



**Facultad de Ciencias Médicas
Universidad Nacional de Rosario
Carrera de Especialización en Anestesiología**

TRABAJO FINAL

Índice de colapsabilidad de la vena yugular interna derecha como predictor de precarga

ALUMNO

Mallia, María Cecilia
e-mail: cecimallia87@gmail.com

TUTOR

Dr. Alet, Nicolás Alberto

CO-TUTOR DEL PROYECTO

Dr. Pérez, Eduardo Carlos

RADICACIÓN DEL PROYECTO

Hospital Provincial del Centenario, Rosario, Santa Fe.

INDICE

| | |
|----------------------------|----|
| RESUMEN..... | 3 |
| PALABRAS CLAVES..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 10 |
| RESULTADOS..... | 16 |
| DISCUSIÓN..... | 20 |
| CONCLUSIÓN | 23 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 24 |
| ANEXO..... | 27 |

RESUMEN

Introducción: La valoración clínica del volumen intra-vascular debe tenerse en cuenta para un adecuado manejo hemodinámico. La variación del diámetro de la vena cava inferior predice la respuesta a fluidos, aunque a veces es dificultosa su determinación. La colapsabilidad de la vena yugular interna derecha “VYId” podría ser una opción válida y más simple. **Objetivo:** Correlacionar las variaciones respiratorias del diámetro de la VCI, con las de la VYId, a través de sus índices de colapsabilidad (IC), para determinar la capacidad del IC-VYId en identificar pacientes respondedores a fluidos. **Materiales y métodos:** Estudio observacional, transversal, con mediciones ultrasonográficas de la VCI y VYId en pacientes sometidos a anestesia general programada, valorando las modificaciones de las mismas luego de una prueba de fluidos. **Resultados:** En 69 pacientes se encontró una correlación entre el IC-VCI y IC-VYId antes y después de la administración de líquidos ($p \leq 0,001$; $p = 0,005$ respectivamente). Se obtuvo reciprocidad entre IC área vascular de la VYId “ICa-VYId” con IC-VYId en la primera etapa ($p \leq 0,005$), no encontrándose correlación después de la administración de líquidos ($p = 0,54$). Se hallaron los siguientes valores de corte del IC-VYId para predecir respuesta a fluidos: $\geq 27\%$ (sensibilidad: 88,9%, especificidad: 55%); $\geq 30\%$ (sensibilidad: 83,3%, especificidad: 63,2%) y $\geq 20\%$ (sensibilidad: 92,9%, especificidad: 74,2%) para los valores de referencia del IC-VCI de $\geq 43\%$; $\geq 40\%$ y $\geq 25\%$ respectivamente. **Conclusión:** El IC-VYId se correlaciona con el IC-VCI, pudiendo ser un predictor del estado de precarga en ventilación espontánea con valores de corte estimados de $\geq 27\%$; $\geq 30\%$ ó $\geq 20\%$. No hubo relación entre IC-VYId con ICa-VYId.

PALABRAS CLAVE

Vena yugular interna, vena cava inferior, presión venosa central, precarga, monitoreo hemodinámico, colapsabilidad, respuesta a fluidos, anestesia, ultrasonografía

INTRODUCCIÓN

La reanimación con líquidos y la administración de fármacos vasoactivos son los pilares de la práctica terapéutica para la estabilización hemodinámica en el paciente crítico. Sin embargo, elegir la estrategia de reanimación más beneficiosa suele ser un desafío. Una infusión hídrica excesiva inadecuada puede ser perjudicial, ya que por ejemplo podrá causar edema pulmonar que deteriorará aún más la condición del paciente. Por otro lado, el soporte inotrópico y los vasopresores no tendrán éxito en caso de depleción de volumen pudiendo desencadenar estados arritmogénicos. ⁽¹⁾

Desde el ámbito de la práctica anestesiológica, es frecuente que muchos de los pacientes que van a recibir anestesia general, incluso para cirugía programada, tengan un balance hidroelectrolítico negativo por lo que a menudo y en sincrónica con la inducción y mantenimiento de la anestesia desarrollen un desequilibrio hemodinámico, expresado en su forma más leve con hipotensión.

Por lo tanto, es imprescindible estimar el estado del volumen intra-vascular del paciente (la precarga-dependencia) en el peri-operatorio para adecuar las conductas de hidratación evitando tanto la infra como la sobre-hidratación inadecuada. ⁽¹⁻²⁾ Con el advenimiento de la ultrasonografía y su reciente incorporación a la labor del anesestesiólogo, podemos obtener de forma no invasiva información valiosa que nos permitirá mejorar la interpretación tanto de eventos hemodinámicos como de otra índole, lo cual simplificará y complementará el manejo anestésico.

Valoración de la precarga

La precarga es uno de los determinantes principales del gasto cardíaco. Se define como el grado de estiramiento máximo o tensión de las fibras miocárdicas antes del inicio de la contracción ventricular. Clínicamente se interpreta como equivalente a las presiones intra-cavitarias o los volúmenes tele diastólicos, si bien estos parámetros representan una aproximación del valor de la precarga. De éstos dos, se acepta al volumen tele-diastólico ventricular (VTDVI) como sinónimo de ésta. ⁽²⁾

Según la Ley de Frank – Starling, existe una relación positiva entre precarga y volumen sistólico, de tal forma que ante un aumento de la precarga ésta se traduce en un incremento del mismo. ⁽³⁾ Es decir que el corazón tiene una capacidad intrínseca de responder a

volúmenes de flujo sanguíneo crecientes. El aumento de la carga en el ventrículo, estira al miocardio e intensifica la afinidad que tiene la troponina C por el calcio, aumentando así la fuerza contráctil. La fuerza generada por cada fibra muscular es proporcional a la longitud inicial del sarcómero, y el estiramiento de cada fibra individual se relaciona con el volumen diastólico final del ventrículo. En el corazón humano, la fuerza máxima es generada con una longitud inicial del sarcómero de 2,2 micrómetros, una longitud que es rara vez excedida en condiciones normales. Si la longitud inicial del sarcómero es mayor o menor que esta medida óptima, la fuerza del músculo será menor debido a una menor superposición de los filamentos delgados y gruesos, en el caso de una longitud inicial mayor; y lo contrario, una excesiva superposición de los filamentos en los casos de una longitud menor. ⁽⁴⁾

Sin embargo, esta relación entre la precarga y volumen sistólico, como en la mayoría de los fenómenos fisiológicos de nuestro organismo, no es lineal, sino curvilínea. Por lo que, una vez alcanzado un valor concreto de precarga, incrementos posteriores no tienen traducción significativa en el volumen sistólico. ⁽²⁾

La representación gráfica de este comportamiento se denomina curva de Frank-Starling o curva de función ventricular, en la que se pueden delimitar dos zonas: una pendiente, donde cambios mínimos de la precarga originan un marcado incremento del volumen sistólico (zona de precarga-dependencia), y otra plana, donde el volumen de eyección apenas varía con las modificaciones de la precarga (zona de precarga-independencia). Este comportamiento determina que, para que se produzca un aumento del volumen sistólico izquierdo, ambos ventrículos deben operar en la parte pendiente o zona de precarga-dependencia de la curva de Frank-Starling. En caso contrario, cualquier medida terapéutica dirigida a incrementar la precarga (como la administración de fluidos) ocasionará tan sólo un aumento de las presiones intracardiacas sin beneficio hemodinámico alguno. ⁽²⁾

Por otro lado, la zona en la que opere el corazón puede verse alterada por factores como la poscarga y contractilidad, ya que un sujeto puede hallarse en la parte plana de la curva por hipo contractilidad o por aumento de la poscarga, situándose rápidamente en la zona de la pendiente al modificar estas causas.

Parámetros de evaluación de la precarga

Podemos estimar el estado de precarga a través de dos tipos de parámetros: estáticos y dinámicos. Los estáticos indican si las presiones de llenado son altas o bajas, proporcionando un valor fijo. Entre éstos parámetros dos de los más usados habitualmente son la presión venosa central (PVC) y la presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP) los cuales reflejarían las presiones tele-diastólica del ventrículo derecho e izquierdo respectivamente. ⁽²⁾ Éstos parámetros han sido objeto de múltiples estudios y revisiones, ya que tienen una alta tasa de fracaso en determinar la verdadera precarga, así como en predecir la respuesta a la administración de volumen. Esto se debe a la incapacidad que presentan para medir adecuadamente la precarga cardíaca en todas las condiciones hemodinámicas que se pueden presentar en los pacientes críticos (ej. pacientes con hiper-insuflación pulmonar, ventilados con PEEP, o hipertensión abdominal). En estas situaciones las presiones intra-vasculares pueden sobreestimar la presión transmural (es decir la presión que distiende las cavidades cardíacas y define la precarga). Asimismo, la relación entre el volumen y las presiones telediastólicas depende del grado de distensibilidad ventricular; de tal modo que, para un mismo volumen telediastólico, la presión intravascular dependerá del grado de distensibilidad y no del valor real de la precarga. ⁽³⁻⁵⁻⁶⁾ Actualmente y en consonancia a lo expresado, a guía de Campaña Sobreviviendo a la Sepsis ya no recomienda la medición de la PVC como guía para la infusión de líquidos ⁽²³⁾

Las mediciones que evalúan las interacciones de corazón – pulmón que ocurren con las variaciones respiratorias de la presión intra-torácica ofrecen una mejor estimación de la respuesta hemodinámica a la expansión de líquidos. ⁽⁷⁾ Estas mediciones corresponden a los parámetros dinámicos, que no reflejan una presión determinada, sino que permiten predecir la respuesta cardíaca ante una variación de la precarga, es decir permiten determinar en qué zona de la curva de Frank – Starling operan ambos ventrículos. Resultan ser una expresión transitoria, breve, del cambio volumen de eyección ante modificaciones de la precarga. ⁽²⁾ Cuanto mayor es la magnitud del cambio suponemos que nos encontramos ante un mayor grado de precarga-dependencia y por lo tanto la respuesta a la administración de líquidos será mayor.

Entre los que se pueden objetivar por ecografía trans-torácica se encuentran: variaciones respiratorias de las venas cavas y la elevación pasiva de las piernas. ⁽³⁾ Respecto a la vena

cava inferior (VCI), ésta es una vena de gran tamaño, complaciente y su diámetro tiene una alta correlación con la función de las cavidades derechas y volumen intra-vascular y su calibre no se ve afectado por la respuesta compensatoria vasoconstrictora que se genera ante la pérdida de volumen intra-vascular. ⁽⁸⁻⁹⁻¹⁹⁾

La variación respiratoria de la VCI es diferente según el paciente se encuentre bajo ventilación mecánica o en respiración espontánea. En el primer caso durante la fase inspiratoria, el aumento de la presión pleural es transmitido hacia la aurícula derecha (AD), lo que provoca una disminución del retorno venoso y dilata la VCI. Por el contrario, durante la espiración, la disminución de la presión intra-torácica favorece el retorno venoso y reduce el diámetro de la VCI. Estas oscilaciones en el diámetro de la VCI son más notorias en pacientes hipovolémicos y parecen ser amortiguadas en hiper-volémicos cuando la VCI es menos distensible. ⁽³⁾

En pacientes bajo respiración espontánea, la presión dentro de la VCI y su diámetro disminuye con la inspiración debido a que la AD es una estructura de pared delgada y complaciente y la presión en su interior cae con la presión pleural. Ésta caída de la PVC es transmitida a la VCI. La magnitud de la caída de la PVC durante la inspiración espontánea depende de tres variables: 1) la caída de la presión pleural; 2) el retorno venoso (RV) y 3) la función cardíaca. Es decir, la presión pleural tenderá a disminuir la PVC al igual que la función cardíaca mientras que el RV tenderá a aumentar la PVC. ⁽⁹⁾ Por otro lado, la presión y el diámetro de la VCI tenderá a ser mayor durante la espiración. Muller et al. ^(12,13) evaluaron las variaciones respiratorias de los diámetros mayor y menor de la VCI a través del índice de colapsabilidad de la VCI (IC-VCI) y reportaron que un valor de corte de 40%, permite predecir la capacidad de respuesta a fluidos con una sensibilidad del 70% y una especificidad del 80%. Del mismo modo, Airapetian et al. ⁽¹⁴⁾ reportaron que un IC-VCI mayor de 43% fue predictivo de la respuesta a fluidos con una sensibilidad del 31% y una especificidad del 97%. Mientras tanto el estudio clínico desarrollado por Keith A. et al. ⁽¹⁵⁾ hallaron un valor de corte ≥ 25 del IC-VCI para pacientes respondedores a fluidos en respiración espontánea con una sensibilidad del 87% y una especificidad del 81%.

Dichos índices se calculan midiendo los diámetros de la VCI por ultrasonografía desde la ventana sub-xifoidea. Sin embargo, en el 10% - 15% de los pacientes la medición no es posible por la obesidad, cirugía abdominal, exceso de gas intra-abdominal con aumento

de la presión y compresión extrínseca.⁽¹⁶⁾ Como hemos visto, los cambios de presión y de volumen dentro del compartimiento venoso sistémico intra-torácico se reflejan en las venas extra-torácicas.⁽¹⁸⁻²⁶⁾ En este sentido, la vena yugular interna (VYI) es una vena mayor, fácilmente accesible pudiendo convertirse en una alternativa a la VCI para estimar, a través de la ultrasonografía, la precarga y una eventual respuesta a fluidos a través de los índices mencionados.⁽¹⁶⁾ Parece ser que la VYI derecha (VYId) es mejor que la izquierda para estimar el estado de precarga. Aunque, no se ha determinado la razón del por qué, una explicación de esta diferencia podría ser que el flujo de sangre en la VYId es mayor y podría ser afectada en mayor medida por el cambio de volumen.⁽²⁴⁾

Killu et al.⁽¹⁷⁾ evaluaron la correlación entre el índice de colapsabilidad de VYI (IC-VYI) e hipovolemia a través de POC USG (*point of care ultrasonography*) y encontraron que un IC-VYI mayor o igual a 39% tiene una sensibilidad del 87,5% y una especificidad del 100% para identificar hipovolemia en pacientes en UCI.

Akilli et al.⁽¹⁸⁾ midieron el diámetro, área, y el índice de la VYI como indicador de shock hemorrágico en donantes de sangre sanos, encontrando que la medición de la VYI y sus respectivos índices de colapsabilidad son indicadores confiables de shock hemorrágico clase I.

Por otro lado, Jassim et al.⁽¹⁶⁾ compararon el IC-VYI, tanto del área y como de los diámetros antero-posteriores (AP) de este vaso, con el IC-VCI (también a partir de los diámetros AP) en pacientes internados en UCI bajo monitoreo invasivo de la PVC. Encontraron una correlación significativa entre el IC-VYI (área y diámetro AP) y el IC-VCI, y entre la PVC y el IC-VYI (área y diámetro) en paciente con sobre-elevación de tronco a 30°. Concluyeron, por tanto, que el IC-VYI a 30° se puede emplear como evaluación de primera línea para la determinación no invasiva al pie de la cama de la PVC y del estado de precarga en pacientes críticos y; que IC-VCI se puede utilizar como complemento o en condiciones donde la evaluación de la VYI no es posible, como en el caso de un traumatismo / cirugía de cuello.

Por lo expresado con anterioridad la vena yugular interna, puede ser una alternativa para las mismas estimaciones que se efectúan con la VCI, siendo una opción ciertamente estudiada y que arroja resultados equiparables.⁽²⁰⁾ Al mismo tiempo, el examen ultrasonográfico de la VYI es fácilmente accesible, reproducible, y no demanda mucha experticia pudiéndose realizar previo a la anestesia general con el objetivo de determinar

la situación hemodinámica del paciente.⁽¹⁷⁾ Esto permitiría planificar una estrategia adecuada para asegurar la estabilidad hemodinámica.

OBJETIVOS

Objetivo principal:

Correlacionar el índice de colapsabilidad de la VYId (IC-VYId) con el de la VCI para evaluar el estado de precarga dependencia a través de una prueba de fluidos.

Objetivos secundarios:

- Establecer un valor de corte para el IC-VYId a través del cual se pueda estimar la condición de respondedor y no respondedor a la administración de líquidos en relación a los valores de corte del IC-VCI propuestos en la bibliografía.
- Establecer una relación entre el índice de colapsabilidad del área vascular de la VYId (ICa-VYId) y el IC-VYId.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pacientes

El estudio se realizó cumpliendo con el código de ética de la OMS, Declaración de Helsinki, presentándose para su evaluación por el Comité de Ética del Hospital Provincial del Centenario de la ciudad de Rosario, elevándose asimismo al Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas de Rosario. Se trata de un estudio observacional, transversal, que se llevó a cabo en el período comprendido entre el mes de diciembre del año 2020 al mes de junio del año 2021. Previa aceptación a participar y firma del consentimiento informado, fueron incluidos pacientes de ambos sexos, de entre 18 y 65 años, ASA I y II, con un IMC menor a 50, en ventilación espontánea que recibieron anestesia general para cirugía programada.

Los criterios de exclusión fueron presencia de: 1) arritmias cardíacas; 2) valvulopatías; 3) cardiopatías isquémicas o de otra índole; 4) historia de radioterapia o cirugía en región de cuello o cervical; 5) trombosis en las venas mayores superiores; 6) catéter venoso insertado en la vena yugular interna derecha; 7) ascitis/hipertensión abdominal; 8) imposibilidad de visualizar adecuadamente la VCI 9) desorden autonómico; 10) hipertensión intra-craneana; 11) pacientes con alteraciones mentales/crisis de ansiedad; 12) embarazo; 13) contraindicación para agentes sedantes; 14) tratamiento con inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina o bloqueantes de los receptores de angiotensina; 15) atletismo de elite; 16) antecedentes de síncope vaso-vagales y 17) rechazo del paciente a participar del estudio.

Además de las variables de interés que serán mencionadas luego se registraron datos demográficos y antropométricos: edad (en años), sexo (femenino o masculino), altura (en metros), peso (en Kg) e IMC (en Kg/m²).

Debido a la pandemia del SARS-CoV-2 el estudio se llevó a cabo cumplimentando el protocolo de bioseguridad aprobado por el Hospital Provincial del Centenario, es decir el personal médico utilizó equipo de protección personal (EPP) correspondiente al nivel 3 (barbijo N95, antiparras, máscara facial, camisolín hidro-repelente y guantes), mientras que a los pacientes se les colocó barbijo quirúrgico, extremándose las condiciones de asepsia en cada procedimiento.

Ultrasonografía

Las mediciones de ultrasonido fueron realizadas por un operador de nivel básico de conocimiento en ultrasonografía, residente avanzado en la carrera de posgrado de anestesiología. Se empleó un ecógrafo SonoSite Micromaxx con transductor trans-torácico sectorial P17 de 5-1 MHz y transductor lineal L38e de 10-5 MHz.

La VCI se visualizó en modo bidimensional por la vista sub-xifoidea de eje largo y se reconoció mediante Doppler color con el transductor trans-torácico sectorial. Las variaciones respiratorias del diámetro de la VCI se evaluaron utilizando una imagen en modo M, aproximadamente a 3 cm de su desembocadura en el atrio derecho, durante un ciclo respiratorio. Se utilizó doppler de la onda de pulso para diferenciar la VCI de la aorta. Para asegurar medidas consistentes de la VCI, se realizó tres exploraciones en cada paciente y se escogió la imagen de escaneo de mejor calidad. ⁽¹³⁾ (Imagen I)

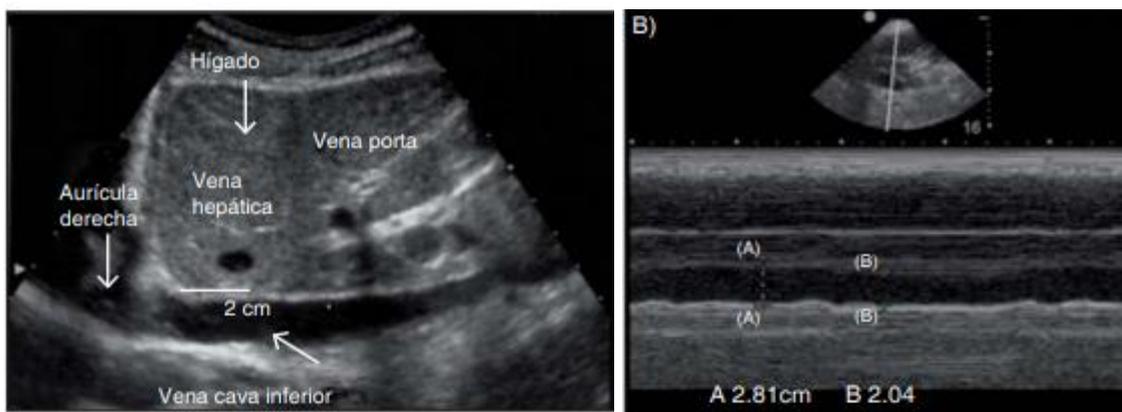


Imagen I – Ultrasonografía 2D de la VCI (izquierda) y; Ultrasonografía modo M de la VCI. A: diámetro máximo B: diámetro mínimo (derecha).

La VYId se visualizó con el transductor lineal, a través del modo bidimensional, a nivel del cartílago cricoides posicionándolo en forma perpendicular al eje del cuello a nivel de la línea hemi-clavicular, en la unión con la membrana cricotiroidea. ⁽¹⁸⁾ Se reconoció dicha estructura vascular por la compresión y el Doppler color. Para evitar cambios en el diámetro de la VYId no relacionados con las variaciones respiratorias se aplicó mínima presión hasta la interface piel-transductor. Se realizó medición del área vascular en modo bidimensional en inspiración y espiración a través de la congelación de la imagen (con la colaboración del paciente en las diferentes fases del ciclo ventilatorio); y de los diámetros

anteroposteriores inspiratorios y espiratorios (sin participación activa del paciente) durante un ciclo respiratorio a través del modo M. ⁽¹⁷⁾ (Imagen II)

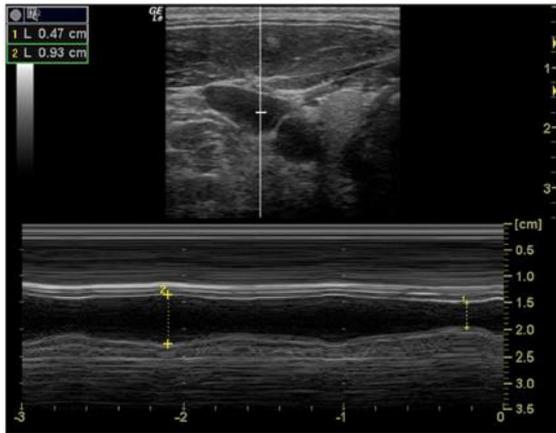


Imagen II– Colapsabilidad de la VYId durante el ciclo respiratorio con medición del diámetro anteroposterior máximo (espiración) y mínimo (inspiración) en modo M.

Para la obtención de los valores de las mediciones ultrasonográficas se utilizó el software incorporado al ecógrafo. Así, las mediciones de los diámetros (de ambas venas) correspondieron al eje anteroposterior (AP) expresándose en centímetros (cm) y la unidad de medida del área vascular (para la VYId) fue en centímetros cuadrados (cm²).

Mediciones

Las mediciones VCI y de la VYId se realizaron en el preoperatorio, en sala de preanestesia, luego de colocar un acceso vascular periférico, abbocath N° 18, y de proporcionar al paciente una sedación estándar con midazolam 0,03 mg/Kg, es decir, a los 5 minutos dicha dosificación.

El protocolo del estudio se desarrolló en dos etapas secuenciales. Las mismas se efectuaron con el paciente posicionado en decúbito supino, cabecera a 0° en relación al cuerpo. En una primera etapa se efectuó la medición de los diámetros máximo y mínimo de la VCI (diámetros correspondientes a la fase espiratoria e inspiratoria respectivamente) y posteriormente, se realizó la medición del área vascular máxima y mínima (correspondientemente a las fases de espiración e inspiración respectivamente) y de los diámetros máximo y mínimo de la VYId (misma correlación de diámetros con fases del ciclo respiratorio ya mencionado para la VCI).

Luego de obtener dichos diámetros se calcularon los índices de colapsabilidad para los diámetros, tanto de la VCI (IC-VCI) como de la VYId (IC-VYId), y el índice de colapsabilidad para el área de la VYId (ICa-VYId) aplicando las siguientes fórmulas:

$$\text{IC-VCI (\%)} = (\text{dVCI}_{\text{máx}} - \text{dVCI}_{\text{mín}}) / \text{dVCI}_{\text{máx}} * 100$$

$$\text{IC-VYId (\%)} = (\text{dVYId}_{\text{máx}} - \text{dVYId}_{\text{mín}}) / \text{dVYId}_{\text{máx}} * 100$$

$\text{dVCI}_{\text{máx}}$ = diámetro máximo VCI; $\text{dVCI}_{\text{mín}}$ = diámetro mínimo VCI

$\text{dVYId}_{\text{máx}}$ = diámetro máximo VYId; $\text{dVYId}_{\text{mín}}$ = diámetro mínimo VYId

$$\text{ICa-VYId (\%)} = (\text{área máxima} - \text{área mínima}) / \text{área máxima} * 100$$

En una segunda etapa, se efectuó una carga de fluidos de 4ml/Kg administrados en 5-10 minutos, volviéndose a registrar, luego de su finalización, las mismas mediciones en la VCI y VYId. Se calcularon nuevamente los índices de colapsabilidad de ambas venas para detectar variaciones posteriores a la terapia de fluidos. Paralelamente a las mediciones ultrasonográficas se monitorizó la frecuencia cardíaca (FC), la tensión arterial media (TAM) (con tensiómetro de tensión arterial no invasiva) y saturometría por oxímetro de pulso, a través del empleo del equipo multi-paramétrico Edam M8B. Se registraron dichas mediciones al momento cero (basal) es decir, luego de ingresar a la sala de pre-anestesia, a los 5 minutos de haber administrado la dosis de midazolam y luego de finalizada la carga de fluidos y previa a las mediciones ultrasonográficas de la segunda etapa; siempre con el paciente en decúbito supino con cabecera a 0°.

Las mediciones, los datos demográficos y antropométricos de cada paciente fueron registrados a través de una planilla de recolección individual.

Según los valores de corte del IC-VCI sugeridos por los autores Muller et al ⁽¹²⁾, Airapetian et al ⁽¹⁴⁾ y Keith et al ⁽¹⁵⁾ fueron considerados posibles respondedores a fluidos aquellos pacientes que en la primera etapa tenían un IC-VCI $\geq 40\%$; $\geq 43\%$ y $\geq 25\%$ respectivamente.

Se presenta el promedio acompañado del desvío estándar (DE) para describir las variables continuas y las frecuencias junto con los porcentajes para las variables categóricas.

Se analizó la capacidad predictiva del IC-VYId sobre la necesidad de carga de fluidos mediante un modelo de regresión logística y las correspondientes medidas diagnósticas: sensibilidad, especificidad, VPN, VPP. Los puntos de corte en el IC-VYId para cada corte del IC-VCI se eligieron en función del valor máximo del índice de Youden.⁽²¹⁾

Los resultados con una probabilidad asociada menor que 0,05 se considerarán estadísticamente significativos. Para el procesamiento se utilizó R Core Team (2019).⁽²²⁾

RESULTADOS

En el presente estudio se incluyeron 70 pacientes, de los cuales 38 fueron mujeres (54%). Las edades oscilaron entre los 15 y 60 años, siendo la edad promedio 35,5 años (DE: 12,9). En lo que respecta las características antropométricas, el IMC promedio resultó 27,3 (DE: 5,3), con un rango de 17,1-45,3. Se encontró dificultades en la obtención de las medidas ultrasonográficas de la VCI en 8 pacientes (12%), en 4 de ellos debido a abdomen globuloso estando vinculados con IMC altos (en los rangos de criterios de definición de obesidad); en 3 pacientes la dificultad se encontró por presentar interposición de asas intestinales y en uno por mostrar especial sensibilidad abdominal. Sin embargo, sólo uno de los pacientes debió ser excluido por la imposibilidad de identificar la VCI debido a abdomen globuloso, de manera que el análisis se continúa con un total de 69 pacientes.

Los pacientes mostraron una correlación positiva entre el IC-VCI y del IC-VYId, en la primera etapa ($p < 0,001$) y en la segunda etapa ($p = 0,005$). Después de la carga de fluidos tanto el IC-VCI como el IC-VYId presentaron valores significativamente más bajos con respecto a los iniciales (IC-VCI $p < 0,0001$; IC-VYId $p < 0,0001$) (Fig I).

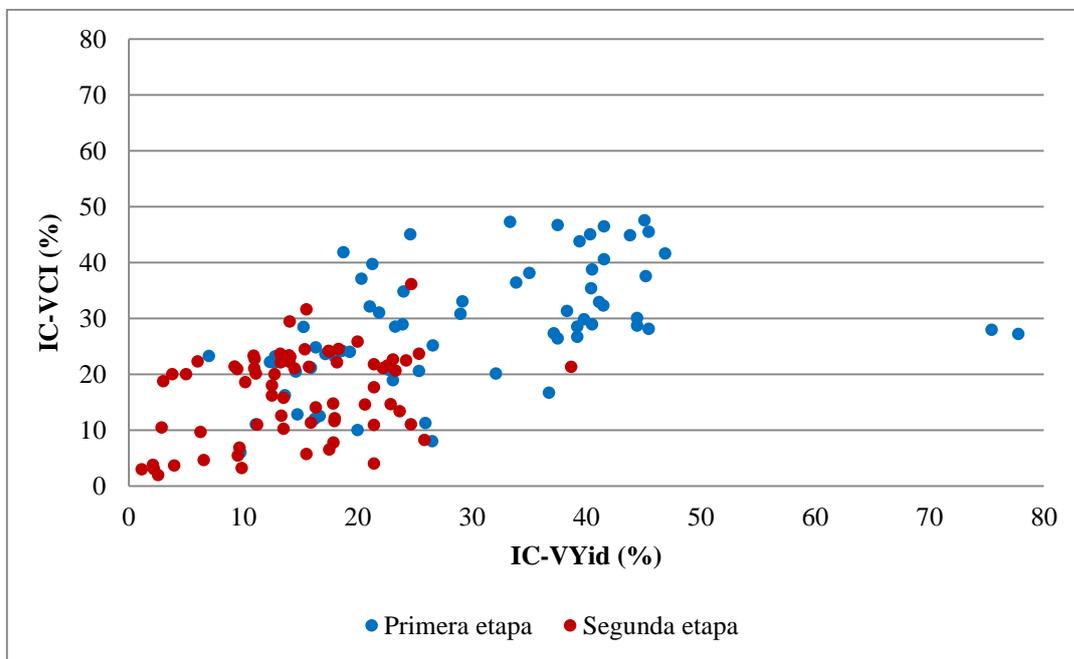


Fig I–Relación del IC-VCI y IC-VYId en la primera (coef. de correlación: 0,49; $p < 0,001$) y segunda etapa (coef. de correlación: 0,34; $p = 0,005$).

Por otro lado, se halló una correlación directa entre el IC-VYId y el ICa-VYId durante la primera etapa ($p=0,005$; Fig. II); a diferencia de la segunda etapa, donde no se encontró una relación significativa ($p=0,450$; Fig. III).

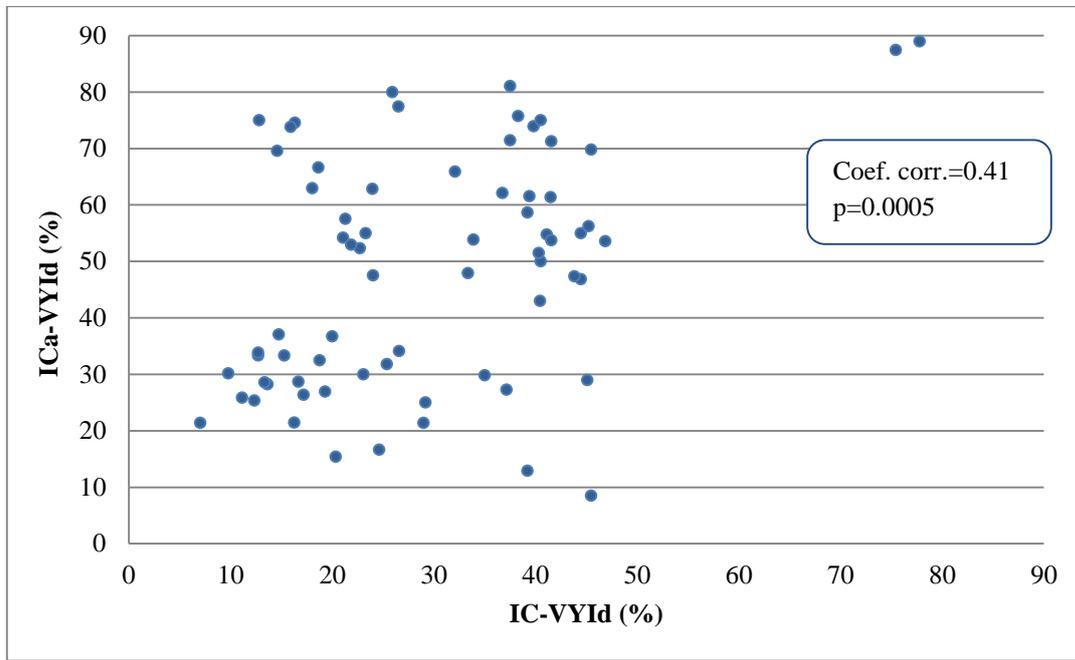


Fig II – Relación entre los valores de ICa-VYIdy el IC-VYId en la primera etapa.

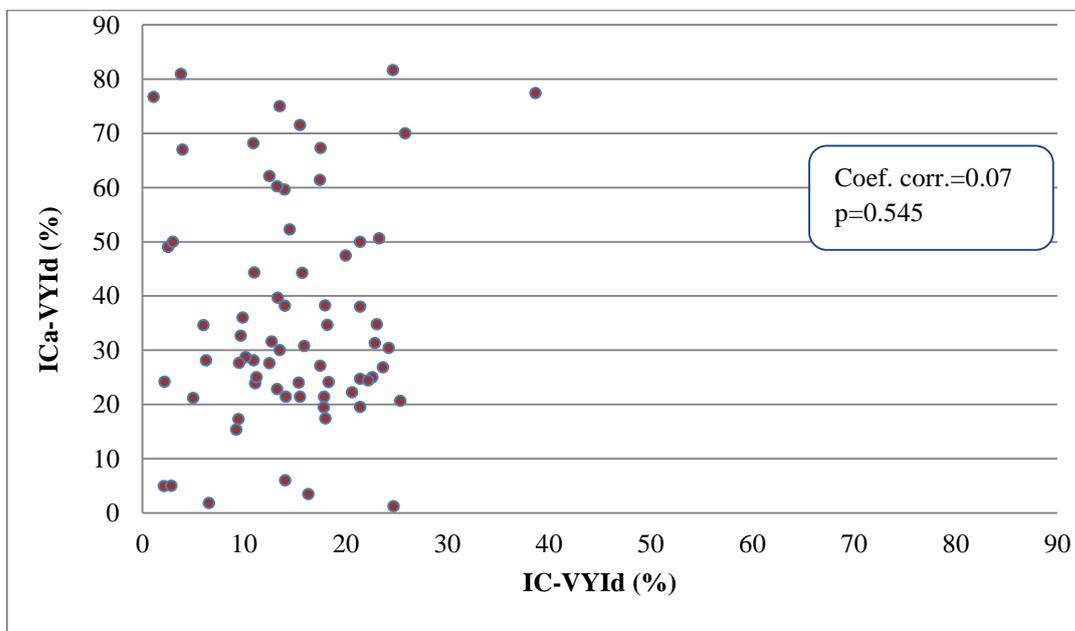


Fig III – Relación entre los valores de ICa-VYId y el IC-VYId en la segunda etapa.

Teniendo en cuenta los valores de referencia del IC-VCI para considerar a un paciente como presunto respondedor, definidos en Materiales y Métodos, se encontró lo siguiente: para un $IC-VCI \geq 40$ fueron respondedores el 17%; para un $IC \geq 43$ fueron respondedores el 13% y para un valor de corte del $IC-VCI \geq 25$, el 61%.

Para cada uno de los valores de corte mencionados, se estimó el valor de corte del IC-VYId teniendo en cuenta la combinación más adecuada de sensibilidad-especificidad. (Fig. IV y Anexo). De esta manera para un $IC-VCI \geq 43$, el correspondiente valor de corte para el IC-VYId es ≥ 27 , sensibilidad del 88,9% y especificidad del 55%. Asimismo, para un $IC-VCI \geq 40$, se encontró un valor de corte ≥ 30 para el IC-VYId, sensibilidad del 83,3% y especificidad del 63,2%. Por último, tomando como referencia un $IC-VCI \geq 25$, éste se correlaciona con un valor de corte ≥ 20 del IC-VYId, encontrándose una sensibilidad del 92,9% y una especificidad del 74,1% (Tabla I)

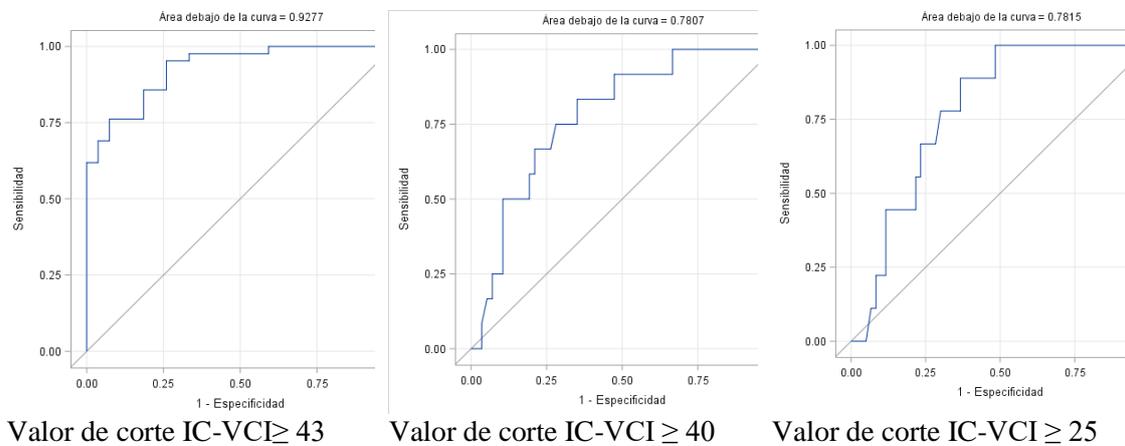


Fig IV—Curvas ROC del IC-VYId para los distintos valores de corte del IC-VCI

Tabla I- Valores de sensibilidad, especificidad, VPN y VPP de los puntos de corte del IC-VYId

| Valor de corte IC-VCI | Valor de corte IC- VYId | Sensibilidad | Especificidad | VPN | VPP |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|------------|------------|
| ≥ 43 | ≥ 27 | 88,9% | 55,0% | 97,1% | 22,9% |
| ≥ 40 | ≥ 30 | 83,3% | 63,2% | 94,7% | 32,3% |
| ≥ 25 | ≥ 20 | 92,9% | 74,1% | 87,0% | 84,8% |

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demostraron que el IC-VYId se correlaciona con el IC-VCI por lo que podría utilizarse para determinar la situación de *precarga-dependencia*, siendo al mismo tiempo un parámetro no invasivo y fácil de adquirir en pacientes que respiran espontáneamente. Esto se evidenció en que los pacientes presentaron un comportamiento semejante del IC-VYId y del IC-VCI antes y después de la carga de fluidos, mostrando en general valores más altos en la primera etapa del estudio, con un descenso de los índices luego de la administración de líquidos. Dichos resultados mencionados coinciden con el de la investigación de Murat et al. ⁽²⁵⁾, quienes evaluaron el comportamiento de los IC-VYI y del IC-VCI antes y después de una prueba de elevación pasiva de las piernas en pacientes en respiración espontánea mostrando valores mayores de dichos índices antes de la prueba con el descenso posterior. Es de destacar la concordancia con el presente estudio ya que la elevación de las piernas a 45° sobre el plano de la cama durante al menos 1 minuto equivaldría a una carga de volumen de aproximadamente 300 ml aunque con efecto transitorio. ⁽³⁾

En igual sentido Killu et al. ⁽¹⁷⁾ hallaron una relación entre el IC-VYI y la hipovolemia definida según los valores de signos vitales y las variaciones de la PVC en pacientes que se encontraban en UTI bajo ventilación mecánica y en respiración espontánea. Sin embargo, no correlacionaron las variaciones respiratorias de la VYI, con una variable de evaluación hemodinámica más fidedigna (ej variaciones del índice cardíaco); a diferencia del presente estudio que sí lo hizo con el IC-VCI.

Los valores de corte del IC-VYId hallados para predecir la respuesta a fluidos en pacientes en respiración espontánea que se corresponden con los valores de corte del IC-VCI propuestos por la literatura son: IC-VYId ≥ 27 % (sensibilidad del 88,9%, especificidad 55%) con IC-VCI ≥ 43 % (sensibilidad 31%, especificidad 97%) Airapetian et al. ⁽¹⁴⁾; IC-VYI ≥ 30 % (sensibilidad 83,3%, especificidad 63,2%) con IC-VCI ≥ 40 % (sensibilidad 70%, especificidad 80%), Muller et al. ⁽¹²⁾ y IC-VYId ≥ 20 % (sensibilidad 92,9%, especificidad 74,1%) con IC-VCI ≥ 25 % (sensibilidad 87%, especificidad 81%), Keith et al. ⁽¹⁵⁾

Analizando los tres valores de corte obtenidos del IC-VYId vemos que el que presenta una combinación más adecuada de sensibilidad y especificidad es el de ≥ 20 %, el cual a su

vez se correlaciona con el valor de corte del IC-VCI ≥ 25 % que es el que presenta también una relación más equilibrada entre sensibilidad y especificidad. Por lo tanto, podría inferirse que aquellos pacientes que presenten un IC-VYId ≥ 20 %, en respiración espontánea se podrían beneficiar de la administración de líquidos.

Al comparar los valores de corte del IC-VYId obtenidos en este estudio con los pre-establecidos del IC-VYI de la bibliografía encontramos que fueron inferiores al valor de corte hallado por Killu et al. ⁽¹⁷⁾ quienes determinaron que un IC-VYI ≥ 39 % identificaría a pacientes con hipovolemia tanto en respiración mecánica como espontánea con una sensibilidad del 87,5% y una especificidad del 100%. Sin embargo, este estudio fue realizado en pacientes críticos, algunos de los cuales se encontraban bajo tratamiento vasopresor. De forma similar, Murat et al. ⁽²⁵⁾ encontraron un valor de corte ≥ 36 % del IC-VYI en pacientes en respiración espontánea, pero con diagnóstico de sepsis y con mediciones efectuadas con sobre-elevación del tronco. Por otro lado, Yusuke et al. ⁽²⁴⁾ hallaron que un IC-VYId $\geq 11,4$ % predice respuesta a fluidos, pero en pacientes bajo ventilación mecánica y con diagnóstico de falla circulatoria. Los valores difieren a los determinados en la presente investigación pudiendo atribuirse esta discrepancia a que las poblaciones no son comparables.

Los resultados en este estudio demostraron que el ICa-VYId no presenta el mismo comportamiento que el IC-VYId, por lo que *a priori* no sería de utilidad para predecir respuesta a fluidos en pacientes en respiración espontánea. Esto podría explicarse dado que las mediciones necesarias para el cálculo del ICa-VYId en ventilación espontánea depende de la colaboración del paciente tanto en la fase inspiratoria como la espiratoria por lo que puede haber fluctuaciones importantes incluso en la misma etapa del estudio. Sin embargo, Akilli et al. ⁽¹⁸⁾, hallaron que tanto el IC-VYId como el ICa-VYId son indicadores confiables del shock hemorrágico clase I, al evidenciar que dichas variables exhiben un aumento después de la donación de sangre de 450ml (estado de precarga-dependencia). Se puede señalar que este caso no contrapone las variaciones de los índices con una variable de mayor confiabilidad para estimar repercusión hemodinámica, sino que lo hace en función de las modificaciones de los signos vitales (PAS y FC) los cuales están sujetos a la influencia de la edad, drogas administradas y estado cardiopulmonar. De igual modo Yusuke et al. ⁽²⁴⁾ encontraron que el IC-VYI y el ICa-VYId son predictores útiles de la respuesta a fluidos, luego de realizar la maniobra de elevación pasiva de las piernas en pacientes ventilados mecánicamente. A diferencia del presente trabajo ellos

tomaron como referencia para indicar que un paciente era respondedor el análisis de la onda de presión arterial a través del sistema Vigileo con determinación de la variación del volumen sistólico (VVS). Finalmente, Jassim et al. ⁽¹⁶⁾ también analizaron en pacientes sépticos en respiración espontánea la relación entre el IC-VCI con el IC-VYId y el ICa-VYId mostrando una fuerte correlación de estas tres variables pero dicha concordancia se halló con el tronco sobre-elevado a 30° encontrando que la reciprocidad era pobre a 0°. Al mismo tiempo estos investigadores mostraron una correspondencia del ICa-VYId con la PVC, a diferencia del presente trabajo que sólo comparó el ICa-VYId con el IC-VYId sin encontrar correlación.

Es de destacar que la VYI ha sido el objeto de estudio de otras tantas investigaciones, algunas de las cuales han analizado el comportamiento de la VYI en parangón con el de la VCI pero a través del índice de distensibilidad en lugar del índice de colapsabilidad como predictor de precarga. Tal es el caso de los estudios llevados a cabo por Broilo et al. ⁽²⁶⁾, Martos et al. ⁽²⁷⁾ y Guarracino et al. ⁽²⁸⁾ en los cuales se demostró una correlación significativa entre dichos índices permitiendo el índice de distensibilidad de la VYI predecir con precisión la respuesta a volumen.

Es de destacar que, aunque no se analizó en el estudio, se requirió menos tiempo adquirir las mediciones correspondientes para el cálculo del IC-VYId (al igual que para obtener el ICa-VYId) que las necesarias para determinar el IC-VCI, ya sea debido a características antropométricas de los pacientes como a la mayor dificultad técnica *per sé* para encontrar la ventana ultrasonográfica correcta que permita la identificación de la VCI.

El presente estudio presenta varias limitaciones, en primer lugar podemos señalar el reducido tamaño de la muestra, lo cual se debió a la disminución del número de cirugías programadas realizadas en la institución a causa de la pandemia por el SARS-CoV-2. En segundo lugar, no se comparó la presumida respuesta a fluidos con métodos más fidedignos como la monitorización invasiva de la arteria pulmonar, ecocardiografía (con posibilidad de determinar variación en el volumen sistólico o del índice cardíaco) o sistema Vigileo. En tercer lugar, en respiración espontánea, se presentan variaciones del volumen y presión intra-torácica con cada ciclo respiratorio, lo que puede provocar que los parámetros hemodinámicos que dependen de la presión intra-torácica sean menos predecibles que cuando se compara con los pacientes bajo ventilación mecánica.⁽¹⁹⁾ En cuarto lugar, se debe tener en cuenta los posibles errores de medición si la técnica no es

correctamente realizada dado que incluso una pequeña presión sobre la VYId puede causar un gran cambio del diámetro y área durante la exploración. En quinto lugar, se puede señalar que los pacientes admitidos a cirugías no contaban con un ecocardiograma reciente que pudiera descartar cualquier trastorno cardíaco asintomático (ej, estenosis, regurgitación tricuspídea) con posibilidad de alterar las mediciones sin embargo ninguna publicación referente al tema indica la presencia de este examen complementario.

Por último, todas las mediciones fueron realizadas por un solo operador, pudiendo existir una variabilidad inter-observador en la determinación ecográfica de diámetros venosos.

Es de destacar que se trata de un estudio que se realizó en pacientes que se encontraban hemodinámicamente estables, como lo son los pacientes que van a ingresar a cirugía programada, por lo que se necesitarían más estudios en otras poblaciones con distintas condiciones fisiopatológicas para poder extrapolar los resultados o determinar nuevos.

El enfoque de este estudio fue el de mejorar el manejo hemodinámico de los pacientes que ingresan a cirugía, a través de la evaluación del estado de volemia con una técnica fácil, fiable, práctica y reproducible, como lo es la medición de la VYId. Es sabido que en anestesiología la mayoría de los especialistas evalúan la hemodinamia a través de signos vitales que son parte de la monitorización básica. La ultrasonografía ayudaría a optimizarla, y de forma no invasiva. ⁽⁸⁾

CONCLUSIÓN

El IC-VYId se correlaciona con el IC-VCI de tal manera que tendría la capacidad de predecir la respuesta a la administración de líquidos en respiración espontánea. A partir de dicha concordancia se encontró que un IC-VYId $\geq 27\%$; $\geq 30\%$; $\geq 20\%$ están en relación con los valores de corte de $\geq 43\%$; $\geq 40\%$; $\geq 25\%$ del IC-VCI existentes en la literatura y que estimarían por tanto la condición de respondedor a fluidos. Por otro lado, no se encontró un comportamiento similar entre el ICa-VYId y el IC-VYI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Thudium M, Klaschik S, Ellerkmann K, Putensen C, Hilbert T. Is internal jugular vein extensibility associated with indices of fluid responsiveness in ventilated patients? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2016; 60(6):713-733.
- (2) Sabatier C, Monge L, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. *Med. Intensiva*. 2012;36(1):45-55.
- (3) Do Pico J.L, Parra G, Descotte E. Ultrasonografía en el paciente crítico. 2da ed. Argentina: Ediciones Journal; 2019.
- (4) Klabunde, R.E. Cardiovascular physiology concepts. 2da ed. United States of America. Lippincott Williams, Wilkins; 2005.
- (5) Ciozda W, Kedan I, Kehl D, Zimmer R, Khandwalla R, Kimchi A. The efficacy of sonographic measurement of inferior vena cava diameter as an estimate of central venous pressure. *Cardiovascular Ultrasound*. 2016;14(33)
- (6) Scott Keller A, Melamed R, Malinchoc M, Reverly J, Tierney D, Ognjen g. Diagnostic Accuracy of a Simple Ultrasound Measurement to Estimate Central Venous Pressure in Spontaneously Breathing, Critically Ill Patients. *Journal of Hospital Medicine*, 2009; 4 (1)
- (7) Lanspa MJ, Grissom CK, Hirshberg EL, Jones JP, Brown SM. Applying dynamic parameters to predict hemodynamic response to volume expansion in spontaneously breathing patients with septic shock. 2013; 39(2): 155-160
- (8) Rosii MC, Perez E, Montenegro S, Harvey G, Graziola E, Groisman I. Índice de colapsabilidad de la vena cava inferior como predictor de hipotensión intraoperatoria. *Rev Chil Anest*. 2019; 48 (4):344-351
- (9) Pérez Cateriano V, Charlot J, Ulloa P. Descifrando la Vena Cava Inferior *Horiz. Med*. 2018;18 (1):68-74
- (10) Barbier C, Loubires Y, Schmit C, Hayon J, Ricome JL, Jardin F, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004;30(9):1740–1746
- (11) Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med*. 2004;30(9) :1834-1837

- (12) Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonet 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*. 2012; 16: R188.
- (13) Carrillo R, Tapia R, Galván Y, Garrido E. Evaluación de la precarga y respuesta a volumen mediante ultrasonografía de la vena cava. *Rev Asoc Mex Crit y Ter Int* 2015;29(2):105-112.
- (14) Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Crit Care* 2015; 19:400
- (15) Keith A, Cori MD, Naomi R, Geoge MD, Justin Ma, Andrew T, et al. Inferior vena Cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients. *Journal of Critical Care*, 2017; 41: 130-137.
- (16) Jassim HM, Naushad VA, Khatib M, Chandra P, Abuhmaira M, Koya S, et al. IJV collapsibility index vs IVC collapsibility index by point of care ultrasound for estimation of CVP: a comparative study with direct estimation of CVP. *Open Access Emergency Medicine*. 2019; 11:65-75
- (17) Killu K, Cobs V, Haung Y, Andrezejewski T, Dulchavsky S. Internal jugular vein collapsibility index associated with hipovolemia in the intensive care unit patients. *Critical Ultrasound J*. 2020; 2(1):13-17
- (18) Akilli NB, Cander B, Dundar ZD, Koçlu R. A new parameter for the diagnosis of hemorrhagic shock jugular index. *J Crit Care*. 2012 Oct;27(5): 530.e13-8.
- (19) Montenegro A, Maetinez Aguilar, L, Martinez J, Granada J. Índice vena cava inferior: revisión de la literatura. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2020.
- (20) Bauman Z, Cobs V, Gassner M, Amponsah D, Gallien John, Blyden D, et al. Inferior vena cava collapsibility loses correlation with internal jugular vein collapsibility during increased thoracic or intra-abdominal pressure. *J Ultrasound*, 2015;18(4):343-348
- (21) Youden, W. J. (1950). Index for rating diagnostic tests. *Cancer*, 3(1), 32–35.
- (22) R Core Team (2019), R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

- (23) Rhodes A, Rvans L, Alhazzani W, Lewy M, Antonelli M, Ferrer R, et al. Campaña para sobrevivir a la sepsis: recomendaciones internacionales para el tratamiento de la sepsis y el choque séptico: 2016. *Critical Care Medicine* 2017;45(3):486-568.
- (24) Yusuke I, Takeshi N, Masamitsu S, Yasuhiro M, Akinori A. Collapsibility of the Right Internal Jugular Vein Predicts Responsiveness to Fluid Administration in Patients Receiving Pressure Support Ventilation: Prospective Cohort Study. *J Clin Med Res.* 2020;12(3):150-156
- (25) Murat H, Beliz B, Alper K, İsmail C. The value of internal jugular vein collapsibility index in sepsis. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg,* 2017;23(4).
- (26) Broilo F, Meregalli A, Friedman G, Right internal jugular vein distensibility appears to be a surrogate marker for inferior vena cava vein distensibility for evaluating fluid responsiveness. *Rev Bras Ter Intensiva* 2015;27(3):205-211
- (27) Martos F, Larrondo H, Burgos D, Orama V, Agüero A. Respuesta a fluidos con el índice de distensibilidad de la vena yugular interna derecha. *Rev Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias.* 2019;18(4):e631.
- (28) Guarracino F, Ferro B, Fosfori F, Bertini P, Magliacano L, Pinsky M. Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness in septic patients. *Critical Care.* 2014; 18:647
- (29) Thudium M, Klaschik S, Ellerkmann K, Putense C, Hilbert T. Is Internal jugular vein extensibility associated with indices of fluid responsiveness in ventilated patients? *Acta Anaesthesiologica Scandinava.* 2016;60:723-733.

Valores de corte del IC-VYId según diferentes sensibilidades y especificidades

| Valor de corte del IC-VCI | Valor de corte del IC-VYId | Sensibilidad | Especificidad | Índice de Youden |
|---------------------------|----------------------------|--------------|---------------|------------------|
| ≥ 43 | 15,5 | 100,0 | 18,3 | 18,3 |
| | 21,8 | 88,9 | 41,7 | 30,6 |
| | 26,9 | 88,9 | 55,0 | 43,9 |
| | 31,1 | 77,8 | 61,7 | 39,5 |
| | 37,9 | 44,4 | 70,0 | 14,4 |
| | 40,8 | 33,3 | 78,3 | 11,6 |
| ≥ 40 | 8,3 | 100,0 | 1,8 | 1,8 |
| | 14,6 | 91,7 | 15,8 | 7,5 |
| | 19,5 | 91,7 | 33,3 | 25,0 |
| | 23,7 | 83,3 | 47,4 | 30,7 |
| | 27,2 | 83,3 | 59,6 | 42,9 |
| | 30,4 | 83,3 | 63,2 | 46,5 |
| | 33,3 | 75,0 | 64,9 | 39,9 |
| | 35,9 | 66,7 | 68,4 | 35,1 |
| | 38,3 | 50,0 | 73,7 | 23,7 |
| | 40,6 | 33,3 | 80,7 | 14,0 |
| 42,8 | 16,7 | 89,5 | 6,2 | |
| ≥ 25 | 14,0 | 100,0 | 33,3 | 33,3 |
| | 14,8 | 97,6 | 37,0 | 34,6 |
| | 18,5 | 95,2 | 63,0 | 58,2 |
| | 19,4 | 95,2 | 66,7 | 61,9 |
| | 20,3 | 92,9 | 74,1 | 67,0 |
| | 20,7 | 90,5 | 74,1 | 64,6 |
| | 23,1 | 83,3 | 77,8 | 61,1 |
| | 24,2 | 78,6 | 81,5 | 60,1 |
| | 26,2 | 76,2 | 85,2 | 61,4 |
| | 26,6 | 73,8 | 88,9 | 62,7 |
| | 33,0 | 69,0 | 92,6 | 61,6 |
| | 34,0 | 64,3 | 96,3 | 60,6 |
| | 38,6 | 52,4 | 96,3 | 48,7 |
| 42,0 | 23,8 | 100,0 | 23,8 | |