CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE PERFUSIÓN Y LA VARIABILIDAD DE LA PRESIÓN DE PULSO EN PACIENTES ADULTOS BAJO ANESTESIA GENERAL

Juliet Catherine Villamizar Guerrero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Cirugía
Bogotá D.C. Colombia
2021

CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE PERFUSIÓN Y LA VARIABILIDAD DE LA PRESIÓN DE PULSO EN PACIENTES ADULTOS BAJO ANESTESIA GENERAL

Juliet Catherine Villamizar Guerrero

Trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Anestesiología y Reanimación

Directora:
Bibiana Jeannette Escobar Suárez MD, Ph.D

Coinvestigador:

Crystian Borrero Cortés, MD.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Cirugía

Unidad de Anestesiología

Bogotá D.C. Colombia

2021

A mis padres

Declaración de obra original

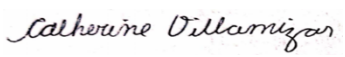
Declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



_____

Juliet Catherine Villamizar Guerrero

Fecha 02/02/2021

RESUMEN

Correlación entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso en pacientes adultos bajo anestesia general

La predicción de la respuesta a volumen en pacientes adultos bajo anestesia general con monitorización básica y sin posibilidad de toma intraoperatoria de índices ecocardiográficos, es limitada. El objetivo del presente estudio fue *Determinar la relación entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso inducida por el ciclo respiratorio en pacientes adultos bajo anestesia general* con el fin de evaluar de forma indirecta la capacidad del índice de perfusión para predecir la respuesta a volumen.

Se planteo un estudio observacional de corte transversal analítico que incluyó 40 pacientes adultos entre 18 y 70 años llevados a anestesia general y ventilación mecánica invasiva controlada con monitorización de la variabilidad de la presión de pulso e índice de perfusión con monitores Mindray BeneView T5 e iMEC12 en el Hospital Universitario Nacional de Colombia entre Marzo y Octubre de 2020.

La muestra estuvo conformada por 40 individuos, con predominio del sexo masculino (51,2%) con una media en la edad de 55.11±15.54 años, 64.5±11.04 kg para el peso, y 163.15±8.53 cm para la talla. En la totalidad de los pacientes, el dispositivo de vía aérea usado fue el tubo orotraqueal. La ventilación mecánica fue controlada con parámetros protectores. Se encontró moderada correlación inversa entre el IP y la VPP tras presentarse sangrado estimado en 300ml, 500ml, 1000ml y tras bolo de cristaloides de 500ml sin diferencia estadística significativa.

Se concluye que el índice de perfusión como variable estática podría predecir el valor de variabilidad de la presión de pulso, se requiere ampliar el tamaño muestral para establecer la significancia estadística de dicha relación.

Palabras clave: Índice de Perfusión, Variabilidad de la Presión de Pulso, Correlación, Predicción de la respuesta a volumen, anestesia general.

ABSTRACT

Correlation between the perfusion index and pulse pressure variability in adult patients under general anesthesia.

The prediction of the volume response in adult patients under general anesthesia with basic monitoring and without the possibility of intraoperative measurement of echocardiographic index is limited. The objective of the present study was to determine the relationship between the perfusion index and the variability of the pulse pressure induced by the respiratory cycle in adult patients under general anesthesia in order to indirectly evaluate the ability of the perfusion index to predict the response to volume.

An analytical cross-sectional observational study was proposed that included 40 adult patients between 18 and 70 years old undergoing general anesthesia and controlled invasive mechanical ventilation with monitoring of pulse pressure variability and perfusion index with Mindray BeneView T5 and iMEC12 monitors in the National Hospital of Colombia between March and October of 2020.

The sample consisted of 40 individuals, predominantly male (51.2%) with a mean age of 55.11 ± 15.54 years, 64.5 ± 11.04 kg for weight, and 163.15 ± 8.53 cm for height. In all the patients, the airway device used was the orotracheal tube. Mechanical ventilation was controlled with protective parameters. A moderate inverse correlation was found between PI and PPV after bleeding estimated at 300ml, 500ml, 1000ml and after bolus of 500ml crystalloids without statistically significant difference.

It is concluded that the perfusion index as a static variable that could predict the pulse pressure variation value, it is necessary to expand the sample size to establish the statistical significance of this relationship.

Key words: Perfusion Index, Pulse Pressure Variation, Correlation, Prediction of volume response, general anesthesia.

Contenido

Página

Resumen 5

Lista de Tablas 8

Lista de Figuras 9

Introducción 10

Objetivos 12

Metodología 13

Resultados 16

Discusión 25

Conclusiones 28

Bibliografía 29

Lista de Tablas

Página

Tabla 1 Características sociodemográficas de la muestra 16

Tabla 2 Registro del IP 17

Tabla 3 Registro de la VPP 18

Tabla 4 Registro de la temperatura 19

Tabla 5 Uso de Noradrenalina 20

Tabla 6 Registro de la tensión arterial media 21

Tabla 7 Registro de la $SatO_2$ 22

Tabla 8 Coeficiente de correlación de Spearman entre el IP y la VPP según cada evento 24

Tabla 9 Comparación entre las medias del IP cuando la VPP>13 para cada evento 24

Lista de Figuras

Página

Figura 1 Tipo de Cirugía 16

Figura 2 Clasificación ASA 17

Figura 3 Variabilidad del IP 18

Figura 4 Variabilidad de la VPP 19

Figura 5 Temperatura Central 20

Figura 6 Uso de noradrenalina 21

Figura 7 Tensión Arterial Media 22

Figura 8 Saturación de Oxígeno 23

Introducción

La optimización intraoperatoria del volumen sistólico a través del aumento del volumen de llenado ventricular es un punto relevante para la reanimación hemodinámica de pacientes bajo anestesia general. La determinación de la reserva de precarga residual y respuesta al aumento de volumen intravascular se puede realizar mediante la medición continua de índices estáticos y dinámicos en pacientes bajo anestesia general y ventilación mecánica invasiva (CANNESSON, DELANNOY, & MORAND, 2008)

Aunque no se ha establecido gold standard entre los índices existentes para la predicción de la respuesta a volumen, se ha observado mayor sensibilidad y especificidad de los índices dinámicos, los que a su vez presentan limitaciones particulares que se abordarán a continuación.

Uno de los índices medidos con mayor frecuencia en pacientes llevados a cirugía mayor o con comorbilidades específicas es la variabilidad de la presión de pulso, la cual expresa variaciones cíclicas de la presión de pulso inducidas por cambios en la precarga secundarios a cambios de la presión intratorácica durante el ciclo respiratorio (MARIK, CAVALLAZZI, VASU, & HIRANI, 2009). Valores superiores a ≥13% predicen respuesta hemodinámica positiva al reto de volumen con sensibilidad del 94% y especificidad del 96% (PINSKY & PAYEN, 2005). Como desventajas está el ser un método invasivo que requiere la colocación de un catéter intraarterial entre cuyas complicaciones se encuentran: hematomas y/o hemorragias a nivel de la punción, trombosis arterial, infección, embolia gaseosa, isquemia distal, lesión de nervios contiguos, entre otras.

De otro lado se encuentra la variación del volumen sistólico, esta es la diferencia entre el volumen sistólico máximo y minino medido durante una ventilación mecánica dividido en el valor medio de volumen sistólico, este parámetro en calculado en los sistemas PICCO y VIGILEO. Un valor de VVS ≥9.5% predice aumento en el gasto cardiaco en respuesta a administración de expansor de volumen plasmático con una sensibilidad del 79% y especificidad del 85% (PINSKY & PAYEN, 2005). Su capacidad predictiva es menor en pacientes con función cardiaca alterada o hipertrofia ventricular (ZHANG, 2011)

La pulsoximetría es un parámetro de monitoría básica ampliamente disponible que proporciona una estimación de la saturación de oxígeno a partir de la diferenciación de la absorción de luz por el componente pulsátil (sangre arterial) conocido como corriente alterna y el no pulsátil (sangre venosa y tejidos adyacentes) conocido como corriente continua a dos longitudes de onda diferentes (660 y 940 nm) (MILLER, 2015) a partir de la pulsoximetría puede calcularse el índice de perfusión, este es una medida no invasiva de perfusión periférica obtenida de forma continua, corresponde a la proporción entre corriente alterna y corriente continua expresado en porcentaje, con valores que van desde muy baja perfusión (0,4%) hasta una alta perfusión (20%) siendo el rango de normalidad de 0.3 – 10%.

Algunas condiciones pueden inducir inexactitudes en la lectura del pulsoxímetro:

alteraciones en la distensibilidad de la pared vascular, disminución de la perfusión distal, artefactos por movimiento, Sao2 muy baja, variantes de hemoglobina, presencia de colorantes intravasculares y de esmalte para uñas (MILLER, 2015). Así mismo, se altera en: shock, hipovolemia, neonatos pretérmino, hipotermia, enfermedad vascular periférica y vasoconstricción periférica (LIMA, BEELEN, & BAKKER, 2012)

De otro lado, puede determinarse el índice de variabilidad pletismográfica el cual es una medida dinámica del cambio en el índice de perfusión que ocurre durante un ciclo respiratorio:

PVI = (PI max - PI min/ PI max) x 100

Las variaciones respiratorias en la amplitud de la onda pletismográfica han demostrado asociarse con la respuesta a fluidos en pacientes con ventilación mecánica (≥14%). Su principal ventaja es no ser invasivo, sin embargo, se encuentra patentado e incorporado en monitores Masimo cuya disponibilidad es limitada en el contexto hospitalario colombiano. (CANNESSON, ATTOF, & ROSAMEL, 2007)

De allí la importancia de determinar la posible correlación entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso, dada la no invasividad y disponibilidad del primero en el contexto quirúrgico, y la alta sensibilidad y especificidad del segundo para predecir la respuesta a volumen.

Objetivos

GENERAL

- Determinar la relación entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso inducida por el ciclo respiratorio en pacientes adultos bajo anestesia general.

ESPECÍFICOS

- Determinar la utilidad del índice de perfusión en la predicción de la variabilidad de la presión de pulso.

- Identificar los valores de índice de perfusión que se correlaciona con variabilidad de la presión de pulso superior al 13%

- Evaluar de forma indirecta la capacidad del índice de perfusión para predecir la respuesta a volumen.

METODOLOGÍA

POBLACIÓN:

CRITERIOS DE INCLUSIÓN: Pacientes adultos entre 18 y 60 años llevados a anestesia general y ventilación mecánica invasiva que cuenten con monitorización de la variabilidad de la presión de pulso.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN: pacientes con: enfermedad arterial periférica sintomática (clasificación clínica de Fontaine de II a IV), arritmias, hipertensión pulmonar, fracción de eyección ventricular alterada y falla ventilatoria. Se excluirán datos tomados durante periodos de hipotermia (entendida como temperatura central inferior a 36°C) e hipertermia.

MUESTRA

Asumiendo un nivel de confianza del 95% (α=5%), una potencia del 90% (1−β=90%), un coeficiente de correlación de Lin hipotético de 0.97, un coeficiente de correlación de LIN esperado en el presente estudio de 0.95 y basado en la siguiente formula:

$$n = \left[\frac{\phi^{-1}(1-\beta) + \phi^{-1}(1-\alpha)}{tanh^{-1}(\rho_0) - tanh^{-1}(\rho_1)}\right]^2 + 2$$

El tamaño muestral estimado fue de 129 sujetos. Sin embargo, dada la Pandemia actual por SARS COV2 y la disminución concomitante del volumen de pacientes quirúrgicos, la muestra alcanzada fue de 40 sujetos constituyendo el presente un estudio piloto.

DISEÑO DE ESTUDIO

Estudio observacional de corte transversal analítico

VARIABLES:

- Índice de Perfusión: variable cuantitativa continua compuesta
- Variabilidad de la Presión de Pulso: variable cuantitativa continua compuesta
- Tipo de cirugía: variable cualitativa nominal
- Sexo del paciente: variable cualitativa nominal
- Antecedentes clínicos: variable cualitativa nominal
- Temperatura central: cualitativa nominal Valores: hipotérmico (<36°),

normotérmico, hipertérmico (>37.8°).

- Uso de vasoconstrictores intraoperatorios: variable cualitativa dicotómica Valores: si o no

MEDICIÓN:

- Datos sociodemográficos: se incluyeron sexo, edad, procedimiento quirúrgico, antecedentes clínicos.
- Datos anestésicos: clasificación ASA, tipo de anestesia, dispositivo de vía aérea empleado.
- Variabilidad de la Presión de Pulso: calculada por monitores Mindray, calculada a partir de línea arterial radial derecha o izquierda canalizada con catéter número 20.
- Índice de Perfusión: calculado por monitores Mindray a partir de onda pletismográfica obtenida por medición de pulsoximetría en dedo índice derecho o izquierdo.
- Temperatura central: medida mediante termómetro esofágico o axilar en cuyo caso se sumaba 1 grado centígrado para estimar la temperatura central.
- Tensión arterial: medida mediante línea arterial radial derecha o izquierda.
- Saturación de Oxígeno: medida a través de pulsoximetría en dedo índice de mano derecha o izquierda.
- Uso de vasoconstrictores intraoperatorios: información determinada a partir de registro de anestesia en record y nota descriptiva del procedimiento.

Los valores de cada variable fueron registrados en 8 momentos: Postintubación (10 minutos después de la misma), sangrado estimado de 100, 300, 500 y 100ml, bolo de cristaloides de 300 y 500ml, previo a extubación.

PLAN DE ANÁLISIS

Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas, y medidas de tendencia central (media o mediana) y dispersión (desviación estándar o rango intercuartílico) junto con los valores máximo y mínimo para variables cuantitativas, en conjunto se realizarán algunos gráficos descriptivos con fines de dar una descripción gráficas de las variables de interés (histogramas, gráficos de barras o diagramas de cajas y bigotes).

Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman con el fin de determinar la relación entre el índice de perfusión y variabilidad de la presión de pulso.

El paquete estadístico usado fue SPSS IBM V24

Resultados

La muestra estuvo conformada por 40 individuos, con predominio del sexo masculino con un 51,2%, con una media en la edad de 55.11±15.54 años, 64.5±11.04 kg para el peso, y 163.15±8.53 cm para la talla (tabla 1).

Tabla 1 Características sociodemográficas de la muestra

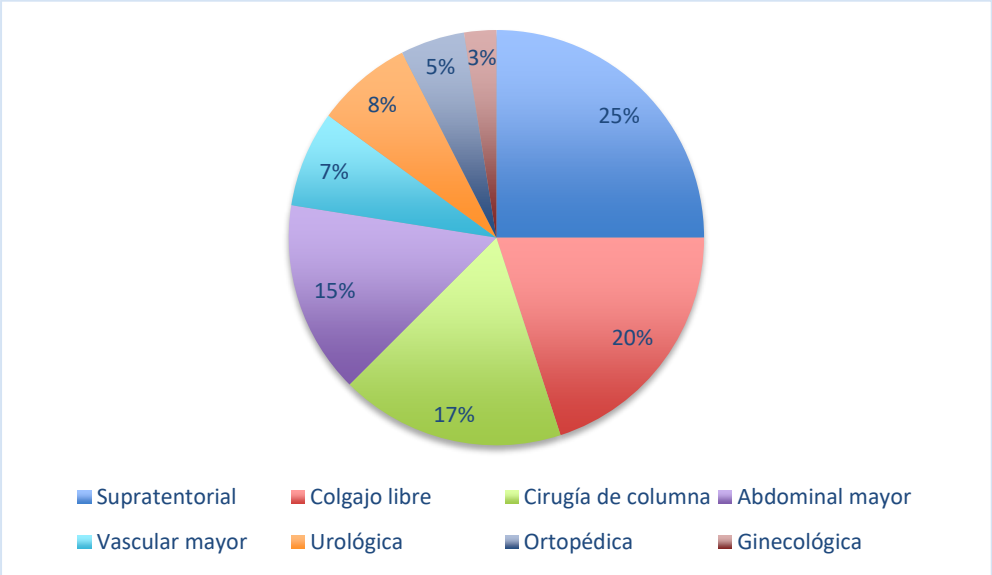
N= 40		
Ítem	Media/n	Desviación estándar/porcentaje
Hombres-n (%)	22	51,2
Edad	55,11	+/-15,54
Peso	64,50	+/-11,04
Talla	163,15	+/-8,53

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

La técnica anestésica empleada fue: anestesia general balanceada en el 70% de los pacientes, anestesia total endovenosa en el 30% restante. En la totalidad de los pacientes, el dispositivo de vía aérea usado fue el tubo orotraqueal. La ventilación mecánica fue controlada con parámetros protectores.

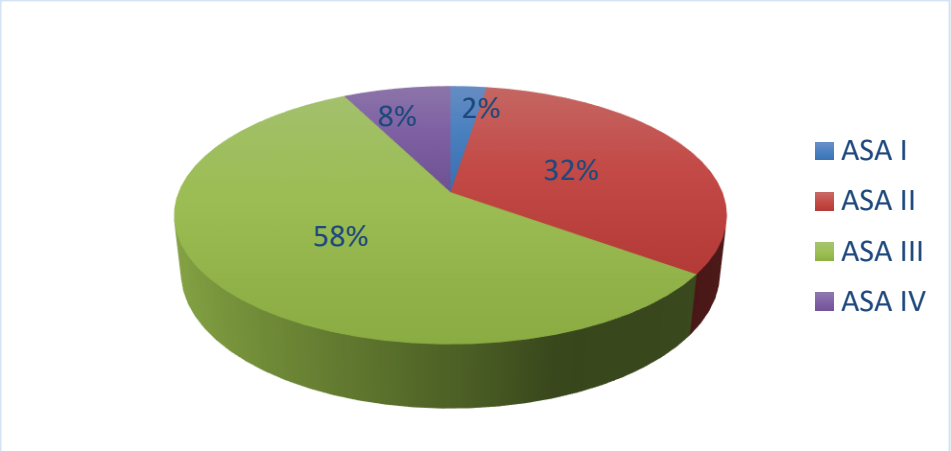
Con relación al tipo de cirugía: el 25% (10) de los pacientes fueron llevados a intervención supratentorial, el 20% (8) a resección de masas en cabeza y cuello con reconstrucción con colgajo libre, el 17% (7) les fue realiza cirugía de columna, 15% (6) cirugía abdominal mayor, 7% (3) cirugía vascular mayor, 7% (3) cirugía urológica, 5% (2) ortopédica y 3% (1) ginecológica.

Figura 1. Tipo de Cirugía



Con relación a la clasificación ASA, el 58% de los pacientes fueron ASA III siendo la patología más frecuente de tipo oncológico. El 32% de los pacientes fueron ASA II las comorbilidades más frecuentes fue obesidad e hipertensión arterial.

Figura 2. Clasificación ASA



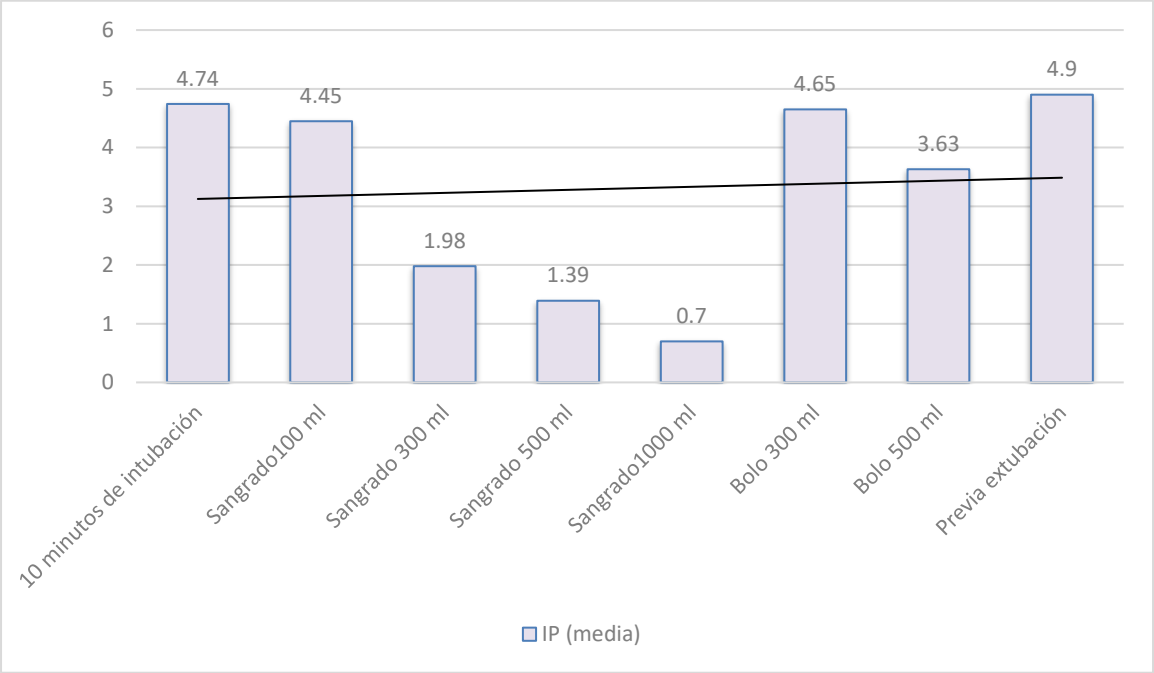
Respecto del índice de perfusión (IP) a los 10 minutos de efectuada la intubación la media fue de 4.74±2.77. En los casos con 100 ml de sangrado, el IP presentó una media de 4.45±2.31. Los casos con 300 ml de sangrado presentaron una media en el IP de 1.98±0.83. Mientras que, en los casos con 500 ml, el IP fue de 1.39±1.06. Finalmente, en los casos con sangrado de 1000 ml se presentó un IP de 0.70±0.61 (tabla 2). Posterior a la infusión de cristaloides en bolo; con 300 ml se presentó un IP de 4.65±2.46, y con 500 ml fue de 3.63±3.68. El valor encontrado antes del retiro de la intubación presento una media de 4.90±3.53 (tabla 2). El comportamiento de esta variable evidencia un descenso de esta ante el aumento del sangrado e incremento tras la aplicación de bolos de cristaloides, relacionándose de forma directa con el estado volemia.

Tabla 2 Registro del IP

Ítem	n	Porcentaje	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	40	100	4,74	2,77
Sangrado100 ml	19	47,5	4,45	2,31
Sangrado 300 ml	15	37,5	1,98	8,36
Sangrado 500 ml	9	22,5	1,39	1,06
Sangrado1000 ml	5	12,5	0,70	0,61
Bolo 300 ml	18	45	4,65	2,46
Bolo 500 ml	18	45	3,63	3,68
Previa extubación	38	95	4,90	3,53

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Figura 3 Variabilidad del IP



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

La variabilidad de la presión del pulso (VPP) a los 10 minutos posteriores a la intubación fue de 6.56±4.65. En cuanto a la VPP en los casos de hemorragia, con una pérdida de volumen de 100 ml, la VPP fue de 9.63±4.90. Con 300 ml fue de 15.8±4.76. Con 500 ml fue de 20.33±4.41 y con 1000 ml fue de 24.4±3.64. Con la administración de bolo de 300 ml de cristaloides, la VPP fue de 7.55±4.16. Y con la administración de 500 ml, la VPP fue de 9.37±5.57. Antes del retiro de la intubación presentó una media de 4.90±3.53 (tabla 3).

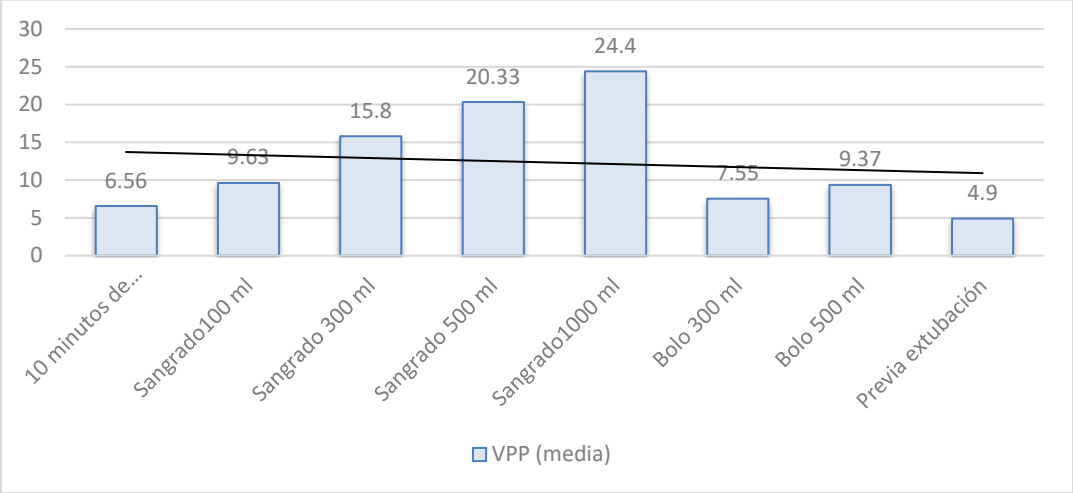
Tabla 3 Registro de la VPP

Ítem	N	Porcentaje	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	40	100	6,56	4,65
Sangrado100 ml	19	47,5	9,63	4,90
Sangrado 300 ml	15	37,5	15,80	4,76
Sangrado 500 ml	9	22,5	20,33	4,41
Sangrado1000 ml	5	12,5	24,40	4,64
Bolo 300 ml	18	45	7,55	4,16
Bolo 500 ml	18	45	9,37	5,57
Previa extubación	38	95	4,90	3,53

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Se observa un aumento de la VPP conforme disminuye el estado de volemia, presentándose una relación inversa entre estas dos variables.

Figura 4 Variabilidad de la VPP



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

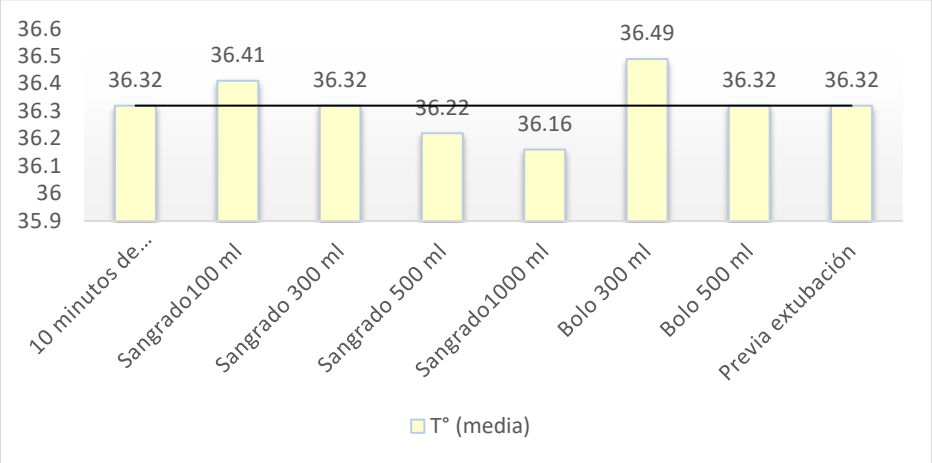
La temperatura central (T°) a los 10 minutos de la intubación fue de 36.32±0.32°C. Durante el sangrado, con un volumen de 100 ml la T° fue de 36.41±0.39°C, con 300 ml fue de 36.32±0.21°C, con 500 ml fue de 36.22±0.27°C y con 1000 ml fue de 36.16±0.16°C. Frente a infusión en bolo con cristaloides, la T° con bolo de 300 ml fue de 36.49±0.33°C y con 500 ml fue de 36.32±0.17°C. Previo al retiro de la intubación, registro una media de 36.32±0.33°C (tabla 4). En promedio la temperatura descendió 0,55°C en el intraoperatorio.

Tabla 4 Registro de la temperatura

Ítem	N	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	40	36,67	0,32
Sangrado100 ml	19	36,58	0,39
Sangrado 300 ml	15	36,32	0,21
Sangrado 500 ml	9	36,22	0,27
Sangrado1000 ml	5	36,16	0,16
Bolo 300 ml	18	36,39	0,33
Bolo 500 ml	19	36,32	0,17
Previa extubación	38	36,12	0,12

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Figura 5 Temperatura Central



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Con relación al uso de Noradrenalina como vasoconstrictor intraoperatorio (VIO) a los 10 minutos de la intubación se empleó en el 35% de los pacientes siendo la dosis media de 0.057mcg/kg/min ±0.049, Durante el sangrado de 100 ml la dosis media fue de 0.08mcg/kg/min ±0.049. Con 300 ml de sangrado la dosis media fue 0.085 mcg/kg/min ±0.071mcg/kg/min. Con sangrado de 500 ml se usaron 0.105mcg/kg/min ±0.06 y con 1000 ml fue de 0.207mcg/kg/min ±0.068.

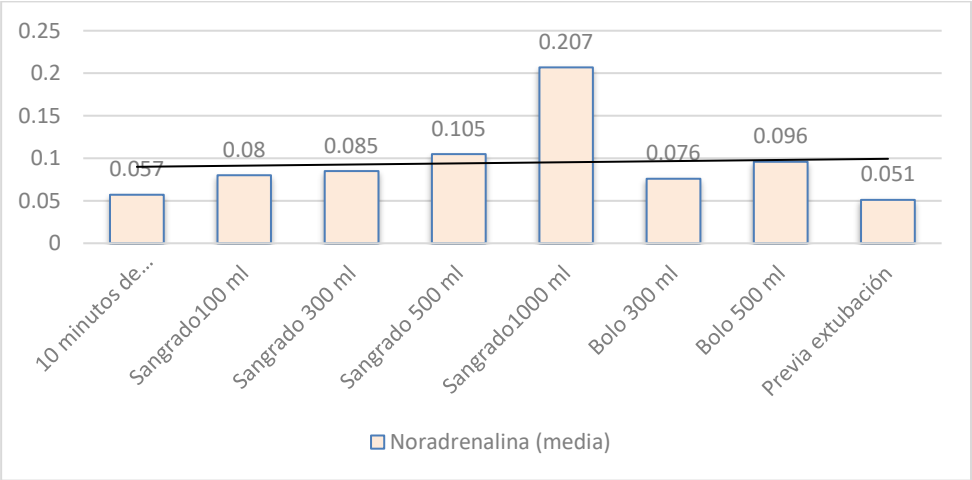
Tabla 5 Uso de Noradrenalina

Ítem	n	Porcentaje	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	13	35	0,057	0,049
Sangrado100 ml	8	42	0,080	0,049
Sangrado 300 ml	10	66	0,085	0,071
Sangrado 500 ml	6	66	0,105	0,062
Sangrado1000 ml	4	80	0,207	0,068
Bolo 300 ml	9	50	0,076	0,030
Bolo 500 ml	6	33	0,096	0,064
Previa extubación	7	18	0,051	0,014

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

El requerimiento de noradrenalina fue mayor en los estados de alto volumen de sangrado.

Figura 6 Uso de noradrenalina



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Se empleó dobutamina en 1 paciente con una dosis media de 2 mcg/kg/min.

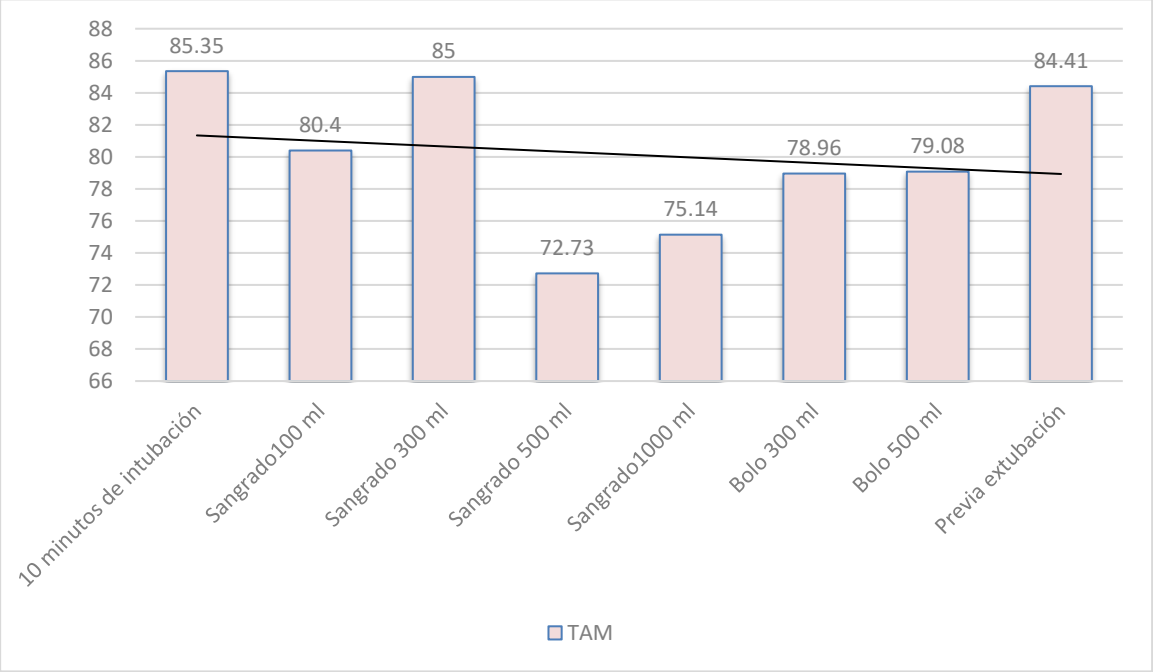
La tensión arterial media (TAM) registrada a los 10 minutos de la intubación, presentó una media de 85.34±12.08 mmHg. Con sangrado de 100 ml fue de 80.40±6.73 mmHg. Con sangrado de 300 ml fue de 85±11.20 mmHg. Con sangrado de 500 ml fue de 72.73±10.38 mmHg. Con sangrado de 1000 ml fue de 75.14±6.58 mmHg. Con un bolo de 300 ml de cristaloides fue de 78.96±9.01 mmHg, y con un bolo de 500 ml fue de 79.08±7.18 mmHg. La TAM previa a la extubación fue de 84.41±10.93 mmHg. Se observa que pese a los distintos volúmenes de sangrado los pacientes permanecieron normotensos, probablemente por el uso de vasoconstrictores, cristaloides y hemoderivados.

Tabla 6 Registro de la tensión arterial media

Ítem	n	Porcentaje	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	40	100	75,35	12,08
Sangrado100 ml	19	47,5	80,40	6,73
Sangrado 300 ml	15	37,5	75,00	11,20
Sangrado 500 ml	9	20	72,73	10,38
Sangrado1000 ml	5	12,5	60,14	6,58
Bolo 300 ml	18	45	78,96	9,01
Bolo 500 ml	18	45	79,08	7,18
Previa extubación	38	95	84,41	10,93

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Figura 7 Tensión Arterial Media



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

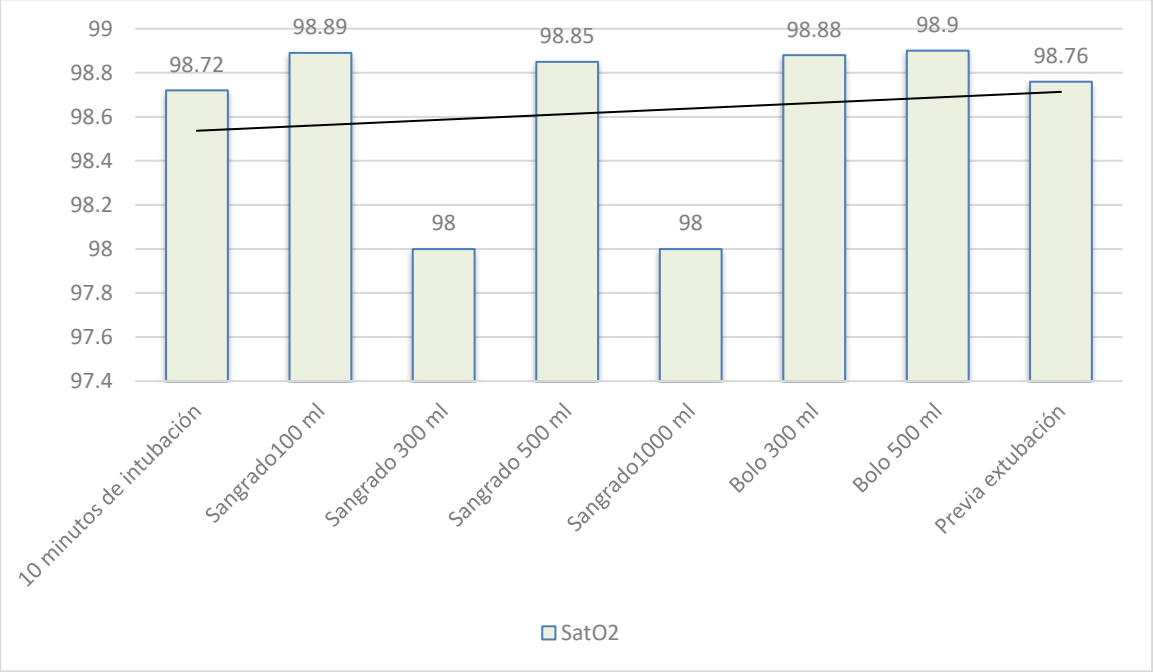
La saturación de oxígeno ($SatO_2$) en los diferentes momentos de la cirugía se encontró en rangos de normalidad, con valores superiores al 98% adecuada configuración de la curva de fotopletismografía.

Tabla 7 Registro de la $SatO_2$

Ítem	n	Porcentaje	Media	Desviación estándar
10 minutos de intubación	40	100	98,72	1,39
Sangrado100 ml	19	47,5	98,89	0,87
Sangrado 300 ml	15	37,5	98,00	0,70
Sangrado 500 ml	8	20	98,85	1,21
Sangrado1000 ml	5	12,5	98,00	0,0
Bolo 300 ml	18	45	98,88	1,21
Bolo 500 ml	18	45	98,90	1,19
Previa extubación	38	95	98,76	1,32

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Figura 8 Saturación de Oxígeno



Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Al comparar los valores registrados del IP y de VPP, se encontró diferencia significativa en el sangrado de 100 ml, 300 ml, 500 ml, y 1000 ml con una probabilidad p <0.05 (tabla 8).

Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso en los diferentes momentos analizados. Se observó correlación inversa moderada en el sangrado de: 100ml, 300ml, 500ml y 100ml, así como tras la administración de bolos de cristaloides de 300 y 500ml. Tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 8 Coeficiente de correlación de Spearman entre el IP y la VPP según cada evento

			Variación de la presión del pulso							
			Postintubación10 min	Sangrado100 ml	Sangrado300 ml	Sangrado500 ml	Sangrado1000 ml	Bolo300 ml	Bolo500 ml	Previoextub
Índice De perfusión	Postintubación10 min		-0,053	-0,180	**-0,975**	-0,168	-0,051	-0,313	-0,048	-0,187
		p	0,745	0,462	0,105	0,666	0,935	0,206	0,911	0,260
	Sangrado100ml		0,203	0,135	**-0,720**	-0,500	**-0,833**	0,163	-0,800	-0,196
		p	0,405	0,582	0,328	0,391	0,234	0,653	0,200	0,421
	Sangrado300ml		-0,667	-0,200	**-0,821**	**-0,700**	**-0,952**	**-0,832**	**-0,954**	0,103
		p	0,219	0,800	0,089	0,667	0,628	0,638	0,565	0,870
	Sangrado500ml		-0,472	0,300	**-0,866**	**-0,571**	-0,154	0,464	**-0,879**	0,294
		p	0,147	0,624	0,333	0,108	0,805	0,354	0,453	0,480
	Sangrado1000ml		-0,553	**-0,839**	-0,536	-0,763	-0,053	0,400	**-0,742**	-0,258
		p	0,334	0,124	0,741	0,133	0,933	0,600	0,682	0,742
	Bolo300ml		-0,083	-0,067	-0,124	-0,286	-0,400	-0,286	-0,500	-0,169
		p	0,742	0,854	0,741	0,535	0,600	0,266	0,667	0,503
	Bolo500ml		-0,476	-0,400	**-0,832**	**-0,737**	**-0,897**	-0,500	-0,429	-0,435
		p	0,233	0,600	0,391	0,421	0,334	0,667	0,289	0,389
	Previoextub		-0,083	0,026	**-0,872**	-0,160	-0,205	-0,124	-0,143	-0,130
		p	0,619	0,919	0,054	0,682	0,741	0,624	0,736	0,450

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Al comparar los valores medios de IP cuando la VPP es >13%, se observó una diferencia estadística respecto del sangrado de 300 ml, 500 ml, 1000 ml, y bolo de 500 ml (tabla 10).

Tabla 9 Comparación entre las medias del IP cuando la VPP>13 para cada evento

Ítem	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	*p*
10 minutos de intubación	19,36	3,72	1,48	1,23	0,023
Sangrado100 ml	18,03	4,32	3,67	2,44	0,066
Sangrado 300 ml	18,00	5,19	1,63	0,85	0,041
Sangrado 500 ml	20,75	3,19	1,36	1,13	0,000
Sangrado1000 ml	24,40	3,64	0,70	0,61	0,000
Bolo 300 ml	19,00	0,00	1,45	0,00	-
Bolo 500 ml	16,5	0,70	1,14	0,22	0.027
Previa extubación	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Fuente. Elaboración propia de la investigadora

Discusión

Desde la década de los 80 del siglo pasado diferentes estudios han evaluado variables estáticas y dinámicas de predicción de la respuesta a volumen en modelos animales y en pacientes. Los parámetros dinámicos, relacionados con la interacción cardiopulmonar en pacientes bajo anestesia general y ventilación mecánica, han demostrado tener mayor valor predictivo positivo, superando los indicadores estáticos (CANNESON, ABEY, HOFER, & REHMAN, 2010).

Dentro de las medidas dinámicas se encuentra la variabilidad de la presión de pulso, variación de la presión sistólica, variación del volumen sistólico, entre otras, estas requieren la colocación de catéteres intraarteriales o intravenosos indicados en pacientes específicos.

La necesidad de predecir la respuesta del gasto cardiaco y la perfusión a la administración de fluidos en pacientes sin monitorÍa invasiva ha llevado a plantear la medición de índices ecocardiográficos y fotopletismográficos.

El índice de variabilidad pletismográfica constituye un indicador dinámico de la respuesta a volumen, refleja el cambio en el índice de perfusión que ocurre durante un ciclo respiratorio. Las variaciones respiratorias en la amplitud de la onda pletismográfica han demostrado asociarse con la respuesta a fluidos en pacientes con ventilación mecánica (≥14%) (CANNESSON, ATTOF, & ROSAMEL, 2007) Su principal ventaja es no ser invasivo, sin embargo, se encuentra patentado e incorporado en monitores Masimo cuya disponibilidad es limitada en el contexto hospitalario colombiano.

Con relación a los predictores ecocardiográficos como el índice de vena cava y la variación del flujo a nivel carotídeo, su uso se encuentra limitado por la colocación de campos quirúrgicos y la interpretación operador dependiente.

Los monitores disponibles en salas de cirugía del Hospital Universitario Nacional incorporan dentro de los parámetros calculados el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso. Siendo el primero una medida disponible con monitorización básica y el segundo el índice dinámico con mayor valor predictivo positivo, se planteó el presente estudio con el fin de determinar la correlación de estas variables y evaluar de forma indirecta la capacidad de predecir la variabilidad de la presión de pulso a partir del índice de perfusión.

Se observaron las variaciones del índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso en varias situaciones clínicas que modifican su valor: periodo posterior a la intubación, con presencia de sangrado de varios volúmenes, frente a infusión de bolos de cristaloides y en el periodo previo a la extubación. Se excluyeron del estudio pacientes con enfermedad arterial periférica sintomática, arritmias, hipertensión pulmonar, fracción de eyección ventricular alterada, falla ventilatoria, pprocedimientos con tórax abierto y datos tomados durante periodos de hipotermia e hipertermia, dado que dichas condiciones se han asociado a alteración del índice de perfusión o de la variabilidad de la presión de pulso sin cambios en el estado de volemia. (MARIK, CAVALLAZZI, VASU, & HIRANI, 2009)
Respecto a las características sociodemográficas, el presente estudio incluyó pacientes con edad promedio de 55 años en su mayoría ASA III por patología oncológica, lo

procedimientos más frecuentes fueron: cirugía encefálica, de columna, reconstructiva con colgajo libre y abdominal mayor.

Con relación al comportamiento del índice de perfusión se observó una disminución significativa en su valor conforme aumentaba el sangrado, con valor medio inferior a 2 después de presentarse sangrado intraoperatorio igual o superior a 300ml. Al respecto Tanaka et al reportaron la caída de los valores de índice de perfusión en 2.6 unidades (0,63-6,1) en mujeres en puerperio inmediato que presentaron sangrado estimado de 520ml (270-1250ml) (p<0.005) (TANAKA, KATSURAGI, & KAWAMURA, 2016)

Courson et al. observaron el comportamiento del índice de perfusión y el gasto cardiaco (medido por análisis del contorno de la onda de pulso) tras la realización de una maniobra de reclutamiento alveolar en pacientes adultos bajo anestesia general llevados a intervención neuroquirúrgica. La maniobra de reclutamiento alveolar con 30 cm de H20 durante 30 segundos, produjo descenso del 26% del volumen sistólico ($p < 0.05$) y del 27% en el índice de perfusión ($p < 0.05$). Un delta en el IP ≥ 26% predice un delta en el Volumen Sistólico > 30% con sensibilidad del 83% y especificidad del 78% (AUC = 0.84, 95%CI 0.71–0.93). Se concluye de este estudio que, en pacientes neuroquirúrgicos, el delta del Índice de Perfusión se puede usar como un subrogado del delta del volumen sistólico durante una maniobra de reclutamiento alveolar, lo que sugiere que las variaciones del índice de perfusión podrían predecir la respuesta a volumen. (COURSON , MICHARD, CHAVIGNIER, & VERCHERE, 2019)

Los monitores Mindray cuentan con un algoritmo patentado que permite el cálculo inmediato de la variabilidad de la presión de pulso a partir de la onda de pulso captada a través de un catéter intraarterial. En el presente estudio se observó incremento de la variabilidad de la presión de pulso ante el aumento del volumen de sangrado, presentándose valores superiores al 13% con sangrado ≥ 300ml. Michar et al reportaron en el año 2000 un estudio realizado en pacientes adultos sépticos con ventilación mecánica invasiva. Observaron que la variación de la presión de pulso fue mayor en pacientes que respondieron incrementando su gasto cardiaco en 15% o más tras un reto de volumen. El punto de corte que permitió discriminar respondedores de no respondedores fue un valor de VPP ≥13% con sensibilidad de 94% y especificidad de 96%. (MICHARD , BOUSSAT, CHEMLA, & ANGUEL, 2000)

La tensión arterial media presentó una respuesta esperable respecto del comportamiento hemodinámico, su descenso fue directamente proporcional a la perdida de volumen sanguíneo, lo cual a su vez se correlaciona con aumento en la concentración de vasopresores. Bourgoin et al, refieren que el IP en los niveles de TAM menores a 60 mmHg se correlaciona con pérdida de la capacidad de autorregulación los lechos vasculares a nivel local y con vasoconstricción asociada, sin embargo, estos valores no se evidenciaron en el presente estudio. (BOURGOIN & LEONE, 2005) Por otro lado, la saturación de oxígeno se mantuvo en rangos de normalidad con adecuada morfología de la onda de pulso, lo que da validez al cálculo de índice de perfusión realizado por el monitor. Así mismo, la temperatura corporal presentó un comportamiento estable en el intraoperatorio, disminuyendo con mayor notoriedad respecto de la perdida de volumen de 1000 ml.

El uso de noradrenalina presentó una tendencia al aumento en la dosis ante sangrado mayor, no superando dosis de 0.27mcg/kg/min en ninguno de los casos. Araujo et al

realizaron un estudio prospectivo en 30 pacientes en ritmo sinusal, con ventilación mecánica y sedación profunda en el que observaron una correlación significativa entre la variación de la presión de pulso y la respuesta a volumen en pacientes con infusión de norepinefrina (dosis entre 0.01 mcg/kg/min y 1.6 mcg/kg/min) con área bajo la curva ROC de 0.88 con punto de corte para la VPP de 14%. (PENNA, ROSA, KURTZ, & JAPIASSU, 2009)

El presente estudio muestra una correlación negativa moderada entre el IP y la VPP, en sangrado superior a 300ml y ante la reposición de cristaloides, sin embargo la diferencia no fue estadísticamente significativa. Al comparar los valores medios de IP cuando la VPP es >13%, se observó una diferencia estadística respecto del sangrado de 300 ml, 500 ml, 1000 ml, y bolo de 500 ml, con valores de IP menores a 1,67% en dichos escenarios (tabla 10).

La moderada correlación y la ausencia de diferencia estadística significativa constituyen los limitantes del estudio, por aspectos clínicos, quirúrgicos y comórbidos de cada paciente, mereciendo ser indagado en otro grupo de pacientes con una población más grande, dado que la muestra se vio afectada por la situación pandémica reinante.

Conclusiones

- El presente estudio sugiere una correlación moderada a fuerte inversa entre el índice de perfusión y la variabilidad de la presión de pulso, sin embargo no es estadísticamente significativa.

- Los valores de VPP mayores a 13% coincidieron con valores de IP inferiores a 2,63% en los diferentes momentos del sangrado exceptuando el sangrado de 100ml, se requiere ampliar la muestra para determinar si este comportamiento es significativo.

- El estudio evidenció disminución del índice de perfusión y aumento de la variabilidad de la presión de pulso conforme aumenta el sangrado, lo cual coincide con el reporte previo de la literatura.

- El índice de perfusión como variable estática no ha demostrado predecir la respuesta a volumen. Sin embargo, los cambios en su valor durante el ciclo respiratorio han sido asociados de forma significativa a la respuesta a volumen por diferentes investigadores.

Bibliografía

- ANTONSEN LP, KIRKEBOEN KA: Evaluation of fluid responsiveness: is photoplethysmography a noninvasive alternative? *Anesthesiol Res Pract* 2012:617380, 2012.

- BOURGOIN, & LEONE. (2005). Increasing mean arterial pressure in patients with septic shock: effects on oxygen variables and renal function. *Critical Care Medicine*, 780-785.

- BEATTIE C. The catecholamine, cortisol, and hemodynamic responses to mild perioperative hypothermia. A randomized clinical trial. Anesthesiology. 1995;82(1):83–93.

- CANNESON, ABEY, HOFER, & REHMAN. (2010). Pulse pressure variation: where are we today? *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 45-56.

- CANNESSON, ATTOF, & ROSAMEL. (2007). Respiratory variation in pulse oximetry plethysmographic waveform ampltiude to predict fluid responsiveness in the operating room. *Anesthesiology*, 1105-1111.

- CANNESSON, DELANNOY, & MORAND. (2008). Does the plethismography variability index indicate the respiratory induced variation in the pethymogram and arterial pressure waveforms? *Anesthesia and Analgesia*, 1189-1194.

- COURSON , MICHARD, CHAVIGNIER, & VERCHERE. (2019). Do changes in perfusion index reflect changes in stroke volume during preload-modifying manoeuvres? *Journal of clinical monitoring and computing*, 1193-1198.

- HENGY, B., GAZON, M., SCHMITT, Z., & BENYOUB, K. (2012). Comparison between respiratory variation in pulse oximetry plethysmography waveform amplitude and arterial pulse pressure during major abdominal surgery. *Perioperative medicine, 117*, 973-980.

- Hernández GL, Salgado JM. Monitorización de la perfusión tisular en el paciente críticamente enfermo. Rev Cient Cienc Méd. 2016;19(2): 43-47.

- Hofer CK, Cannesson M: Monitoring fluid responsiveness, *Acta Anaesthesiol Taiwan* 49(2):59-65, 2011.

- LIMA, BEELEN, & BAKKER. (2012). Use of periphereal perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. *Critical Care Medicine*, 1210-1213.

- MARIK, CAVALLAZZI, VASU, & HIRANI. (2009). Dynamic changes in arterial waveform derived cariables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. . *Critical Care Medicine*, 2642-2647.

- MICHARD , BOUSSAT, CHEMLA, & ANGUEL. (2000). Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluis responsiveness in septic

patients with acute circulatory failure. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 134-138.

- MILLER. (2015). *Anestesia: nomitoría respiratoria.* Madrid: Elsevier.

- PENNA, ROSA, KURTZ, & JAPIASSU. (2009). Comparesion between respiratory pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude and arterial pulse pressure variations among patients with and without norepinephrine use. *Revista Brasilera de terapia intensiva*, 349-352.

- PINSKY, & PAYEN. (2005). *Update in intensive care and emergency medicine: functional hemodynamic monitoring.* Germany: Springer.

- PREISMAN S, KOGAN S, BERKENSTADT H, PEREL A: Predicting fluid responsiveness in patients undergoing cardiac surgery: functional haemodynamic parameters including the Respiratory Systolic Variation Test and static preload indicators, *Br J Anaesth* 95(6):746- 755, 2005

- TANAKA, KATSURAGI, & KAWAMURA. (2016). Application of the perfusion index in obstetric bleefing. *Journal oh Maternal, fetal and neonatal medicine*, 3812-3812.

- ZHANG. (2011). Accuracy of stroke volume variation in predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Anesthesia*, 904-916.