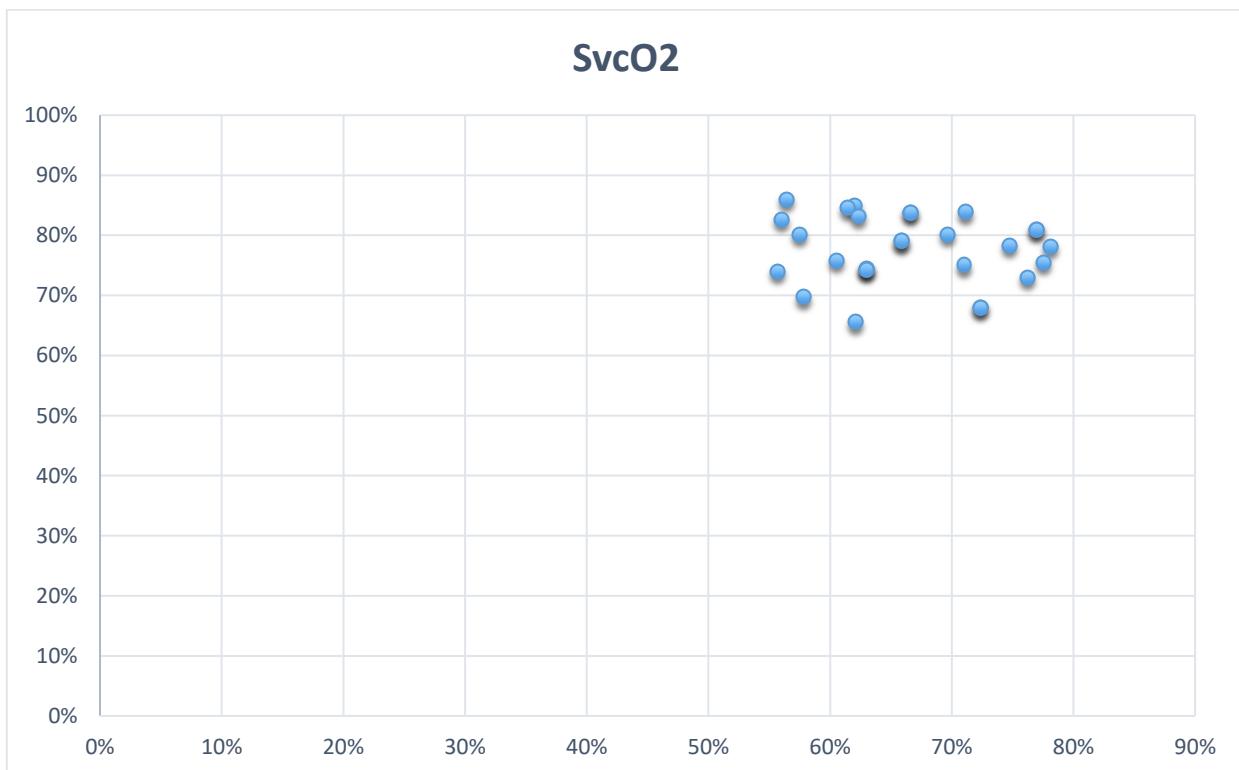
MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Erros estándar	Beta		
1 (constante)	-0.211	2.105		-0.115	0.928
FEVI	0.018	0.025	0.240	1.120	0.280
DDVI	-0.45	0.201	-0.044	-0.225	0.815

a. Variable dependiente: Valor de lactato

Tabla 5. Modelo de Regresión Lineal utilizando modelos con Fracción de Eyección y Diámetros diastólicos del VI y la Saturación venosa Central.

		FEVI	DDVI	SvO2
FEVI	Correlación de Pearson	1	-0.162	-0.112
	Sig. (Bilateral)		0.440	0.650
	N	30	30	30
DDVI	Correlación de Pearson	-0.152	1	0.170
	Sig. (Bilateral)	0.440		0.438
	N	30	30	30
SvO2	Correlación de Pearson	-0.115	0.170	1
	Sig. (Bilateral)	0.550	0.445	
	N	30	30	30

Figura 2. Gráfico de Dispersión entre FEVI y SvCO2



DISCUSIÓN.

Se intentó encontrar la correlación existente entre los valores de lactato sérico y Saturación venosa central (Parámetros hemodinámicos invasivos) contra la determinación de Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). La determinación de la FEVI en terapia intensiva pediátrica es útil como marcador indirecto del gasto cardiaco, es conocido que en el paciente séptico o con choque séptico esta se ve afectada por factores inflamatorios.

Durante el periodo de estudio se lograron incluir a 30 pacientes, en los cuales se determinaron niveles séricos de lactato y de saturación venosa central y concomitantemente se realizaron estudios seriados ecocardiográficos para determinar los valores de FEVI. No se encontró una relación directa entre los valores de FEVI y los de lactato sérico y saturación venosa central, posiblemente existió un sesgo, ya que los pacientes ameritaron iniciar infusión de fármacos inotrópicos, así como vasopresores. Es importante recalcar que ya se han realizado estudios semejantes sin haber logrado definir una correlación suficientemente fuerte para poder guiar las decisiones terapéuticas de pacientes con sepsis ingresados a las terapias intensivas pediátricas.

La ultrasonografía en la actualidad uno de los métodos más importantes para evaluar la función miocárdica en sepsis y choque séptico, esta permite evaluar de forma integral la función miocárdica, evaluación que incluyen la función ventricular izquierda diastólica y sistólica, el estado de volumen intravascular (Colapsabilidad de venas cavas), el gasto cardiaco, la función ventricular derecha, la presión pulmonar, el gasto cardiaco, la función valvular y pericárdica y es muy necesaria para hacer diagnósticos diferenciales de estados de choque siempre a la mano de los médicos intensivistas. Pese a que nuestro estudio no mostró relación entre esta y los valores hemodinámicos de hipoperfusión, se deberá seguir utilizando para asistir las decisiones en pacientes con sepsis y choque séptico.

CONCLUSIONES.

En necesario extender el estudio y tener una muestra de mayor tamaño para poder eliminar o hallar la correspondencia entre las medidas invasivos y no invasivos. Es importante preparar al personal médico en la asistencia ultrasonográfica de los pacientes ingresados a las UTIS, ya que arrojan información vital en la toma de decisiones. Así mismo, no es un método invasivo.

Pese a que la FEVI no resulto tener correlación directa como marcador de hipoperfusión tisular, es indispensable que todas las terapias intensivas pediátricas cuenten con equipo de ultrasonografía, para la medición de auxiliares hemodinámicos como la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. Por lo que es altamente recomendable su utilización.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Frank AM. Assessment of Cardiovascular Function. En: Steven EL, Frank AM, Robert FT, Neal JT, editors. *Pediatric critical care study guide*. London: Springer; 2012. p. 123-26.
2. Ronald AB, Neil CS. Hemodynamic monitoring. En: David GN, Donald HS, editors. *Rogers' textbook of pediatric intensive care*. 5a edición: Wolters kluwer; 2015. p. 1128-29.
3. Abraham J, Abraham TP. The Role of Echocardiography in Hemodynamic Assessment in Heart Failure. *Ultrasound Clin*. 2009; 4(2): 149–66.
4. Lanspa MJ, Pittman JE, Hirshberg EL, Wilson EL, Olsen T, Brown SM, et al. Association of left ventricular longitudinal strain with central venous oxygen saturation and serum lactate in patients with early severe sepsis and septic shock. *Crit Care*. 2015; 1–9.
5. Nadkarni M, Berg RA, Topjian AA, et al. Association of Left Ventricular Systolic Function and Vasopressor Support with Survival Following Pediatric Out of Hospital Cardiac Arrest. *Pediatr Crit Care Med*. 2015; 16(2): 146–154.
6. Ranjit S, Kisson N. Bedside echocardiography is useful in assessing children with fluid and inotrope resistant septic shock. *Indian J Crit Care Med*. 2013; 17(4):224–31.
7. Klugman D, Berger JT. Echocardiography and Focused Cardiac Ultrasound. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17(8 Suppl 1):S222–4.
8. Su E, Pustavoitau A, Hirshberg EL, Nishisaki A, Conlon T, Kantor DB, et al. Establishing Intensivist-Driven Ultrasound at the PICU Bedside—It's About Time*. *Pediatr Crit Care Med*. 2014; 15(7):649–52.
9. Gaspar HA, Morhy SS, Lianza AC, Carvalho WB De, Andrade JL. Focused cardiac ultrasound: a training course for pediatric intensivists and emergency physicians. *BMC Med Educ*. 2014; 14(25):1–10.
10. Frankel HL, Kirkpatrick AW, Elbarbary M, Blaivas M, Desai H, Evans D, et al. Guidelines for the Appropriate Use of Bedside General and Cardiac Ultrasonography in the Evaluation of Critically Ill Patients—Part I: *Crit Care Med*. 2015; 43(11):2479–2502.
11. Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, Kirkpatrick AW, Su E, Evans D, et al. Guidelines for the Appropriate Use of Bedside General and Cardiac Ultrasonography in the Evaluation of Critically Ill Patients—Part II: *Crit Care Med*. 2016; 44(6):1206-27.
12. Ochagavía A, Baigorri F, Mesquida J, Ayuela JM, Ferrándiz A, García X. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Med Intensiva*. 2014;38(3):154-169.
13. Haileselassie B, Su E, Pozios I, Fiskum T, Thompson R, Abraham T. Strain Echocardiography Parameters Correlate With Disease Severity in Children and Infants With Sepsis. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17(5):383–90.
14. Gaspar HA, Morhy SS. The Role of Focused Echocardiography in Pediatric Intensive Care: A Critical Appraisal. *Biomed Res Int*. 2015; (596451):1-7.