

**CORRELACION ENTRE LA VARIABILIDAD DE LOS PARAMETROS
DERIVADOS DE VENA CAVA INFERIOR Y LA VARIACIÓN DE PRESION DE
PULSO EN PACIENTES CRÍTICOS**

MARIA MÓNICA VILLA ACUÑA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA
POSGRADO DE ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN
BUCARAMANGA
2019**

**CORRELACION ENTRE LA VARIABILIDAD DE LOS PARAMETROS
DERIVADOS DE VENA CAVA INFERIOR Y LA VARIACIÓN DE PRESION DE
PULSO EN PACIENTES CRÍTICOS**

MARÍA MÓNICA VILLA ACUÑA

**Tesis Para Optar Al Título De
Especialista En Anestesiología Y Reanimación**

Director:

HÉCTOR JULIO MELÉNDEZ FLÓREZ

MSc. Epidemiología

Co-Director:

RAFAEL ENRIQUE SERRANO VÁSQUEZ

Especialista en Anestesiología y Reanimación

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA
POSGRADO DE ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por tantas bendiciones que se han convertido en excelentes oportunidades.

A mis padres: Luz Marina y Orlando, que siempre han sido mis maestros de vida y mi ejemplo de tenacidad: a mi madre que siempre ha sido mis alas para volar, y a mi padre por enseñarme su amor por la investigación.

A mis hermanas: Lorena, Nathaly y Paloma, por acompañarme en este largo viaje, por ser mi fuente de inspiración y ejemplo de valentía y disciplina.

A mi Ada "Madrina", por su infinito apoyo maternal.

A mi novio eterno: Carlos Niño -mi mejor cómplice y socio-, por su apoyo moral, su incondicionalidad y su ejemplo de lucha, perseverancia y optimismo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Héctor Meléndez por su ayuda incondicional y excelente asesoría epidemiológica.

Al Dr. Rafael Serrano por comportarse como el polo a tierra de este proyecto y por animarme constantemente ante las dificultades.

A mi amiga Lina Casadiegos, por su paciencia y por compartirme sus conocimientos sobre epidemiología.

A la “Sancho” de esta “Quijotada”: Viviana Rueda, por su apoyo y compañía sincera en esta travesía.

A cada uno de mis compañeros de residencia y profesores de posgrado, que de una u otra forma contribuyeron enormemente a materializar este proyecto.

A los Dres. Custodio Ortiz y René Díaz, por su valiosa asesoría en ecografía perioperatoria.

A mis ahijados: Jessica A. Cala y Diego Caballero, por su enorme voto de confianza en los momentos difíciles y por su colaboración incondicional

A mis amigos: Juan D. Barba, Jose R. Espel, Teresa González, Claudia Castañeda, Sebastián Jaramillo y Silvia Duarte por su amable y desinteresada hospitalidad en todos los sitios que tuve que visitar fuera de la ciudad para aprender a fondo sobre el tema y socializar los resultados de este trabajo en Argentina.

A cada una de los (las) médicos (as), enfermeros (as), terapeutas y auxiliares de los servicios de: Cirugía, UCI y Monitores del Hospital Universitario de Santander, por ser mis mejores “campaneros” para recolectar todos los pacientes.

A mi alma mater por su apoyo económico para socializar los resultados de este trabajo en Argentina.

... aunque no fue fácil el camino, fue satisfactorio y ¡se logró gracias a ustedes!!!

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	23
3. HIPOTESIS INVESTIGATIVA	24
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	25
4.1. FISIOLÓGÍA DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DE MONITOREO	25
4.2. VARIABILIDAD DE PRESION DE PULSO VPP	29
4.3. ECOCARDIOGRAFIA Y MONITOREO HEMODINAMICO	31
4.3.1. Técnica para obtener imagen de la VCI en ventana subxifoidea	33
4.3.2. Técnica para obtener imagen de la VCI en ventana subhepática lateral	34
4.3.3. Técnica para medir los diámetros de la VCI en ventana subxifoidea	35
4.3.4. Parámetros dinámicos ecográficos de monitoreo de la VCI para evaluar respuesta a volumen	38
4.3.5. Condiciones clínicas necesarias para medir los PDVCI	41
4.3.6. Errores en la interpretación de LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI e IDVCI)	41

4.4. ESTADO DEL ARTE DE LA VPP Y DE LOS PDVCI	42
5. JUSTIFICACIÓN	46
6. OBJETIVOS	48
6.1. OBJETIVO GENERAL	48
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	48
7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	49
8. MATERIALES Y MÉTODOS	50
8.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	50
8.2. POBLACIÓN	50
8.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN	50
8.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	51
8.5. TAMAÑO MUESTRAL	51
8.6. VARIABLES DEL ESTUDIO	51
8.6.1. Variables operativas	51
8.6.2. Variables resultado	52
8.6.3. Variables explicatorias	53
8.6.4. Variables independientes	53
8.7. MANEJO DEL PACIENTE	54

8.7.1.	Ingreso de los pacientes al estudio	54
8.7.2.	Recolección de la información clínica	55
8.7.3.	Recolección de la información del monitoreo avanzado	55
8.7.4.	Protocolo para captura de la imagen de la VCI y medición de los diámetros en inspiración y espiración máxima de la VCI	56
8.7.5.	Manejo de los datos	56
8.7.6.	Análisis de datos	57
9.	RESULTADOS	58
9.1.	MEDICIONES BASALES DE VARIABILIDAD DE PRESIÓN DE PULSO Y PARÁMETROS DERIVADOS DE VENA CAVA INFERIOR	58
9.2.	CORRELACIÓN ENTRE LA VPP Y LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI E IDVCI) BASALES	61
9.3.	CORRELACIÓN ENTRE PDVCI BASALES	64
9.4.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE	64
9.5.	CONCORDANCIA ENTRE MODOS B Y M PARA PDVCI	66
9.6.	CLASIFICACIÓN EN RESPONDEDORES Y NO RESPONDEDORES PREBOLO	69
9.7.	PARÁMETROS DERIVADOS DE LA VENA CAVA INFERIOR COMO HERRAMIENTA DIAGNOSTICA	70

9.8. FASE DE EVALUACIÓN DE VPP Y PDVCI SEGÚN RESPUESTA A TERAPIA VOLUMÉTRICA	73
9.9. CORRELACIÓN ENTRE LA VPP Y LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI E IDVCI) POSBOLO	74
9.10. CLASIFICACIÓN EN RESPONDEDORES Y NO RESPONDEDORES POSBOLO	75
9.11. PDVCI COMO HERRAMIENTA DIAGNOSTICA Y DE SEGUIMIENTO	76
10. DISCUSIÓN	80
11. CONCLUSIONES	88
12. PRODUCTOS OBTENIDOS	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	100

LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Curva de Frank-Starling.....	25
Fig 2. Cálculo de Variación de presión de pulso (VPP).....	31
Fig 3. Sonoanatomía de la vena cava inferior	33
Fig 4. Ubicación del transductor.....	34
Fig 5. Rotación del transductor en la ventana subxifoidea	35
Fig 6. Factor de corrección para medir diámetros de la VCI	37
Fig 7. Diámetros de la VCI en Modo M.....	37
Fig 8. Flujograma de recolección de pacientes.....	54
Fig 9. Línea de tiempo de captura de paciente, Ingreso al estudio y toma de medidas	55
Fig 10. Teoría de la cuerda paralela.....	87
Fig 11. Inserción de catéter para monitoreo de presión arterial invasiva.....	112
Fig 12. Ubicación de transductor en ventana subxifoidea para monitoreo de la VCI.	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cambios hemodinámicos durante el ciclo respiratorio.	28
Tabla 2. Parámetros derivados de la vena cava inferior e interpretación.	40
Tabla 3. Características basales de los pacientes según grupos	59
Tabla 4. Características Variables Clínicas según grupos	60
Tabla 5. VPP* y PDVCI basales según grupo.....	61
Tabla 6. Índices de correlación entre VPP y PDVCI basales.	62
Tabla 7. Índices de correlación entre VPP y PDVCI, y entre los diferentes PDVCI	65
Tabla 8. Modelo de Regresión lineal simple entre VPP y PDVCI basales.....	66
Tabla 9. Grado de concordancia entre modos B y M de los PDVCI basales.....	67
Tabla 10. Porcentaje de respondedores y no respondedores, prebolo.	69
Tabla 11. Pruebas diagnósticas de los PDVCI basales.....	71
Tabla 12. Pruebas diagnósticas de todos los PDVCI	72
Tabla 13. Porcentaje de descenso de VPP y PDVCI posbolo.....	74
Tabla 14. Índices de correlación VPP y PDVCI.....	75
Tabla 15. Porcentaje de Respondedores y No respondedores, posbolo.....	76
Tabla 16. Pruebas diagnósticas de cada uno de los PDVCI, Posbolo	77

Tabla 17. Pruebas diagnósticas de todos los PDVCI en ambos modos, Posbolo. 78

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Correlación entre Diám. Tele-espíatorio y VPP basal.....	62
Gráfica 2. Correlación entre VDVCÍ y VPP basal.....	63
Gráfica 3. Correlación entre ICVCÍ y VPP basal.	63
Gráfica 4. Correlación entre IDVCÍ y VPP basal.	64
Gráfica 5. Concordancia modos B y M de Diámetros Tele-espíatorio/ T-inspiratorio.	67
Gráfica 6. Concordancia entre modos B y M de VDVCÍ/ ICVCÍ.	68
Gráfica 7. Concordancia entre modos B y M de IDVCÍ basales.....	68
Gráfica 8. Área bajo la curva de todos los PDVCÍ basales en modo B y modo M.	73
Gráfica 9. Correlación moderada entre PDVCÍ y VPP posbolo.....	75
Gráfica 10. Área bajo la curva de todos los PDVCÍ.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS

AROC:	Área bajo la curva ROC
CCL:	Coeficiente de concordancia de Lin
Diám.:	Diámetro
ds.:	Desviación estándar
DTE.:	Diámetro tele-espiratorio de la vena cava inferior
DTI:	Diámetro tele-inspiratorio de la vena cava inferior
ICVCI.:	Índice de colapsabilidad de la VCI, también conocido como índice caval (IC)
IDVCI.:	Índice de distensibilidad de la VCI
Máx.:	Máximo
Mín.:	Mínimo
mB.:	Modo B
mB.:	Modo M
PEEP.:	Presión positiva al final de la espiración
PDVCI.:	Parámetros derivados de la vena cava inferior
PP.:	Presión de pulso
Prom.:	Promedio
PVC.:	Presión venosa central
S.:	Sensibilidad
E.:	Especificidad
VCI.:	Vena cava inferior
VDVCI.:	Variabilidad del diámetro de la vena cava inferior
VPN.:	Valor predictivo negativo
VPp.:	Valor predictivo positivo
VPP.:	Variación de presión de pulso
VPS.:	Variación de presión sistólica
VS.:	Volumen sistólico

Vte.: Volumen corriente
VTI.: Velocidad del tracto de salida del ventrículo izquierdo
VVS.: Variación del volumen sistólico

RESUMEN

TITULO: CORRELACION ENTRE LA VARIABILIDAD DE LOS PARAMETROS DERIVADOS DE VENA CAVA INFERIOR Y LA VARIACIÓN DE PRESION DE PULSO EN PACIENTES CRÍTICOS*

AUTOR: MARÍA MÓNICA VILLA ACUÑA**

Palabras Claves: Fluidoterapia, monitorización hemodinámica, análisis de la onda del pulso, vena cava inferior y ecocardiografía.

Antecedentes: El monitoreo dinámico no invasivo obtenido por ecocardiografía transtorácica evalúa cambios en los parámetros derivados de la vena cava inferior (PDVCI) durante el ciclo respiratorio, con capacidad moderada para predecir respuesta a volumen (en comparación con gasto cardíaco) y de buen nivel de evidencia; La variación de presión de pulso (VPP) es el parámetro mínimamente invasivo que mejor predice respuesta a volumen después del gasto cardíaco. Actualmente no hay estudios que correlacionen directamente los PDVCI con VPP.

Objetivo: Describir el coeficiente de correlación entre PDVCI y VPP en pacientes críticos, el grado de concordancia entre modo B (mB) y modo M (Mm) de los PDVCI y adicionalmente evaluar los PDVCI como prueba diagnóstica.

Materiales y Métodos: Estudio analítico de evaluación de tecnología diagnóstica realizado en 80 pacientes con diagnóstico de choque, definido como hipotensión persistente con requerimiento de soporte vasopresor y/o con hiperlactatemia, de quienes se obtuvieron datos de monitoreo de VPP y PDVCI mediante ecografía en modo B y modo M, antes y después de administrar bolo de líquidos.

Resultados: El índice de correlación entre VPP y PDVCI basal fue fuerte (ρ 0.7 mM y 0.8 mB) y moderada a baja post-bolo. La concordancia de los PDVCI mB y mM fue baja. Adicionalmente, tomando como patrón de referencia la VPP, los PDVCI presentaron altos valores de sensibilidad, especificidad y AROC para discriminar pacientes respondedores de no respondedores, valores que disminuyeron posterior a la aplicación de bolo de líquidos.

Discusión y Conclusiones: La VPP y los PDVCI presentaron correlación excelente y regular antes y después del bolo, respectivamente. La concordancia entre mB y mM fue baja. Los PDVCI deben estandarizarse y seguir evaluando su utilidad a la cabecera del paciente crítico.

*Trabajo de grado

** Universidad Industrial de Santander, Facultad de Salud, Escuela de Medicina, Departamento de Cirugía, Posgrado de Anestesiología y Reanimación. Director Y Asesor Epidemiológico: MELÉNDEZ F, Héctor Julio. Anestesiólogo – Intensivista - MSc. Epidemiología, Profesor Titular UIS. Co-Director: SERRANO V., Rafael. Especialista en Anestesiología y Reanimación, Profesor Asociado UIS

ABSTRACT

TITLE: CORRELATION BETWEEN THE VARIABILITY OF PARAMETERS DERIVED FROM INFERIOR VENA CAVA AND THE VARIATION OF PULSE PRESSURE IN CRITICAL PATIENTS*

AUTHOR: MARÍA MÓNICA VILLA ACUÑA**

Keywords: Fluid therapy, hemodynamic monitoring, pulse wave analysis, inferior vena cava and echocardiography.

Background: Noninvasive dynamic monitoring by transthoracic echocardiography evaluates changes in the parameters of the inferior vena cava (LVICP) during respiratory cycle, with moderate capacity to predict the response to volume (in comparison with cardiac output) and good level of evidence; Pulse pressure variation (PPV) is the minimally invasive parameter that best predicts response to a volume after cardiac output. Currently there are no studies that directly relate the PDVCI to the PPV.

Objective: To describe the correlation coefficient between PDVCI and PPV in critical patients, degree of concordance between mode B (mB) and mode M (Mm) of PDVCI and additionally to evaluate the PDVCI as a diagnostic test.

Materials and Methods: Analytical study of diagnostic technology evaluation performed in 80 patients with diagnosis of shock, defined as persistent hypotension requiring vasopressor support and / or hyperlactatemia, from which was obtained VPP and PDVCI monitoring data by ultrasound in mode B and M mode, before and after applying liquid bolus.

Results: Correlation index between basal VPP and PDVCI was strong (ρ 0.7 mM and 0.8 mB) and moderate to low post-bolus. Concordance of mB and mM PDVCI was low. Additionally, taking VPP as the reference standard, PDVCI presented high values of sensitivity, specificity and AROC to discriminate patients responding to non-responders, values that decreased after the application of liquid bolus.

Discussion and Conclusions: VPP and PDVCI presented an excellent and regular correlation before and after the bolus, respectively. The agreement between mB and mM was low. The PDVCI should be standardized and continue assessing its usefulness at the critical patient's bedside.

*Degree paper

** Universidad Industrial de Santander, Facultad de Salud, Escuela de Medicina, Departamento de Cirugía, Posgrado de Anestesiología y Reanimación. Director Y Asesor Epidemiológico: MELÉNDEZ F, Héctor Julio. Anestesiólogo – Intensivista - MSc. Epidemiología, Profesor Titular UIS. Co-Director: SERRANO V., Rafael. Especialista en Anestesiología y Reanimación, Profesor Asociado UIS

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la optimización de líquidos en los pacientes críticos es brindar un flujo sanguíneo adecuado a los órganos vitales y tejidos lesionados, sin que se comprometa el flujo sanguíneo por un déficit de suministro y permitiendo una adecuada entrega de oxígeno para que ocurra reparación efectiva de los tejidos afectados al evitar exceso de líquidos que conlleve a daño del glucocálix, disfunción de la microcirculación, edema tisular (que genere síndrome compartimental abdominal, disfunción miocárdica) y edema pulmonar (provocando dificultades para la ventilación del paciente) que limitan la difusión de oxígeno a los tejidos, desencadenando hipoxia tisular, entre otros (1). Esta es la razón por la cual surge la terapia hídrica guiada por metas empleando parámetros de monitoreo que predigan si el paciente es respondedor a volumen y que revelen en tiempo real cuando dejará de serlo (2), para detener la terapia hídrica e iniciar soporte vasopresor y/o inotrópico.

El uso de la ecografía a la cabecera del paciente en los servicios de urgencias, cirugía y cuidado intensivo es una herramienta útil, con evidencia para monitoreo de los pacientes en choque, específicamente para identificar respuesta a volumen, teniendo en cuenta que el 50% de los pacientes no responde a volumen. Los parámetros de monitoreo obtenidos por ecografía transtorácica que clasifican a los pacientes en respondedores y no respondedores se derivan de los diámetros obtenidos de la vena cava inferior (VCI) durante el ciclo respiratorio: Variabilidad del diámetro de la vena cava inferior (VDVCI), índice de colapsabilidad de la vena cava inferior e índice de distensibilidad de la vena cava inferior (IDVCI).

Por tal motivo se realizó esta investigación, con el objetivo de evaluar los

(1) CANNESSON M, ABOY M, HOFER CK, et al.

(2) WISE R, FAURIE M, MALBRAIN MLNG, et al.

parámetros derivados de la vena cava inferior (PDVCI) en pacientes críticamente enfermos y correlacionarlos con otro índice bien conocido y validado para predecir respuesta a volumen, como la variación de presión de pulso (VPP).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existen múltiples parámetros de monitoreo para evaluar respuesta a volumen en pacientes críticos, que se dividen en 2 categorías (3).

La primera de ellas corresponde a los parámetros estáticos, obtenidos en un punto determinado en el tiempo, cuyos valores absolutos de precarga comprenden medidas volumétricas y de presión, como presión arterial sistólica, presión venosa central (PVC), presión de cuña, índice de volumen telediastólico global e índice de volumen telediastólico derecho, entre otras, con la desventaja de no ser un buen predictor de respuesta a volumen.

La segunda categoría hace referencia a los parámetros dinámicos que cuantifican la respuesta cardíaca a variaciones de precarga transitorias basada en la interacción cardiopulmonar (1), midiendo las variaciones de volumen y presión de pulso durante los cambios de presión intratorácicos que ocurren en el ciclo respiratorio - altamente sensibles y específicos para predecir respuesta a volumen-, dentro de los cuáles se destacan la variación de: presión de pulso (VPP), presión sistólica (VPS) –ambos derivados del análisis de la onda arterial-, volumen sistólico (VVS) – derivada del análisis del contorno de pulso-, respiratoria en curva de pletismografía, presión arterial con maniobra de oclusión tele-espíroria; así como el test pasivo de elevación de piernas, y los parámetros derivados de los cambios del diámetro en la vena cava inferior durante el ciclo respiratorio (PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior), tales como: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior (VDVCI), índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (ICVCI) e índice de distensibilidad de la vena cava inferior (IDVCI).

De todos los parámetros mínimamente invasivos, la VPP es el que ha mostrado mayor grado de precisión para predecir respuesta a volumen (comparado con el

(1) CANNESSON M, ABOY M, HOFER CK, et al.

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

Gold estándar: gasto cardíaco medido por termodilución) (4). De los parámetros no invasivos, se destacan los PDVCI (calculados por ecocardiografía) porque pueden medirse a la cabecera del paciente, no implican riesgos para los pacientes, representan menores costos económicos y ambientales y tienen mayor cantidad de estudios que los validan (5); sin embargo, estos han mostrado un grado bueno a moderado de predicción de respuesta a volumen (cuyo patrón de referencia es el gasto cardíaco) (6,7) y actualmente no hay estudios que correlacionen directamente la VPP con los PDVCI, por lo que surgen dos preguntas: cuál es la correlación entre los PDVCI y la VPP?, con el fin de evaluar si los PDVCI podrían ser una alternativa de monitoreo no invasivo como prueba diagnóstica para evaluar respuesta a volumen, en instituciones que no cuenten con monitores de VPP, pero si con equipos de ecografía; y si los modos ecográficos B y M para evaluación de los PDVCI son concordantes entre sí?, con el fin de realizar monitoreo de los PDVCI en cualquiera de los dos modos.

(4) MARIK PE, CAVALLAZZI R, VASU T, et al.

(5) MACKENZIE DC, NOBLE VE.

(6) SI X, CAO D, XU H, et al.

(7) MILLER A, MANDEVILLE J.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe correlación entre los parámetros derivados de la vena cava inferior y la variación de presión de pulso en pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica en estado de choque?

¿Existe concordancia entre los parámetros derivados de la vena cava inferior en modo B y modo M en pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica en estado de choque?

3. HIPOTESIS INVESTIGATIVA

El índice de correlación entre los parámetros derivados de la vena cava inferior y la variación de la presión de pulso en pacientes bajo ventilación mecánica es superior a 0.6.

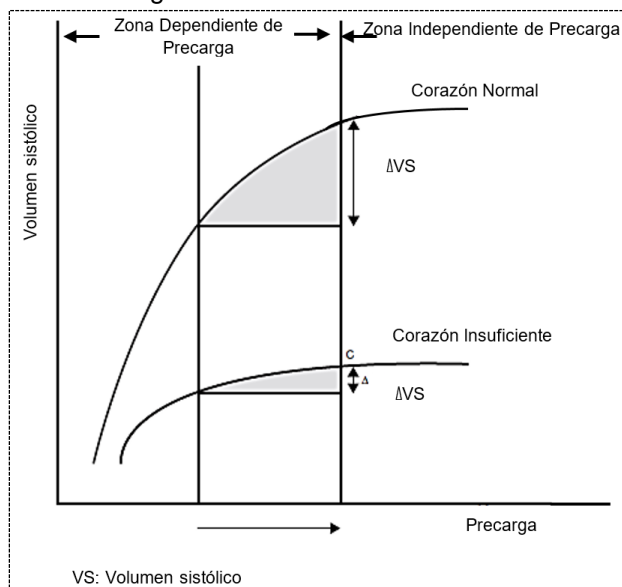
La concordancia entre el modo B y modo M es bueno.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

4.1. FISIOLÓGÍA DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DE MONITOREO

La ley de Frank-Starling es el principio fisiológico que explica los parámetros dinámicos de predicción de respuesta a volumen, definida esta última como aumento del gasto cardíaco, volumen latido o volumen sistólico (VS) > 15% después de una carga de 500 cc de líquidos (7). Dichos parámetros cuantifican la respuesta cardíaca ante variaciones de la precarga permitiendo identificar en que zona de la curva de Frank-Starling operan ambos ventrículos (ver **Fig 1**), para individualizar la terapia hídrica sin provocar efectos deletéreos (3).

Fig 1. Curva de Frank-Starling.



Tomado sin permiso de: Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen.

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

(8) HOFER CK, CANNESSON M.

En un corazón sano (ver **Fig 1**), con buena contractilidad y respuesta a volumen, la distensibilidad de las sarcómeras del músculo cardíaco es directamente proporcional a su contracción, es decir a mayor retorno venoso a las cámaras cardíacas, mayor elongación de las fibras miocárdicas en diástole, mayor contracción de las mismas durante la sístole y en consecuencia mayor será el volumen latido y el gasto cardíaco (GC) (3).

En contraste, en aquellos corazones dilatados (ver **Fig 1**), con mala contractilidad y respuesta a volumen, los miocitos han sufrido alteraciones estructurales y no se contraen con mayor fuerza (proporcional a elongación exagerada), en consecuencia el volumen latido y el retorno venoso son menores; aumentan la presiones en aurícula izquierda, Arteria pulmonar y en forma retrógrada en capilares pulmonares, que provoca edema pulmonar e hipoxemia comprometiendo aún más la perfusión tisular (3,7).

Factores como la ventilación mecánica controlada que implican cambios en la presión intratorácica inducen cambios cíclicos en la precarga y el volumen latido. Lo anterior tiene explicación debido a que durante la inspiración con presión positiva aumenta la presión intratorácica y en consecuencia disminuye el retorno venoso a la aurícula derecha y se ingurgita la VCI; así mismo el aumento de la presión transpulmonar comprime los capilares pulmonares, desplazando el volumen sanguíneo contenido en estos hacia el ventrículo izquierdo, ocasionando efectos diferentes en cada ventrículo (8,9) (Ver **Tabla 1**).

En resumen durante la inspiración:

- Disminuye la precarga y Aumenta la poscarga del ventrículo derecho, que ocasiona una disminución del GC en este ventrículo.

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

(8) HOFER CK, CANNESON M.

(9) PEREL A.

(10) PINSKY MR.

- Aumenta la precarga y reduce la poscarga del ventrículo izquierdo, aumentando el GC de este (3), y en consecuencia aumenta el volumen sistólico y la presión de pulso (8) (Ver **Fig 2**).

Al completar el ciclo respiratorio con la espiración, disminuye la presión intratorácica, aumenta el retorno venoso a la aurícula derecha y disminuye de tamaño la VCI; Así mismo la disminución del GC del ventrículo derecho en inspiración máxima conlleva a una disminución en la precarga del ventrículo izquierdo en espiración máxima que produce disminución del GC. Se reflejan cambios opuestos a la inspiración en cada ventrículo durante la espiración (8,9) (Ver **Tabla 1**). Así durante la espiración:

- Aumenta la precarga y disminuye la poscarga del ventrículo derecho, que ocasiona un aumento del GC en este ventrículo.
- Disminuye la precarga y aumenta la poscarga del ventrículo izquierdo, disminuyendo el GC de este (3), y en consecuencia disminuye el volumen sistólico y la presión de pulso (8) (Ver **Fig 2**).

En cambio, bajo ventilación espontánea durante la inspiración actúa la presión pleural negativa y en la espiración la presión pleural se convierte en positiva, lo cual invierte la dinámica en la precarga, Diámetro de la VCI, poscarga y volumen latido (8) (Ver **Tabla 1**).

En pacientes con disminución de la distensibilidad pulmonar, hipertensión pulmonar o falla cardíaca derecha, predomina el aumento de la poscarga derecha (Ver **Fig 1**), disminuye el retorno venoso y el GC, lo cual los convierte en no respondedores a volumen, empeorando su estado de sobrecarga hídrica ante una prueba terapéutica de volumen y presión intratorácica aumentada (3).

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

(8) HOFER CK, CANNESON M, et al.

(9) PEREL A.

Tabla 1. Cambios hemodinámicos durante el ciclo respiratorio.

		Ventilación			
		Mecánica		Espontánea	
Ventrículo	Fase del ciclo respiratorio	Inspiración	Espiración	Inspiración	Espiración
	Derecho.	Precarga	↓	↑	↑
Diám. VCI		↑	↓	↓	↑
Poscarga		↑	↓	↓	↑
Vol. latido o GC		↓	↑	↑	↓
Izquierdo	Precarga	↑	↓	↓	↑
	Poscarga	↓	↑	↑	↓
	Vol. latido o GC	↑	↓	↓	↑
	PP/ VS	↑	↓	↓	↑

Fuente el autor.

VCI: Vena cava inferior, GC: gasto cardíaco, Vol.: volumen, PP: presión de pulso, VS: volumen sistólico.

Finalmente, los parámetros dinámicos son más eficientes que los parámetros estáticos para predecir respuesta a volumen en diferentes escenarios clínicos (3), puesto que son el resultado de una proporción que involucra ambas fases del ciclo respiratorio, donde la magnitud de los cambios cíclicos en el volumen sistólico inducidos por la ventilación mecánica positiva es proporcional al grado de precarga-dependencia del paciente, de modo que, al aumentar estos cambios cíclicos, mayor es la susceptibilidad a los cambios de precarga y mayor es el aumento del GC con la administración de líquidos endovenosos. Sin embargo, si los ventrículos funcionan en la curva plana de Frank-Starling (Ver **Fig 1**), las variaciones

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

respiratorias del volumen sistólico izquierdo serán mínimas y no habrá un aumento significativo del GC con el aporte de volumen (3)

4.2. VARIABILIDAD DE PRESION DE PULSO VPP

La VPP se mide a través de catéter arterial para monitoreo invasivo de presión arterial (5), de donde se obtiene una onda de pulso a partir de la cual el monitor hemodinámico detecta la presión de pulso máxima (presión arterial sistólica – presión arterial diastólica máximas) y la presión de pulso mínima (presión arterial sistólica – presión arterial diastólica mínimas) durante un trazado de 15-30 segundos o por lo menos 5 ciclos respiratorios (Ver **Fig 2**) (10,11); posteriormente calculará la VPP de forma automática empleando la siguiente fórmula:

$$VPP = 100 \times \frac{PP \text{ máx} - PP \text{ mín}}{PP \text{ prom}}$$

De donde:

- VPP: Variación de presión de pulso
- PP máx: Presión de pulso máximo= Presión arterial sistólica máx – Presión arterial diastólica máx
- PP mín: Presión de pulso mínimo= Presión arterial sistólica mín – Presión arterial diastólica mín
- PP promedio: presión de pulso promedio= (PP máx. + PP mín) / 2

La VPP es un fuerte predictor de respuesta a volumen (12), cuyo punto de corte para definir si un paciente es respondedor a volumen es $\geq 13\%$ (13); sin embargo,

(3) SABATIER C, MONGE I, MAYNAR J, et al.

(5) MACKENZIE DC, NOBLE VE.

(10) PINSKY MR, et al.

(11) FARCY DA, JAIN A, DALLEY M, et al.

(12) MACHARE-DELGADO E, DECARO M, MARIK PE.

(13) MICHARD F, BOUSSAT S, CHEMLA D, et al.

podría existir una zona gris entre 10 y 15%, por factores como ventilación con volúmenes corrientes bajos y vasodilatación secundaria a la anestesia general, por lo que sería útil aplicar un mini-reto de volumen (4 ml/kg en 5 minutos (14)) o un test de elevación de piernas para evaluar aumento del gasto cardíaco (10).

La medición de la VPP debe cumplir con los siguientes requisitos para realizar una adecuada evaluación de la misma (9):

- Ventilación mecánica totalmente controlada
- Ventilación con volumen corriente ≥ 6 y ≤ 10 ml/kg (15,16)
- PEEP ≤ 10 (17)
- Ritmo sinusal
- Tórax cerrado

Las siguientes condiciones conllevan a interpretaciones erróneas de la VPP:

- Atrapamiento aéreo
- Disminución en la distensibilidad de la pared torácica (por aumento de la presión de vía aérea y distensibilidad estática menor o igual a 30cc/cm H₂O)
- Disfunción ventricular derecha
- Hipertensión abdominal

(9) PEREL A.

(10) PINSKY MR.

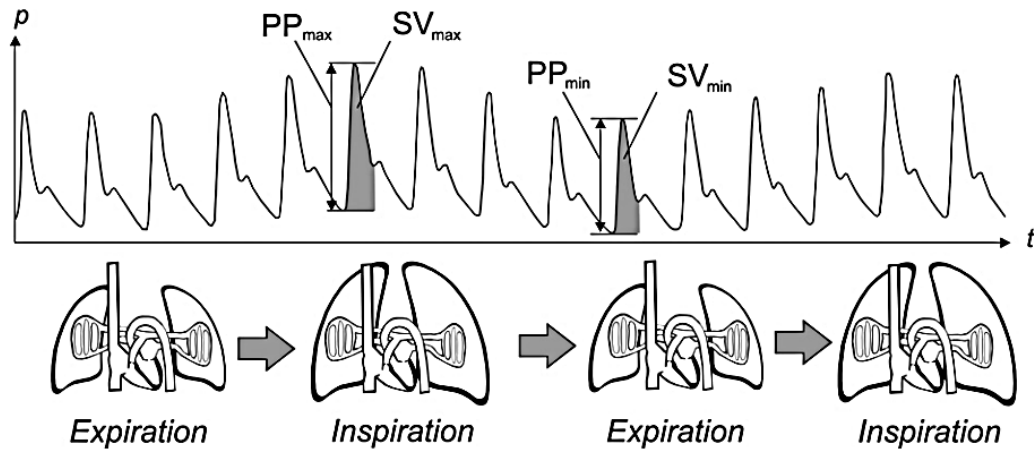
(14) AYA HD, RHODES A, CHIS STER I, et al.

(15) OLIVEIRA-COSTA C, FRIEDMAN G, VIEIRA S, et al.

(16) MESQUIDA J, KIM HK, PINSKY MR.

(17) HUANG C-C, FU J-Y, HU H-C, et al.

Fig 2. Cálculo de Variación de presión de pulso (VPP).



Tomado sin permiso de: Hofer CK, Cannesson M. Monitoring fluid responsiveness.

PP máx: presión de pulso máxima, PP min: presión de pulso mínima. SV máx: volumen sistólico máximo, SV mín: volumen sistólico mínimo.

4.3. ECOCARDIOGRAFIA Y MONITOREO HEMODINAMICO

La ecocardiografía ha sido considerada una herramienta no invasiva de primera línea para el monitoreo de pacientes con compromiso hemodinámico (7), utilizando múltiples parámetros para predecir respuesta a líquidos. Dentro de estos se encuentran:

- Derivados del ventrículo izquierdo: tamaño del ventrículo izquierdo, Presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo, variación del tracto de salida del ventrículo izquierdo (variación del volumen latido), Flujo del tracto de salida del ventrículo izquierdo.
- Derivados del ventrículo derecho: Tamaño del ventrículo derecho
- Derivados de las grandes venas: En paciente bajo ventilación espontánea: tamaño del diámetro la VCI, IDVCI. En pacientes bajo ventilación mecánica: VDVCI, ICVCI, IDVCI y variación de la vena cava superior (VCS); este último

(7) MILLER A, MANDEVILLE J.

evaluado con ecocardiografía transesofágica, cuyos diámetros se comportan de forma opuesta a la VCI con la ventilación mecánica -puesto que en inspiración hay colapso de VCS y en espiración se dilata la VCS-, con punto de corte para evaluar adecuada respuesta a líquidos $\geq 36\%$ (7).

Todos los anteriores parámetros se pueden calcular con una sonda transesofágica o transectorial (también conocida como miniconvex, de baja frecuencia y huella corta), que permite evaluar el corazón a través de las ventanas paraesternal, apical y subxifoidea (o también llamada subcostal); pero solamente, los PDVCI además de evaluarse con sonda transectorial (empleada para ecografía cardíaca) (18,19) también pueden evaluarse con sonda convexa (también de baja frecuencia, pero de huella grande empleada para ecografía abdominal) en la ventana subxifoidea sin obtenerse diferencias estadísticamente significativas entre ambas (20) (ver **Fig 3**). Casi todos los estudios realizados para evaluar los PDVCI se han hecho empleando la ventana subxifoidea, cuya curva de aprendizaje es de 25 procedimientos supervisados por personal experto (21) (22).

Sin embargo, no hay claridad sobre si la ventana hepática lateral (ver **Fig 4**) podría usarse de forma confiable para evaluar PDVCI en casos (tales como: pacientes obesos, con tubos de drenaje mediastinales en posoperatorio de cirugía cardíaca y posoperatorio de laparotomía) en los que sea difícil obtener estos parámetros por ventana subxifoidea (23), puesto que mientras algunos autores han encontrado límites de acuerdo estrechos para los PDVCI entre ambas ventanas (pero no para diámetros máx y mín de VCI) (23), otros han descrito concordancia menor al 80%

(7) MILLER A, MANDEVILLE J.

(18) PASQUERO P, ALBANI S, SITIA E, et al.

(19) KWON H, JUNG JY, LEE JH, et al

(20) ANDRUSZKIEWICZ P, SOBCZYK D, NYCZ K, et al.

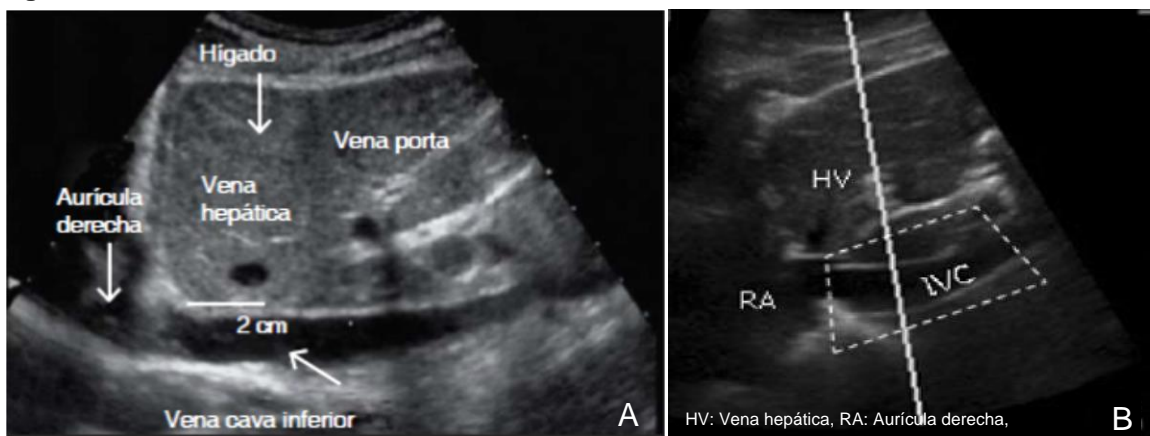
(21) GÓMEZ BETANCOURT M, MORENO-MONTOYA J, BARRAGÁN GONZÁLEZ A-M, et al.

(22) DI PIETRO S, FALASCHI F, BRUNO A, et al

(23) KULKARNI AP, JANARTHANAN S, HARISH MM, et al

entre ambas ventanas, sugestivo de que aún se requieren más investigaciones para pensar que la ventana hepática lateral pudiera emplearse para tomar estos parámetros descritos de respuesta a volumen en reemplazo a la ventana subxifoidea (24,25).

Fig 3. Sonoanatomía de la vena cava inferior



Tomado sin permiso de: Pasquero P, Albani S, Sitia E, Taulaigo AV, Borio L, Berchiolla P, et al. Inferior vena cava diameters and collapsibility index reveal early volume depletion in a blood donor model. Vena cava inferior en su eje largo obtenida con: **A:** transductor transectorial, **B:** transductor curvo de baja frecuencia.

4.3.1. Técnica para obtener imagen de la VCI en ventana subxifoidea

La ventana subxifoidea se obtiene ubicando el transductor debajo de la apófisis xifoides, de forma transversal a la dirección en la que discurre la VCI, con el indicador bien sea a la derecha (Ver **Fig 4, Fig 5A**) o a la izquierda del paciente (Ver **Fig 5B**), de cualquier forma debe visualizarse la VCI y la aorta en su eje transversal, a una profundidad de 16 – 20 cm (26). Posteriormente se ubica la VCI en la mitad

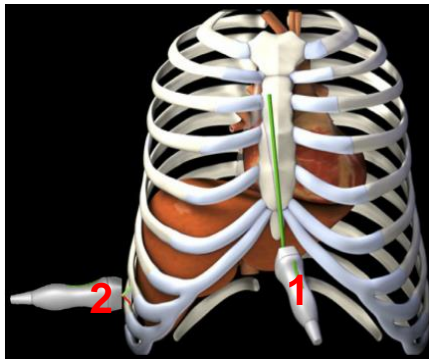
(24) GARIJO JM, WIJEYSUNDERA DN, MUNRO JC, et al.

(25) FINNERTY NM, PANCHAL AR, BOULGER C, et al.

(26) CARRILLO ESPER R, VELASCO RT, TALAMANTES YG, et al

de la pantalla del ecógrafo y luego se rota el transductor 90 grados en la misma dirección de las manecillas del reloj (si se ubicó el indicador a la derecha del paciente desde el inicio, ver **Fig 5A**) o en dirección contraria de las manecillas del reloj (si se ubicó el indicador a la izquierda del paciente desde el inicio, ver **Fig 5B**) hasta que el indicador apunte hacia la región cefálica del paciente, observando concomitantemente como la VCI cambia de su eje transversal a su eje longitudinal (24).

Fig 4. Ubicación del transductor.



Tomado sin permiso de: Garijo JM, Wijeyesundera DN, Munro JC, Meineri M. Correlation Between Transhepatic and Subcostal Inferior Vena Cava Views to Assess Inferior Vena Cava Variation: A Pilot Study. Ventanas: **1.** Subxifoidea, **2.** Subhepática lateral.

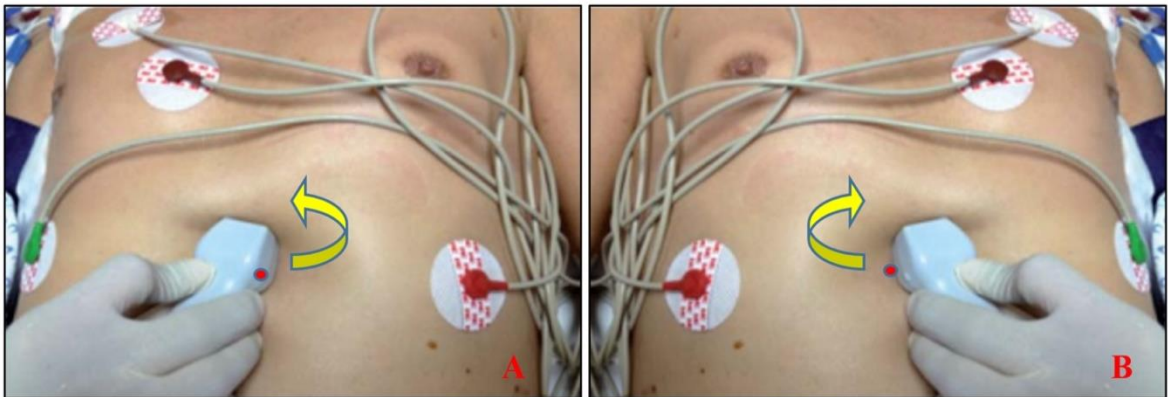
4.3.2. Técnica para obtener imagen de la VCI en ventana subhepática lateral

Esta ventana se obtiene ubicando el transductor sobre la línea axilar anterior derecha, entre el 9^o y 10^o espacio intercostal, con el indicador de la sonda hacia cefálico (ver **Fig 4**), dando un movimiento de angulación (o inclinación de derecha a izquierda) hasta ver el eje longitudinal de la VCI a través del hígado y la primera vena subhepática; finalmente se angula inferiormente para ver la entrada de la VCI en la aurícula derecha. Esta ventana adicionalmente tiene una limitación, puesto que requiere un transductor transectorial, para evitar la sombra acústica que reflejan

(24) GARIJO JM, WIJEYSUNDERA DN, MUNRO JC, et al.

las costillas nueve y décima al emplear el transductor curvo, que podrían limitar la visualización de los bordes de la VCI para tomar las medidas de los diámetros (24).

Fig 5. Rotación del transductor en la ventana subxifoidea



Tomado sin permiso de: Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view.

4.3.3. Técnica para medir los diámetros de la VCI en ventana subxifoidea

Independientemente de la ventana a evaluar, debe confirmarse por doppler que el vaso a medir corresponda a la VCI y descartarse que no corresponda a la aorta; adicionalmente debe realizarse un barrido pequeño de la VCI, y escogerse la imagen de la VCI donde: los bordes de sus paredes superior e inferior se vean bien definidos y se encuentre el mayor diámetro de la VCI (24).

En lugares donde solo se cuenta con transductor curvo de baja frecuencia, se pueden tomar las medidas de los diámetros de la VCI para calcular los PDVCI en la ventana subxifoidea.

(24) GARIJO JM, WIJEYSUNDERA DN, MUNRO JC, et al.

Antes de realizar las medidas se debe optimizar la imagen realizando movimientos ligeros de rotación y angulación, siendo la más adecuada aquella que cumpla con dos características importantes: debe verse de forma nítida el borde anterior y posterior (que nos permitan realizar adecuadamente la medición del diámetro) de la VCI en su eje longitudinal y debe escogerse la imagen donde más grande se vea el diámetro de la VCI, para realizar un aproximación lo más estrecha posible al diámetro real de la VCI. No se recomienda buscar la imagen de la VCI donde se vea el drenaje de la Vena suprahepática, porque esta: puede tener variaciones anatómicas, puede estar colapsada y no visualizarse, donde se visualiza ésta a veces no se ven nítidos los bordes de la VCI y que la suprahepática no siempre emerge coincidiendo con el diámetro de la VCI.

Posteriormente se ubica la VCI en su eje largo, justo a 2 cm distal de su unión con la aurícula derecha (26) (Ver **Fig 3**) que corresponde a la unión cavodiafragmática de la VCI. En dicho punto se miden los diámetros al final de la inspiración y al final de la espiración en modo B y M (tal como se describe en el estado del arte, ver **Fig 5-7**), aplicando el factor de corrección, que consiste en formar un ángulo de 90° entre la dirección del vaso (ver flecha roja punteada en **Fig 6**) y el cáliper (o regla) para medir el diámetro (ver línea amarilla continua en **Fig 6**) de la VCI, el cuál debe ser perpendicular al eje del vaso (27), con el fin de garantizar que se esté midiendo el vaso en su eje transversal y no oblicuo, con una mayor aproximación al diámetro real del vaso.

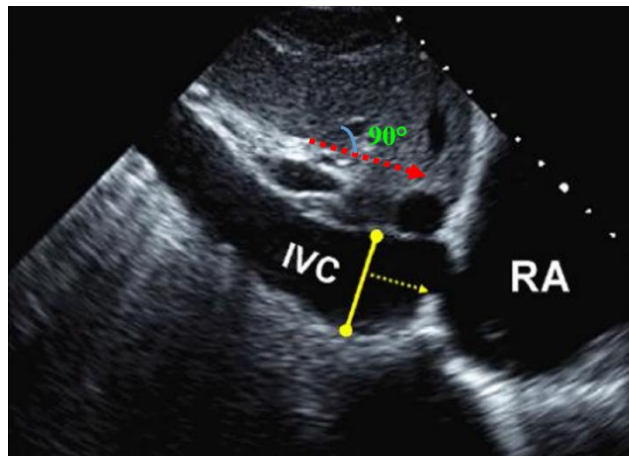
Al tomar las medidas en modo B debe recordarse los reparos sonográficos que hay en relación a la VCI, con el fin de que tanto al final de la inspiración (diámetro máximo) como al final de la espiración (diámetro mínimo) se congele la imagen y que la distancia entre el borde anterior y posterior de la VCI sea la más próxima al

(26) CARRILLO ESPER R, VELASCO RT, TALAMANTES YG, et al.

(27) ARRIOJA S AS, HERRERA C JE.

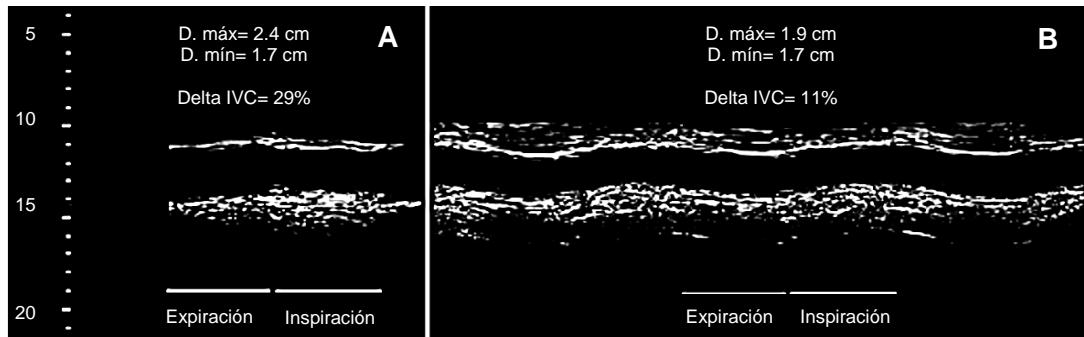
diámetro (entendido como segmento que une a dos puntos de un arco y pasa por el centro) en ambos momentos, o por lo menos la misma cuerda (entendida como segmento que une a dos puntos de un arco sin pasar por su centro) en inspiración y espiración para calcular la VDVCi.

Fig 6. Factor de corrección para medir diámetros de la VCI



Tomado sin permiso de: Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guías y estándares. 2010.

Fig 7. Diámetros de la VCI en Modo M.



Tomado sin permiso de: Boyd JH, Sirounis D, Maizel J, Slama M. Echocardiography as a guide for fluid management. **A:** Bajo ventilación mecánica. **B:** Bajo ventilación espontánea.

Con respecto al modo ecográfico recomendado para evaluar las medidas del DVCI siempre ha habido opiniones encontradas, algunos autores recomiendan tomar las medidas en el modo M (28,29), puesto que permite evaluar el diámetro a lo largo del ciclo respiratorio (ver **Fig 7**). En contraste a esto, otros argumentan que el modo M puede ser inexacto porque el movimiento del diafragma durante la respiración resulta en desplazamiento caudal de la VCI que desalinea a la VCI del haz de ultrasonido, lo que conlleva a medir la VCI en dos sitios diferentes durante la inspiración y la espiración, simulando un colapso de la VCI en el transcurso del ciclo respiratorio (30,31).

Sin embargo, otros autores han encontrado que la medida de los diámetros de la VCI tomada en la ventana subxifoidea es más confiable en el modo B, que en el modo M (25). Incluso la sociedad francesa de medicina de urgencia menciona que hay una buena correlación entre ambos modos (32).

4.3.4. Parámetros dinámicos ecográficos de monitoreo de la VCI para evaluar respuesta a volumen

La interpretación de los diámetros de la VCI difiere acorde a la ventilación del paciente, donde en la ventilación espontánea el diám máx es el diámetro medido al final de la espiración y el diám. mín. es el diámetro medido al final de la inspiración; en cambio bajo ventilación mecánica el diám. máx es el diámetro medido al final de la inspiración y el mínimo al final de la espiración.

(25) FINNERTY NM, PANCHAL AR, BOULGER C, et al.

(28) STANFORD UNIVERSITY.

(29) ITURBIDE I, SANTIAGO ML, HENAIN F, et al.

(30) VIA G, TAVAZZI G, PRICE S.

(31) WALLACE DJ, ALLISON M, STONE MB, et al.

(32) MARTINEZ M, DUCHENNE J, BOBBIA X, et al.

Durante los últimos 10 años, han surgido múltiples parámetros de monitoreo derivados de la VCI para evaluación de respuesta a volumen, que se han empleado en múltiples escenarios encontrando diferentes puntos de corte, con una discrepancia importante entre los que se adquieren bajo ventilación espontánea y bajo ventilación mecánica (Ver **Tabla 2**).

Los parámetros dinámicos de VCI más frecuentemente usados en ventilación espontánea son el diámetro de VCI al final de la Inspiración (DTI: diámetro tele-inspiratorio) y el Índice Caval (IC o también conocido como ICVCI).

En pacientes con ventilación espontánea el DTI tiene una alta correlación con la presión de la aurícula derecha (33), lo cual no ocurre en pacientes en ventilación mecánica, dados los cambios cíclicos en la presión intratorácica que reflejan a su vez cambios en la presión de la aurícula derecha, provocando una disminución del retorno venoso que conlleva a una VCI dilatada. Actualmente se ha descrito que un diámetro de VCI ≤ 20 mm se correlaciona con una presión en la aurícula derecha de 10 mmHg (34), incluso se ha identificado que un diámetro de VCI < 10 mm sugiere tolerancia adecuada a los líquidos (35).

En cambio en los pacientes bajo ventilación mecánica se sugiere utilizar la VDVCI, ICVCI e IDVCI (Ver fórmulas para calcular estos parámetros en **Anexo B**), dados los cambios cíclicos del retorno venoso bajo ventilación mecánica, razón por la que algunos autores sugieren que VDVCI e ICVCI tienen evidencia débil en ventilación espontánea (36).

(33) JARDIN F, VIEILLARD-BARON A.

(34) BRENNAN JM, BLAIR JE, GOONEWARDENA S, et al.

(35) FEISSEL M, MICHARD F, FALLER J-P, et al.

(36) AIRAPETIAN N, MAIZEL J, ALYAMANI O, et al.

Todos los anteriores parámetros pueden evaluarse en modo M (Ver **Fig 7**), pero con frecuencia se calcula en modo B, debido a que no siempre el haz de ultrasonido corta en paralelo a la VCI. En pacientes con presión elevada de la aurícula derecha no ocurre variación respiratoria del diámetro de la VCI, sugiriendo que no habrá adecuada respuesta a líquidos (35).

Tabla 2. Parámetros derivados de la vena cava inferior e interpretación.

	Parámetros de Monitoreo	Puntos de corte	Interpretación
Ventilación Espontánea	DVCI al final de la Inspiración ¹	Diámetro < 20 mm y Colapso en inspiración > 50%*	Hipovolemia.
		Diámetro ≥ 20 mm y Colapso < 50% en inspiración*	No Hipovolemia
	ICVCI ²	≥ 40%	Responde a volumen
		< 40%	No responde a volumen
Ventilación Mecánica	VDVCI ³	≥ 12%	Responde a volumen
		< 12%	No responde a volumen
	ICVCI ⁴	≥ 15%	Responde a volumen
		< 15%	No responde a volumen
	IDVCI ⁵	≥ 18%	Responde a volumen
		< 18%	No responde a volumen

Fuente: El autor. 1: Referencia (37), 2: Ref (38), 3: (23,39), 4: Ref (23,40), 5: Ref (39).

*Se correlaciona con PVC >10 cm. DVCI: Diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

(23) KULKARNI AP, JANARTHANAN S, HARISH MM, et al.

(35) FEISSEL M, MICHARD F, FALLER J-P, et al.

(37) PERERA P, MAILHOT T, RILEY D, et al.

(38) MULLER L, BOBBIA X, TOUMI M, et al.

(39) BARBIER C, LOUBIÈRES Y, SCHMIT C, et al.

(40) LEVITOV A, FRANKEL HL, BLAIVAS M, et al.

4.3.5. Condiciones clínicas necesarias para medir los PDVCI

Los PDVCI al igual que la VPP, también requieren ciertas condiciones clínicas para evitar errores de interpretación, tales como:

- Ritmo sinusal (7).
- Ventilación mecánica controlada, puesto que para pacientes bajo ventilación espontánea los PDVCI tienen un índice de predicción débil de respuesta a volumen (6).
- Volumen corriente entre 8 y 10 ml/kg y PEEP < 10 mmHg (30).

4.3.6. Errores en la interpretación de LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI e IDVCI)

Los errores en la interpretación de la variación de los diámetros de la VCI y los PDVCI ocurren por factores como (30):

- Hiperinsuflación pulmonar por asma y/o EPOC.
- Condiciones cardíacas que impidan retorno venoso: Disfunción crónica de ventrículo derecho, Infarto de miocardio de ventrículo derecho, taponamiento cardíaco.
- Aumento de la presión abdominal.
- Factores mecánicos locales que modifiquen el diámetro de la VCI: Trombosis o estenosis de la VCI, compresión de la VCI por masas, obstáculo para el cambio de tamaño de la VCI (ECMO, cánulas o filtros).

(6) SI X, CAO D, XU H, et al.

(7) MILLER A, MANDEVILLE J.

(30) VIA G, TAVAZZI G, PRICE S. Ten

- Pacientes con desplazamiento lateral inspiratorio de la VCI pronunciado: Migración del plano de la VCI, puesto que esta se mueve fuera del haz de ultrasonido, aparentando falsos cambios de diámetro.

4.4. ESTADO DEL ARTE DE LA VPP Y DE LOS PDVCI

De todos los parámetros de respuesta a volumen mínimamente invasivos obtenidos de la onda de presión arterial (VPP, VPS, VVS), la VPP muestra mejor coeficiente de correlación con el índice cardíaco (0.78 para VPP, 0.72 tanto para VVS como para VPS) y mejor área bajo la curva (0.94 para VPP, 0.84 para VVS y 0.86 para VPS) en pacientes bajo ventilación mecánica prediciendo respuesta a volumen con alto grado de precisión (41), siendo la variable predilecta para monitorizar respuesta a volumen (4), excepto en cirugía cardiotorácica donde no se ha podido dilucidar claramente su precisión por la heterogeneidad de los estudios y las condiciones de tórax abierto en alguno de ellos (42). Así mismo VPP y VVS mostraron mejor área bajo la curva que: área telediastólica del ventrículo izquierdo (medida por ecografía), índice del volumen telediastólico global (medido por termodilución transpulmonar) y PVC (medido a través de catéter venoso central) (4).

Dentro del grupo de parámetros dinámicos de monitoreo no invasivo para predecir respuesta a volumen, se destacan aquellos calculados por ecocardiografía ya que pueden medirse a la cabecera del paciente, son más seguros (representan menor riesgo de complicaciones como sangrado, trombosis, infecciones), representan menores costos económicos y ambientales que el monitoreo de VPP y VVS

(4) MARIK PE, CAVALLAZZI R, VASU T, et al.

(41) YANG X, DU B.

(42) PICCIONI F, BERNASCONI F, TRAMONTANO GTA, et al.

obtenidos por biorreactancia, con mayor cantidad de estudios que los validan (5), considerados actualmente como una herramienta no invasiva de primera línea para el monitoreo de pacientes con compromiso hemodinámico (7).

Entre el grupo de parámetros dinámicos de monitoreo hemodinámico no invasivo obtenidos por ecografía, solamente los derivados de la VCI pueden obtenerse por ecocardiografía transtorácica, convirtiéndolos en asequibles para el manejo de pacientes críticos, como ocurre en servicios de urgencias, cirugía y cuidado intensivo.

Los PDVCI han sido ampliamente estudiados en trabajos descriptivos bajo diferentes escenarios clínicos (35,39,43) mostrando buena correlación con índice cardíaco (medido por catéter de arteria pulmonar o ecocardiografía transesofágica), excepto en cirugía cardíaca. En pacientes en choque séptico se encontró que la VDVCi en modo M (evaluada por Feissel y cols (35)) y el IDVCi en modo M (medido por Barbier y cols (39)) fueron buenos predictores de respuesta a volumen bajo ventilación mecánica. En pacientes hipotensos por diferentes causas (trauma, sepsis, etc.), Ferrada y cols(43) encontraron en su estudio prospectivo que el diámetro de la VCI y la colapsabilidad de la misma cambiaron con el tiempo acorde a la terapia hídrica; concluyendo que la evaluación repetida de la VCI era útil para evaluar la eficacia de la terapia hídrica en pacientes con hipovolemia; y que la evaluación ecográfica del diámetro de la VCI ofrecía una herramienta rápida, no invasiva y de riesgos mínimos para evaluar el estado hídrico en pacientes críticamente enfermos. En cambio, en pacientes en posoperatorio de cirugía

(5) MACKENZIE DC, NOBLE VE.

(7) MILLER A, MANDEVILLE J.

(35) FEISSEL M, MICHARD F, FALLER J-P, et al.

(39) BARBIER C, LOUBIÈRES Y, SCHMIT C, et al.

(43) FERRADA P, ANAND RJ, WHELAN J, et al.

cardíaca, Sobczyk y cols (44) encontraron que los PDVCI (ICVCI e IDVCI) no son predictores reproducibles de respuesta a volumen durante las 1ras 6 h de posoperatorio.

Sin embargo, los metanálisis y revisiones sistemáticas más recientes (6,45–47) presentan pruebas diagnósticas contradictorias, con buenas áreas bajo la curva (AROC) agrupadas, pero sensibilidad (S) y especificidad (E) buenas a regulares. La revisión sistemática y metanálisis de Long y cols (46) que incluyó 17 estudios con todo tipo de pacientes (en ventilación espontánea, ventilación mecánica, sépticos, neuroquirúrgicos, cardíacos con hemorragia subaracnoidea), encontró que la VDVCI es un predictor moderado de respuesta a volumen, con mejor predicción en pacientes bajo ventilación mecánica que en ventilación espontánea, con AROC de 0.8, S de 0.6 y E de 0.7. Posteriormente, la revisión sistemática y metanálisis de Huang y cols (47) incluyó 6 estudios exclusivamente con pacientes en estado de choque circulatorio bajo ventilación mecánica, mostró desempeño moderado de la VDVCI en la predicción de respuesta a volumen, con AROC de 0.8 (IC: 0.79-0.95), E: 0.8 y S: 0.6, ambas estadísticamente significativas. De forma más reciente, la revisión sistemática y metanálisis de Zhang y cols (45) incluyó 8 estudios de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación espontánea y mecánica, encontrando buen desempeño para predecir respuesta a volumen en pacientes bajo ventilación mecánica, con AROC de 0.8 (IC 0.79-0.89), S: 0.76 y E: 0.86. Finalmente, Si y cols (6) encontraron en su metanálisis que los PDVCI no son un excelente predictor de respuesta a volumen en pacientes bajo ventilación mecánica, con pobre S (0.68) y E aceptable (0.8), con AROC agrupado de 0.86, donde las AROC fueron distantes entre los 20 estudios incluidos (6).

(6) SI X, CAO D, XU H, et al.

(44) SOBCZYK D, NYCZ K, ANDRUSZKIEWICZ P.

(45) ZHANG Z, XU X, YE S, et al

(46) LONG E, OAKLEY E, DUKE T, et al.

(47) HUANG H, SHEN Q, LIU Y, et al.

Hasta el momento no hay ningún estudio en la literatura mundial que correlacione directamente a los PDVCI con VPP, sin embargo solo se han reportado 2 estudios similares que correlacionan indirectamente ambos parámetros, por medio de la correlación de las áreas bajo la curva obtenidas entre PDVCI y gasto cardíaco, y VPP y gasto cardíaco; uno fue realizado en Bangkok (48) encontrando pobre correlación entre las áreas bajo la curva de VDVCi con gasto cardíaco y VPP con gasto cardíaco; el otro se realizó en Brasil (49) reportando que el IDVCI era inferior a VPP, por lo que VPP no podía ser reemplazada por IDVCI, ambos casos con tamaños de muestra pequeños ($n < 25$ pacientes).

(48) THEERAWIT P, MORASERT T, SUTHERASAN Y.

(49) DE OLIVEIRA OH, FREITAS FGR DE, LADEIRA RT, et al.

5. JUSTIFICACIÓN

En el contexto de la red hospitalaria del sistema de salud, las instituciones de tercer y cuarto nivel se ven enfrentadas a atender pacientes críticos en estado de choque, requiriendo monitoreo hemodinámico que permita predecir adecuadamente respuesta a volumen para administrar terapia hídrica óptima y definir inicio de soporte vasopresor. Sin embargo, en hospitales como el Universitario de Santander (centro de referencia en trauma) ocasionalmente se cuenta con VPP (dentro de los parámetros mínimamente invasivos) y de forma permanente con ecógrafo para realizar monitoreo hemodinámico no invasivo, puntualmente con transductor curvo en servicios como quirófanos y cuidado intensivo.

Conociendo que la VPP es el parámetro con mejor desempeño diagnóstico (después del gasto cardíaco medido por termodilución) para predecir respuesta a volumen, y con excelente correlación con el gasto cardíaco (después del catéter de arteria pulmonar, considerado como Gold estándar para predecir respuesta a volumen) y teniendo en cuenta que dentro de las herramientas de monitoreo disponibles en la institución objetivo de este estudio se cuenta con monitores de VPP, así como con ecógrafo, residentes y especialistas capacitados para realizar evaluación hemodinámica ecográfica de los PDVCI -cuya curva de aprendizaje es corta: hasta 25 procedimientos- y que actualmente se consideran herramienta no invasiva de primera línea para el monitoreo de pacientes con compromiso hemodinámico (7), se ha considerado importante y relevante darle evidencia a estas herramientas diagnósticas no invasivas, por medio del presente trabajo de grado del posgrado en anestesiología, que sugiera si los PDVCI podrían ser una alternativa a la VPP para seleccionar adecuadamente a los pacientes que se beneficien de carga de volumen y evitar la expansión volumétrica deletérea inefectiva en pacientes no respondedores, quienes preferiblemente deben ser

(8) MILLER A, MANDEVILLE J.

soportados por vasopresor para mejorar su estado hemodinámico.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Describir la correlación entre los parámetros derivados de la vena cava Inferior y la variación de presión de pulso, así como la concordancia entre los modos B y modo M en la medición de los parámetros derivados de la vena cava inferior.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la correlación entre PDVCI y VPP posterior a carga de volumen.
- Evaluar los valores de los PDVCI como prueba diagnóstica antes y después de terapia volumétrica, tomando la VPP como patrón de referencia.
- Servir de base para implementar protocolos de monitoreo en pacientes críticos.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Acorde a la declaración de Helsinki y a la Resolución N°. 008430 de Octubre 4 de 1993 del Ministerio de salud de Colombia, en el título 2, artículo 11, numeral b, define como investigación de mínimo riesgo a todas aquellas investigaciones que se realicen de forma prospectiva, empleando registro de datos obtenidos de exámenes físicos o sociológicos de diagnóstico o tratamiento rutinario, incluyendo los obtenidos del monitoreo del paciente; se definió la presente investigación como de riesgo mínimo, debido a su carácter prospectivo, descriptivo y analítico, donde se tomaron datos de registro del historial clínico y del monitoreo empleado por el anestesiólogo o el intensivista durante la estancia del paciente en quirófano o en unidad de cuidado intensivo.

Por otra parte, este trabajo se diseñó y ejecutó con base en los principios bioéticos de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía (ver *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*); y se acogió a la ley 1581 de 2012 de confidencialidad y protección de datos de los participantes, garantizando confidencialidad de los datos obtenidos en la historia clínica, así como en publicaciones que deriven del presente trabajo a futuro.

La propuesta del presente estudio, junto con su respectivo consentimiento informado escrito (ver **Anexo F**) fueron puestos en consideración del comité de ética de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y se aprobaron por este el 22 de septiembre del 2017.

Adicionalmente, la investigadora principal, director y codirector de esta investigación realizaron el curso de capacitación de la oficina de investigaciones de institutos nacionales de salud a través de internet "Protección de los participantes humanos de la investigación" con el fin de actualizar sus conocimientos sobre aspectos e implicaciones éticas a tener en cuenta a la hora de realizar un estudio.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio analítico de evaluación de tecnología diagnóstica, donde se obtuvieron los parámetros derivados de la vena cava inferior y variación de presión de pulso por medio del Ecógrafo Sonosite Edge con transductor curvo y monitor Nihon Kohden life scope, respectivamente.

8.2. POBLACIÓN

- ✓ Población objetivo: Pacientes hospitalizados en Hospital Universitario de Santander.
- ✓ Población Referencia: Pacientes de la población blanco, que se encontraban en quirófanos y UCI Adultos del Hospital Universitario de Santander.
- ✓ Población elegible: Pacientes de la población de referencia, bajo ventilación mecánica en estado de choque.

8.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mayores de 18 años.
- Pacientes en estado de choque, definido como PAS < 90 mmHg y requerimiento de aminas vasopresoras y/o hiperlactatemia (> 2 mmol/l).
- Paciente bajo ventilación mecánica controlada (sin ventilaciones espontáneas).
- Pacientes con línea arterial invasiva.

8.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Arritmias.
- Pacientes en posición prona.
- Pacientes en paro cardiorespiratorio.
- Pacientes con hipertensión abdominal (> 12 mmHg).
- Pacientes ventilados con PEEP > 10 cm H₂O.
- Mala ventana acústica, con pobre visualización de la vena cava inferior, donde no sea posible identificar los bordes anterior y posterior de la misma.

8.5. TAMAÑO MUESTRAL

Se realizó el cálculo del tamaño de muestra basado en las correlaciones de 0.8 reportadas en la literatura entre VPP y gasto cardíaco (puesto que no hay correlaciones entre PDVCI y gasto cardíaco, sino áreas bajo la curva de 0.8). Considerando que pudiera existir una diferencia entre los índices de correlación de 0.2 (entre el índice de VPP y gasto cardíaco y el índice de PDVCI y gasto cardíaco), se asumió correlación de 0.6 entre PDVCI y VPP (como Gold estándar) para efectos del presente estudio, poder de 0.8 y alfa de 0.05, obteniendo un tamaño de muestra de 51 pacientes.

8.6. VARIABLES DEL ESTUDIO

8.6.1. Variables operativas

- Choque circulatorio: Hipotensión sostenida que requiere de soporte vasopresor y/o se asocia a hiperlactatemia (lactato >2).

- Variación de presión de pulso: definida como alta (Pacientes respondedores a volumen) si VPP ≥ 13 y normal (pacientes no respondedores a volumen) si < 13
- Ventilación mecánica controlada: Paciente cuya ventilación se encuentra completamente asistida por ventilación mecánica.

8.6.2. Variables resultado

- Índice de correlación entre VPP y PDVCI (VDVCI, ICVCI e IDVCI), que acorde al valor de rho, interpretación.
 - Perfecta directa: rho de 1
 - Fuerte directa: rho entre 0.7 y 0.9
 - Moderada directa: rho entre 0.5 y 0.7
 - Débil directa: rho entre 0.2 y 0.5
 - Escasa o nula directa: rho < 0.2
 - Perfecta inversa: rho de -1
 - Fuerte inversa: rho entre -0.7 y -0.9
 - Moderada inversa: rho entre -0.5 y -0.7
 - Débil inversa: rho entre -0.2 y -0.5
 - Escasa o nula inversa: rho < 0.2

El cálculo de los diferentes índices de correlación se encuentra **Anexo A**.

- Grado de concordancia entre modos B y M de los PDVCI, que acorde a lo siguiente.
 - ✓ Valor del coeficiente de concordancia de Lin, interpretación.
 - Concordante: coeficiente de concordancia de Lin o CCL > 0.9

- No concordante: $CCL \leq 0.9$
- ✓ Precisión, interpretación.
 - Baja: Error promedio $>30\%$
 - Aceptable: error promedio $\leq 30\%$

8.6.3. Variables explicatorias

- Respondedor a volumen: Variación de presión de pulso $\geq 13\%$, VDVCi $\geq 12\%$, ICVCI $\geq 15\%$ y/o IDVCI $\geq 18\%$.
- No respondedor a volumen: Variación de presión de pulso $< 13\%$, VDVCi $< 12\%$, ICVCI $< 15\%$ y/o IDVCI $< 18\%$.

8.6.4. Variables independientes

Ver Anexo C

8.7. MANEJO DEL PACIENTE

8.7.1. Ingreso de los pacientes al estudio

Fig 8. Flujo de recolección de pacientes.

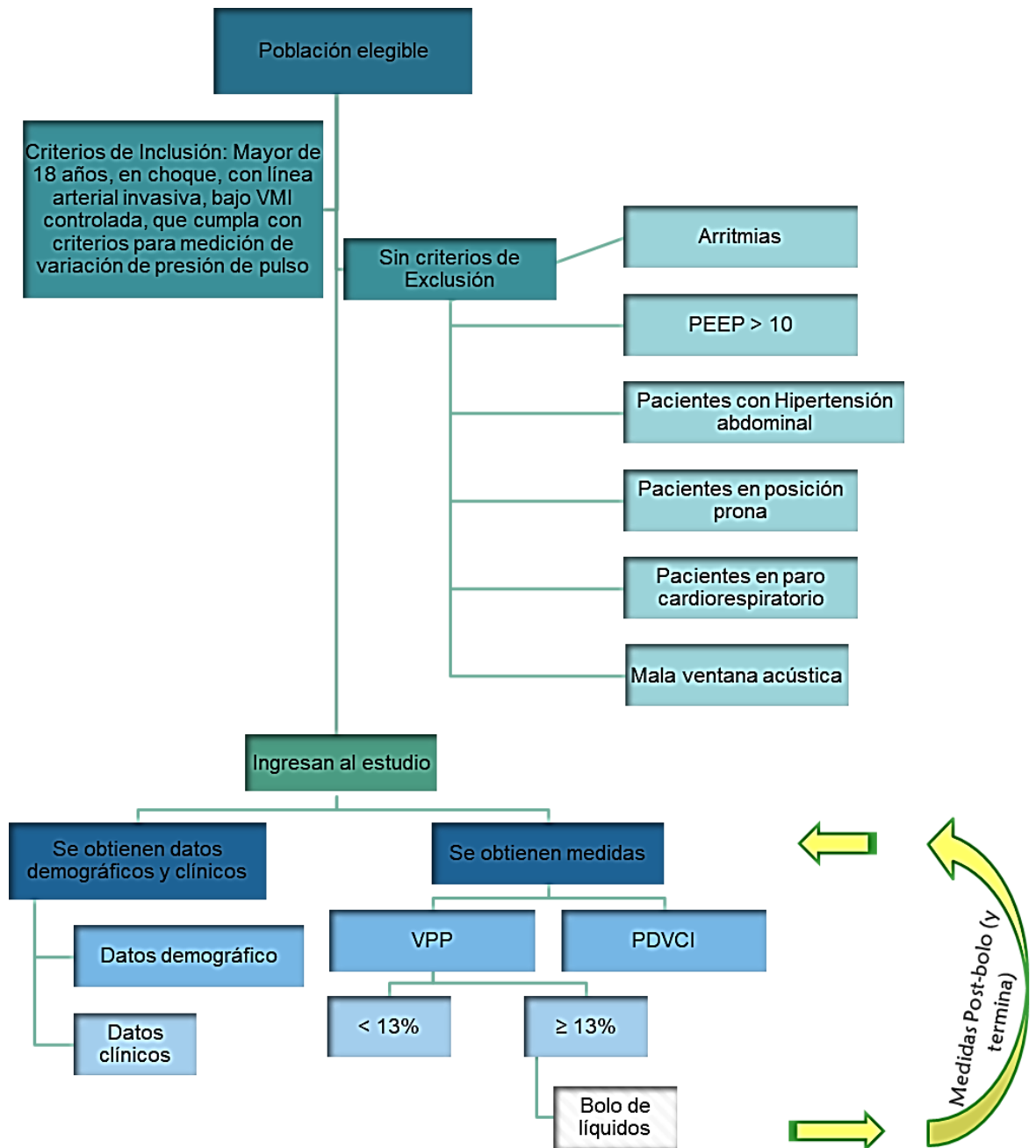
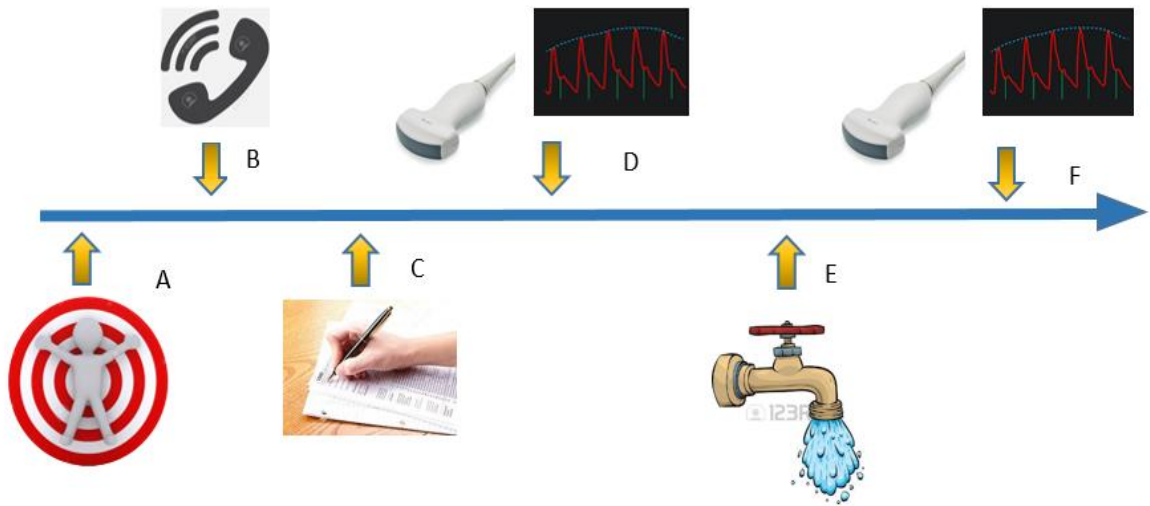


Fig 9. Línea de tiempo de captura de paciente, Ingreso al estudio y toma de medidas



A: Socialización de criterios de inclusión y exclusión en servicios de interés (UCI, Monitores y cirugía) por medio de publicidad escrita para que el personal tratante identificara a la población elegible. **B:** El personal de salud que en el momento fue el primer contacto con el paciente de la población elegible llamaba telefónicamente al investigador principal, quien iba y revisaba al paciente y confirmaba que si tenía criterios de inclusión y no tenía exclusiones para ingresar al estudio. **C:** El investigador principal le explicaba al familiar o acudiente del paciente en qué consistía el estudio, se firmaba el consentimiento informado y posteriormente se llenaba la ficha de recolección. **D:** Se tomaron datos de VPP y PDVCI, y se reportaron a su médico tratante. **E:** Especialista tratante aplicó bolo de líquidos. **F:** Se tomaron datos de VPP y PDVCI posterior al bolo de líquidos.

8.7.2. Recolección de la información clínica

Las variables sociodemográficas y clínicas a registrar en instrumento de recolección (ver **Anexo E**) se tomaron de la historia clínica electrónica y de los datos del monitoreo avanzado instaurado al paciente por su médico tratante.

8.7.3. Recolección de la información del monitoreo avanzado

La VPP se obtuvo de la onda de presión de pulso arterial (calculada automáticamente por el monitor) y los PDVCI se tomaron por ecografía según

técnica estandarizada en marco teórico (empleando ecógrafo Sonosite Edge. Cabe aclarar que todas las medidas de los PDVCI fueron realizadas por el investigador principal, quien previamente realizó curva de entrenamiento de obtención de imágenes en ventana subxifoidea de 25 procedimientos supervisados por cardiólogo experto.

8.7.4. Protocolo para captura de la imagen de la VCI y medición de los diámetros en inspiración y espiración máxima de la VCI

La imagen de la VCI se adquirió en la ventana subxifoidea, con transductor curvo de baja frecuencia, empleando la técnica protocolizada y descrita en el marco teórico para obtener imagen de la VCI y medir los diámetros de la VCI.

Las medidas del diámetro en inspiración y espiración se tomaron en 2 momentos: antes y después del bolo de líquidos, y mientras se tomaron las medidas no se ajustaron dosis de vasopresores, ni inotrópicos para no alterar las mismas. Cabe aclarar que bajo el efecto de los vasopresores, el diámetro de la VCI permanece constante a pesar del aumento de la presión arterial, puesto que el diámetro de la VCI depende específicamente del estado de volemia más que de la presión arterial (53).

8.7.5. Manejo de los datos

Los datos se recogieron en instrumentos de recolección diseñadas para tal fin, se almacenaron en una carpeta, la cual fue custodiada por el investigador principal. Concomitantemente se tabularon los datos recogidos en una base de datos en Excel 2013 (Microsoft®), donde a cada paciente se le asignó un código de registro en dicha base de datos que reemplazó el nombre y el número de cédula.

8.7.6. Análisis de datos

Los datos registrados y tabulados en una base de datos en Excel 2013 (Microsoft®), se exportaron para su análisis en STATA 14.0 (Stata Products®)(50). Los pacientes se clasificaron en 2 grupos según el valor de VPP (con punto de corte ≥ 13), empleando medidas de frecuencia, tendencia central y de dispersión para todas las variables.

Para valorar la correlación de las variables numéricas (VPP y parámetros derivados de la VCI: VDVCI, ICVCI e IDVCI) primero se aplicó Test de Shapiro-Wilk confirmándose que estas eran de distribución no paramétrica, por lo que se utilizó la prueba del coeficiente de correlación lineal de Spearman, donde se consideró significativa una $p < 0.05$, con un nivel de confianza de 95% y con error alfa de 5%.

Se realizó una evaluación de la concordancia entre lo modos B y modo M por el coeficiente de correlación de concordancia de Lin y el método Bland y Altman para medir la diferencia entre estos.

Posteriormente se realizó un modelo de regresión lineal simple con el fin de buscar la relación de dependencia que pudiera haber entre los PDVCI y VPP.

Luego de la carga de volumen que recibió cada paciente, según indicaciones de su especialista tratante, se calcularon nuevamente coeficientes de correlación lineal del Spearman posbolo.

La evaluación de cada uno de los PDVCI como prueba diagnóstica, de respondedor o no respondedor a volumen, se realizó tomando como patrón de referencia la VPP y finalmente se calcularon valores de AROC (área bajo la curva) basal y pos-bolo.

9. RESULTADOS

La recolección de la muestra se llevó a cabo durante un periodo de 13 meses, De 112 pacientes elegibles bajo ventilación mecánica controlada en estado de choque, solo 80 ingresaron al estudio, los otros 32 cumplían criterios de exclusión.

El total de la muestra quedó dividida en dos grupos según VPP como “patrón de referencia”: Grupo 1, Respondedores a volumen: VPP \geq 13% (64% n=51) y Grupo 2, No respondedores a volumen: VPP <13%, (36% n=29). El 65% eran de sexo masculino y el promedio de edad fue de 48 años. El 48% de los pacientes no tenía ninguna comorbilidad y los antecedentes más frecuente fueron la hipertensión arterial (18%) y el consumo de sustancias psicoactivas (11%). El diagnóstico principal al momento de ingreso al estudio fue estado posoperatorio (39%) y el tipo de choque predominante fue el distributivo (56%).

El análisis entre los grupos no mostró diferencias significativas entre ambos, excepto para variables como: tipo de choque, líquidos endovenosos administrados 6 h y 1 h antes de ingresar al estudio (ver **Tabla 3 y Tabla 4**).

9.1. MEDICIONES BASALES DE VARIABILIDAD DE PRESIÓN DE PULSO Y PARÁMETROS DERIVADOS DE VENA CAVA INFERIOR

La evaluación de los parámetros objetivo del estudio evidenció que el grupo de pacientes con VPP aumentada presentó un rango entre 13 y 42 y el promedio de esta variabilidad en el grupo 2 fue de 5,9, con una diferencia del promedio de 14,5. Los PDVC también mostraron diferencias amplias entre los grupos, con mayores valores para VDVCi mB (15,6) y IDVCi mB (17.3). Se presentaron diferencias significativas en todos los parámetros evaluados en los dos grupos, lo cual nos dice

que si eran diferentes no solo en la VPP sino en los PDVCI, hallazgos que serán motivo de discusión (ver **Tabla 5**).

Tabla 3. Características basales de los pacientes según grupos

Variable	Grupo 1 n=51 VPP ≥13%	Grupo 2 n=29 VPP < 13%	Valor p
	\bar{x} (DS) Min - Máx	\bar{x} (DS) Min - Máx	
Edad	47 (21) 18-88	49 (23.2) 18-93	0.6
Peso	66 (11,7) 45 - 101	72 (13,2) 40-100	0.05
Talla	165.9 (6.6) 150-180	168.7 (10.4) 155-200	0.15
IMC	24 (3.7) 17.7-38	25 (3.1) 16.7 - 32	0.18
Antecedentes	% (Fr)	% (Fr)	Valor p
Ninguno	51 (26)	45 (13)	0.6
HTA	13.8 (7)	24 (7)	0.24
Cardiopatía	13.8 (7)	10 (3)	0.67
CPSA*	13.8 (7)	7 (2)	0.36
Cáncer	6 (3)	3.5 (1)	0.63
Diabetes	2 (1)	3.5 (1)	0.69
Trauma	0	7 (2)	0.059
Diagnostico	% (Fr)	% (Fr)	Valor p
Postoperatorio	41 (21)	52 (15)	0.37
Re-intervención	27 (14)	10 (3)	0.07
Trauma no Quirúrgico	8 (4)	7 (2)	0.88
Patología Médica	24 (12)	31 (9)	0.47
Choque Hipovolémico	55 (28)	24 (7)	0.007
Choque Distributivo	45 (23)	76 (22)	0.007

\bar{x} = Promedio, (DS) =Desviación Estándar, Min= Mínimo Max=Máximo

Tabla 4. Características Variables Clínicas según grupos

Variable	Grupo 1 n=51 VPP ≥13%	Grupo 2 n=29 VPP < 13%	Valor p
Ventilación Mecánica	\bar{x} (DS) Min - Máx	\bar{x} (DS) Min - Máx	
Volumen corriente (ml/kg)	7.2 (0.7) 7-10	7.1 (0.6) 5-9	0.21
PEEP (mmHg)	6.4 (1.6) 4-9	6.9 (1.6) 5-9	0.17
Tiempo de evolución del choque (horas)	9.1 (9.2) 1-36	12.3 (11.5) 1-48	0.18
LEV administrados en las últimas 6 h	1935 (1608) 20-7500	911,7 (1081) 150-6000	0.004
LEV administrados en la última hora	775 (1069) 24-5200	180 (270) 20-1500	0.0031
Soporte vasopresor	% (Fr)	% (Fr)	
1 vasopresor	86 (44)	97 (28)	0,14
2 vasopresores	6 (3)	3 (1)	0,64
3 vasopresores	8 (4)	0	0,12

\bar{x} = Promedio, (DS) =Desviación Estándar, Min= Mínimo Max=Máximo

Tabla 5. VPP* y PDVCI basales según grupo.

Parámetros basales	Grupo 1	Grupo 2	P
	\bar{x} (ds), min-máx		
VPP	20.4 (6), 13-42	5.9 (2.8), 1-12	0.000
DTI mB	1.3 (0.4), 0.2-2.4	1.9 (0.4), 1-2.8	0.000
DTE mB	1.6 (0.5), 0.4-2.8	2 (0.4), 1.1-3.1	0.001
DTI mM	1.3 (0.4), 0.1-2.2	1.8 (0.4), 1-2.6	0.000
DTE mM	1.6 (0.5), 0.3-2.7	2 (0.4), 1.2-2.8	0.001
VDVCI mB	21.8 (7.1), 13-40	6.2 (4), 1-13	0.000
VDVCI mM	23 (8.4), 14-40	8.7 (6), 3-28	0.000
ICVCI mB	19.8 (6.5), 12-40	6.1 (3.8), 1-12	0.000
ICVCI mM	21 (7.7), 13-40	8.1 (5.4), 3-25	0.000
IDVCI mB	23.8 (7.3), 14-40	6.5 (4.4), 1-14	0.000
IDVCI mM	15.2 (8.5), 15-40	9.3 (7.1), 3-33	0.007

\bar{x} : promedio, ds: desviación estándar, DTI: Diám. tele-inspiratorio, DTE: diám. tele-espiratorio, mín: mínimo, máx: máximo, mB: modo B, mM: modo M, VPP*: Variación de presión de pulso, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

9.2. CORRELACIÓN ENTRE LA VPP Y LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI E IDVCI) BASALES

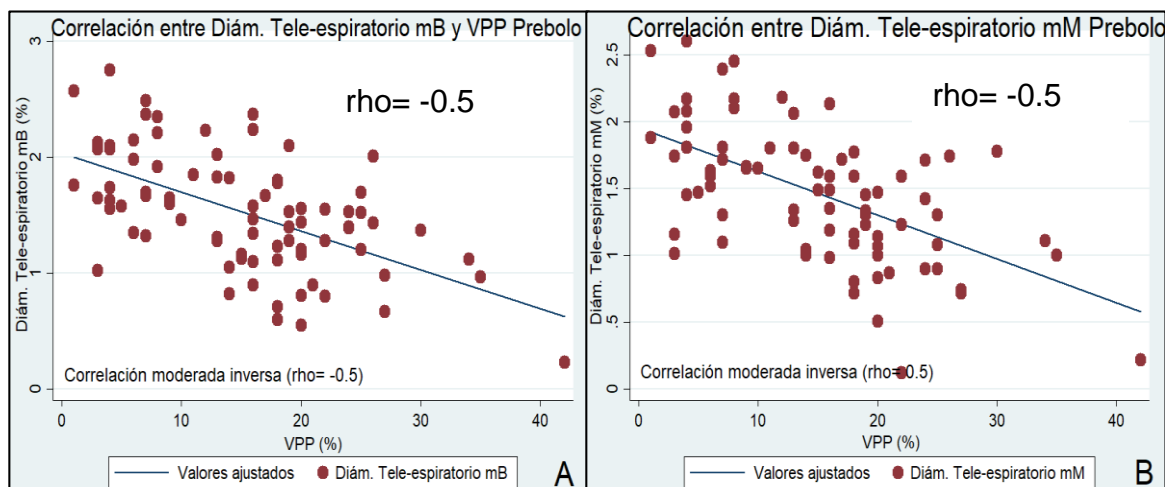
Uno de los objetivos principales de este trabajo fue evaluar la correlación entre los PDVCI y la VPP, esta se realizó por medio del índice de Spearman. La correlación entre VPP y el diámetro al final de la espiración en ambos modos fue moderada negativa (Rho entre -0.5) y la correlación entre VPP y PDVCI fue fuerte positiva (Rho 0.7 y 0.8), ver **Tabla 6 y Gráfica 1-4**.

Tabla 6. Índices de correlación entre VPP y PDVCI basales.

PP y PDVCI basal:	Modo B		Modo M	
	Rho	P	rho	P
Diám. Tele-espírorio	-0.5	0.000	-0.5	0.000
Diám. Tele-inspiratorio	-0.3	0.002	-0.4	0.001
VDVCI	0.8	0.000	0.7	0.000
ICVCI	0.8	0.000	0.7	0.000
IDVCI	0.8	0.000	0.7	0.000

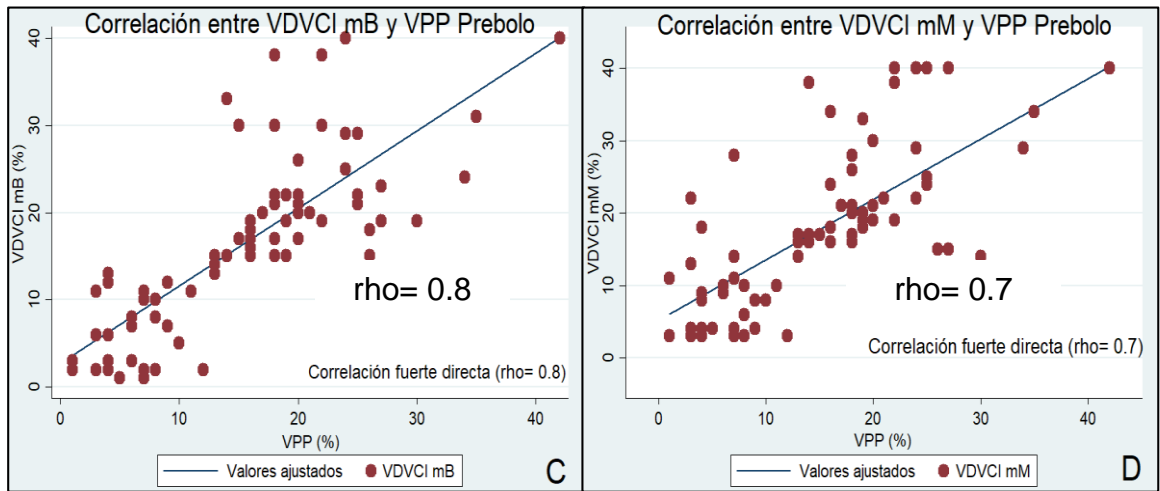
rho= índice de correlación de Spearman, Diám: Diámetro, VPP: Variación de presión de pulso, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

Gráfica 1. Correlación entre Diám. Tele-espírorio y VPP basal.



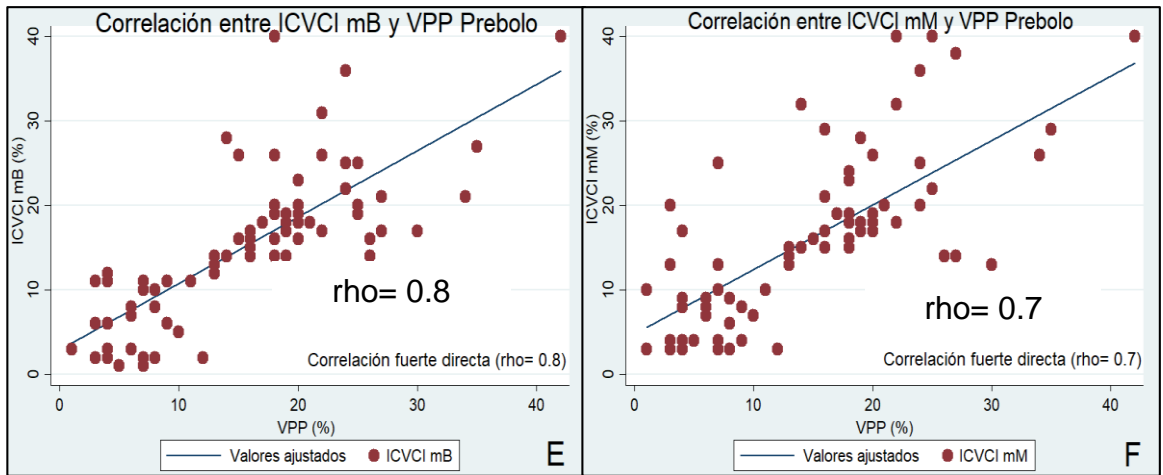
rho= índice de correlación de Spearman. VPP: variación de presión de pulso.

Gráfica 2. Correlación entre VDVCi y VPP basal.



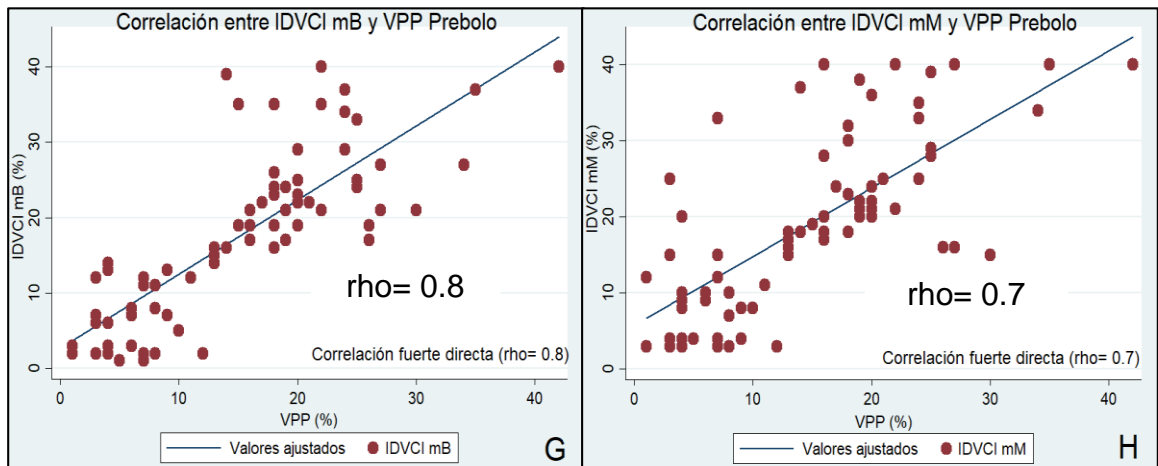
ρ = índice de correlación de Spearman. VPP: variación de presión de pulso, VDVCi: variabilidad del diámetro de vena cava inferior.

Gráfica 3. Correlación entre ICVCI y VPP basal.



ρ = índice de correlación de Spearman. VPP: variación de presión de pulso, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.

Gráfica 4. Correlación entre IDVCI y VPP basal.



$\rho =$ índice de correlación de Spearman. VPP: variación de presión de pulso, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

9.3. CORRELACIÓN ENTRE PDVCI BASALES

Posteriormente se evaluó la correlación entre los mismos PDVCI, encontrando correlación fuerte directa entre VDVCi, ICVCI e IDVCI (ρ 0,76 a 0,99) y correlación moderada inversa entre Diámetro tele-espiratorio y VDVCi/ ICVCI/ IDVCI en modo M; así como correlación débil inversa entre Diámetro tele-inspiratorio y VDVCi/ ICVCI/ IDVCI en ambos modos (ver **Tabla 7**).

9.4. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Se realizó un modelo de regresión lineal simple con el fin de obtener una expresión lógico-matemática que resumiera la relación entre VPP y cada uno de los PDVCI, y que predijera los valores que tomarían cada uno de los PDVCI (planteados como variable dependiente ò variable respuesta) a partir de los valores de VPP (variable independiente o explicativa).

Dicha regresión lineal simple se basó de la siguiente ecuación: $y = mx + b$,

Dónde:

y= valor del PDVCI empleado en el modelo.

m: valor de la pendiente

b: valor de la constante

x: valor de VPP

Se obtuvieron los coeficientes para cada PDVCI y reemplazando cada valor, obtendremos que por ejemplo para VDVCI en modo B cada vez que VPP aumenta 1%, VDVCI en modo B aumenta 3.7%; lo cual confirma que este tipo de regresión es lineal, hallazgo que será motivo de discusión. De igual forma se calculó la predicción de cada uno de los PDVCI a partir de VPP. (Ver **Tabla 8**).

Tabla 7. Índices de correlación entre VPP y PDVCI, y entre los diferentes PDVCI

VPP		1										
DTE	B	-0.57	1									
	M	-0.56	0.86	1								
DTI	B	-0.41	0.96	0.80	1							
	M	-0.37	0.83	0.94	0.83	1						
VDVCI	B	0.79	-0.65	-0.63	-0.42	-0.46	1					
	M	0.7	-0.48	-0.65	-0.31	-0.38	0.77	1				
ICVCI	B	0.78	-0.65	-0.62	-0.42	-0.45	0.99	0.76	1			
	M	0.71	-0.49	-0.66	-0.33	-0.4	0.78	0.99	0.76	1		
IDVCI	B	0.8	-0.64	-0.63	-0.42	-0.45	0.98	0.8	0.96	0.79	1	
	M	0.7	-0.47	-0.63	-0.3	-0.37	0.75	0.99	0.73	0.97	0.79	1
PDVCI	VPP	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	
		DTE		DTI		VDVCI		ICVCI		IDVCI		

DTE: diámetro tele-espiratorio, DTI: Diámetro tele-inspiratorio, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

Tabla 8. Modelo de Regresión lineal simple entre VPP y PDVCI basales.

Variables	PDVCI basales	
	m	b
VDVCI modo B y VPP	0.9	2.7
VDVCI modo M y VPP	0.8	5.2
ICVCI modo B y VPP	0.8	2.9
ICVCI modo M y VPP	0.8	4.8
IDVCI modo B y VPP	1	2.7
IDVCI modo M y VPP	0.9	5.8

m= Pendiente o coeficiente de VPP; b= Constante; p= valor de P. Ecuación: $y= mx + b$, $x= VPP$. Todos los valores de $p < 0.01$. VPP: variación de presión de pulso, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

9.5. CONCORDANCIA ENTRE MODOS B Y M PARA PDVCI

Otro objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el grado de acuerdo o concordancia entre el modo B y el modo M de los PDVCI. Esta concordancia se realizó según método de Bland-Altman y fue pobre entre ambos modos (con coeficiente de concordancia de Lin o CCL < 0.9 , cuyos intervalos de confianza fueron estadísticamente significativos. El valor del sesgo de esta concordancia fue de: -1.5 a -1.9% entre ambos modos para VDVCI/ ICVCI/ IDVCI sugiriendo que el modo M tiende a dar lecturas más altas para estos parámetros; con baja precisión para todos los PDVCI (error promedio $> 30\%$), lo cual implica que los modos no son intercambiables. Adicionalmente se encontró que el porcentaje de acuerdo entre ambos modos de los PDVCI fue $< 95\%$, excepto para el ICVCI con porcentaje de acuerdo del 95% (Ver

Tabla 9 y Gráfica 5 -7).

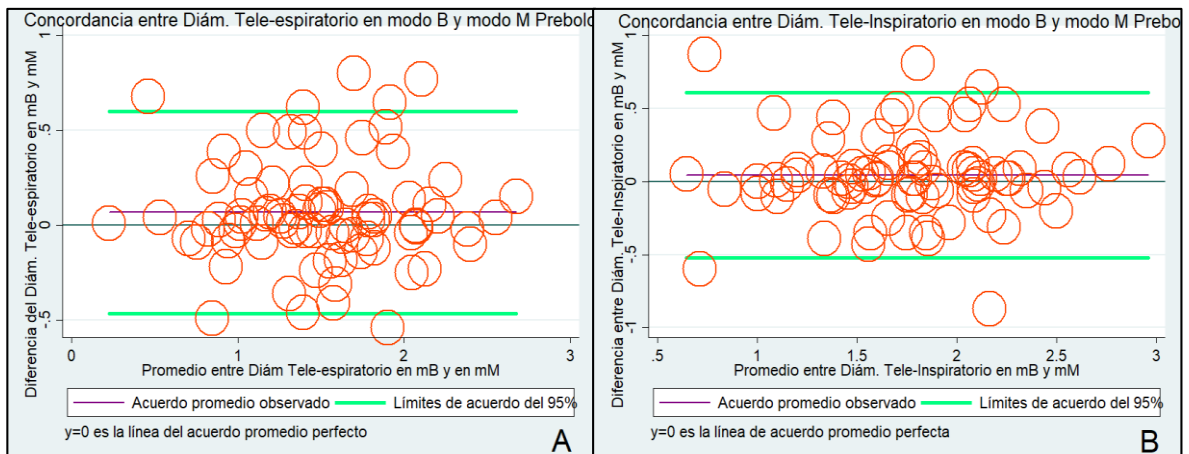
Tabla 9. Grado de concordancia entre modos B y M de los PDVCI basales.

PDVCI	CCL ¹	IC ²	Sesgo ³	LA ⁴	% de Acuerdo	Error Promedio
DTI	0.85	0.76-0.9	0.67 mm	-0.5 a 0.6	91.5%	32.5%
DTE	0.83	0.79-0.91	0.43 mm	-0.5 a 0.6	93.7%	35.3%
VDVCI	0.76	0.67-0.85	-1.7 %	-15 a 11.7	90%	78.4%
ICVCI	0.75	0.65-0.84	-1.5 %	-13.8 a 10.8	95%	78.6%
IDVCI	0.78	0.69-0.86	-1.9 %	-15.8 a 12	92.5%	75.2%

1: coeficiente de concordancia de Lin, 2: intervalos de confianza, 3: Sesgo= promedio de las diferencias, 4: Límites de acuerdo.

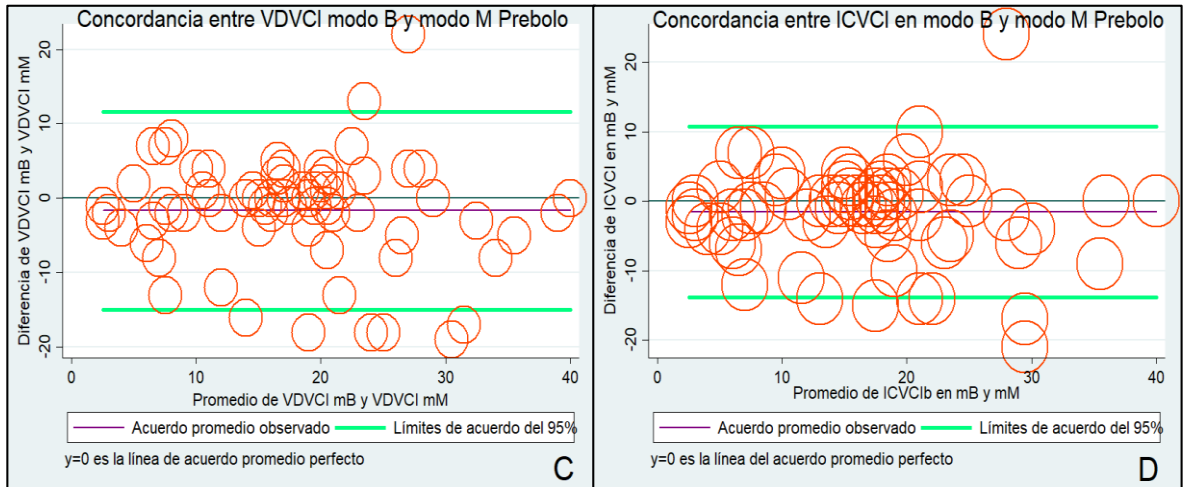
PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior. Diám Ti: diámetro Tele-inspiratorio, Diám Te: diámetro Tele-espiratorio.

Gráfica 5. Concordancia modos B y M de Diámetros Tele-espiratorio/ T-inspiratorio.



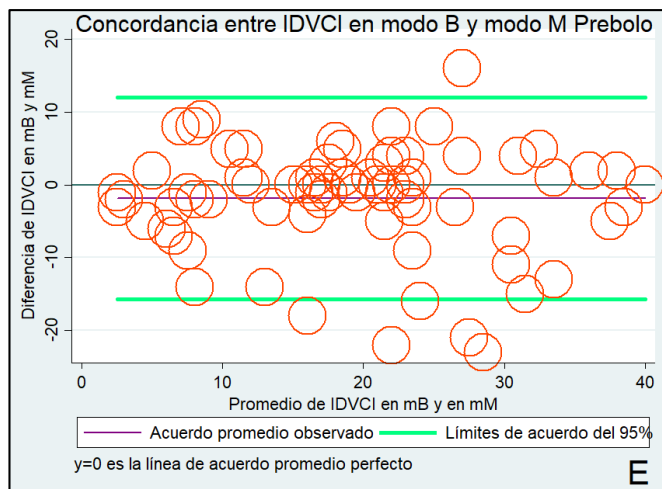
A: Concordancia entre Diámetro Tele-espiratorio en modo B y modo M basales. **B:** Concordancia entre Diámetro Tele-inspiratorio en modo B y modo M basales.

Gráfica 6. Concordancia entre modos B y M de VDVCi/ ICVCi.



C. Concordancia entre Variabilidad del diámetro de la vena cava inferior (**VDVCi**) en modo B y modo M basales. **D.** Concordancia entre Índice de colapsabilidad del diámetro de la vena cava inferior (**ICVCi**) en modo B y modo M basales.

Gráfica 7. Concordancia entre modos B y M de IDVCi basales.



E. Concordancia entre Índice de distensibilidad del diámetro de la vena cava inferior (**IDVCi**) en modo B y modo M basales.

9.6. CLASIFICACIÓN EN RESPONDEDORES Y NO RESPONDEDORES PREBOLO

Acorde a los puntos de corte reportados en la literatura, el porcentaje de pacientes respondedores a volumen fue similar entre VPP y la VDVCi basales en modo B (entre el 64 y 65%), pero mayor para VDVCi en modo M (70%) con respecto a VPP; en cambio el porcentaje de pacientes respondedores a volumen fue menor para ICVCi e IDVCi (entre el 49 y 54%) en comparación con VPP (siendo este nuestro patrón de referencia para clasificar a los pacientes en respondedores y no respondedores), ver **Tabla 10**.

Tabla 10. Porcentaje de respondedores y no respondedores, prebolo.

Parámetros de Monitoreo basales		Respondedor	No respondedor
		% (fr)	% (fr)
VPP		64 (51)	36 (29)
Modo B	VDVCi	65 (52)	35 (28)
	ICVCi	49 (39)	51 (41)
	IDVCi	49 (39)	51 (41)
Modo M	VDVCi	70 (56)	30 (24)
	ICVCi	50 (40)	50 (40)
	IDVCi	54 (43)	46 (37)

VPP: Variación de presión de pulso, VDVCi: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCi: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCi: índice de distensibilidad de la vena cava inferior, fr: frecuencia.

9.7. PARÁMETROS DERIVADOS DE LA VENA CAVA INFERIOR COMO HERRAMIENTA DIAGNOSTICA

Teniendo en cuenta la diferencia en el porcentaje de pacientes clasificados como no respondedores entre ICVCI y VPP, así como IDVCI y VPP; y con el fin de cumplir otro de los objetivos propuestos en este trabajo de evaluar pruebas diagnósticas de PDVCI, que nos permitan inferir si estos podrían ser una herramienta diagnóstica de utilidad para evaluar el estado de choque del paciente y su posible respuesta a terapia volumétrica en caso de no tener disponible el monitor para calcular VPP; se calcularon pruebas diagnósticas tomando como patrón de referencia la VPP para efectos del presente trabajo -al no contar con monitor de gasto cardíaco como “Gold Estándar”-, previa dicotomización de cada variable según los puntos de corte referidos en la literatura y expuestos en el marco teórico.

Todos los PDVCI tuvieron sensibilidad (S) entre el 65 y 100% y una especificidad (E) ≥ 91 . El ICVCI y el IDVCI -ambos en modo M- fueron los que menor S y E tuvieron, con AROC regulares (0.65-0.7); en cambio VDVCI en ambos modos, ICVCI e IDVCI –estos últimos dos en modo B- fueron los que mostraron mayor S y E, con AROC buenas (> 0.77), Ver **Tabla 11**.

Teniendo en cuenta los cocientes de probabilidad positivo CPP o LR+ (con punto de corte >10) y CPP o LR - (con punto de corte $<0,1$), se encontró que VDVCI en ambos modos es la prueba con más argumentos entre los PDVCI que apoya o contradice fuertemente la posibilidad de ser respondedor a volumen, con una exactitud $>95\%$. Los IDVCI en ambos modos e ICVCI en modo B son pruebas de potencia moderada para predecir respuesta a volumen (CPP > 10 y CPN 0,2-0,5), con exactitud $>80\%$ y aunque tuvieron la probabilidad post prueba más alta de todos los PDVCI, esta no fue $>$ del 52%. Las demás pruebas tuvieron bajo poder (ver **Tabla 11**).

Tabla 11. Pruebas diagnósticas de los PDVCI basales.

Evaluación	VDVCI		ICVCI		IDVCI	
	Modo B	Modo M	Modo B	Modo M	Modo B	Modo M
Sensibilidad	100%	100%	70.7%	65%	70.7%	70.3%
Especificidad	98.1%	91.1%	100%	92.5%	100%	93%
VPP (+)¹	96.6%	82.8%	100%	89.7%	100%	89.7%
VPN (-)²	100%	100%	76.5%	72.5%	76.5%	78.4%
PF (+)³	1.9%	8.9%	0%	7.5%	0%	7%
PF (-)⁴	0%	0%	29.3%	35%	29.3%	29.7%
Exactitud⁵	98.8%	93.8%	85%	78.8%	85%	82.5%
CPP o LR (+)⁶ *	52	11.2	>10	8.67	>10	10.1
CPN o LR (-)⁷ *	0	0	0.3	0.38	0.29	0.3
P. Post Prueba⁸	35%	30%	51.3%	50%	51.3%	46.3%
AROC⁹	0.96	0.82	0.77	0.65	0.77	0.70

1: Valor predictivo positivo, 2: Valor predictivo negativo, 3: Falsos positivos, 4: Falsos negativos, 5: Exactitud: Verdaderos positivos o verdaderos negativos, 6: Cociente de probabilidad positivo o razón de posibilidades= $S / (1-E)$, 7: Cociente de probabilidad negativo= $(1-S) / E$, P. 8: probabilidad post prueba= odds post-prueba/ (odds postprueba+1), 9: área bajo la curva ROC. PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior. Diám: diámetro.

La capacidad diagnóstica de todos los PDVCI como un conjunto (VDVCI + ICVCI + IDVCI) en ambos modos mostró AROC con buena capacidad (0.89) para discriminar pacientes respondedores y no respondedores a volumen; mientras que el conjunto de todos los PDVCI en modo B y en modo M reportó AROC con muy buena capacidad diagnóstica (0.91-0.98), sin diferencias significativas entre ambos modos ($p= 0.09$), ver **Tabla 12** y

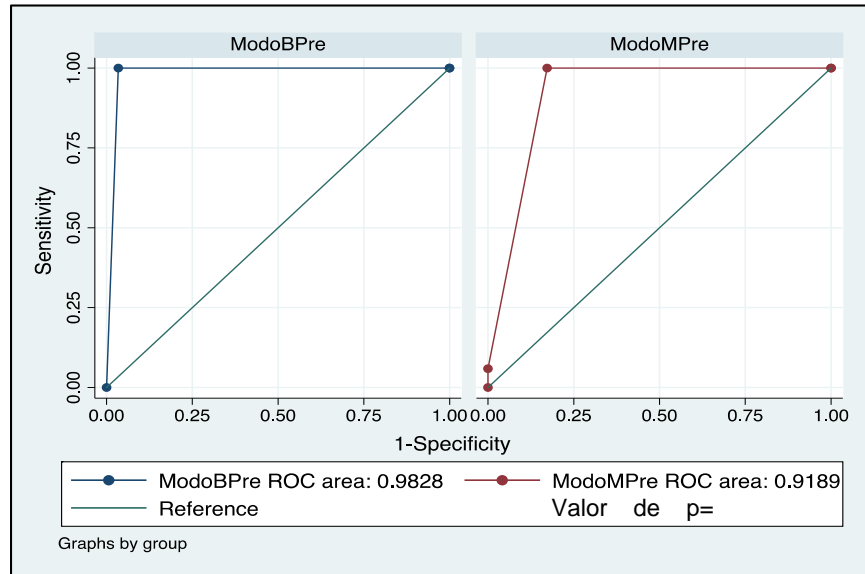
Gráfica 8. Al discriminar pruebas diagnósticas del conjunto de todos los PDVCI en modo B se encontró mejor S y E simultáneamente, mayor poder de predicción (ver **Tabla 12**) y AROC con excelente desempeño (0.98).

Tabla 12. Pruebas diagnósticas de todos los PDVCI

Evaluación	Ambos modos (B)	Modo B	Modo M
Sensibilidad	79.0%	84.6%	74.4%
Especificidad	100%	91.8%	91.8%
VPP (+) ¹	100%	86.8%	85.3%
VPN (-) ²	89.5%	90.3%	84.8%
PF (+) ³	0%	8.2%	8.2%
PF (-) ⁴	20.7%	15.4%	25.6%
Exactitud ⁵	92.5%	89%	85%
CPP o LR (+) ⁶	4.83	10.3	9.07
CPN o LR (-) ⁷	0	0.17	0.28
P. Post Prueba ⁸	36.3%	39	39
AROC	0.8966 (IC 95%: 0.89–0.93)	0.9828 (IC 95%: 0.95-1.00)	0.9189 (IC 95%: 0.84-0.98)
Valor de p: 0.0922			

1: Valor predictivo positivo, 2: Valor predictivo negativo, 3: Falsos positivos, 4: Falsos negativos, 5: Exactitud: Verdaderos positivos o verdaderos negativos, 6: Cociente de probabilidad positivo o razón de posibilidades= S/ (1-E), 7: Cociente de probabilidad negativo= (1-S) / E, P. 8: probabilidad post prueba= odds post-prueba/ (odds postprueba+1), 9: área bajo la curva ROC. PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior. IC: intervalos de confianza.

Gráfica 8. Área bajo la curva de todos los PDVCI basales en modo B y modo M.



PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior. Modo B Pre: modo B basal, Modo M pre: modo M basal.

9.8. FASE DE EVALUACIÓN DE VPP Y PDVCI SEGÚN RESPUESTA A TERAPIA VOLUMÉTRICA

Los pacientes con VPP $\geq 13\%$ interpretados como respondedores a volumen eran susceptibles a recibir terapia volumétrica por protocolo institucional; dicho subgrupo fue de 51 pacientes a quienes posterior al bolo de líquidos (6.2 ml/kg en promedio) se le tomaron nuevamente mediciones de VPP y PDVCI, con protocolo de toma de medidas idéntico a las tomadas basalmente, y se siguió el mismo proceso analítico y diagnóstico de la primera fase en la etapa posterior la terapia volumétrica.

Posterior al bolo de líquidos la VPP tuvo un porcentaje de descenso de 34%, y el porcentaje de descenso en los PDVCI osciló entre 40.8 y 45.2%, con un rango de diferencia entre VPP y PDVCI de 7 a 11% (ver **Tabla 13**).

Tabla 13. Porcentaje de descenso de VPP y PDVCI posbolo.

% descenso posbolo	Mean	ds	Min	Max
VPP	33.9	18.8	4.8	84.6
VDVCI mB	43.5	25.5	5	94.7
VDVCI mM	42	24.9	-2.5	100
ICVCI mB	43.3	24.8	4.8	93.6
ICVCI mM	40.8	24.2	5	100
IDVCI mB	45.2	25.5	0	95
IDVCI mM	44.5	25	-5.4	100

VPP: variación de presión de pulso, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior. Diám: diámetro. ds: desviación estándar. Mín: mínimo, máx: máximo.

9.9. CORRELACIÓN ENTRE LA VPP Y LOS PDVCI (VDVCI, ICVCI E IDVCI) POSBOLO

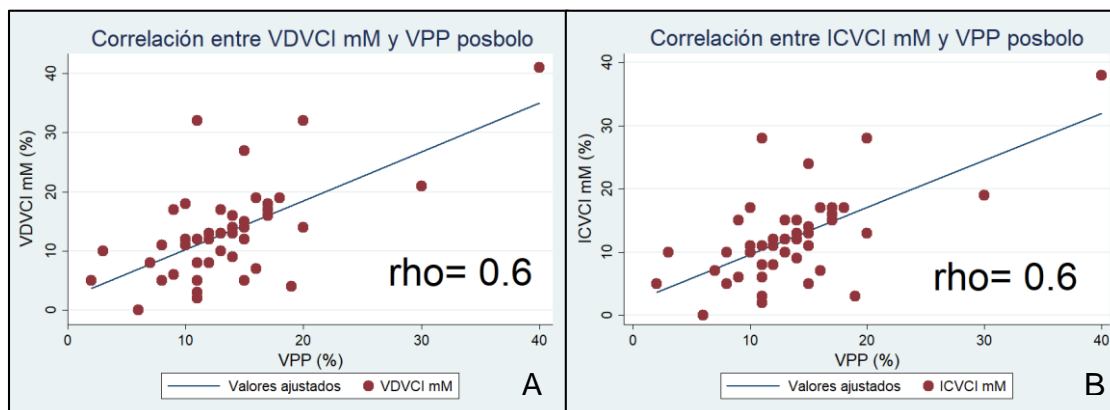
La correlación entre VPP y cada uno de los PDVCI en ambos modos posterior al bolo de líquidos, fue de tipo débil y moderada directa con valores Rho entre 0,3 y 0,64 (Ver **Gráfica 9**, donde solo se graficaron correlaciones moderadas). Los índices de VDVCI mM, y ICVCI mM fueron los que tuvieron mejores valores. La correlación entre ellos mismos (PDVCI) y en el mismo modo fue fuerte positiva ($\rho > 0.84$), pero al comparar los dos modos esta correlación se pierde y se vuelve moderada ($\rho: 0.56-0.63$), Ver **Tabla 14**.

Tabla 14. Índices de correlación VPP y PDVCI.

VPP		1										
DTE	B	-0.2	1									
	M	-0.43	0.84	1								
DTI	B	-0.11	0.98	0.84	1							
	M	-0.35	0.83	0.98	0.86	1						
VDVCI	B	0.42	-0.44	-0.28	-0.25	-0.14	1					
	M	0.63	-0.35	-0.51	-0.23	-0.33	0.63	1				
ICVCI	B	0.41	-0.51	-0.36	-0.33	-0.24	0.93	0.62	1			
	M	0.64	-0.34	-0.52	-0.22	-0.34	0.62	0.99	0.61	1		
IDVCI	B	0.42	-0.45	-0.28	-0.26	-0.14	0.99	0.63	0.93	0.62	1	
	M	0.33	-0.29	-0.33	-0.17	-0.15	0.59	0.85	0.56	0.84	0.59	1
PDVCI	VPP	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	
		DTE		DTI		VDVCI		ICVCI		IDVCI		

DTE: diámetro tele-espiratorio, DTI: Diámetro tele-inspiratorio, PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

Gráfica 9. Correlación moderada entre PDVCI y VPP posbolo.



A: correlación entre variabilidad del diámetro de vena cava inferior (VDVCI) y variación de presión de pulso (VPP) posbolo. **B:** correlación entre índice de colapsabilidad del diámetro de vena cava inferior (ICVCI) y VPP.

9.10. CLASIFICACIÓN EN RESPONDEDORES Y NO RESPONDEDORES POSBOLO

Acorde a los puntos de corte reportados en la literatura, entre el 51 y 55% de los pacientes que recibieron bolo de líquidos se clasificaron nuevamente en

respondedores a volumen según VPP y VDVCi en modos B y M; mientras que entre el 20 al 24% fueron clasificados como respondedores a volumen por ICVCi e IDVCi, ver **Tabla 15**.

Tabla 15. Porcentaje de Respondedores y No respondedores, posbolo.

Parámetros de Monitoreo posbolo		Respondedor	No respondedor
		% (fr)	% (fr)
VPP		53 (27)	47 (24)
Modo B	VDVCi	51 (26)	49 (25)
	ICVCi	22 (11)	78 (40)
	IDVCi	22 (11)	78 (40)
Modo M	VDVCi	55 (28)	45 (23)
	ICVCi	24 (12)	76 (39)
	IDVCi	20 (10)	80 (41)

VPP: variación de presión de pulso, VDVCi: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCi: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCi: índice de distensibilidad de la vena cava inferior, fr: frecuencia.

9.11. PDVCi COMO HERRAMIENTA DIAGNOSTICA Y DE SEGUIMIENTO

Posterior al bolo de líquidos los valores de los PDVCi como prueba diagnóstica descendieron considerablemente; aunque la VDVCi fue quien persistió con mayores valores de S y E, tiene mucha menos E entre las demás (77 y 68%), con mayor S (65-72%) y exactitud (67-75%), todos los PDVCi mostraron AROC mala, ver **Tabla 16**.

Tabla 16. Pruebas diagnósticas de cada uno de los PDVCI, Posbolo

Evaluación	VDVCI		ICVCI		IDVCI	
	Modo B	Modo M	Modo B	Modo M	Modo B	Modo M
Sensibilidad	72%	65.2%	55%	53.8%	55%	53.7%
Especificidad	76.9%	67.9%	81.8%	75%	81.8%	80%
VPP (+)¹	75%	62.5%	91.7%	87.5%	91.7%	91.7%
VPN (-)²	74.1%	70.4%	33.3%	33.3%	33.3%	29.6%
PF (+)³	23.1%	32.1%	18.2%	25%	18.2%	20%
PF (-)⁴	28%	34.8%	45%	46.2%	45%	46.3%
Exactitud⁵	74.5%	66.7%	60.8%	58.8%	60.8%	58.8%
CPP o LR (+)⁶	3.1	2	3	2.2	3	2.7
CPN o LR (-)⁷	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
P. Post Prueba⁸	49%	45.1%	78.4%	76.5%	78.4%	80.4%
AROC⁹	0.56	0.44	0.31	0.29	0.31	0.27

1: Valor predictivo positivo, 2: Valor predictivo negativo, 3: Falsos positivos, 4: Falsos negativos, 5: Exactitud: Verdaderos positivos o verdaderos negativos, 6: Cociente de probabilidad positivo o razón de posibilidades= $S / (1-E)$, 7: Cociente de probabilidad negativo= $(1-S) / E$, P. 8: probabilidad post prueba= odds post-prueba/ (odds postprueba+1), 9: área bajo la curva ROC. PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior, VDVCI: variabilidad del diámetro de la vena cava inferior, ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior, IDVCI: índice de distensibilidad de la vena cava inferior. Diám: diámetro.

El AROC de todos los PDVCI como conjunto (VDVCI + ICVCI + IDVCI) en ambos modos y cada uno por separado fueron regulares, para discriminar pacientes respondedores y no respondedores sin encontrar diferencias significativas entre ambos modos ($p= 0.197$). Al discriminar pruebas diagnósticas del conjunto de todos los PDVCI en modo B mostraban mejor S y E simultáneamente, mayor exactitud que

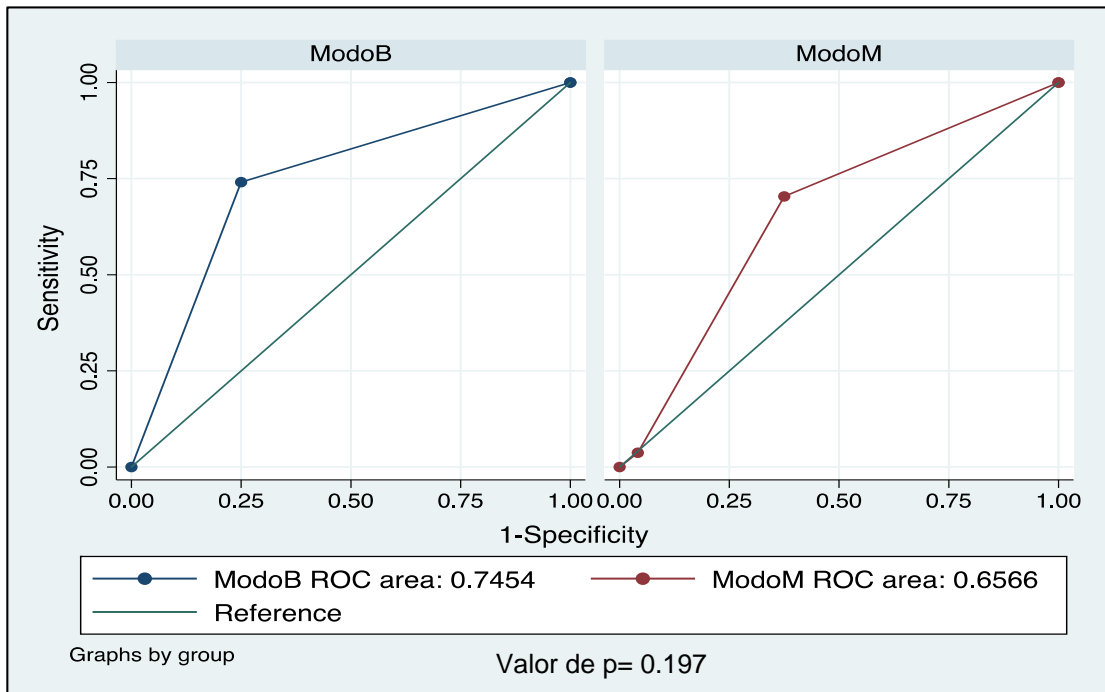
el modo M o incluso ambos modos, con un AROC que se aproxima al límite inferior de buen desempeño (ver **Tabla 17** y **Gráfica 10**).

Tabla 17. Pruebas diagnósticas de todos los PDVCI en ambos modos, Posbolo.

Evaluación	Ambos modos	Modo B	Modo M
Sensibilidad	54.2%	75%	62.5%
Especificidad	81.5%	74%	70.4%
VPP (+)¹	72.2%	72%	65.2%
VPN (-)²	66.7%	76.9%	67.9%
PF (+)³	18.5%	25.9%	29.6%
PF (-)⁴	45.8%	25%	37.5%
Exactitud⁵	68.6%	74.5%	66.7%
CPP o LR (+)⁶	2.93	2.89	2.11
CPN o LR (-)⁷	0.56	0.34	0.53
P. Post Prueba⁸	47.1%	47.1	47.1
AROC⁹	0.678 (IC95%: 0.6-0.8)	0.7454 (IC95%: 0.6-0.9)	0.6566 (IC95%: 0.6-0.8)
Valor de p: 0.197			

1: Valor predictivo positivo, 2: Valor predictivo negativo, 3: Falsos positivos, 4: Falsos negativos, 5: Exactitud: Verdaderos positivos o verdaderos negativos, 6: Cociente de probabilidad positivo o razón de posibilidades= $S / (1-E)$, 7: Cociente de probabilidad negativo= $(1-S) / E$, P. 8: probabilidad post prueba= $\text{odds post-prueba} / (\text{odds postprueba}+1)$, 9: área bajo la curva ROC. PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior.

Gráfica 10. Área bajo la curva de todos los PDVCI



PDVCI: parámetros derivados de la vena cava inferior. AROC: área bajo la curva ROC.

10. DISCUSIÓN

El presente fue un estudio analítico de tecnología diagnóstica que evaluó la correlación entre VPP y los PDVCI (VDVCI, ICVCI y IDVCI) y la concordancia entre los modos m y b de PDVCI en pacientes en estado de choque, asumiendo como patrón de referencia a la VPP –puesto que es un excelente subrogado del gasto cardíaco para evaluar respuesta a volumen, con AROC de 0.94 (4), conociendo que el Gold Estándar para evaluar respuesta a volumen es la medición del gasto cardíaco por termodilución con el catéter de Swan-Ganz, el cual no todas las veces está disponible en la institución, lo cual pudo ser una debilidad en nuestro estudio.

El diseño, metodología y análisis, independiente de los resultados, no le quitan validez a los mismos y es de resaltar que es el primer estudio realizado, según búsqueda de bases de datos.

Nosotros obtuvimos una correlación entre VPP y cada uno de los PDVCI (VDVCI, ICVCI e IDVCI) en ambos modos de tipo fuerte y directa ($\rho > 0.7$) y la correlación entre VPP y Diámetro tele-espiratorio en ambos modos fue moderada inversa, hallazgos para los que no tenemos patrón de comparación en la literatura; y aunque los estudios de Theerawit (48) (con 29 pacientes en choque séptico, compararon VDVCI con VPP, con patrón de referencia: GC por Vigileo) y Oliveira (15) (con 20 pacientes posquirúrgicos, compararon IDVCI con VPP, con patrón de referencia: VTI por Ecocardiograma TT) son similares al nuestro, puesto que comparan las AROC de PDVCI y VPP, sin embargo reportaron hallazgos discrepantes, concluyendo que la VDVCI y la VPP tienen baja correlación y que el IDVCI no son superiores a la VPP, respectivamente; dicha diferencia con nuestros resultados

(4) MARIK PE, CAVALLAZZI R, VASU T, et al.

(15) OLIVEIRA-COSTA C, FRIEDMAN G, VIEIRA S, et al.

(48) THEERAWIT P, MORASERT T, SUTHERASAN Y.

puede tener explicación en el tamaño de muestra, siendo mayor en nuestro estudio (n= 80).

Resultados similares o extrapolables a los nuestros pudieran ser los obtenidos por Machare Delgado y cols (12), donde evaluaron la correlación entre PDVCI y gasto cardíaco en 25 pacientes en choque y ventilación mecánica, obteniendo correlación moderada (0.5) entre IDVCI en modo M e índice de volumen sistólico (calculado por Vigileo®, como patrón de referencia) .

La correlación entre VDVCI, ICVCI e IDVCI en ambos modos, fue de tipo fuerte y directa (0.7-0.9) lo cual se debe a que estos 3 se calculan a partir de una proporción, donde el numerador de los 3 es la resta entre diámetro máximo y mínimo, y que entre más opuestos estén dichos valores, mayor serán los PDVCI. También se encontró correlación moderada inversa entre Diám. tele-espiratorio y VDVCI/ ICVCI/ IDVCI en modo M, puesto que entre más se colapse la vena cava inferior durante la espiración, tendrá menor diámetro en pacientes bajo ventilación mecánica, mayor será la diferencia de diámetros y mayor el valor de los PDVCI. Sin embargo, no se cuenta con estudios reportados actualmente en la literatura que nos permitan contrastar estos hallazgos, por lo cual consideramos es el primer reporte al respecto.

La concordancia entre modos B y M en los valores basales fue baja, con un sesgo sistemático pequeño que sugiere que el modo M sobrestima todos los PDVCI. Este hallazgo concuerda con una buena confiabilidad entre evaluadores de los PDVCI en modo B, pero mala confiabilidad inter- evaluador para el modo M reportada por

(12) MACHARE-DELGADO E, DECARO M, MARIK PE.

Finnerty y cols (25). Lo anterior puede deberse al factor operador dependiente inherente a las herramientas diagnósticas ecográficas de monitoreo o a que el mM genera medidas inexactas por el movimiento natural del diafragma durante la respiración que conlleva a un desplazamiento caudal en la VCI de su verdadero eje vertical, con el colapso de la misma y midiendo dos puntos diferentes durante la inspiración y la espiración (31), (51).

De la evaluación de los PDVCI en estado basal como prueba diagnóstica y tomando como referencia VPP, obtuvimos sensibilidades entre 65 y 100% y E > 91% y los PDVCI en modo B tenían un AROC buena (AROC>0.7), lo cual nos permitiría utilizar los PDVCI en mB como una herramienta diagnóstica alternativa a la VPP en un momento dado. Sin embargo, de todos los PDVCI, la VDVCi es la única que presentó mayores valores como prueba diagnóstica, resultados acordes a las pruebas diagnósticas de VDVCi en modo M desarrolladas por Feissel y cols (35), en una muestra de 39 pacientes en choque séptico con VPP de 93% y VPN de 92%, cuya conclusión fue que la VDVCi puede ser una herramienta simple y no invasiva para evaluar apropiadamente la expansión volumétrica en pacientes ventilados con choque séptico. En contraposición a lo anterior, Theerawit (48) encontró que la VDVCi en modo M tenía AROC regular (0.68), con S y E menores (S: 75%, E: 77%) que las nuestras (n= 29 pacientes, patrón de referencia: gasto cardíaco calculado por Vigileo y punto de corte: 10.2).

Aunque el IDVCI en ambos modos mostró buena S, E y exactitud (S: 70%, E >93%, exactitud > 83%), reportó AROC regular (0.7), hallazgos concordantes con lo

(25) FINNERTY NM, PANCHAL AR, BOULGER C, et al.

(31) WALLACE DJ, ALLISON M, STONE MB.

(35) FEISSEL M, MICHARD F, FALLER J-P, et al.

(48) THEERAWIT P, MORASERT T, SUTHERASAN Y.

(51) BLEHAR DJ, RESOP D, CHIN B, et al

reportado por Vignon (52), con AROC regular (0.65) para IDVCI (n=319, patrón de referencia: gasto cardíaco por ecocardiografía TE y punto de corte: 13%), pero con S y E menores a la nuestra (44 y 85%, respectivamente). Contrario a esto, otros autores han reportado AROC buena para IDVCI, como De Oliveira y cols (49) (AROC: 0.84, n= 20, con patrón de referencia: índice de volumen sistólico por Vigileo y punto de corte de 16%, con S de 67% y E del 100%), y Machare y Delgado (12) (AROC: 0.8, n=25, con patrón de referencia: gasto cardíaco por ecocardiografía TE y punto de corte $\geq 12\%$), ambos en pacientes críticamente enfermo bajo ventilación mecánica.

En los últimos 5 años han surgido meta-análisis y revisiones sistemáticas que correlacionan y comparan los diferentes PDVCI con gasto cardíaco (por catéter de Swan-Ganz, Vigileo o ecocardiograma TE), cuyos resultados han probado entre predicción moderada para todo tipo de pacientes en choque bajo ventilación espontánea (6) y mecánica (6,46) hasta predicción buena exclusivamente en pacientes choqueados bajo ventilación mecánica (45), en todos los casos con AROC ≥ 0.8 , estadísticamente significativas.

En la segunda fase del trabajo en la que se evaluó la respuesta a la terapia de volumen en pacientes con VPP $>12\%$, obtuvimos una disminución promedio del 34%, lo cual nos permitió clasificar al 53% como respondedor, hallazgo similar al 55% reportado por la literatura para pacientes críticamente enfermos en estado de

(6) SI X, CAO D, XU H, GUAN X.

(12) MACHARE-DELGADO E, DECARO M, MARIK PE.

(45) ZHANG Z, XU X, YE S, et al.

(46) LONG E, OAKLEY E, DUKE T, et al.

(47) HUANG H, SHEN Q, LIU Y, et al.

(49) DE OLIVEIRA OH, FREITAS FGR DE, LADEIRA RT, et al.

(52) VIGNON P, REPESSÉ X, BÉGOT E, et al.

choque séptico (48), siendo comparable a nuestra muestra donde la proporción de pacientes con choque séptico fue muy similar al hipovolémico (45 vs 55%).

El porcentaje de descenso en los PDVCI osciló entre 40.8 y 45.2%, siendo similar al 42.8% encontrado en el IDVCI modo M por De oliveira (49) y menor que el 62% reportado en la VDVCI modo M por Feissel y cols (35) en pacientes bajo ventilación mecánica.

La disminución en los índices de correlación posterior a la carga de volumen entre VPP y VDVCI en modo M fue de fuerte a moderada, y de fuerte a débil en modo B, que podría explicarse por los hallazgos descritos por Yamanoglu (53) donde el modo M es más sensible a los cambios del diámetro de la VCI generados por la terapia con líquidos. La explicación para este cambio tan abrupto en el modo B puede deberse a la falta de estandarización de la técnica, y por experiencia del autor, creemos que las medidas de los diámetros de la VCI idealmente se deben tomar así: generar un bucle de video en modo B durante un ciclo respiratorio completo (que podría durar desde 2 a 6 s, dependiendo de la frecuencia respiratoria) con el transductor ubicado en el corte céfalo-caudal que muestre el vaso más ingurgitado y con los bordes de la VCI mejor definidos; de lo contrario, se pueden tomar ambas medidas congelando la imagen durante final de espiración e inspiración, teniendo la precaución de que al volver a buscar la imagen para la segunda parte del ciclo respiratorio deba buscarse lo más parecida posible a la primera, por ejemplo: si la primera imagen al final de la inspiración más ingurgitada y con bordes mejor definidos se congeló justo donde converge la vena suprahepática, la segunda imagen debe buscarse con la convergencia de la suprahepática también. Esta última técnica fue la que se empleó para construir el protocolo de adquisición de

(35) FEISSEL M, MICHARD F, FALLER J-P, et al.

(48) THEERAWIT P, MORASERT T, SUTHERASAN Y.

(49) DE OLIVEIRA OH, FREITAS FGR DE, LADEIRA RT, et al.

(53) ÇELEBI YAMANOĞLU NG, YAMANOĞLU A, PARLAK İ, et al.

medidas de los diámetros de la vena cava inferior en el presente estudio con el fin de minimizar el sesgo de medida.

De todos los estudios referenciados hasta el momento en el presente trabajo, gran parte de ellos mencionan en su protocolo la toma de parámetros de respuesta a volumen antes y después de carga de líquidos, pero ninguno describe concretamente cómo se comportan las pruebas diagnósticas después de la carga de volumen. Nosotros encontramos que cada uno de los PDVCI posterior al bolo de líquidos disminuye su capacidad diagnóstica predictiva y discriminativa con respecto a las medidas basales, con AROC malas. Desafortunadamente no incluimos en el protocolo realizar seguimiento a las nuevas terapias de volumen en aquellos pacientes que tuvieron VPP normal, pero clasificados como respondedores según PDVCI, puesto que la decisión de continuar con la terapia volumétrica estaba a discreción de los especialistas tratantes, quienes por protocolo institucional no aplicaban reto de volumen con $VPP < 13$, sin que hubiésemos perdido poder, puesto que la muestra calculada se completó en un 100% para el índice de correlación propuesto.

La pregunta que persiste después de nuestro estudio y de evaluar la respuesta a la terapia volumétrica es: ¿cuál es la razón por la que los PDVCI pierden poder diagnóstico como herramientas de monitoreo durante el seguimiento después de que inicia la terapia hídrica? Inicialmente se sospechó que esto pudiera deberse a la falta de estandarización en la cantidad de volumen del bolo que recibieron los pacientes, pero al realizar análisis por subgrupos con respecto a la variable de bolo de líquidos aplicado, no se encontraron diferencias entre los subgrupos. Luego de revisar ampliamente la literatura, se cree que la explicación a esto pudiera darse por los hallazgos de Jardín y cols (33) donde reportan que la correlación entre el

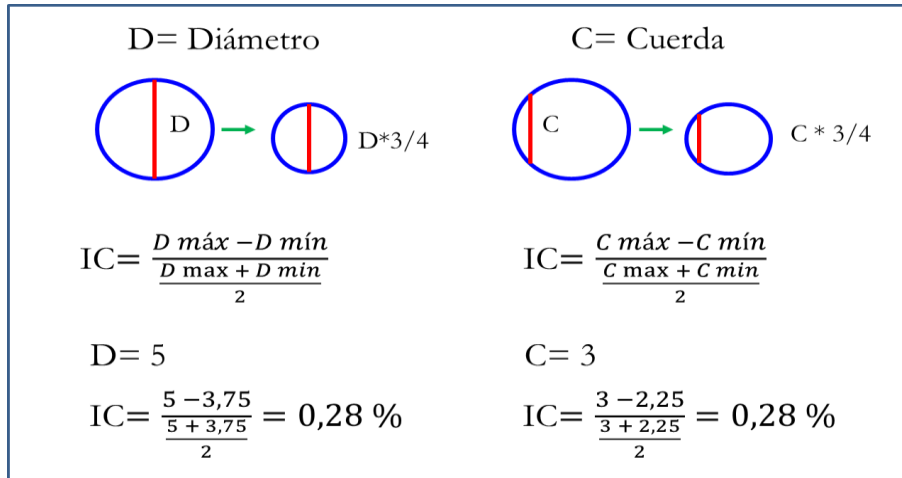
(33) JARDIN F, VIEILLARD-BARON A, et al.

diámetro de la VCI y la PVC se compone de 2 fases: una fase inicial, representada por una pendiente donde hay una relación lineal entre PVC y diámetro de la VCI que refleja un vaso colapsado, y otra posterior representada por una meseta donde hay un aumento marcado de la PVC, pero no hay mayor aumento del tamaño de la VCI; esto podría extrapolarse al comportamiento de la VPP, razón por la cual las pruebas diagnósticas pierden poder.

De nuestra experiencia obtenida durante el desarrollo de este estudio cabe mencionar que si bien es cierto que en diferentes ocasiones puede que la imagen de reparo no sea el diámetro real del vaso, sino una cuerda del vaso (cuerda= línea que corta al vaso en paralelo al diámetro), esto no tiene relevancia siempre y cuando en ambos momentos respiratorios tengamos la misma imagen (o la misma cuerda) para medir los diámetros, puesto que los PDVCI son proporciones (ver **Fig 10**) que, al reemplazar las variables por números en las ecuaciones, los PDVCI deben ser iguales cuando se mide el diámetro o una cuerda. Todas estas indicaciones fueron tenidas en cuenta para la construcción del protocolo para la medición de los diámetros en inspiración y espiración máxima de la VCI.

Con la ejecución y análisis del presente estudio se sugiere que la VPP podría ser sustituida por los PDVCI en modo B antes del bolo de líquidos en caso de no contar con ella, brindando un complemento al monitoreo diagnóstico clínico, siempre y cuando se tomen adecuadamente las medidas de los diámetros de la vena cava y se interpreten de forma razonable. En cambio, para realizar seguimiento a la terapia hídrica es posible reemplazar a la VPP por VDVCI en modo B o por el conjunto de los PDVCI en modo B para evaluar predicción de respuesta a volumen.

Fig 10. Teoría de la cuerda paralela.



Fuente: el Autor.

11. CONCLUSIONES

- La correlación entre los PDVCI y la VPP basal es fuerte y directa en modo B y M.
- La concordancia entre los PDVCI y la VPP es baja, con posible sesgo aportado por el modo M.
- La correlación entre los PDVCI y la VPP posterior a bolo de líquidos solo se mantiene para VDVCI y VPP, e ICVCI y VPP en modo M.
- De los PDVCI basales, la VDVCI y el conjunto de PDVCI son los que mejor desempeño tienen, con AROC buena; pero posterior a bolo de líquidos disminuyen todas las pruebas diagnósticas, siendo el conjunto de PDVCI los que permanecen con AROC regular.
- Se sugiere usar PDVCI en modo B como monitoreo complementario y alternativo en pacientes críticos.

12. PRODUCTOS OBTENIDOS

Académicos:

- Presentación de abstract en el 45° Congreso Argentino de Anestesiología en Bariloche, 2018.
- Ponencia oral en el XXVII Congreso de Residentes de Anestesiología y Reanimación UIS.
- Tesis de grado para optar por el título de especialista en Anestesiología y Reanimación.
- Fue enviado al concurso Jorge Colmenares en el XXXIII Congreso Colombiano de Anestesiología y Reanimación del 2019.
- Base de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andruszkiewicz P, Sobczyk D, Nycz K, Górkiewicz-Kot I, Ziętkiewicz M, Wierzbicki K, et al. A comparison of the ultrasound measurement of the inferior vena cava obtained with cardiac and convex transducers. *J Ultrason* [Internet]. 2017 Dec 29 [cited 2019 Jan 12];17(71):241–5. Available from: <http://julterson.pl/index.php/issues/volume-17-no-71/a-comparison-of-the-ultrasound-measurement-of-the-inferior-vena-cava-obtained-with-cardiac-and-convex-transducers?aid=568>
- Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, Mahjoub Y, Lorne E, Levrard M, et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Crit Care* [Internet]. 2015 Dec 13 [cited 2019 Jan 12];19(1):400. Available from: <http://ccforum.com/content/19/1/400>
- Arriola S AS, Herrera C JE, Sthela Arriola Salazar Prolongación carrera A, calle con, La Feria B, Estado Lara Código postal B. Los secretos de la vena cava inferior The secrets of the inferior vena cava REVISIÓN CONTEMPORÁNEA CORRESPONDENCIA [Internet]. Vol. 120, *Avances Cardiol*. 2015 [cited 2019 Jan 12]. Available from: [http://avancescardiologicos.org/site/images/documents/Avance_Cardiologico/2015/AC_vol2_junio/07.ArriolaA\(120-132\).pdf](http://avancescardiologicos.org/site/images/documents/Avance_Cardiologico/2015/AC_vol2_junio/07.ArriolaA(120-132).pdf)
- Aya HD, Rhodes A, Chis Ster I, Fletcher N, Grounds RM, Cecconi M. Hemodynamic Effect of Different Doses of Fluids for a Fluid Challenge. *Crit Care Med* [Internet]. 2017 Feb [cited 2019 Jan 12];45(2):e161–8. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00003246-201702000-00042>
- Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricome J-L, Jardin F, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med*

[Internet]. 2004 Sep 18 [cited 2019 Jan 12];30(9). Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-004-2259-8>

Blehar DJ, Resop D, Chin B, Dayno M, Gaspari R. Inferior vena cava displacement during respirophasic ultrasound imaging. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2012 Aug 6 [cited 2019 Jan 14];4(1):18. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22866665>

Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the Use of Inferior Vena Cava for Estimating Right Atrial Pressure. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet]. 2007 Jul [cited 2019 Jan 12];20(7):857–61. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0894731707000132>

Cannesson M, Aboy M, Hofer CK, Rehman M. Pulse pressure variation: where are we today? *J Clin Monit Comput* [Internet]. 2011 Feb 14 [cited 2019 Jan 12];25(1):45–56. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10877-010-9229-1>

Carrillo Esper R, Velasco RT, Talamantes YG, Aguirre EG. Evaluación de la precarga y respuesta a volumen mediante ultrasonografía de la vena cava [Internet]. 2015 [cited 2019 Jan 12]. Available from: www.medigraphic.org.mx
www.medigraphic.com/medicinacritica
www.medigraphic.org.mx

Çelebi Yamanoğlu NG, Yamanoğlu A, Parlak İ, Pınar P, Tosun A, Erkuran B, et al. The role of inferior vena cava diameter in volume status monitoring; the best sonographic measurement method? *Am J Emerg Med* [Internet]. 2015 Mar [cited 2019 Jan 14];33(3):433–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735675714009164>

De Oliveira OH, Freitas FGR de, Ladeira RT, Fischer CH, Bafi AT, Azevedo LCP, et al. Comparison between respiratory changes in the inferior vena cava diameter and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in postoperative patients. *J Crit Care* [Internet]. 2016 Aug [cited 2019 Jan 14];34:46–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088394411630017X>

Di Pietro S, Falaschi F, Bruno A, Perrone T, Musella V, Perlini S. The learning curve of sonographic inferior vena cava evaluation by novice medical students: the Pavia experience. *J Ultrasound* [Internet]. 2018 Jun 21 [cited 2019 Jan 12];21(2):137–44. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s40477-018-0292-7>

Farcy DA, Jain A, Dalley M, Scalea TM. Pitfalls in Using Central Venous Pressure as a Marker of Fluid Responsiveness. *Emerg Med* [Internet]. 2016 [cited 2019 Jan 12];18–28. Available from: www.emed-journal.com

Feissel M, Michard F, Faller J-P, Teboul J-L. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med* [Internet]. 2004 Sep 25 [cited 2019 Jan 12];30(9). Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-004-2233-5>

Ferrada P, Anand RJ, Whelan J, Aboutanos MA, Duane T, Malhotra A. Qualitative Assessment of the Inferior Vena Cava: Useful Tool for the Evaluation of Fluid Status in Critically Ill Patients [Internet]. [cited 2019 Jan 12]. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/f862/fb93b164922482292d93a811783d280380eb.pdf>

Finnerty NM, Panchal AR, Boulger C, Vira A, Bischof JJ, Amick C, et al. Inferior Vena Cava Measurement with Ultrasound: What Is the Best View and Best Mode? *West J Emerg Med* [Internet]. 2017 Apr [cited 2019 Jan 12];18(3):496–501. Available from: <http://escholarship.org/uc/item/1638r0nf>

- Garijo JM, Wijesundera DN, Munro JC, Meineri M. Correlation Between Transhepatic and Subcostal Inferior Vena Cava Views to Assess Inferior Vena Cava Variation: A Pilot Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [Internet]. 2017 Jun [cited 2019 Jan 12];31(3):973–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053077017300538>
- Gómez Betancourt M, Moreno-Montoya J, Barragán González A-M, Ovalle JC, Bustos Martínez YF. Learning process and improvement of point-of-care ultrasound technique for subxiphoid visualization of the inferior vena cava. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2016 Dec 31 [cited 2019 Jan 12];8(1):4. Available from: <http://criticalultrasoundjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13089-016-0040-1>
- Huang C-C, Fu J-Y, Hu H-C, Kao K-C, Chen N-H, Hsieh M-J, et al. Prediction of fluid responsiveness in acute respiratory distress syndrome patients ventilated with low tidal volume and high positive end-expiratory pressure*. *Crit Care Med* [Internet]. 2008 Oct [cited 2019 Jan 12];36(10):2810–6. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00003246-200810000-00015>
- Huang H, Shen Q, Liu Y, Xu H, Fang Y. Value of variation index of inferior vena cava diameter in predicting fluid responsiveness in patients with circulatory shock receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* [Internet]. 2018 Dec 21 [cited 2019 Jan 12];22(1):204. Available from: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-018-2063-4>
- Hofer CK, Cannesson M. Monitoring fluid responsiveness. *Acta Anaesthesiol Taiwanica* [Internet]. 2011 Jun [cited 2019 Jan 12];49(2):59–65. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1875459711000282>
- Iturbide I, Santiago ML, Henain F, Golab K, Tentoni ME, Fuentes S. Evaluación ecográfica de la vena cava inferior en los pacientes hemodinámicamente

inestables. *Rev Argentina Radiol* [Internet]. 2017 Jul [cited 2019 Jan 12];81(3):209–13. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048761917300042>

Jardin F, Vieillard-Baron A. Ultrasonographic examination of the venae cavae. *Intensive Care Med* [Internet]. 2006 Feb 1 [cited 2019 Jan 12];32(2):203–6. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-005-0013-5>

Kwon H, Jung JY, Lee JH, Kwak YH, Kim DK, Jung JH, et al. Sonographic aorta/IVC cross-sectional area index for evaluation of dehydration in children. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2016 Sep [cited 2019 Jan 12];34(9):1840–4. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735675716302765>

Kulkarni AP, Janarthanan S, Harish MM, Suhail S, Chaudhari H, Agarwal V, et al. Agreement between inferior vena cava diameter measurements by subxiphoid versus transhepatic views. *Indian J Crit Care Med* [Internet]. 2015 Dec [cited 2019 Jan 12];19(12):719–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26816446>

Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, Kirkpatrick AW, Su E, Evans D, et al. Guidelines for the Appropriate Use of Bedside General and Cardiac Ultrasonography in the Evaluation of Critically Ill Patients—Part II. *Crit Care Med* [Internet]. 2016 Jun [cited 2019 Jan 12];44(6):1206–27. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00003246-201606000-00023>

Long E, Oakley E, Duke T, Babl FE. Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness. *SHOCK* [Internet]. 2017 May [cited 2019 Jan 12];47(5):550–9. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00024382-201705000-00003>

Machare-Delgado E, Decaro M, Marik PE. Inferior Vena Cava Variation Compared to Pulse Contour Analysis as Predictors of Fluid Responsiveness: A

Prospective Cohort Study. *J Intensive Care Med* [Internet]. 2011 Mar 3 [cited 2019 Jan 12];26(2):116–24. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0885066610384192>

Mackenzie DC, Noble VE. Assessing volume status and fluid responsiveness in the emergency department. *Clin Exp Emerg Med* [Internet]. 2014 Dec 31 [cited 2019 Jan 12];1(2):67–77. Available from: <http://ceemjournal.org/journal/view.php?doi=10.15441/ceem.14.040>

Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: A systematic review of the literature*. *Crit Care Med* [Internet]. 2009 Sep [cited 2019 Jan 12];37(9):2642–7. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00003246-200909000-00023>

Martinez M, Duchenne J, Bobbia X, Brunet S, Fournier P, Miroux P, et al. RECOMMANDATIONS POUR LA PRATIQUE CLINIQUE / CLINICAL PRACTICE RECOMMENDATIONS Second Level of Clinical Sonography in Emergency Medicine. French Society of Emergency Medicine (SFMU) Guidelines by Formal Consensus. 2018 [cited 2019 Jan 12]; Available from: http://www.sfm.org/upload/consensus/RFE_ECMU_2.pdf

Mesquida J, Kim HK, Pinsky MR. Effect of tidal volume, intrathoracic pressure, and cardiac contractility on variations in pulse pressure, stroke volume, and intrathoracic blood volume. *Intensive Care Med* [Internet]. 2011 Oct 8 [cited 2019 Jan 12];37(10):1672–9. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-011-2304-3>

Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y, et al. Relation between Respiratory Changes in Arterial Pulse Pressure and Fluid Responsiveness in Septic Patients with Acute Circulatory Failure. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2000 Jul [cited 2019 Jan 12];162(1):134–8. Available

from: <http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm.162.1.9903035>

Miller A, Mandeville J. Predicting and measuring fluid responsiveness with echocardiography. *Echo Res Pract* [Internet]. 2016 Jun [cited 2019 Jan 12];3(2):G1–12. Available from: <https://erp.bioscientifica.com/view/journals/echo/3/2/G1.xml>

Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonnet B, et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Crit Care* [Internet]. 2012 [cited 2019 Jan 12];16(5):R188. Available from: <http://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc11672>

Oliveira-Costa C, Friedman G, Vieira S, Fialkow L. Pulse pressure variation and prediction of fluid responsiveness in patients ventilated with low tidal volumes. *Clinics* [Internet]. 2012 Jul 23 [cited 2019 Jan 12];67(7):773–8. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3400168/?report=classic>

Pasquero P, Albani S, Sitia E, Taulaigo AV, Borio L, Berchiolla P, et al. Inferior vena cava diameters and collapsibility index reveal early volume depletion in a blood donor model. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2015 Dec 4 [cited 2019 Jan 12];7(1):17. Available from: <http://www.criticalultrasoundjournal.com/content/7/1/17>

Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH Exam: Rapid Ultrasound in SHock in the Evaluation of the Critically Ill. *Emerg Med Clin North Am* [Internet]. 2010 Feb [cited 2019 Jan 12];28(1):29–56. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733862709001175>

Perel A. The physiological basis of arterial pressure variation during positive-pressure ventilation. *Réanimation* [Internet]. 2005 May [cited 2019 Jan 12];14(3):162–71. Available from:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1624069305000289>

Piccioni F, Bernasconi F, Tramontano GTA, Langer M. A systematic review of pulse pressure variation and stroke volume variation to predict fluid responsiveness during cardiac and thoracic surgery. *J Clin Monit Comput* [Internet]. 2017 Aug 15 [cited 2019 Jan 12];31(4):677–84. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10877-016-9898-5>

Pinsky MR. Functional haemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care* [Internet]. 2014 Jun [cited 2019 Jan 12];20(3):288–93. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00075198-201406000-00011>

Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. *Med Intensiva* [Internet]. 2012 Jan [cited 2019 Jan 12];36(1):45–55. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569111001161>

Si X, Cao D, Xu H, Guan X. Meta-Analysis of Ventilated versus Spontaneously Breathing Patients in Predicting Fluid Responsiveness by Inferior Vena Cava Variation. *Int J Clin Med* [Internet]. 2018 [cited 2019 Jan 12];09(10):760–77. Available from: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ijcm.2018.910063>

Sobczyk D, Nycz K, Andruszkiewicz P. Bedside Ultrasonographic Measurement of the Inferior Vena Cava Fails to Predict Fluid Responsiveness in the First 6 Hours After Cardiac Surgery: A Prospective Case Series Observational Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [Internet]. 2015 Jun [cited 2019 Jan 12];29(3):663–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053077014004157>

Stanford University. IVC - Echocardiography in ICU [Internet]. 2009 [cited 2019 Jan

12]. Available from: https://web.stanford.edu/group/ccm_echo/cardio/cgi-bin/mediawiki/index.php/IVC

StataCorp. Stata Statistical Software: Release 14 [Internet]. College Station, TX: StataCorp LP.; 2015 [cited 2019 Jan 12]. Available from: <https://www.stata.com/support/faqs/resources/citing-software-documentation-faqs/>

Theerawit P, Morasert T, Sutherasan Y. Inferior vena cava diameter variation compared with pulse pressure variation as predictors of fluid responsiveness in patients with sepsis. *J Crit Care* [Internet]. 2016 Dec [cited 2019 Jan 12];36:246–51. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883944116303306>

Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med* [Internet]. 2016 Jul 23 [cited 2019 Jan 12];42(7):1164–7. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-016-4357-9>

Vignon P, Repessé X, Bégot E, Léger J, Jacob C, Bouferrache K, et al. Comparison of Echocardiographic Indices Used to Predict Fluid Responsiveness in Ventilated Patients. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2017 Apr 15 [cited 2019 Apr 3];195(8):1022–32. Available from: <http://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201604-0844OC>

Wallace DJ, Allison M, Stone MB. Inferior Vena Cava Percentage Collapse During Respiration Is Affected by the Sampling Location: An Ultrasound Study in Healthy Volunteers. *Acad Emerg Med* [Internet]. 2010 Jan [cited 2019 Jan 12];17(1):96–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1553-2712.2009.00627.x>

Wise R, Faurie M, Malbrain MLNG, Hodgson E. Strategies for Intravenous Fluid Resuscitation in Trauma Patients. *World J Surg* [Internet]. 2017 May 5 [cited 2019 Jan 12];41(5):1170–83. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00268-016-3865-7>

Yang X, Du B. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Crit Care* [Internet]. 2014 Dec 27 [cited 2019 Jan 12];18(6):650. Available from: <http://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-014-0650-6>

Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic Measurement of the Respiratory Variation in the Inferior Vena Cava Diameter Is Predictive of Fluid Responsiveness in Critically Ill Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Ultrasound Med Biol* [Internet]. 2014 May [cited 2019 Jan 12];40(5):845–53. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301562913012374>

ANEXOS

Anexo A. Variables dependientes o de resultado.

Variable	Conceptual	Tipo de variable	Codificación	Relación entre variables
Correlación entre VPP y VDVCÍ: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente de la covarianza sobre el producto de la desviación típica de VPP y de VDVCÍ</p> $rho = \frac{\sigma \text{ VPP VDVCÍ}}{\sigma \text{ VPP} * \sigma \text{ VDVCÍ}}$ <p>Donde: Rho= correlación IC= índice de correlación entre VPP y VDVCÍ $\sigma \text{ VPP VDVCÍ}$= Covarianza $\sigma \text{ VPP}$= Desviación típica de VPP $\sigma \text{ VDVCÍ}$= Desviación típica de VDVCÍ</p> <p>Se hizo esta correlación antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Números absolutos	Dependiente
Correlación entre VPP e ICVCI: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente de la covarianza sobre el producto de la desviación típica de VPP y de ICVCI</p> $rho = \frac{\sigma \text{ VPP ICVCI}}{\sigma \text{ VPP} * \sigma \text{ ICVCI}}$ <p>Donde: Rho= correlación IC= índice de correlación entre VPP e ICVCI $\sigma \text{ VPP ICVCI}$= Covarianza $\sigma \text{ VPP}$= Desviación típica de VPP $\sigma \text{ ICVCI}$= Desviación típica de ICVCI</p> <p>Se hizo esta correlación antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Números absolutos	Dependiente
Correlación entre VPP e IDVCI: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente de la covarianza sobre el producto de la desviación típica de VPP y de IDVCI</p> $rho = \frac{\sigma \text{ VPP IDVCI}}{\sigma \text{ VPP} * \sigma \text{ IDVCI}}$ <p>Donde: Rho= correlación IC= índice de correlación entre VPP e IDVCI $\sigma \text{ VPP IDVCI}$= Covarianza $\sigma \text{ VPP}$= Desviación típica de VPP $\sigma \text{ IDVCI}$= Desviación típica de IDVCI</p> <p>Se hizo esta correlación antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Números absolutos	Dependiente
% de respondedores a volumen según punto de corte de VPP: antes y	<p>Después de dicotomizar la variable VPP con punto de corte $\geq 13\%$: Respondedores a volumen, $< 13\%$: No respondedores a volumen. Evaluar que porcentaje responden a volumen.</p>	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente

después del bolo de líquidos				
% de respondedores a volumen según punto de corte de VDVC: antes y después del bolo de líquidos	Después de dicotomizar la variable VDVC con punto de corte $\geq 12\%$: Respondedores a volumen, $< 12\%$: No respondedores a volumen. Evaluar qué porcentaje responden a volumen.	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
% de respondedores a volumen según punto de corte de ICVC: antes y después del bolo de líquidos	Después de dicotomizar la variable ICVC con punto de corte $\geq 15\%$: Respondedores a volumen, $< 15\%$: No respondedores a volumen. Evaluar qué porcentaje responden a volumen.	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
% de respondedores a volumen según punto de corte de IDVC: antes y después del bolo de líquidos	Después de dicotomizar la variable IDVC con punto de corte $\geq 18\%$: Respondedores a volumen, $< 18\%$: No respondedores a volumen. Evaluar qué porcentaje responden a volumen.	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Porcentaje de descenso de la VPP posterior al bolo de líquidos	Porcentaje de descenso de la VPP posterior al bolo de líquidos se calculó así: $\% \text{ de cambio} = \frac{\text{VPP posbolo}}{\text{VPP basal}} \times 100$ $\% \text{ de descenso} = 100 - \% \text{ de cambio}$	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Porcentaje de descenso de la VDVC posterior al bolo de líquidos	Porcentaje de descenso de la VDVC posterior al bolo de líquidos se calculó así: $\% \text{ de cambio} = \frac{\text{VDVC posbolo}}{\text{VDVC basal}} \times 100$ $\% \text{ de descenso} = 100 - \% \text{ de cambio}$	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Porcentaje de descenso de la ICVC posterior al bolo de líquidos	Porcentaje de descenso de la ICVC posterior al bolo de líquidos se calculó así: $\% \text{ de cambio} = \frac{\text{ICVC posbolo}}{\text{ICVC basal}} \times 100$ $\% \text{ de descenso} = 100 - \% \text{ de cambio}$	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Porcentaje de descenso de la IDVC posterior al bolo de líquidos	Porcentaje de descenso de la IDVC posterior al bolo de líquidos se calculó así: $\% \text{ de cambio} = \frac{\text{IDVC posbolo}}{\text{IDVC basal}} \times 100$ $\% \text{ de descenso} = 100 - \% \text{ de cambio}$	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente

Anexo B. Variables explicatorias.

Variable	Conceptual	Tipo de variable	Codificación	Relación entre variables
Variabilidad del diámetro de la VCI: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente entre la diferencia del diámetro máx y mín de la VCI en un ciclo respiratorio en un paciente bajo ventilación mecánica sobre el promedio del diámetro máx y mín de la VCI en dichas condiciones, cuyo resultado debe ser multiplicado por 100; medido antes del bolo de líquidos</p> $\text{VDVCI} = 100 \times \frac{D \text{ máx} - D \text{ mín}}{D \text{ prom}}$ <p>Donde: VDVCI: Variación del Diámetro de la VCI D máx: Diámetro máximo de la VCI (Durante la inspiración) D mín: Diámetro mínimo de la VCI (Durante la espiración)</p> <p>Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Índice de colapsabilidad de la VCI: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente entre la diferencia del diámetro máx y mín de la VCI en un ciclo respiratorio en un paciente bajo ventilación mecánica sobre el diámetro máx de la VCI, cuyo resultado debe ser multiplicado por 100; medido antes del bolo de líquidos</p> $\text{ICVCI} = 100 \times \frac{D \text{ máx} - D \text{ mín}}{D \text{ máx}}$ <p>Donde: ICVCI: Índice de colapsabilidad del Diámetro de la VCI D máx: Diámetro máximo de la VCI (Durante la inspiración) D mín: Diámetro mínimo de la VCI (Durante la espiración)</p> <p>Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente
Índice de distensibilidad de la VCI: antes y después del bolo de líquidos	<p>Es el cociente entre la diferencia del diámetro máx y mín de la VCI en un ciclo respiratorio en un paciente bajo ventilación mecánica sobre el diámetro mín de la VCI, cuyo resultado debe ser multiplicado por 100; medido antes del bolo de líquidos</p> $\text{IDVCI} = 100 \times \frac{D \text{ máx} - D \text{ mín}}{D \text{ mín}}$ <p>Donde: IDVCI: Índice de distensibilidad del Diámetro de la VCI</p>	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente

	<p>D máx: Diámetro máximo de la VCI (Durante la inspiración) D mín: Diámetro mínimo de la VCI (Durante la espiración)</p> <p>Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>			
<p>Variación de presión de pulso: antes y después del bolo de líquidos</p>	<p>Es el cociente entre la diferencia de la presión de pulso máxima y la presión de pulso mínima sobre el promedio de la presión de pulso máxima y la presión de pulso mínima, cuyo resultado debe ser multiplicado por 100; medido antes del bolo de líquidos.</p> $\mathbf{VPP} = 100 \times \frac{PP \text{ máx} - PP \text{ mín}}{PP \text{ prom}}$ <p>Donde: VPP: Variación de Presión de pulso (PP) PP máx: Presión de pulso máxima PP mín: Presión de pulso mínima</p> <p>Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos.</p>	Cuantitativa	Porcentaje	Dependiente

Anexo C. Variables independientes.

Variable	Definición Conceptual	Tipo de variable	Codificación	Relación entre variables
Edad	Tiempo transcurrido en años cumplidos hasta el momento del ingreso al estudio	Cuantitativa de razón en años	Números absolutos	Independiente
Sexo	Sexo al que corresponde el paciente que ingresa al estudio	Cualitativa nominal	Masculino - Femenino	Independiente
Peso	Peso del paciente referido por el mismo o estimado por el anesthesiólogo	Cuantitativa en Kilogramos	Números absolutos	Independiente
Talla	Talla del paciente referido por el mismo o estimado por el anesthesiólogo	Cuantitativa en centímetros	Números absolutos	Independiente
Antecedentes	Antecedentes previos del paciente	Cualitativa nominal	Nombre de los antecedentes previos de los pacientes	Independiente
Diagnóstico	Diagnóstico con el que entra el paciente a sala de cirugía	Cualitativa nominal	Nombre del Diagnóstico con el que ingresó a sala de cirugía	Independiente
Tipo de choque	Tipo de choque con el que se sospecha esté cursando el paciente	Cualitativa nominal	Hipovolémico Distributivo Cardiogénico Neurogénico Ninguno	Independiente
Tiempo de Evolución del choque	Tiempo de evolución en horas desde el inicio del choque hasta el momento en que se toman medidas de VPP, VDVCi, ICVCI e IDVCI	Cuantitativa en horas	Números absolutos	Independiente
Cantidad de líquidos endovenosos aplicados	Cantidad de líquidos endovenosos aplicados hasta antes de medir variabilidad del diámetro de la VCI y variación de presión de pulso	Cuantitativa en mililitros	Números absolutos	Independiente
Requerimiento de vasopresores o inotrópicos	Necesidad de uso de fármacos que producen aumento del tono vascular (noradrenalina, adrenalina, etilefrina) o aumento de cronotropismo y inotropismo (Dopamina o dobutamina)	Cualitativa nominal	Si – No	Independiente
Tipo de soporte vasopresor	Si utilizó algún vasopresor o inotrópico aclarar cuál fue.	Cualitativa nominal	Nombre del vasopresor o	Independiente

y/o inotrópico utilizado			inotrópico empleado	
Modo ventilatorio	Modo ventilatorio en el que se encuentra programado el paciente al momento de tomar las medidas de VPP, VDVCI, ICVCI e IDVCI	Cualitativa nominal	Ventilación controlada por volumen o por presión	Independiente
Vol. corriente	Vol. corriente con el que se encuentra programado el paciente al momento de tomar las medidas de VPP, VDVCI, ICVCI e IDVCI	Cuantitativa en ml	Números absolutos	Independiente
PEEP	PEEP con el que se encuentra programado el paciente al momento de tomar las medidas de VPP, VDVCI, ICVCI e IDVCI	Cuantitativa en cm de H2O	Números absolutos	Independiente
Bolo de líquidos	Cantidad en mililitros empleada como carga de volumen (según indicación de su especialista tratante)	Cuantitativa en ml	Números absolutos	Independiente
Diám. De la VCI al final de la inspiración: antes y después del bolo de líquidos	Diámetro de la VCI medido 2 cm hacia distal de la entrada de la VCI a la aurícula derecha durante el final de la inspiración. Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos	Cuantitativa	Números absolutos	Dependiente
Diám. De la VCI al final de la Espiración: antes y después del bolo de líquidos	Diámetro de la VCI medido 2 cm hacia distal de la entrada de la VCI a la aurícula derecha durante el final de la espiración. Se tomó esta medida antes del bolo de líquidos y después del bolo de líquidos	Cuantitativa	Números absolutos	Dependiente

Anexo D. Aspectos éticos.

Acorde a los principios establecidos en la declaración de Helsinki y la Resolución N°. 008430 de Octubre 4 de 1993 y debido a que esta investigación se consideró como de riesgo mínimo (puesto que el presente estudio es de carácter prospectivo, descriptivo y analítico, donde se tomarán datos de registro del historial clínico y del monitoreo empleado por el anestesiólogo o el intensivista durante la estancia del paciente en quirófano o en unidad de cuidado intensivo) y en cumplimiento con los aspectos mencionados con el artículo 6 de la presente resolución, este estudio se desarrollará conforme a los siguientes criterios:

1. El diseño del presente estudio y su ejecución se regirá por los Principios bioéticos tal como se expone a continuación:

✓ Principio de Beneficencia, que se garantizará partiendo de que a nuestro estudio solo ingresan aquellos pacientes en los que por su condición clínica y/o el tipo de cirugía al cuál serán sometidos, se requiera monitorizarán de forma completa, tanto de forma no invasiva (con capnografía, cardiovisoscopia, pulsioximetría, medición ecográfica de los diámetros de la vena cava inferior en inspiración y espiración máxima), como invasiva (tensión arterial invasiva medida por línea arterial), y no realizando monitoreo completa de forma estandarizada a todos los pacientes, sin necesidad de requerirla, esto con el fin de no agregarle más riesgos a los pacientes con el monitoreo invasivo.

✓ Principio de No Maleficencia reflejado en que nuestro estudio no se realizará ningún tipo de intervención adicional al paciente – es decir, no se realizarán intervenciones diferentes a la que su anestesiólogo tratante considere que el paciente requiera- que pudiera agregar mayor morbimortalidad a su condición de base.

✓ Principio de Justicia, se aplicará con la lista de criterios de inclusión y exclusión y no seleccionando a los pacientes según la disponibilidad y vulnerabilidad de los mismos.

✓ Principio de Autonomía, aunque se ve disminuido en estos pacientes, puesto que los pacientes elegibles para este estudio se encuentran bajo estado de anestesia o sedación, se respetará solicitando permiso de otras personas como padres, acompañantes o tutores legales, a quienes se les explicará los potenciales riesgos y beneficios de participar en la investigación, sin ejercer mecanismos coercitivos o sin influenciar la decisión de su acudiente, tal como se indica en el informe de Belmont.

2. El presente estudio no es de carácter experimental, sino prospectivo, descriptivo y analítico, donde un estudiante de posgrado de anestesiología y reanimación tomará datos del registro de la historia clínica y del monitoreo empleado por el anesthesiólogo o el intensivista titular del caso durante la estancia del paciente en quirófano o en unidad de cuidado intensivo, respectivamente.

3. No es posible evaluar la correlación entre la variación de presión de pulso y la variabilidad del diámetro de la vena cava inferior de otra forma diferente a la de tomar los datos que se registran del monitoreo de los pacientes bajo ventilación mecánica en tiempo real, puesto que los resultados derivados de esto son reproducibles en el ser humano, y no requieren extrapolarse como ocurriría en caso de realizarse en animales.

4. Este estudio descriptivo no representa per se riesgos adicionales para el paciente, puesto que no plantea realizar monitoreo invasivo o no invasivo que el paciente no requiera solo para fines académicos, sino que a partir del monitoreo que su condición clínica de base requiera se extraerán datos; dicho en otras palabras, el monitoreo que recibiría este paciente, igual la recibiría así no se llevara a cabo este estudio.

5. Las garantías de seguridad que se deben proporcionar en esta propuesta van enfocadas hacia la seguridad de la privacidad de los datos personales de cada paciente y de los obtenidos de su historial clínico, lo cual será manejado bajo lo estipulado en la Ley 1581 de 2012, garantizándose la intimidad y confidencialidad de la información personal, que se utilizará solo por los investigadores a cargo, restringiéndose el acceso a la misma a cualquier otra persona ajena a la

investigación. Para garantizar la confidencialidad, en la base de datos, cada paciente tendrá un consecutivo y se evitará registrar número de historia clínica y nombre del paciente.

6. Se contará con el consentimiento informado y por escrito, que en el caso del presente estudio será firmado por el representante legal del paciente, antes de iniciar la recolección de datos de cada paciente.

7. Con el fin de entender y profundizar las implicaciones éticas que generan los estudios clínicos, el investigador y su director realizaron el curso de capacitación de la Oficina de investigaciones de Institutos Nacionales de Salud (NIH) a través de Internet “Protección de los participantes humanos de la investigación”.

8. Así mismo, la presente propuesta ya fue avalada por el Dr. Juan Paulo Serrano (Subdirector del área quirúrgica del Hospital Universitario de Santander, donde se realizará la investigación) y será sometido a la aprobación del Comité de Ética en Investigación Científica – CEINCI de la Universidad Industrial de Santander. Una vez sea aprobada por ambas partes, se iniciará su ejecución, previo consentimiento informado diligenciado de cada uno de los participantes (o en su defecto sus representantes o tutores).

9. Se solicitará autorización al comité de ética para participar en los posibles estudios que se pudieran generar a futuro del presente trabajo y de la elaboración de su base de datos.

Anexo E. Instrumento de recolección.

Estudio: Correlación entre la variabilidad del diámetro de la Vena Cava Inferior y Variabilidad de presión de pulso en pacientes en estado de choque bajo ventilación mecánica invasiva controlada

Versión 5.0

(22/8/2018)

Nombre:		Código:	
CC:	Ubicación:		Fecha:
Edad:	Peso:	Talla:	Sexo:

Antecedentes:			
Diagnóstico:			
Paciente se encuentra en Choque?		Si:	No:
Tipo de Choque?			Hipovolémico:
Cardiogénico:	Obstrutivo:	Séptico:	Neurogénico:
Tiempo de evolución del choque?			

Cantidad de LEV suministrados hasta antes de medir variabilidad del diámetro de la Vena cava inferior (1 hora antes y 6 horas antes):	
¿Requirió vasopresores o inotrópicos antes de realizar mediciones de VPP y VDVCÍ?	
Tipo de vasopresor o inotrópico?	A que dosis?
Modo Ventilatorio con el que se encuentra actualmente el paciente?	
Volumen Corriente con el cuál se está ventilando al paciente actualmente?	
PEEP con el cuál se está ventilando al paciente actualmente?	
Requirió bolo de Líquidos?	Cuanto recibió de bolo?

ANTES DEL BOLO DE LÍQUIDOS			POSTERIOR AL BOLO DE LÍQUIDOS		
VPP:			VPP:		
Ventana:	Modo B	Diám Máx:	Ventana:	Modo B	Diám Máx:
		Diám Mín:			Diám Mín:
	Modo M	Diám Máx:		Modo M	Diám Máx:
		Diám Mín:			Diám Mín:

Nombre de la persona que recogió estos datos
--

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE SALUD

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN

Título del Trabajo: "CORRELACION ENTRE EL DIÁMETRO DE VENA CAVA INFERIOR Y VARIABILIDAD DE PRESION DE PULSO EN PACIENTES CRÍTICOS"

Resumen del proyecto: Apreciado familiar, mi nombre es María Mónica Villa Acuña, soy médica y en la actualidad estudiante del Programa de Anestesiología y Reanimación de la Universidad Industrial de Santander, y bajo la supervisión de mi Director de trabajo de grado Héctor Julio Meléndez, y mis codirectores: Rafael Serrano y René Díaz, me encuentro desarrollando un proyecto de investigación en pacientes críticamente enfermos para comparar los cambios entre el diámetro de la vena cava inferior (vaso de baja presión por donde viaja la sangre desde las piernas hacia el corazón) y los cambios entre la tensión arterial en el Hospital Universitario de Santander, sitio de práctica de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de estudiar instrumentos que permitan vigilar de forma no invasiva (es decir sin tener que operarlos o puncionarlos) a los pacientes que se encuentren en esta condición. Es por ello que solicitamos autorización a usted (como representante de su familiar hospitalizado) para que nos permita acceder a los registros de la historia clínica, a tomar signos vitales y a medir el diámetro de la vena cava por medio de ecografía (tal como se ilustra en las **Fig 11** y **12**), pero antes de que usted tome esta decisión, le suministraré toda la información necesaria acerca de la investigación.

Cómo lo he indicado anteriormente, para llevar a cabo esta investigación requiero de su autorización, para acceder a los registros de la historia clínica de su familiar con el fin de obtener información de:

1. Obtener de la historia clínica datos personales (como la edad y la cédula, esta última con el fin de acceder a la historia clínica del paciente para obtener datos

relacionados a su enfermedad) y del proceso de enfermedad, así como del tratamiento recibido, tales como peso, talla, antecedentes clínicos y Diagnóstico.

2. Registrar datos del monitoreo o vigilancia que se le realizan a su familiar en la unidad de cuidados intensivos o cirugía tales como la presión arterial y los diámetros de la vena cava inferior con el fin ingresarlos a nuestro archivo. Estos datos son tomados por el personal de salud a cargo de la atención de su familiar utilizando equipos como el ecógrafo o realizando punción en la arteria.

La tensión arterial es un dato que se obtiene de una aguja plástica que se pone directamente en la arteria, tal como lo indica la **Fig 11**.

Fig 11. Inserción de catéter para monitoreo de presión arterial invasiva



Esta forma de vigilancia de la tensión arterial se le hará a su familiar solo cuando él lo requiera, según lo considere su médico tratante (anestesiólogo o intensivista) y acorde a las enfermedades que tenga su familiar y/o procedimientos que él requiera.

La vigilancia del diámetro de la vena cava inferior se hace a través de un examen ecográfico, en el cuál se barre el estómago de su familiar o amigo con una pala untada de gel, así como se indica en la **Fig 12**. Cabe mencionar que este examen, al igual que el anterior, solo le tomará al paciente cuando el médico tratante lo indique, o porque el estado de salud de su familiar así lo requiera.

Fig 12. Ubicación de transductor en ventana subxifoidea para monitoreo de la VCI.



Los anteriores procedimientos son realizados en la unidad de cuidados intensivos o cirugía con el propósito de evaluar la respuesta al tratamiento con líquidos por vena que tendrá el paciente. Se aclara que, aunque en el momento existen otras herramientas tecnológicas aceptadas para evaluar respuesta al tratamiento con líquidos por vena, no están disponibles en nuestro medio; en cambio, tenemos ecógrafo a nuestra disposición y de forma permanente, por lo que es necesario desarrollar este estudio para examinar si estos dos exámenes se comparan o no, y emplear en el futuro solo herramientas no invasivas para vigilar a los pacientes críticamente enfermos.

Cabe aclarar que la realización de este estudio no influye en la decisión de los médicos especialistas (anestesiólogos o intensivistas) sobre uno u otro examen o tratamiento que se le vaya a hacer a su familiar; es decir, si nuestro estudio no se llevara a cabo, de igual forma los especialistas vigilarían a su familiar con las herramientas mencionadas en las **Fig 11** y **Fig 12**, solo si sus enfermedades o intervenciones quirúrgicas lo ameritan.

En este orden de ideas, las molestias que pudiera presentar su familiar por dichos exámenes (ver **Fig 11**) - tales como: dolor en el sitio de canalización de la línea arterial, hematoma o sangrado- son consecuencia de la atención habitual que recibe en la actualidad su familiar, más no son secundarias a nuestro estudio, puesto que el presente estudio no pretende realizar experimentos en su familiar o amigo.

Acorde a las leyes colombianas sobre ética en investigación, Resolución N°. 008430 de 1993 (4 /10 /1993), este estudio se cataloga como de riesgo mínimo, teniendo en cuenta que se usarán registros de la historia clínica y del examen físico, así como exámenes diagnósticos rutinarios que requiera el paciente, sin intervenir de forma intencional sobre él; sin embargo, en algunas ocasiones, cuando el anestesiólogo tratante se encuentre en el mismo turno conmigo, la investigadora principal, estaré en el deber de ayudarlo al anestesiólogo a tomar las medidas de tensión obtenidas por línea arterial y las medidas de variabilidad del diámetro de la vena cava por medio del ecógrafo, teniendo en cuenta que estas son obligaciones mías dentro del posgrado de Anestesiología y Reanimación, como residente de dicha especialidad. En cambio, cuando el anestesiólogo tratante se encuentre de turno con otro residente de anestesiología, este último será quien le ayude al anestesiólogo a tomar las medidas previamente nombradas y yo como investigadora principal solo registraré los datos en el formato de recolección de datos.

Esta investigación tiene como objetivo recolectar 50 pacientes, en un tiempo estimado entre 3 y 6 meses, y evaluar en ellos si los 2 exámenes de los que hemos venido hablando se relacionan entre sí, sugiriendo a futuro el uso solamente de herramientas no invasivas, y que se pueda excluir de monitoreo invasivo a los pacientes, que en ocasiones puede generar riesgos y/o molestias para el paciente, siendo este el principal beneficio de este estudio.

De antemano le garantizamos que la información personal brindada por usted (en calidad de familiar) y la derivada del historial médico de su familiar, será manejada solamente por los investigadores a cargo de este estudio y para fines exclusivamente académicos, manteniéndose en todo momento la confidencialidad de sus datos personales, en la medida en la que una vez se ingresen todos los registros a nuestra base de datos, el nombre de su familiar y la cédula serán

reemplazados por un registro de ingreso único a dicha base de datos, y se eliminará de los registros dentro del instrumento de recolección el nombre y cédula de su familiar.

También deseamos explicarle que su autorización para la participación de su familiar es absolutamente voluntaria, no genera ningún costo y que su rechazo para participar en la misma no implicará dificultad alguna para que su familiar y/o amigo(a) continúe con su proceso de atención, ni traerá consecuencias negativas para él (o ella).

Debe tener claridad con respecto a que: nuestro estudio no indicará la realización de algún tipo de intervención a su familiar, que todas las intervenciones que reciba su paciente serán indicadas a cargo de su médico tratante, porque así lo amerite el estado de salud de su familiar. Los resultados de esta investigación no influirán sobre el proceso de atención que recibe su familiar o amigo, debido a que las decisiones acerca de la atención las tomará el médico tratante, dado que sobre el tratamiento del paciente se basarán en los resultados de la vigilancia que el mismo hace a través de los exámenes realizados (ver **Fig 11** y **Fig 12**), los cuáles son los mismos datos que nosotros recogeremos para nuestro archivo, para llevar a cabo el presente estudio. Por consiguiente, las complicaciones que se deriven del monitoreo con línea arterial, no son responsabilidad nuestra, puesto que nosotros no canalizamos las líneas arteriales, ni indicamos canalizarlas, esto es función de su médico tratante, por tanto, no requerimos ofrecer pólizas de riesgos.

También aclaramos que la persona indicada para darle información sobre el estado actual de su familiar y su pronóstico es el médico tratante y no nosotros; sin embargo, usted está en el derecho a que el investigador le explique sobre la información obtenida durante el estudio a través de los exámenes explicados anteriormente (ver **Fig 11** y **Fig 12**), lo cual no reemplaza el informe médico oficial sobre el estado de salud de su familiar; esto se hará a pesar de que el conocimiento

de dicha información pudiera llevarlo a cambiar de decisión con respecto a la participación de su familiar en el estudio.

Consentimiento Informado:

Yo _____ en calidad de acudiente del paciente _____, con parentesco o relación de _____, identificado con cédula de ciudadanía _____ declaro estar de acuerdo en que mi familiar y/o amigo(a) participe en el estudio "correlación entre el diámetro de vena cava inferior y variabilidad de presión de pulso en pacientes críticos".

Certifico que he sido informado(a), de forma clara sobre el objetivo de dicha investigación, que mi proceder para colaborar con la misma es voluntaria y que los datos por mi proporcionados, así como los derivados de la consulta de la historia clínica que corresponde al paciente _____ (quien se encuentra intubado y no puede decidir por sí mismo en este momento), serán tratados de forma ética, bajo los principios de confidencialidad e intimidad, siendo utilizados solo para fines académicos de esta investigación.

Igualmente certifico que he entendido y comprendido la naturaleza de este estudio. Si tiene preguntas relacionadas con los derechos de su familiar como sujeto de investigación, contactar en la ciudad de Bucaramanga al Comité de Ética en Investigación Científica de la Universidad Industrial de Santander (CEINCI), Sra. Dora Inés Parra –Presidenta CEINCI UIS-, número 6344000, extensión 3808, dirección cra. 19 # 35 – 02, email: comitedetica@uis.edu.co, cuya función es velar por el cumplimiento de los aspectos éticos en la investigación e investigar situaciones de mala práctica relacionadas con el proceso de ejecución de este proyecto.

Nombre del acudiente del paciente: _____

Dirección: _____

Parentesco:

Fecha:

Hora:

Firma Acudiente del participante:

Huella del acudiente:

(en caso de no saber firmar)



Nombre Testigo # 1:

Dirección:

Parentesco con el paciente:

Firma:

Nombre Testigo # 2:

Dirección:

Parentesco con el paciente:

Firma:

Firma Investigador Responsable de la toma del consentimiento informado

Maria Mónica Villa Acuña

Cel. 310 5544200

Email: mariam_villa@hotmail.com

En caso de requerir ampliación de la información, también puede contactarse con el director y co-directores del trabajo de grado:

- ✓ Héctor Julio Meléndez (Director en Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga), cel: 3158777590. Correo electrónico: hjmelendez@yahoo.com
- ✓ Rafael Serrano (Codirector en Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga), cel: 3115920373. Correo electrónico: rafaser@yahoo.com