

República Dominicana
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad De Ciencias De La Salud
Escuela De Medicina

Centro Diagnostico, Medicina Avanzada Y Telemedicina (CEDIMAT)
Maestría En Circulación Extracorpórea

¿ES LA SATURACION VENOSA DE OXÍGENO UN PREDICTOR DE ÓPTIMA ENTREGA DE OXÍGENO EN PACIENTES ADULTOS SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA CON EL USO DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA E HIPOTERMIA LEVE A 34°C.? EN EL PERIODO ENERO - MAYO 2021 EN EL CENTRO CARDIOVASCULAR CEDIMAT SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA.



Tesis De Posgrado Para Obtener Titulo De:
Especialista En Perfusión Y Circulación Extracorpórea, Maestría

Sustentante:

Lcdo. Mario Enrique Intriago Murillo.

Asesores:

Lcda. Brígida Aguerrevere Branger.

Lcdo. Alexei Suárez Rivero.

Distrito Nacional 2021

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por todas sus bendiciones y las nuevas oportunidades que me brinda cada día. A él se lo debo todo gracias por permitirme llegar al punto en que me encuentro.

A mis padres por la educación y principios brindados en el hogar, ustedes son los pilares fundamentales de mi formación, como persona y profesional les debo tanto. Mi pista de aterrizaje, mi esposa Karla Delgado y María Emilia, nuestra hija, son el amor más bonito que me ha regalado la vida, este triunfo es para todos ustedes.

Los resultados de este proyecto también lo dedico a todas aquellas personas que estuvieron involucradas de una u otra forma en el proceso de la investigación. Mis más sinceros agradecimientos están dirigidos a mis tutores colegas: Brígida Aguerrevere y Alexei Suárez, perfusionistas cardiovasculares de ALAP. Amigos de gran sabiduría que se esforzaron por ayudarme desinteresadamente, brindándome su total apoyo, respaldo e información relevante para la culminación del estudio.

RESUMEN

La saturación venosa ha marcado la pauta como parámetro importante para el manejo de la circulación extracorpórea, sin embargo, estudios recientes enfocados en perfusión guiada por objetivos demuestran que es un indicador tardío de perfusión tisular, siendo el de la entrega de oxígeno (DO_2), un mejor indicador de metabolismo aeróbico en el cual el flujo en bomba y la hemoglobina juegan un papel importante. Existe escasa literatura en donde se expresen valores de saturación venosa de oxígeno óptimos, relacionados con la entrega de oxígeno.

En el presente estudio se analiza retrospectivamente, cual es el flujo de bomba indexado adecuado, para mantener una entrega de oxígeno óptima y por ende determinar cuál es la saturación venosa mínima segura como parte de la guía de parámetros en la conducción de la perfusión. Para ello se dividió la población en dos grupos: El grupo 1 (pacientes perfundidos con un índice cardiaco igual o menor a $1,9 \text{ L/min/m}^2$) y grupo 2 (pacientes perfundidos con un índice cardiaco igual o mayor a $2,32 \text{ L/min/m}^2$). Con la idea de identificar valores de saturación venosa de oxígeno óptimos, en relación con el aporte de oxígeno (DO_2), en aquellos pacientes sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea e hipotermia leve a 34°C en el centro Diagnóstico, Medicina Avanzada Y Telemedicina (CEDIMAT) en el periodo de enero - mayo 2021.

Consideramos que este estudio puede ser de gran interés para la sociedad de perfusionistas para conocer el valor de la saturación venosa de oxígeno óptima validado por a una correcta entrega de oxígeno.

ABSTRACT

Venous saturation has set the standard as an important parameter for the management of cardiopulmonary bypass, however, recent studies focused on goal-guided perfusion show that it is a late indicator of tissue perfusion, with oxygen delivery (DO_2) being a best indicator of aerobic metabolism in which pump flow and hemoglobin play an important role. There is little literature where optimal venous oxygen saturation values related to oxygen delivery are expressed.

The present study proposes to retrospectively analyze which is the adequate indexed pump flow to maintain an optimal oxygen delivery and therefore determine which is the minimum venous saturation as part of the guide of parameters in the conduction of perfusion. For this, the population was divided into two groups: Group 1 (patients perfused with a cardiac index equal to or less than 1.9 L/min/m^2) and group 2 (perfused patients with a cardiac index equal to or greater than 2.32 L/min/m^2) with the idea of identifying optimal venous oxygen saturation values in relation to oxygen supply (DO_2) in those patients undergoing cardiac surgery with extracorporeal circulation in mild hypothermia at 34°C at the Diagnostic, Advanced Medicine and Telemedicine Center (CEDIMAT) in the period January - May 2021.

We consider that this study may be of great interest for the society of perfusionists to know the value of the optimal venous oxygen saturation validated by a correct oxygen delivery.

INDICE

PRESENTACIÓN.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INDICE.....	5
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	14
JUSTIFICACION	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
VARIABLES DEMOGRÁFICAS ENTRE GRUPO 1 Y 2.....	17
HIPÓTESIS.....	18
OBJETIVOS	19
GENERAL	19
ESPECÍFICOS.....	19
MARCO TEÓRICO.....	20
LACTATO	24
METABOLISMO CEREBRAL	26
MATERIAL Y MÉTODO	29
TIPO DE ESTUDIO	29
MATERIAL.....	29
POBLACIÓN DE ESTUDIO	30
CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION	31
INCLUSIÓN.....	31
EXCLUSIÓN.....	31

MÉTODO	31
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	33
RESULTADOS	35
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES	42
LIMITACIONES	43
APENDENDICES	43
ANEXOS	44
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	46
PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

INTRODUCCIÓN

El 6 de mayo de 1953 John Gibbon logró coronar con el éxito el trabajo de toda su vida, al cerrar por primera vez, una comunicación interauricular en una joven mujer en la que utilizó una máquina corazón-pulmón de su invención. Sin embargo, previamente la cirugía exploró otros caminos para operar el corazón, como la hipotermia, la que consistía en bajar la temperatura del paciente introduciéndolo en una tina de agua fría, para luego efectuar la corrección quirúrgica de una malformación del corazón, en el menor tiempo posible. Por otra parte, luego de su primer éxito, los 4 pacientes siguientes de Gibbon fallecieron, por lo que este abandonó todo intento ulterior, lo que fue seguido por un pesimismo generalizado sobre la circulación extracorpórea (CEC). Este fue revertido un año más tarde por Walton Lillehei con la introducción de la "circulación cruzada controlada" en la que un paciente, habitualmente un niño, era conectado a un "donante", habitualmente el padre o la madre, cuyo corazón y pulmón servían como un oxigenador para así efectuar la cirugía a corazón abierto del paciente. Finalmente, es el mismo Lillehei, quien un año más tarde introduce el oxigenador de burbujas, simple y de bajo costo, que abrió las puertas de la cirugía a corazón abierto a todos los cirujanos del mundo. Por esto, para muchos, Walton Lillehei es considerado el "Padre de la Cirugía a Corazón Abierto". Lillehei visitó Chile en 1963 y luego de operar en los pabellones del Hospital Clínico de la Universidad Católica fue nombrado Miembro Honorario de la Facultad de Medicina de dicha Universidad. Previamente, en 1957, Helmuth Jaeger había efectuado el primer cierre quirúrgico exitoso de una comunicación interauricular con circulación extracorpórea en Chile, utilizando un oxigenador de burbujas.(1)

Los parámetros medidos comúnmente en circulación extracorpórea son: el uso de sistemas de seguridad, sensores de presiones, sistemas de los gases de la máquina de la CEC, gases en líneas, gasometrías venosa y arteriales, control de temperatura, uso de vaporizadores y tiempos de coagulación.(2)

Específicamente la Saturación Venosa Mixta de Oxígeno (SvO_2) durante la circulación extracorpórea nos indica la relación del suministro y consumo de oxígeno del organismo. Los valores normales están comprendidos entre un 70% y un 80%, hasta ahora es un indicador de la adecuada perfusión tisular durante la circulación extracorpórea. Pero aún en situaciones donde la SvO_2 se encuentra en límites normales, este valor podría estar enmascarando una hipoperfusión silente u oculta, por lo que estaríamos frente a un aumento de la concentración de lactato sérico y poca entrega de oxígeno a todos los órganos. Esto ocurre generalmente cuando la demanda de energía por parte de los tejidos es superior a la que le aportamos.(3) Por esta razón se sitúa como un marcador tardío de hipoxia tisular o hipoperfusión.

Entre los métodos de protección de órganos utilizados durante la Circulación Extracorpórea se encuentra la hipotermia, que se define como el estado en el cual la temperatura corporal disminuye por debajo de los límites normales en un organismo homeotermo, es decir 36 grados Celsius ($^{\circ}C$). Bigelow en Toronto, tras muchos años de investigación experimental, pudo demostrar en 1946 que la hipotermia reduce las necesidades de oxígeno del organismo. La homeotermia se describe como la capacidad de mantener un nivel constante de temperatura entre 36 y $37^{\circ}C$ a través de la producción de calor, que se regula mediante la activación de los procesos metabólicos. El rango normal de Consumo de Oxígeno o transferencia de oxígeno (VO_2) es 120 ml/min/ m^2 esto es indexado en relación con la superficie corporal; existe otro rango de valores en ml/min que oscilan desde 180 – 280 ml/min. El VO_2 se puede medir de dos maneras: una es determinado al consumo a nivel metabólico mediante el empleo de una ergoespirometría. En las que se miden de manera directa la cantidad de oxígeno inspirado y expirado y se estima el consumo. Y el otro método, el más usado en CEC mediante el cálculo de las diferencias de los contenidos de oxígeno venoso y arterial en relación con el gasto cardiaco (Fick)

En reposo, el consumo de oxígeno de un adulto usualmente es de 3 a 3,5 ml/kg/min. Realizando un ejercicio intenso, el VO_2 puede llegar a 60 a 70 ml/kg/min en atletas sanos.(4) En normotermia, disminuye el 50% del valor en adultos antes mencionado en hipotermia moderada de 28°C disminuye un 60% y un descenso a 25°C se puede decir que disminuye aproximadamente un 9% por cada grado centígrado que desciende la temperatura.(5)

Los procesos metabólicos son dependientes de la temperatura, una disminución de esta en los seres homeotermos, conlleva a una disminución de la utilización de energía. El Q10 es el aumento o disminución de la velocidad de los procesos metabólicos en relación con la temperatura para un cambio de 10°C. (6)

La tolerancia a la isquemia es variable según los diferentes órganos. El riñón puede tolerar entre 50-60 minutos, el hígado entre 20-30 minutos y la médula espinal entre 30 y 45 minutos. Sin embargo, la corteza cerebral puede tolerar tan sólo entre 2-4 minutos, los centros pupilares 5-10 minutos y el cerebelo 10-15 minutos.(7) El coeficiente de temperatura Q10 también se lo describe como la medición, sin unidades, que indica el factor por el cual aumenta la tasa de una reacción química, para cada subida de 10 grados Celsius de la temperatura. Si la reacción funciona completamente independientemente de la temperatura observada, el coeficiente de temperatura sería 0. Si la velocidad de la reacción aumenta a medida que la temperatura aumenta, el coeficiente de temperatura es mayor a 1, si disminuye conforme la temperatura aumenta, el coeficiente es inferior a 1.(8)

Las técnicas de hipotermia durante la aplicación de la derivación cardiopulmonar, en diferentes tratamientos de la cirugía cardiovascular, dependen de la complejidad de la anatomía y la fisiopatología de la corrección quirúrgica. Deben valorarse diversos aspectos como: el tiempo de pinzamiento aórtico con interrupción del flujo coronario y la subsecuente isquemia, el peso, la edad y la estabilidad hemodinámica del paciente, con el objetivo de garantizar un flujo cerebral óptimo. Para aplicar la técnica de hipotermia es necesario establecer previamente, las normas a seguir por el equipo quirúrgico (constituido por el cirujano principal, el perfusionista y el anestesiólogo), y se deben tener

en cuenta: el grado de hemodilución, la técnica anestésica, la administración de fármacos neuroprotectores, la heparinización, el chequeo de la anticoagulación sistémica, la administración de antagonistas alfa-adrenérgicos, el control del equilibrio electrolítico, la glucosa sanguínea, el lactato, los diuréticos y el método de protección miocárdica seleccionado. Todo ello con el fin de asegurar el enfriamiento corporal, ya sea con el uso de hipotermia leve, moderada o profunda.(9)

Tabla 1: Niveles de temperatura relacionado al índice cardiaco (FISIOLOGÍA Y TÉCNICAS DE CEC. AEP segunda edición)

NIVEL DE HIPOTERMIA	TEMPERATURA	I.C
Normotermia	34 - 37°C	2.4 L/min/m ²
Hipotermia Moderada	32 – 33.9°C	2.2 L/min/m ²
Hipotermia	28 – 31.9°C	1.8 – 2.1 L/min/m ²
Hipotermia Profunda	-28°C	1.8 L/min/m ²

Como lo muestra la Tabla 1, la aplicación de la hipotermia puede ser ligera (34°C y 32°C) moderada (entre 28°C y 32°C) profunda (< 28°C) e inclusive inducir parada circulatoria (< 20°C). El enfriamiento se realiza a través de una máquina o intercambiador térmico, que controla automáticamente la temperatura deseada del agua circulante en su interior, ya sea fría o caliente. Tiene un circuito de entrada y salida, con dos mangueras, dirigidas a una manta térmica colocada por debajo del cuerpo del paciente, para establecer la recirculación del agua; adicionalmente presenta otra derivación conectada a un circuito de manguera, que se une a la entrada y salida del intercambiador de calor -dentro o en la parte inferior o superior del oxigenador, que permite el enfriamiento o calentamiento de la sangre del paciente, mientras circula a través del circuito de la máquina de corazón pulmón.(9)

De manera que una temperatura de 30°C supone un descenso del 50% del metabolismo y a 23°C el consumo de oxígeno se reduce al 25%. Pero a pesar de estas ventajas teóricas, la hipotermia tiene una serie de consecuencias y efectos en diferentes lugares del organismo. El objetivo final de la perfusión sistémica de todo el cuerpo durante el *bypass* cardiopulmonar de rutina es satisfacer las necesidades metabólicas del paciente cardíaco anestesiado.

Publicaciones anteriores han demostrado que el índice cardíaco debe estar entre 2,8 y 3,0 L/min/m² en reposo y que puede aumentar hasta 15 L/min/m² durante el ejercicio.(10) Estos valores de referencia se obtuvieron midiendo sangre que fluye en reposo, pero con el paciente no anestesiado. El flujo sanguíneo sistémico óptimo en el paciente anestesiado es calculado por el perfusionista y se basa en cálculos operativos. La altura y el peso del paciente y se utilizan para calcular el área de superficie corporal, el índice cardíaco más utilizado durante el *bypass* cardiopulmonar en pacientes adultos se encuentra entre 2,2 y 2,4 L/min/m², este valor se cree que se aproxima al índice cardíaco de una persona normal en reposo en normotermia. Un enfoque para los efectos de la hipotermia es reducir el caudal de la bomba a un nivel fijo como 1,6 L/min/m². Sin embargo, este sigue siendo un enfoque relativamente no evidenciado y que es apropiado solo para períodos estables de hipotermia moderada, pero no para los períodos térmicamente inestables de enfriamiento y recalentamiento. Una técnica propuesta es controlar el caudal de la circulación extracorpórea para mantener SvO₂ a un nivel fijo seguro y que sea óptima.(11) También se puede calcular el flujo para perfundir en CEC a pacientes dependiendo del peso. Estos son los rangos de 40-60 mL/kg/min. En pacientes adultos. (12)

El aporte de oxígeno (DO₂) es el volumen de oxígeno aportado a los tejidos por unidad de tiempo. Se expresa en ml/min y frecuentemente se corrige por masa corporal (en ml/kg/min) o por el área de superficie corporal (ml/min/m²). Una elevación en los niveles de lactato en sangre se ha asociado tradicionalmente a metabolismo anaeróbico por un insuficiente DO₂ para los requerimientos tisulares, dato que se ha usado para identificar aquellos pacientes que pudiesen beneficiarse de una optimización de su DO₂.

El aporte de Oxígeno DO_2 es el producto del gasto cardíaco (GC) y el contenido arterial de oxígeno (CaO_2), (3) que se expresa con la siguiente fórmula $DO_2 = (GC \times CAO_2 \times 10)$

En condiciones fisiológicas la demanda de oxígeno es igual al consumo y corresponde a 2.4 ml O_2 /kg/min, el aporte de oxígeno generalmente es mayor que el consumo, el cual a su vez se adapta a la demanda tisular. En la práctica clínica la SvO_2 valora la relación DO_2/VO_2 . De acuerdo con la ecuación de Fick el VO_2 tisular es proporcional al gasto cardíaco y de esta manera el CvO_2 representa al contenido venoso total de retorno. (13)

Por otra parte, la hemodilución intencionada por la CEC, juega un papel muy importante en la circulación extracorpórea y esta tiene tres aspectos: el primero reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, el segundo reduce la viscosidad de la sangre y el tercero incrementa el gasto cardíaco como efecto compensatorio por la caída del hematócrito. Como el valor de hematócrito es el parámetro que refleja mejor la relación existente entre plasma y glóbulos, se prefiere para determinar el grado de hemodilución y se divide en: Ligera 25-30 vol.%, Moderada 20-25 vol.%, Extrema menos de 20 vol.%. (14) La hemodilución tuvo sus inicios poco después del descubrimiento de los grupos sanguíneos. Pánico y Neptune describieron la técnica de hemodilución en cirugía cardíaca hacia el año 1959, para evitar el uso de sangre durante el llenado del sistema de circulación extracorpórea, con relativo éxito. (15) Se sabe también que, debido a la disminución transitoria de la masa globular, disminuye el contenido arterial de oxígeno, sin embargo, este descenso se ve compensado de tres maneras diferentes: A). Incremento en la velocidad del flujo sanguíneo; B). Aumento en la extracción tisular de oxígeno y C). Desplazamiento de la curva de la hemoglobina hacia la derecha o disminución de la afinidad del oxígeno por la hemoglobina. La dilución de la sangre hasta un valor del hematocrito de 20 - 25% se denomina hemodilución moderada, y cuando el hematocrito disminuye a valores alrededor de 10% se refiere como dilución extrema expresada en otra literatura. (16)

Existe el concepto de terapia dirigida a objetivos (GDT), por sus siglas en inglés, tiene origen en la medicina de cuidados intensivos. El Dr. William C. Shoemaker fue uno de los primeros médicos que estudiaron los efectos de la GDT. En su publicación inicial en

1988, informó una tendencia a la disminución de la mortalidad después de cirugías de alto riesgo cuando se centra en el control de ciertos valores críticos. Fue Emanuel Rivers quien en 2001 profundizó sobre GDT, en un estudio que realizó en las salas de emergencias con los pacientes con sepsis grave o shock séptico. La terapia dirigida por objetivos se ha adaptado al campo de la perfusión, y muchos de los parámetros fisiológicos en estudios previos de GDT, son similares a los monitorizados por perfusionistas durante la circulación extracorpórea. Esta nueva aplicación ha sido designada como «perfusión dirigida a objetivos» (GDP), de sus siglas en inglés, y fue descrita por primera vez por Philip de Somer, quien lideró un ensayo multicéntrico basado en el hallazgo de Ranucci.(17)

En la GDP, tomamos los términos convencionales de perfusión óptima y agregamos conceptos de respiración celular: el aporte de oxígeno (DO_2), el consumo de oxígeno (VO_2), la producción de dióxido de carbono (VCO_2) y la tasa de extracción de O_2 ($ER O_2$ o VO_2 / DO_2) con el objetivo de alcanzar una perfusión más fisiológica.(18)

Los niveles de suministro de O_2 por encima del valor crítico (DO_2) > 272 ml/min/m², minimizar la hemodilución y mantener valores de hematocrito > 26% disminuyen la lesión renal aguda. Un consumo de dióxido de carbono (VCO_2) > de 60 ml/min/m² y una DO_2 / VCO_2 < 5 son predictores de hiperlactatemia. La saturación venosa de O_2 (SvO_2) y la tasa de extracción de O_2 ($ER O_2$) son mejores predictores de transfusión durante la circulación extracorpórea que el valor de la hemoglobina.(19)

ANTECEDENTES

La saturación venosa de oxígeno se ha utilizado, en los últimos años, como marcador de perfusión óptima, y se aceptan los valores $\geq 75\%$ por la comunidad de cirujanos, perfusionistas y anestesiólogos incluyendo los protocolos de nuestra institución. Aunque, existen otro tipo de literatura donde consideran valores normales de saturación venosa de oxígeno por debajo del valor de referencia antes mencionado y pese a esto siguen catalogados como normales.(20) (21)

El valor de la saturación venosa de oxígeno se obtiene mediante la toma de muestras de sangre de la línea venosa, de la máquina de circulación extracorpórea, además puede observarse de manera continua con el monitor de gases en línea venosa del circuito. Este valor puede variar en hipotermia o en normotermia según aumenten o disminuyan las demandas metabólicas; maniobras como la manipulación del flujo sanguíneo, el aumento de la hemoglobina, el aumento de la fracción inspirada de oxígeno y de la profundidad anestésica tienen impacto en la SvO₂.

JUSTIFICACION

Existen estudios basados en hipotermia profunda con perfusión cerebral, flujos óptimos usando mini *bypass*, otros basados en superficie corporal, y en saturaciones venosas de oxígeno como objetivo para perfundir los pacientes sometidos a *bypass* cardiopulmonar. Pero no existe una gran variedad de trabajos de investigación sobre flujos óptimos de CEC, con relación al hematocrito y a los cálculos de entrega (DO_2), y consumo (VO_2) de oxígeno en hipotermia leve a 34°C. Siendo esta temperatura en la actualidad una tendencia en la práctica diaria.

En vista de que la saturación venosa de oxígeno corresponde a un parámetro utilizado a diario como marcador de perfusión óptima, nos surge la incógnita de conocer si existe óptima entrega de oxígeno con valores de saturación venosa $\geq 75\%$ a una temperatura de 34°C, de no ser óptima la entrega de oxígeno validado por el cálculo de entrega de oxígeno (DO_2) entonces, ¿cuál sería el valor adecuado de la SvO_2 para lograr una óptima entrega de oxígeno en pacientes adultos?

Vale recalcar que ciertos estudios mencionan valores por debajo de 75% de saturación venosa de oxígeno como normal, esto podría enmascarar una hipoperfusión silente u oculta pudiendo generar hiperlactatemia y fallo renal.(22)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En perfusión se usa con frecuencia un flujo calculado por índice cardiaco de 2,4 L/min/m² el cual es considerado normal en la población adulta para cubrir las demandas metabólicas. La SvO₂ está considerada como un indicador del consumo de oxígeno, esta puede descender o aumentar según las demandas metabólicas. Nos preguntamos entonces, como se relacionan esta última y la DO₂, considerando valores normales por encima de 272 ml/min, valor indexado, representando óptima perfusión tisular.(33) se realizó un estudio retrospectivo observacional con 50 pacientes en el periodo Enero a Mayo del 2021 del servicio de cirugía cardiovascular adultos en el Centro de Diagnóstico y Medicina Avanzada y de Conferencias Médicas y Telemedicina (CEDIMAT) revisando los récords e historias de perfusión de este departamento. Para ello se dividirá la población en dos grupos:

Grupo 1: Pacientes adultos perfundidos a un flujo de bomba promedio de 1,9 (+/- 0,11) L/min/m² a una temperatura de 34°C los cuales manejaron valores de saturación venosa de oxígeno de 77,07% (+/- 5,97)

Grupo 2: Pacientes adultos perfundidos a un flujo de bomba promedio de 2,32 (+/- 1,40) L/min/m² a una temperatura 34°C los cuales manejaron valores de saturación venosa de oxígeno de 80,57% (+/- 4,54)

Se propone identificar si los valores de SvO₂ manejados en estos dos grupos estarían relacionados con una óptima entrega de oxígeno (DO₂), en los pacientes adultos sometidos a cirugía cardiaca con el uso de circulación extracorpórea, durante el período de tiempo del estudio. La problemática de este estudio es identificar valores óptimos de SvO₂ para mantener una adecuada entrega de oxígeno a los tejidos y órganos a través de los cálculos y formula de Fick. Este proyecto de investigación se llevó a cabo estudiando las siguientes variables: edad, sexo, hematocrito, Índice de masa corporal (IMC), flujos en bomba, índice cardiaco, gasometrías arteriales y venosas, entrega, consumo y transferencia de oxígeno, y como variables hemodinámicas se utilizará la presión arterial media (PAM). Todas las mediciones fueron realizadas a 34°C.

TABLA 2: VARIABLES DEMOGRÁFICAS ENTRE GRUPO 1 Y 2

	GRUPO 1	GRUPO 2	VALOR P
EDAD	53.6	55.16	0.68
FLUJO	3.64	4.34	<0.01
SC	1.88	1.85	0.70
% FLUJO	0.79	0.97	<0.01
IC	1.9	2.32	<0.01
PAM	55.28	66.28	<0.01
HTO	28.85	29.88	0.27
SVO2	79.12	80.12	0.47
B CARE 5	78.68	80.92	0.08
PO2	44.3	46.6	0.05
IMC	29.64	26.16	<0.01
DM2	40%	36%	AMC. DM. II
SEXO	72%	56%	Hombres

Desde el punto de vista demográfico (Tabla 2), la población del estudio es homogénea en cuanto a: edad, superficie corporal, hematocrito, saturación venosa de oxígeno, y datos del monitor de saturación venosa en línea B-CARE5. Los grupos difieren en cuanto al manejo del flujo de CEC e índice de masa corporal.

HIPÓTESIS

Mediante esta investigación queremos conocer el valor real de la SvO₂, últimamente olvidada en la práctica clínica. El propósito de este estudio es darle el valor que merece e identificar el porcentaje óptimo para relacionarla al adecuado aporte de oxígeno.

Existen estudios revisados en la literatura, donde se relacionan estos dos valores de SvO₂ y el adecuado aporte de oxígeno. Quisimos realizar esta investigación tomando estos dos valores para verificar si guardan relación para la adecuada conducción de la perfusión de pacientes adultos a 34°C.

Para ello se proponen las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula o Ho= El parámetro saturación venosa de oxígeno no está correlacionado con el aporte de oxígeno adecuado (DO₂).

Hipótesis alterna o Ha= El parámetro saturación venosa de oxígeno esta correlacionada con el aporte de oxígeno adecuado (DO₂).

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar si la saturación venosa de oxígeno es un predictor de óptima entrega de oxígeno en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea e hipotermia leve a 34°C en el periodo enero - mayo 2021 en el centro cardiovascular CEDIMAT en Santo Domingo, República Dominicana.

ESPECÍFICOS

1. Relacionar el comportamiento de la SvO₂ con los valores de DO₂.
2. Comparar los valores de la SvO₂ en relación con el flujo de bomba indexado.
3. Determinar si existe una relación entre la edad, el sexo y la SvO₂.
4. Diferenciar el impacto de la PAM en relación con la SvO₂.
5. Correlacionar los datos aportados de SvO₂ por el dispositivo de gases en línea de la máquina de circulación extracorpórea B-CARE5 y los datos aportados por la gasometría venosa.

MARCO TEÓRICO

Tradicionalmente los cálculos usados para determinar los flujos de perfusión, previos al inicio del *bypass* cardiopulmonar, se realizan con el uso del peso y la talla del paciente que va a ser intervenido, mediante la fórmula de Mosteller, que subestima la superficie corporal en pacientes adultos.(23) La hipoperfusión tisular puede llevar a la aparición de Insuficiencia Renal Aguda (IRA) en el postoperatorio de Cirugía Cardíaca bajo circulación extracorpórea. Esta puede alcanzar una mortalidad del 50%, en aquellos pacientes que requieren técnicas de depuración extra renal, así como a la exacerbación del Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica (SRIS), por translocación bacteriana a nivel del sistema digestivo derivada de la hipoperfusión. La SvO₂ durante la CEC nos indica la relación entre el consumo y el suministro de oxígeno en el organismo, teniendo valores normales entre un 70% y un 80% de SvO₂, siendo hasta ahora el mejor indicativo de la perfusión tisular durante el *bypass* cardiopulmonar. Pero aún en situaciones donde la SvO₂ se encuentra en límites normales, nos encontramos que hay un aumento de la concentración de lactato sérico, que ocurre generalmente cuando la demanda de energía por parte de los tejidos es superior a la que entregamos. (3)

La monitorización continua de la SvO₂ alerta precozmente sobre serios disturbios en el balance de oxígeno y facilitan las intervenciones oportunas terapéuticas. (3) Mantener valores de SvO₂ normales indica la presencia de una perfusión tisular adecuada. En circunstancias normales el organismo extrae aproximadamente el 25% del oxígeno existente en la sangre, manteniendo el 75% restante en reserva y a disposición de los tejidos para su uso en situaciones tales como incremento de la actividad física o de estrés fisiológico. Las alteraciones de la SvO₂ se deben a la desestructuración del equilibrio entre el aporte y la demanda de oxígeno. La disminución de la SvO₂ (inferior al 60%) puede deberse a una reducción en el aporte de oxígeno o a un incremento de su demanda. Por el contrario al aumentar la SvO₂ puede ser secundario a la disminución de la demanda de oxígeno en el organismo, incapacidad de los tejidos para extraer el oxígeno o puede relacionarse al incremento en la entrega de oxígeno (3)

Los valores de la SvO₂ están influidos por la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, dependiendo de varios factores. La curva de disociación del oxígeno de la hemoglobina demuestra la relación entre la presión parcial de oxígeno (PaO₂) en la sangre y la saturación de oxígeno de la hemoglobina (SaO₂). El aporte de oxígeno puede estar dado por los desplazamientos de la curva hacia la izquierda o hacia la derecha. El desplazamiento hacia la izquierda incrementa la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno y puede dar lugar a un incremento de la SvO₂. Por otra parte, el desplazamiento de la curva hacia la derecha debido por causas más comunes como hipertermia o acidosis, disminuye la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno y puede contribuir a la disminución de la SvO₂. (24)

Aquellos pacientes de cirugía cardíaca sometidos a circulación extracorpórea tienen elevado riesgo de presentar bajo gasto cardíaco e hipoperfusión tisular en el postoperatorio. El bajo gasto y la hipoperfusión son causas de disfunción ventricular, alteraciones del estado circulatorio a nivel periférico y alterando la extracción de oxígeno. A nivel de perfusión tisular ocurre algo similar, la SVO₂, el lactato en sangre y el gradiente veno – arterial de CO₂ (V-A CO₂) han sido postulados como marcadores de perfusión tisular en pacientes sometidos a cirugía cardíaca. Un correcto y precoz diagnóstico de cada una de estas alteraciones permite un tratamiento eficaz y oportuno. (25)

El manejo del metabolismo juega un papel fundamental durante la CEC. Existen diferentes dispositivos, para la monitorización metabólica, integrados a las máquinas corazón-pulmón. El objetivo metabólico comúnmente más utilizado y aceptado es el suministro de oxígeno indexado que debe ser mayor a (DO_{2i}) (280 ml/min/m²) y el índice cardíaco (IC) (2,4 L/min/m²), que pueden manejarse de forma independiente o en conjunto con otros parámetros metabólicos.(26)

El uso de la SvO₂ la podemos emplear como diagnóstico de valor terapéutico y como pronóstico en pacientes críticos. Como diagnóstico, la alteración de este medidor que es la saturación venosa de oxígeno puede ayudar a determinar la etiología subyacente. El VO₂ de los tejidos por todo el cuerpo suele ser independiente del DO₂. Esto se debe a que una disminución de DO₂ se compensa con un aumento de VO₂, lo que evita la hipoxia

tisular. Sin embargo, cuando se alcanza un DO_2 "crítico" por debajo de 272 L/minm^2 y no se puede extraer más oxígeno, generalmente se produce hipoxia tisular y acidosis láctica. Estos cambios se reflejan en la oximetría venosa y deben interpretarse correctamente, junto con otros valores hemodinámicos entre ellos la presión parcial de CO_2 y el Contenido arterial de O_2 (CaO_2). Cuando estos mecanismos compensatorios no ocurren y el DO_2 cae, se observa rápidamente disminución en la SvO_2 . La SvO_2 también desciende si los mecanismos compensatorios son insuficientes para satisfacer las demandas metabólicas en los tejidos. La SvO_2 puede descender hasta un 30-50% antes de que se agote la extracción de oxígeno tisular y se produzca el inicio del metabolismo anaeróbico. La oximetría venosa es un parámetro usado para la terapia temprana dirigida por objetivos y es útil en condiciones críticas como, en el período de sepsis, monitorear los cambios en la SvO_2 pudiendo actuar de manera rápida y oportuna y hacer intervenciones para mejorar la situación del paciente crítico.(27) Existen estudios donde valoramos el efecto del aumento del transporte de oxígeno hasta conseguir una $SvO_2 \geq 70\%$ sobre la morbimortalidad de enfermos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de CEC.(28)

A continuación, podemos observar las condiciones clínicas subyacentes a las alteraciones de la SvO_2 :

Aumento de SvO_2 :

1. Aumento de DO_2 .

- Aumento del contenido arterial de oxígeno.
- Aumento de niveles de hemoglobina.
- Aumento del flujo.

2. Disminución del VO_2 .

- Hipotermia.
- Sedación.
- Analgesia.
- Ventilación mecánica.
- Septicemia.
- Disminución de la extracción de oxígeno (muerte celular).

Disminución de SvO_2 :

1. Disminución de DO_2 .

- Disminución del contenido arterial de oxígeno (hipoxia).
- Disminución de los niveles de hemoglobina.
- Disminución del flujo.

2. Aumento del VO_2 .

- Dolor.
- Estrés.
- Escalofríos.
- Hipertermia.
- Infección.
- Convulsiones.
- Fibrilación ventricular en normotermia.

La evaluación del estado de perfusión tisular en el paciente sometido a circulación extracorpórea es de suma importancia ya que mediante una óptima perfusión mantendremos la oxigenación de órganos y tejidos, evitando así la aparición de la respiración celular sin oxígeno (anaerobia). Una forma de evitar esta respiración es a través del procedimiento de toma de muestra sanguínea donde se miden los gases arteriales y venosos, con estos valores se podrá realizar la ejecución de numerosos cálculos basados en fórmulas matemáticas preestablecidas por los protocolos de cada institución. El desarrollo de estos cálculos puede conllevar la posibilidad de errores, además de la iatrogenia derivada del procedimiento de toma de gases. En un intento por simplificar las operaciones matemáticas necesarias para la evaluación de las gasometrías. (29)

LACTATO

El ácido láctico ($C_3H_6O_3$) es una molécula monocarboxílica orgánica que se produce en el curso del metabolismo anaerobio (glucólisis anaerobia). Teniendo en cuenta el pH de los tejidos y de la sangre, el ácido láctico se encuentra prácticamente en su totalidad en forma dissociada (lactato). A pesar de que habitualmente tenemos la idea de que el ácido láctico es un compuesto negativo, e incluso en ocasiones, hay quien habla de un producto causante de toxicidad. El lactato es un compuesto energético importante ya que su metabolización aeróbica da como resultado la formación de 17 ATP.

En la glucólisis anaeróbica, hay una utilización de la glucosa que se encuentra en el citoplasma de la célula muscular, bien libre o almacenada en forma de glucógeno. Como es un proceso anaerobio, no hay utilización del oxígeno en esta serie de reacciones químicas, en las que partiendo de la glucosa se llegan a formar 2 moléculas de piruvato y energía (ATP). En este punto el piruvato, gracias a la actividad enzimática de la deshidrogenasa, en lugar de convertirse en ácido láctico—, entra en un proceso aeróbico (el Ciclo de Krebs), que tras varios pasos en los que se va generando mucho más ATP, termina con la producción de H_2O y CO_2 .

Cuando existe un déficit relativo de O_2 bien a nivel celular o mitocondrial, se produce un funcionamiento limitante en el Ciclo de Krebs por tanto una limitada capacidad de producción de energía (ATP), lo que estimula la glucólisis anaerobia y con ello la

formación de piruvato que al no poder ser metabolizado a través de la vía aerobia es convertido en lactato.

En la actualidad varios estudios como los realizados por Jean-Michell Maillet y otros autores han tratado de evaluar los niveles de ácido láctico durante y después de la cirugía cardíaca. Plantearon que la hiperlactatemia (ácido láctico mayor de 3 mmol/L), incluso a la llegada del paciente a la unidad de cuidados intensivos, es capaz de identificar la población en riesgo de mortalidad después de la cirugía cardíaca. Esta la relacionaron con el tiempo de duración de la CEC, así como con el uso y la cantidad de vasopresores intra y postoperatorios. En su estudio las concentraciones elevadas de ácido láctico estuvieron relacionadas con acidosis metabólica. Una reducción de la aclaración hepática del lactato solo estaría documentada en pacientes con disfunción hepática severa.(30)

Se plantea además que la hiperglicemia asociada frecuentemente con la CEC por sí misma podría causar hiperlactatemia, estos valores elevados son atribuidos a la secreción endógena de hormonas del estrés y citoquinas que conducen a la resistencia de la insulina.

Una vez que estos pacientes son conectados al *bypass* cardiopulmonar se suple de forma artificial el flujo sanguíneo hacia los diferentes órganos y tejidos. Para esto es necesario mantener velocidades de flujo de aproximadamente 2.4 L/min/m² en relación a la superficie corporal (que se mide en metros cuadrados), en un paciente a normotermia, con 25% de hematocrito, profundamente anestesiado y relajado. La hemodilución, que caracteriza este evento, reduce el contenido de oxígeno de la sangre, lo que hace necesario que, en varias ocasiones, las velocidades de flujo que ejerce la máquina de circulación extracorpórea superen al gasto cardíaco normal en reposo de un individuo sano. Al contrario, sucede con las demandas de oxígeno, deben ser disminuidas, constituye esto el factor primordial que garantiza la continuidad de un metabolismo aerobio. Mientras que la presión arterial media sea mantenida por encima de 50 a 60 mmHg, que tiende a variar dependiendo de la edad del paciente, el flujo sanguíneo cerebral será preservado, aún si el flujo sistémico fuera discretamente menor que el normal. Sin embargo, cuando el flujo sistémico total es progresivamente

disminuido, se reducirá la perfusión a diferentes órganos, como al músculo esquelético, intestino, vísceras abdominales y riñones, teniendo presente que las funciones neurológicas y renales son las más susceptibles a estos efectos más aun cuando los valores son bajos de hematocrito ya sea menor de 22%. (31)

METABOLISMO CEREBRAL

La neurona es extremadamente dependiente del oxígeno y la glucosa. En el cerebro no existen depósitos de glucógeno, por ello el tejido neuronal depende de un continuo aporte de sustratos. Por cada molécula de glucosa se obtienen teóricamente 38 moléculas de ATP siguiendo el metabolismo aeróbico, en el Ciclo de Krebs y la cadena respiratoria mitocondrial. En el cerebro, el 60% de la energía obtenida de este proceso es consumida para la actividad de la transmisión sináptica (liberación y recaptación de neurotransmisores), además el 40% se usa para el metabolismo basal (mantenimiento del gradiente eléctrico e iónico transmembrana, soporte de la estructura de la membrana, conducción del flujo axonal y almacenamiento de los neurotransmisores).

En condiciones de normalidad, el aporte de oxígeno al cerebro excede, con un margen amplio, al consumo cerebral de oxígeno.

Si se produce una disminución progresiva del aporte de oxígeno al cerebro, el consumo de oxígeno puede mantenerse aumentando la extracción de O_2 , hasta que la capacidad de extracción se agota, –en este momento–, la disminución en el aporte de oxígeno producirá isquemia cerebral y disminuirá el VO_2 . El aporte de oxígeno mínimo para mantener un VO_2 cerebral normal se denomina aporte de oxígeno crítico.

Durante la CEC, el VO_2 cerebral está determinado por la temperatura y la profundidad de la anestesia. La asociación de hipotermia y anestesia general tienen un efecto potenciador, que reduce de forma significativa el metabolismo cerebral. (31)

La interpretación, análisis y estrategias de manejo del lactato en los pacientes sometidos a *bypass* cardiopulmonar, durante la última década, ha cambiado. La actualización de nuevos estudios, tecnologías de medición y la comprensión profunda del metabolismo de los carbohidratos en los seres humanos ha posibilitado que, esta molécula, pase de solo ser un villano, a una fuente alternativa de energía en momentos fisiológicos especiales.

Uno de ellos es la CEC donde la respuesta neuroendocrina al estrés y la respuesta inflamatoria al contacto de una superficie no biológicamente endotelizada, ocasionan respuestas y manifestaciones bioquímicas que no están del todo comprendidas. La molécula del lactato y su incremento en bomba, no se escapa de este fenómeno, su presentación bimodal y su normalización en el corto plazo, han generado manejos y aproximaciones, muchas veces erróneas, por parte de los especialistas que intervienen en el proceso perioperatorio del paciente sometido a circulación extracorpórea. Para efectos de este estudio nos damos cuenta de que la hipoperfusión oculta en CEC desencadena un sin número de complicaciones en el organismo específicamente a nivel renal. Afectando en la recuperación del paciente en el postoperatorio, dicha situación puede ocurrir entre el 7% y el 30% de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca con extracorpórea. Dicho evento se define como una SvO₂ menor a 70% y un lactato mayor o igual a 4 mmol/L. Está claro que, en este fenómeno, se observa y se interviene muy poco. Aunque en un porcentaje variable, es frecuentemente desconocido por la mayoría de los especialistas que intervienen en las primeras horas postoperatorias. Sumado a lo anterior, existe la posibilidad de que las muestras de sangre, tomadas de los pacientes, no sean procesadas de manera rápida, cuando no se dispone de dispositivos de medición al lado del paciente. Esto facilita la oportunidad para la aparición de glicólisis in vitro, cuando se demora su análisis bioquímico alrededor de 15 minutos o más. lo que ocasiona una alteración de la medición del lactato y por ende su interpretación. (32)

Generalmente se usa para la CEC, en hipotermia, un flujo de 2,2 – 2,8 L/min/m², lejos de los valores "fisiológicos" de 3.5 – 5.0 L/min/m². Los daños producidos por el bajo flujo al endotelio y a los diferentes órganos y sistemas, son similares a los daños producidos por la hipotermia. En normotermia se debe mantener un flujo, durante todo el procedimiento, entre 2,8 – 3,5 L/min/m², más cercano a lo normal. (7)

El suministro o aporte de O₂ ("entrega de oxígeno" DO₂) Es el producto del flujo sanguíneo total o gasto cardiaco (GC o Qt) y del contenido de O₂ de la sangre arterial (CaO₂) y se expresa habitualmente en ml/min:

$$\text{DO}_2 \text{ (ml/min)} = \text{GC} \times \text{CaO}_2$$

Donde: CaO₂ = Hb x SO₂ x 1,34 + PO₂ x 0,0031 (1,34 es la cantidad de oxígeno que transporta 1gr de hemoglobina y 0,0031 es la constante para calcular el oxígeno que está diluido en el plasma). El DO₂ nos informa sobre la cantidad de oxígeno que está disponible en los tejidos y que pudiera ser extraído en la unidad de tiempo. El índice de transporte de O₂ normal (transporte de O₂ dividido por la superficie corporal) es de 270 a 280 mL/min/m².(33) El índice de transporte de O₂ normal es de 500 a 600 mL/min. (34)

El VO₂ es el consumo de oxígeno (mL/min), y Da-vO₂ es la diferencia arterio-venosa de oxígeno (mL/dL). Dado que el consumo de oxígeno varía de acuerdo con el individuo, este se estima en 130 mL/m² de superficie corporal, si el peso corporal está conformado por el 15% o más de grasa; o 140 mL/m² si el contenido de grasa se estima en 5% o menos. De forma más práctica podemos asumir que el valor es de, 250 mL/min para un hombre de 70 kg de peso.(35)

El consumo de oxígeno se expresa:

$$\text{VO}_2 = \text{GC} \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2)$$

El valor del consumo de oxígeno normal es de 120-180 ml/min/m².(34)

Todas estas variables integradas determinan la adecuada entrega de oxígeno, junto a la clínica del paciente, en donde la perfusión óptima es un conjunto de variables integradas al aporte necesario de oxígeno según las demandas. Determinar el punto ideal que no exceda el aporte de oxígeno ni falte, es lo que hace de la perfusión un arte.

MATERIAL Y MÉTODO

TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio observacional descriptivo retrospectivo de los pacientes intervenidos de cirugía cardíaca con circulación extracorpórea en el Centro de Diagnóstico y Medicina Avanzada y de Conferencias Médicas y Telemedicina (CEDIMAT), en el periodo enero a mayo del 2021. Se obtuvieron los datos de perfusión de los pacientes adultos que fueron sometidos a cirugía cardíaca, con el uso de circulación extracorpórea a 34°C. Se determinaron los flujos y se categorizaron en dos grupos:

Grupo 1: Pacientes perfundidos a un flujo de bomba promedio de 1,9 (+/- 0,11) L/min/m² a una temperatura de 34°C los cuales manejaron valores de saturación venosa de oxígeno de 77,07% (+/- 5,97)

Grupo 2: Pacientes perfundidos a un flujo de bomba promedio de 2,32 (+/- 1,40) L/min/m² a una temperatura 34°C los cuales manejaron valores de saturación venosa de oxígeno de 80,57% (+/- 4,54)

MATERIAL

El material utilizado para este estudio será la máquina de circulación extracorpórea Sorin S5, jeringas de 3 cc, B-CARE5 para monitorizar SvO₂ en el circuito de CEC, gasómetro Irma, cálculos de aporte y consumo de oxígeno (Formula de Fick)

Máquina de circulación extracorpórea S5, Sorin Group. Mirándola, Italia.

Jeringas de 3 cc Nipro medical corporation república dominicana

Monitor de gases en línea conector 1\2, B-care5, S5 Livanova República Dominicana

Gasómetro Irma Trupoint Lifehealth Estados Unidos

Cálculos de aporte DO_2 y consumo de oxígeno VO_2 con App de ALAP Android y Apple. Los datos se recopilaron en un formulario de Microsoft Excel para su debida tabulación y Software para el procesamiento estadístico como es SPSS.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se incluyeron en este estudio los pacientes adultos mayores a 18 años, sometidos a cirugía cardiaca con el uso de circulación extracorpórea e hipotermia leve de $34^{\circ}C$, en el Centro Cardiovascular de CEDIMAT en el periodo de enero a mayo del 2021.

La población fue dividida en dos grupos:

TABLA 3: POBLACIÓN DE ESTUDIO EN RELACIÓN CON EL FLUJO DE BOMBA Y SvO_2 DEL GRUPO 1 Y GRUPO 2.

POBLACIÓN DE ESTUDIO	FLUJO	SvO_2
GRUPO 1	1,9 L/min/m ²	77,07%
GRUPO 2	2,32 L/min/m ²	80,57%

CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION

INCLUSIÓN

Se incluirán todos los pacientes mayores de 18 años intervenidos de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea e hipotermia leve a 34°C.

EXCLUSIÓN

Pacientes intervenidos de emergencia / urgencias de cirugía cardiaca.

No será necesario consentimiento informado, ya que es un estudio retrospectivo. Además, el estudio fue aprobado por el comité de ética de la Institución con fecha: octubre 2021.

MÉTODO

El estudio incluyó todos los pacientes adultos que cumplieron con el criterio de inclusión en el periodo de enero a mayo del 2021.

Los datos para este estudio se obtuvieron a partir de una base de datos consolidada, a través del registro de perfusión con sus diferentes variables: La edad, el sexo, hematocrito, Índice de masa corporal (IMC), diabéticos, flujos de la bomba de circulación extracorpórea, índices cardiacos, gasometrías arteriales y venosas, fórmulas de entrega y consumo de oxígeno, y como parámetro hemodinámico se registró la presión arterial media (PAM).

Según protocolo del Departamento de Perfusión de Adultos en CEDIMAT se escoge el modelo y marca del oxigenador de acuerdo con el flujo requerido por el paciente. Entre ellos: **SORIN LIVANOVA ISNPIRE 6 Y 8, EUROSETS HORIZON Y TERUMO RX 15 Y FX 25**. Generalmente se utilizan líneas arteriovenosas de calibre 3/8 x 1/2 y el uso de hemoconcentrador. La toma de muestras de sangre, para las gasometrías arteriales y venosas las cuales fueron tomadas de forma simultánea al momento en que se alcanza

la temperatura a 34°C, que es alrededor de 20 minutos después de iniciar la circulación extracorpórea y después de haber logrado parar el corazón, con el uso de cardioplejía del nido. Una vez obtenidos estos dos resultados se los comparó y se midió la saturación arterial de oxígeno, saturación venosa de oxígeno, presión de oxígeno tanto arterial como venosa, estos resultados se los ingreso en la aplicación de Asociación Latinoamericana de perfusión (ALAP) y además los verificamos con la fórmula de Fick. Mediante estos dos métodos se obtuvo el valor del aporte y consumo de oxígeno en el paciente. Estos datos se registraron en una plantilla de Excel para la recolección de datos del estudio.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición Operacional	Unidad De Medida	Tipo
Sexo	Condición orgánica que distingue a los hombres y mujeres, determinado por los rasgos de cada sexo.	Masculino Femenino	Nominal
Peso	Masa total del paciente calculado en bascula del hospital.	kilogramos (kg)	Escala continua
Edad	Tiempo de vida del paciente desde su nacimiento hasta el día de su cirugía.	Años Meses Días	Escala discreta
Hematocrito	Cantidad de eritrocito que ocupa un volumen determinado de sangre entera, obteniendo de muestra arterial o venosa del paciente al ser procesada en un gasómetro.	Porcentaje (%)	Escala continua

Índice Cardíaco	Se expresa por la cantidad de sangre fluye a la parte sistémica de organismo trasportando oxígeno y nutrientes a los tejidos en cada minuto.	ml/min/m ²	Escala continua
Gasometrías	Técnica de medición respiratoria invasiva ya sea de sangre arterial o venosa, determinando Ph, presiones de O ₂ , dióxido de carbono, y bicarbonato.	mm/hg Porcentaje (%) mm/L	Escala continua
Entrega De Oxígeno (DO ₂)	Nos informa sobre la cantidad de O ₂ que está disponible en la entrega a los tejidos Y que puede ser extraído en unidad de tiempo.	CaO ₂ X GC	Escala discreta Escala continua
Presión Arterial Media (PAM)	Presión promedio en las grandes arterias durante el ciclo cardíaco. Este valor siempre se va a aproximar a la presión diastólica.	mm/Hg	Escala discreta
Saturación Venosa De Oxígeno (SVO ₂)	Parámetro clave para evaluar el metabolismo del oxígeno y de la perfusión tisular en condiciones patológicas.	Porcentaje (%)	Escala continua

RESULTADOS

Los datos se analizaron con el Software estadístico IBM SPSS versión 2.5, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para demostrar la normalidad de las Variables, la prueba de correlación de Pearson para relacionar las variables y la prueba t de *student* para valorar la significancia estadística.

TABLA 4: CORRELACIÓN SvO₂ Y DO₂ GRUPO 1 Y GRUPO 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO₂ / DO₂	-0.12	0.615
Valor p	0.567	0.001

En la Tabla 4 podemos observar las diferencias de correlación entre la SvO₂ y el DO₂ entre ambos grupos estudiados; el Grupo 1, guarda una correlación débil negativa y de significancia no estadística entre la SvO₂ y el DO₂ a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación positiva moderada, siendo esta estadísticamente significativa.

TABLA 5: CORRELACIÓN SvO₂ Y FLUJO GRUPO 1 Y GRUPO 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO₂/ Flujo	.271	.560
Valor p	.190	.004

Podemos observar en la Tabla 5 las diferencias de la correlación entre la SvO₂ y el flujo entre ambos grupos estudiados; el Grupo 1, guarda una correlación débil positiva y es significativamente no estadística entre la SvO₂ y el flujo, a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación positiva moderada siendo esta estadísticamente significativa.

TABLA 6: CORRELACIÓN SvO₂ Y EDAD GRUPO 1 Y GRUPO 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación SvO₂/ Edad	-.085	.269
Valor p	.686	.193

En la siguiente Tabla 6 se observan diferencias en la correlación entre la SvO₂ y la edad entre ambos grupos estudiados; el Grupo 1, guarda una correlación débil negativa entre la SvO₂ y la edad, a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación débil positiva siendo estas estadísticamente no significativas en ambos grupos del estudio.

TABLA 7: CORRELACIÓN SvO₂ Y PAM GRUPO 1 Y GRUPO 2.

	Grupo 1	Grupo 2
Correlación PAM / SvO₂	-.515	.146
Valor p	.487	.008

En la Tabla 7 se observan diferencias de la correlación entre la PAM y la SvO₂ entre ambos grupos estudiados; el Grupo 1 guarda una correlación negativa moderada entre la SvO₂ y la PAM a diferencia de los pacientes del Grupo 2, los cuales muestran una correlación débil positiva, que resultaron ser estadísticamente no significativas en ambos grupos del estudio.

TABLA 8: CORRELACIÓN SvO₂ Y B-CARE5 GRUPO 1 Y GRUPO 2.

	Grupo 1 y 2
Correlación SvO₂ / B-CARE5	1.00
Valor p	.000

Podemos observar, en la Tabla 8 que existe una correlación positiva perfecta entre el parámetro SvO₂, medido en el gasómetro Irma (Trupoint Lifehealth Estados Unidos) por muestra sangre obtenida de la línea venosa del circuito extracorpóreo, y el dispositivo de medición de gases en línea venosa B-CARE5. Esta correlación fue estadísticamente significativa.

DISCUSIÓN

En el presente capítulo se analizan las características generales del estudio, las variables de interés tanto como la saturación venosa de oxígeno (SvO_2) la entrega de oxígeno (DO_2) flujos de la bomba de circulación extracorpórea, índices cardiacos (IC) variaciones hemodinámicas como la presión arterial media (PAM) y gases medidos en línea del circuito extracorpóreo, específicamente saturación venosa a través del dispositivo de la máquina de circulación extracorpórea Sorin S5 y el monitor B-CARE5.

Además, se presentan las aplicaciones y recomendaciones tanto para la práctica de la perfusión como para futuras investigaciones.

Es importante recalcar que la saturación venosa de oxígeno se ha convertido últimamente en un olvidado medidor de oxigenación tisular. Encontramos en las citas bibliográficas del marco teórico de este estudio valores de SvO_2 , consideradas como normales entre el 65% y 75%. (36), pero según los resultados del presente estudio estos valores “normales”, pudieran estar enmascarando una óptima entrega de oxígeno a los tejidos. Los valores óptimos recomendados por la literatura, en consonancia con la perfusión guiada por objetivos sobre el adecuado DO_2 , refieren que este debe ser superior al valor crítico $>272 \text{ ml/min/m}^2$. En el presente estudio quisimos relacionar la SvO_2 con la entrega de oxígeno (DO_2). Comparando los grupos estudiados: El Grupo 1 no guarda una correlación entre los parámetros SvO_2 y DO_2 , el promedio de SvO_2 fue de 77,07% para este grupo. A diferencia, el Grupo 2 si arrojo correlación entre la SvO_2 y el DO_2 siendo para este grupo el promedio de SvO_2 80,57% porcentaje más alto que el grupo anterior. Partiendo del punto de esta correlación fue necesario una saturación venosa de oxígeno aproximadamente de 5% puntos por encima de los valores normales de SvO_2 reportados en las bibliografías de investigación y los libros de texto, valor que corresponde a un promedio de 75%. El aumento de la SvO_2 en el Grupo 2 a diferencia del grupo 1 pudo deberse a que los pacientes del grupo 2 fueron manejados con 97% de flujo de bomba (fueron perfundidos a un índice cardiaco promedio de $2,32 \text{ L/min/m}^2$ vs $1,9 \text{ L/min/m}^2$ correspondiendo a una reducción del 18% de flujo de bomba en el grupo 1)

Este resultado puede sugerir que valores más altos de SvO₂ deben ser manejados en circulación extracorpórea, ya que estos están asociados a óptima entrega de oxígeno, pero para lograr esto se debe mantener un flujo de bomba e índice cardiaco igual o mayor a 2,32 L/min/m² aun así manteniendo la temperatura a 34°C, cabe recalcar que el hematocrito utilizado en este estudio para el grupo 1 y grupo 2 fueron manejados con promedio alrededor del 29% como resultado de valor p, no obtuvieron significancia estadística.

Esto quiere decir que no se recomienda según estos hallazgos disminuir el flujo de CEC a índice cardiaco hasta 1,9 L/min/m² a 34°C, como se evidencio en el Grupo 1 de este estudio, aunque la saturación venosa esté por encima de 75%. En relación al flujo de la maquina corazón pulmón y la SvO₂, el flujo jugó un rol importante para mantener valores de SvO₂ dentro de los recomendados en este estudio (80%), sabiendo que el índice cardiaco en circulación extracorpórea debería ser de 2,4 L/min/m² siendo este full flujo de bomba 100% en pacientes adultos.(37) Pudimos determinar que para un flujo de 2,32 L/min/m² a 34°C con 80% de saturación venosa, la entrega de oxígeno es óptima a 34°C.

En estudios anteriores se determinaron las variantes en cuanto a los grados de hipotermia (leve, moderada o profunda) y su relación con los índices cardiacos y cuanto se pueden modificar dependiendo del grado de temperatura a que se encuentre el paciente durante la CEC. Todos los datos recolectados para este estudio fueron realizados en hipotermia leve a 34°C, lo cual nos demuestra que este principio se cumple por los resultados del estudio y lo que reporta la literatura. Entonces no es recomendable comprometer el flujo de bomba, ni mucho menos reducir el índice cardiaco de 2,4 L/min/m² en pacientes sometidos a hipotermia leve. Porque si lo hacemos nos compromete la entrega de O₂.

Entre la SvO₂ y la edad encontrada en los grupos de este estudio, no existió una correlación, porque una manera de incrementar o disminuir la SvO₂ es con flujo de la CEC entonces no guarda relación con la edad del paciente, por esta razón los flujos de CEC son calculados en base al índice cardiaco y como muestran revisiones de citas

bibliográficas, el índice cardiaco es constante y no varía con el peso o edad del paciente adulto.(38)(39)

En cuanto a la relación SvO₂ y presión arterial media (PAM) entre ambos grupos de estudio, observamos que estas dos variables no guardan relación ni significancia estadística en ambos grupos. La presión arterial media es un parámetro con múltiples causas de su variabilidad, como lo pueden ser el aumento o disminución del tono vascular por la temperatura, las catecolaminas, los medicamentos, el síndrome vasoplegico, infección entre otros en donde la saturación venosa no mostró relación con su variabilidad a diferencia del impacto que si tiene el flujo de CEC en la PAM.

El B-CARE5 dispositivo adaptable al circuito de línea venosa, de la máquina Sorin S5 de CEC Livanova, para medición de la saturación venosa, el hematocrito y la temperatura, mostró una correlación fuerte positiva perfecta con el valor obtenido por medio de las gasometrías de la sangre venosa del paciente en cuanto a o valores de SVO₂, validando y demostrando que es fidedigno y confiable un valor en relación con el otro.

CONCLUSIONES

En esta investigación se describió el comportamiento de la SvO₂ en relación con la óptima entrega de oxígeno en pacientes adultos que fueron intervenidos de cirugía cardíaca conectados a la máquina de circulación extracorpórea (CEC) en el Centro de Diagnóstico Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT), de República Dominicana. Se analizaron variables como: peso, edad, sexo, índice cardíaco, flujos de bomba, Presión Arterial Media (PAM), gasometrías arteriales y venosas, gases en línea SvO₂, Entrega de Oxígeno (DO₂), hematocrito, hipotermia leve 34°C, los cuales fueron medidos y tomados media hora después de iniciar el bypass cardiopulmonar. Estadísticamente se comprueba la hipótesis verdadera o Ha= La saturación venosa de oxígeno se correlaciona con el aporte de oxígeno adecuado (DO₂).

Como resultados finales y principales de este estudio podemos demostrar que:

- La saturación venosa de oxígeno puede considerarse un buen predictor de adecuada entrega de oxígeno en pacientes adultos siempre y cuando este valor se encuentre alrededor de 80% y la perfusión sea realizada a índices cardíacos mayor o igual a 2,32 L/min/m² en toda la conducción de la CEC a 34°C.
- Reducir el flujo o índices cardíacos por valores debajo de 2,32 L/min/m² no garantizan una entrega óptima de O₂ y reduce la SvO₂ a pesar de la reducción de la temperatura a 34°C.
- Los pacientes adultos con temperatura de 34°C deberían ser perfundidos con flujos utilizados en normotermia.
- Variaciones en cuanto a la edad y la presión arterial media no están relacionadas a los valores de la SvO₂ ni tampoco a la entrega de O₂.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso, como valor agregado en las mediciones de gases en línea, de la SvO₂ del circuito extracorpóreo por guardar estrecha relación con el valor de la SvO₂ medida en gases venosos, específicamente el dispositivo Bcare5 de Livanova.
- En base a los hallazgos obtenidos a partir de este estudio, surge la recomendación de realizar futuras investigaciones prospectivas controladas y aleatorizadas, con mayor cantidad de pacientes, que podrían validar los resultados de este estudio para futuros establecimientos y protocolos en el área de perfusión.
- Otras variables para tener presente en futuros estudio serían las metabólicas como: glucosa y lactato, las cuales pueden contribuir en la identificación de alteraciones en la entrega de oxígeno a nivel tisular, en pacientes adultos conectados a la CEC.

LIMITACIONES

Las mediciones obtenidas en este estudio fueron realizadas una sola vez por cada paciente adulto de cirugía cardíaca sometido a circulación extracorpórea, no se utilizó la medición de lactato como indicador de metabolismo tisular. Estas mediciones no fueron realizadas en la población pediátrica.

APENDENDICES

Las pruebas de normalidad y demás pruebas estadísticas pueden solicitarse a alapesquelard.intriago@gmail.com

ANEXOS

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES REALIZADAS 2021	MES
BÚSQUEDA DE BIBLIOGRAFÍA	Enero
ELECCIÓN DEL TEMA	Enero
ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO	Febrero
REVISIÓN EL ANTEPROYECTO	Marzo
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	Abril
ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO	Mayo
ELABORACIÓN DEL MARCO METODOLÓGICO	Junio
APROBACIÓN DEL ANTEPROYECTO	Octubre
ELABORACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES	Octubre
REVISIÓN DE TESIS POR ASESORES	Noviembre
ENCUADERNACIÓN Y ENTREGA	Noviembre
PRESENTACIÓN DE TESIS	Noviembre

PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN

MATERIALES GASTABLES Y EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
RESMA DE PAPEL	4	RD \$ 200.00	RD \$ 800.00
BOLÍGRAFOS	5	RD \$ 50.00	RD \$ 250.00
CARPETAS	2	RD \$ 20.00	RD \$ 40.00
MEMORIA USB	1	RD \$ 1,000.00	RD \$ 1,000.00
ENCUADERNACIÓN	8	RD \$ 600.00	RD \$ 4,800.00
TINTAS DE IMPRESIÓN	2	RD \$ 1,000.00	RD \$ 2,000.00
COPIAS	1,000	RD \$ 1.50	RD \$ 1,500.00
		TOTAL, GENERAL	RD \$ 10,390.00

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zalaquett Sepúlveda R. Cincuenta años de circulación extracorpórea. La historia de la máquina corazón-pulmón. ARS MEDICA Rev Ciencias Médicas. 2016 Aug 7;34(1):85.
2. Española De Perfusionistas A. Manual de Calidad en Perfusión.
3. García Camacho Perfusionista Puerta del Mar CH, Arteaga Santiago EJ, Sainz Otero A, Guillén Romero G, Pérez López A, Abellán Hervás MJ. Control de la hipoperfusión tisular durante la Circulación Extracorpórea Original [Internet]. 2016 [cited 2021 Mar 7]. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2091799
4. Departamento de Ciencias Fisiológicas [Internet]. [cited 2021 Aug 1]. Available from: <https://www.javeriana.edu.co/Facultades/Medicina/fisiologia/nguias/vo2do2all.htm>
5. Marcano LE, Romero A, Serrano G, Sánchez N. Cirugía cardiovascular en normotermia durante la circulación extracorpórea. Medisur.2012;10(1):47-54. [internet] Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2012/msu121h.pdf>
6. Cómo encontrar un coeficiente de temperatura de Q10 - Usroasterie.com [Internet]. [cited 2021 Aug 1]. Disponible en: <https://www.usroasterie.com/como-encontrar-un-coeficiente-de-temperatura-de-q10.html>
7. Néstor LEMSARSGSR. Cirugía cardiovascular pediátrica en normotermia durante la circulación extracorpórea. MediSur. 2012;10(1):47–54.
8. García C, Caballero S, Tena MA. Bombas de circulación extracorpórea. En: Gomar C, Mata MT, Pomar J, editores. Fisiopatología y Técnicas Circulación Extracorpórea. Barcelona: Ergón; 2012. p.191–8.

9. Echevarría JL, Echevarría JRL. Técnicas de hipotermia aplicadas en la cirugía cardiovascular con circulación extracorpórea. *Rev. Cuba Cardiol y Cirugía Cardiovasc* [Internet]. 2016 Jul 30 [consultado 2021 Mar 7];22(2):102–7. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/642>
10. ¿Qué es el flujo óptimo y cómo validarlo? [Internet]. [consultado 2021 Oct 2]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4680698/>
11. Fernandes P, MacDonald J, Cleland A, Walsh G, Mayer R. What is optimal flow using a mini-bypass system? *Perfusion* [Internet]. 2010 May [consultado 2021 Jun 6];25(3):133–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20442203/>
12. Perfusionista A, Rodríguez Rey Perfusionista K, Herrera Alonso M. CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN ADULTOS.
13. Revisión A DE, Carrillo-Esper R, José Núñez-Bacarreza J, Raúl Carrillo-Córdova J. medigraphic.com Anestesiología Anestesiología Saturación venosa central. *Conceptos actuales Artemisa medigraphic en línea*. Vol. 30. 2007.
14. Clínicoquirúrgico Docente H, Castillo Duany J, Suárez Lescay C, Toledo Castaño F, Xiomara Mora García D, Caridad Hernández Acosta L. Hemodilución normovolémica inducida: mito y realidad ARTÍCULO DE REVISIÓN Hemodilución normovolémica inducida: mito y realidad. 2007;
15. Areli DR, Jaimes R, Eva D, Ortiz Ramírez M, Medina Barrera R. Área: Anestesia general. Vol. 26, *Rev. Mex. Anest.* 2003.
16. Agüero R. Hemodilución en medicina y cirugía. Casa del Libro [Internet]. [cited 2021 Aug 1]. Available from: <https://www.casadellibro.com/libro-hemodilucion-en-medicina-y-cirugia/9789687812489/959319>

17. Ranucci M, Romitti F, Isgrò G, Cotza M, Brozzi S, Boncilli A, et al. Oxygen delivery during cardiopulmonary bypass and acute renal failure after coronary operations. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2005 Dec [consultado 2021 Aug 1];80(6):2213–20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16305874/>
18. Virgen Macarena Fedriani H, Carlos Santos Jiménez J, María Jaime Borrego J, María González Navarro J. Perfusión dirigida a objetivos: revisión bibliográfica.
19. Santos JC, Jaime JM, González JM. Perfusión dirigida a objetivos. *Revista Española de Perfusion* [Internet]. 2019 [Consultado 2021 Jun 6];(66) Disponible en: <https://www.aep.es/revista/77/Rev%20Esp%20Perfusion%2066.pdf>
20. Rivers EP, Ander DS, Powell D. Central venous oxygen saturation monitoring in the critically ill patient. *Curr Opin Crit Care*. 2001;7(3):204–11.
21. En P, Crítico E. Anestesiología Aplicaciones clínicas de la saturación venosa mixta y central. Vol. 30, Supl. 2007.
22. Ranucci M, Johnson I, Wilcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2018 Nov 1 [Consultado: 2021 Aug 18];156(5):1918-1927.e2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29778331/>
23. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* [Internet]. 1987 Oct 22 [Consultado 2021 Nov 7];317(17):1098–1098. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3657876/>
24. Riva J, Khon E, Benzano D, Dodera A. Evaluación de la perfusión periférica a la salida de la circulación extracorpórea Artículo de investigación. *Rev. Arg. Anest*. 2006;64(1):5-11.
25. Chetana Shanmukhappa S, Lokeshwaran S. Venous Oxygen Saturation. [Actualizado 2020 Nov 1]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564395/>

26. Condello I, Santarpino G, Nasso G, Moscarelli M, Fiore F, Speziale G. Associations between oxygen delivery and cardiac index with hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass. *JTCVS Tech* [Internet]. 2020 Jun [Consultado 2021 Oct 8];2:92–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34317766/>
27. Gómez Duque A, Fernández G, Gutiérrez AA, Montenegro G, Daza LC, Fernández C, et al. Cálculo de los contenidos arterial y venoso de oxígeno, de la diferencia arteriovenosa de oxígeno, tasa de extracción tisular de oxígeno y shunt intrapulmonar con unas nuevas fórmulas, basadas en la saturación de oxígeno. *Rev Fac Med*. 2000;67–76.
28. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P, Latini R, Tognoni G, Pesenti A, et al. A Trial of Goal-Oriented Hemodynamic Therapy in Critically Ill Patients. *N Engl J Med*. 1995 Oct 19;333(16):1025–32.
29. Barrial J, Facenda A, Bravo LA, Maciques R, Gell J. La lactatemia como pronostico inmediato de supervivencia en la cirugía cardiovascular pediátrica a corazón abierto. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* [Internet]. 2009;8(1): . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414030008>.
30. Maillet JM, Le Besnerais P, Cantoni M, Nataf P, Ruffenach A, Lessana A, Brodaty D. Frequency, risk factors, and outcome of hyperlactatemia after cardiac surgery. *Chest* [Internet]. 2003 May;123(5):1361-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12740248/>
31. <https://asociacionlatinoamericanadepfusioncorp.wildapricot.org/resources/Documents/Articulo>
32. Castro HD. Lactato en circulación extracorpórea: mitos y realidades. En *Bomba* [Internet]. 2018;2(1):10-15. Disponible en: <https://www.asociacionalap.com/resources/Documents/Articulo%20Dr.%20Castro%20%20Rev.%20EnBomba.pdf>

33. Alteraciones termorregulación I: Hipotermia. En: Volviendo a lo básico [Internet]. Murcia: Albadejo DJ, Editor; 2012 [consultado 2021 Apr 27]. Disponible en: http://www.ffis.es/volviendoalobasico/4alteraciones_termoregulacin_i_hipotermia.html
34. Motta-Amézquita LG, Barrera-Fuentes M, Peña-Pérez CA, et al. Monitorización de oxigenación tisular. Rev Mex Anest [Internet]. 2017;40(Suppl: 1):350-364. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2017/cmas171cw.pdf>
35. Sánchez VLD. Comparación de dos fórmulas para calcular el gasto cardiaco contra el método de termodilución. Med Crit. 1998 [Consultado 2021 Aug 29];12(2):54-60;12(2):54-60. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-1998/ti982c.pdf>
36. Palencia H. Una saturación venosa central de oxígeno normal no excluye la necesidad de fluidoterapia. REMI [Internet]. 2013; 1879. Disponible en: <http://www.medicina-intensiva.com/2013/08/1879.html>
37. Prestes I, Gómez JM, Riva J, Kohn E, Bouchacourt JP, Hurtado J. Efecto de la circulación extracorpórea sobre la perfusión microvascular en pacientes sometidos a cirugía cardíaca: Resultados preliminares. Anest Analg Reanim [Internet]. 2011 [citado 2021 Nov 12] ; 24(1): 2-2. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12732011000100002&lng=es.
38. Cattermole GN, Leung PY, Ho GY, Lau PW, Chan CP, Chan SS, Smith BE, Graham CA, Rainer TH. The normal ranges of cardiovascular parameters measured using the ultrasonic cardiac output monitor. Physiol Rep. 2017 Mar;5(6):e13195. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5371563/>

- 39.** Rusinaru D, Bohbot Y, Djelaili F, Delpierre Q, Altes A, Serbout S, et al. Normative Reference Values of Cardiac Output by Pulsed-Wave Doppler Echocardiography in Adults. *Am J Cardiol* [Internet]. 2021 Feb 1;140:128-133. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33144167/>
- 40.** Regueira T, Andresen. Manipulación del transporte y consumo de oxígeno en la sepsis. *Rev Med Chile* [Internet]. 2010;138:233-42. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v138n2/art14.pdf>

Sustentante:

Asesores:

Lcda. Brígida Aguerrevere.

Lcdo. Alexei Suarez.

Autoridades:

Dra. Jefe De Enseñanza.

Lcda. Jefe Del Departamento.

Dra. Claridania Rodriguez.

UNPHU

Dr. William Duke.

UNPHU

Fecha De Presentación: _____

Calificación: _____