



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES «DR. ANTONIO FRAGA
MOURET» Centro Médico Nacional “La Raza”

TESIS:

**«CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE VARIABILIDAD
PLETISMOGRÁFICA Y LA VARIABILIDAD DE LA PRESIÓN
DE PULSO EN LA RESPUESTA A FLUIDOS EN LA CIRUGÍA
NEUROVASCULAR»**

Para obtener el grado de Médico Especialista en
ANESTESIOLOGÍA

PRESENTAN:

DR. RAÚL HERRERÍAS GONZÁLEZ
DR. LEONEL GUSTAVO TALAVERA JIMÉNEZ

ASESORA DE TESIS:

DRA. ANABEL GAONA LÓPEZ



CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO DE 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Autorización de Tesis:

Dr. Benjamin Guzmán Chavez

**Profesor Titular del Curso Universitario de Anestesiología-Jefe del
servicio de Anestesiología**

**U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS**

Dra. Anabel Gaona López

**Asesor de tesis médico adscrito del servicio de Anestesiología
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS**

Dr. Raúl Herrerías González

**Médico Residente de Tercer Año de la Especialidad en Anestesiología
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS**

Dr. Leonel Gustavo Talavera Jménez

**Médico Residente de Tercer Año de la Especialidad en Anestesiología ”
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr, Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS**

Número de registro CLIS:

R-2021- 3501-112

INDICE

1. RESUMEN	1
1.1. Summary	2
2. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4. RESULTADOS	8
5. DISCUSIÓN	12
6. CONCLUSIONES	14
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
8. ANEXOS	19

1. RESUMEN

Introducción : La variabilidad de la presión de pulso (ΔPP) y el índice de variabilidad pletismográfica (IVP) suelen emplearse en el monitoreo hemodinámico invasivo de forma rutinaria; sin embargo, su relación con la ΔPP , en este contexto quirúrgico, no se ha evaluado de forma sistemática.

Objetivos: Evaluar la correlación entre el índice de variabilidad pletismográfica (IVP) y la variabilidad de la presión de pulso (ΔPP) en la respuesta a fluidos en pacientes sometidos a cirugía neurovascular.

Material y métodos: Estudio transversal analítico, longitudinal y prospectivo. Se realizó una expansión de volumen intravascular. A continuación, se registraron los valores basales y posteriores a la expansión del IVP, la ΔPP y el índice cardiaco (IC).

Conclusiones: Las pruebas de correlación dependiendo del grupo mostraron una correlación positiva entre el IVP y el ΔPP basal en los respondedores (ρ 0.696, $p = 0.037$) y en el grupo de los no respondedores ambas correlaciones fueron positivas y estadísticamente significativas (ρ 0.635, $p < 0.001$) (ρ 0.570, $p = 0.002$). El IVP y el ΔPP basal con el posterior tuvieron una correlación positiva estadísticamente significativa en el grupo de los no respondedores, mientras que entre los respondedores solo el IVP y el ΔPP basal tuvo una correlación significativa.

Palabras clave: índice de variabilidad pletismográfica, variabilidad de la presión de pulso, anestesia general, neurocirugía, respuesta a fluidos.

1.1. Summary

Introduction: Pulse pressure variability (ΔPP) and plethysmographic variability index (PVI) are routinely used in invasive hemodynamic monitoring; however, its relationship with ΔPP , in this surgical context, has not been systematically evaluated.

Objectives: To evaluate the correlation between the plethysmographic variability index (PVI) and pulse pressure variability (ΔPP) in response to fluids in patients undergoing neurovascular surgery.

Method: Analytical, longitudinal and prospective cross-sectional study. An intravascular volume expansion was performed. Baseline and post-expansion values of IVP, ΔPP , and cardiac index (CI) were then recorded.

Conclusions: The correlation tests depending on the group showed a positive correlation between the IVP and the baseline ΔPP in the responders (ρ 0.696, $p = 0.037$) and in the group of non-responders both correlations were positive and statistically significant (ρ 0.635, $p < 0.001$) (ρ 0.570, $p = 0.002$). IVP and baseline ΔPP with subsequent had a statistically significant positive correlation in the non-responder group, while among responders only IVP and baseline ΔPP had a significant correlation.

Keywords: Plethysmographic variability index, pulse pressure variability, general anesthesia, neurosurgery, response to fluids.

2. ANTECEDENTES ESPECIFICOS

La cirugía mayor desencadena un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica que altera la regulación normal del intercambio de líquido transcapilar y puede inducir edema tisular e hipovolemia (7). La reposición de líquidos es, por tanto, un pilar fundamental en el tratamiento perioperatorio de estos pacientes, así como en pacientes que padecen un aumento de la fuga vascular de otras etiologías (8).

De igual manera, en pacientes con insuficiencia circulatoria aguda, la expansión de volumen se usa como terapia de primera línea en un intento por mejorar el gasto cardíaco, con el objetivo de disminuir la hipoperfusión e hipoxia tisular manifiesta (9). Sin embargo, la administración excesiva de líquidos se asocia con resultados adversos y una alta proporción de pacientes hemodinámicamente inestables no responderá a ninguna cantidad de fluidos administrados (10).

El énfasis en la importancia del volumen por encima de todas las demás características de los fluidos administrados fue alimentado por las primeras pautas que se centraron en la administración de volúmenes de líquidos específicos a pacientes hemodinámicamente inestables (11). Sin embargo, la administración intravenosa de fluidos debe considerarse como cualquier otra prescripción farmacológica (12).

Aunque los líquidos pueden expandir el compartimento intravascular, mejorando el gasto cardíaco y la perfusión del órgano terminal; el error más común con respecto a la administración de fluidos es la creencia de que la reanimación depende de la transfusión de un volumen específico de líquidos (13). Los procesos de la enfermedad son dinámicos y su respuesta al volumen puede cambiar con el tiempo (14).

Asimismo, los estados de enfermedad específicos, así como las condiciones quirúrgicas particulares, también pueden requerir diferentes tratamientos con fluidos (15). La evidencia de los entornos perioperatorios asocia tanto la hipovolemia como la hipervolemia con varios resultados poco favorables, incluida la lesión renal aguda, las complicaciones respiratorias, el aumento de la duración de las estadías, los costos de admisión y las tasas de mortalidad a los 30 días (16).

La administración de líquidos debe ser valorada acorde a la fisiología cardiovascular, tomando en cuenta el riesgo de edema pulmonar y tisular, el cual puede incrementar el riesgo de mortalidad en el paciente (17). En este sentido, el monitoreo

hemodinámico es una herramienta indispensable para determinar la respuesta a volumen (18).

Una respuesta positiva a volumen se define como un incremento del gasto cardiaco del 10-15 %; no obstante, únicamente el 50 % de los pacientes responde a la administración de soluciones intravenosas (19). La optimización hemodinámica puede ser incompletamente efectiva o incluso perjudicial si la estrategia no se guía por una monitorización adecuada (20).

Por lo tanto, encontrar criterios para predecir la capacidad de respuesta a los líquidos ha sido un desafío durante los últimos años (21). Para este propósito, los indicadores estáticos de precarga cardíaca (como la presión venosa central, la presión de enclavamiento capilar pulmonar o el área telediastólica del ventrículo izquierdo) y las variables clínicas de rutina no son útiles y deben ser eliminadas de la práctica clínica (14,22,23).

Por el contrario, los índices dinámicos basados en interacciones cardiopulmonares y la variación en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo son capaces de predecir adecuadamente la respuesta individual a la carga de líquidos en pacientes ventilados mecánicamente (24,25). Sin embargo, todos tienen limitaciones importantes (26).

La medición de las variaciones respiratorias en la presión del pulso arterial (también conocida como variabilidad de la presión del pulso, ΔPP), es considerado como el predictor más preciso de la capacidad de respuesta de los fluidos (27). Sin embargo, esta técnica requiere un catéter intraarterial, los índices derivados de la ecocardiografía dependen del operador, y la evaluación de las variaciones del volumen sistólico necesita tecnologías invasivas específicas, con sus complicaciones asociadas (28).

Numerosos estudios identificaron un valor umbral de ΔPP del 13 % (rango del 9 % al 17 %) como discriminatorio entre los respondedores (definido como un aumento de gasto cardiaco ≥ 15 %) y los que no responden a la expansión del volumen (29). Sin embargo, en ausencia de monitores adecuados, este parámetro no es posible registrarlo de forma continua (30).

En la actualidad, ha aumentado el interés en la identificación de indicadores no invasivos, como el índice de variabilidad pletismográfica (IVP) y la variación de la forma

de onda pletismográfica de la oximetría de pulso, que tienen fuertes relaciones con las variaciones respiratorias en la presión del pulso arterial (31,32). El oxímetro de pulso Masimo (Masimo Radical ® 7 system, Masimo Co., Irvine, Estados Unidos) incorpora un algoritmo para medir continuamente los cambios en el volumen del pulso (IVP) y utiliza una sonda de oximetría de pulso similar a una ordinaria (33).

El IVP mide los cambios dinámicos del índice de perfusión (IP), que se describe como el porcentaje de luz absorbida como resultado de la pulsación arterial en relación con la cantidad total de luz absorbida, a lo largo de los ciclos respiratorios, y se calcula de la siguiente manera (34):

$$IVP = [(IP \text{ máxima} - IP \text{ mínima}) / IP \text{ máxima}] * 100 \%$$

El IVP se presenta como un parámetro seguro y útil para evaluar la capacidad de respuesta a los líquidos de los pacientes perioperatorios que se sometieron a una cirugía mayor y de los pacientes críticos con enfermedades cardiovasculares importantes (34).

Loupec *et al.*, a través de un estudio que tuvo como objetivo investigar si el IVP podía predecir la respuesta a los líquidos en pacientes con insuficiencia circulatoria ventilados mecánicamente, encontraron que la media de los valores del IVP (28 ± 13 % frente a 11 ± 4 %) y la ΔPP (22 ± 11 % frente a 5 ± 2 %) fueron significativamente más altos en los respondedores que en los que no respondieron. De igual manera, el valor umbral del IVP del 17 % permitió la discriminación entre respondedores y no respondedores con una sensibilidad del 95 % (intervalo de confianza [IC] del 95 % 74 a 100 %) y una especificidad del 91 % (IC del 95% 70 a 99 %) y el IVP se correlacionó (r 0.72, $p < 0.0001$) con el cambio porcentual en el gasto cardíaco inducido por el reto con líquidos (35).

De acuerdo con Hood *et al.*, en un estudio que buscó determinar si el IVP podía predecir la capacidad de respuesta a los líquidos en pacientes con cirugía colorrectal de bajo riesgo que recibieron fluidoterapia guiada por mediciones del volumen sistólico con Doppler esofágico, en condiciones dinámicas intraoperatorias, este índice predijo aumentos en el volumen sistólico, con un área bajo la curva de 0.71 (IC del 95 % 0.57–0.85; $p = 0.006$) (36).

Monnet *et al.*, a través de un estudio que evaluó la confiabilidad del IVP para predecir la capacidad de respuesta a los fluidos en pacientes que reciben infusiones de norepinefrina, encontraron que un IVP basal ≥ 16 % predijo la respuesta a los líquidos con una sensibilidad de 47 (rango intercuartílico [RIC] 21–73) % y una especificidad de 90 (RIC 68–99) %. Asimismo, considerando todos los pares de medidas, el IVP se correlacionó con la Δ PP (r^2 0.27). Sin embargo, los cambios inducidos por líquidos en IVP y Δ PP no se correlacionaron significativamente ($p > 0.05$) (37).

A la fecha, el grado de correlación entre el IVP y la Δ PP en la predicción de la respuesta a fluidos durante la cirugía neurovascular no ha sido evaluada de forma sistemática.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal analítico, longitudinal y prospectivo en el Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” de la Unidad Médica de Alta Especialidad del Centro Médico Nacional La Raza en pacientes neuroquirúrgicos que ingresan programados o de urgencia a quirófano con el objetivo de determinar la correlación del índice de variabilidad pletismográfica y la variabilidad de la presión de pulso en la respuesta a fluidos en la cirugía neurovascular, fue autorizado por los comités locales de ética e investigación y bajo carta de confidencialidad de la información y de no conflicto de interés.

El estudio se llevo a cabo en el área de quirófano y perioperatorio, incluyo a todos los pacientes que ingresaron programados a quirófano y consistió en :

Registrar los valores basales y posteriores a la expansión del IVP, la ΔPP y el índice cardiaco (IC).

Se utilizó estadística descriptiva para los datos generales de la población en estudio y las características clínicas y sociodemográficas recabadas. Todos los datos fueron analizados utilizando los *softwares* Prism® (GraphPad®, Estados Unidos), versión 8, para Windows® y SPSS® (IBM®, Estados Unidos), versión 25, para Windows®.

Para evaluar la concordancia entre el IVP y la ΔPP en la respuesta a fluidos, se aplicó una prueba de correlación Spearman para evaluar la independencia de dichas variables. Sus resultados se evaluarán en función del p valor.

Se consideraron aquellos resultados con un p valor < 0.05 como estadísticamente significativos.

4. RESULTADOS

En cuanto a la variabilidad pletismográfica (IVP) y a la variabilidad de la presión del pulso (Δ PP), en la medición basal, se encontró un IVP con una mediana de 11.0 (RIC 9.0 – 16.11) una Δ PP con una mediana de 6.0 (RIC 6.2 – 9.8), entre los respondedores se encontró un IVP con una mediana de 11.0 (RIC 7.2 – 15.4) una Δ PP con una mediana de 5.0 (RIC 2.4 – 11.5), mientras que en los no respondedores se encontró un IVP con una mediana de 10.5 (RIC 8.3 – 17.6) y una Δ PP con una mediana de 7.0 (RIC 6.3 – 10.4).

En la medición posterior, se encontró un IVP con una mediana de 7.0 (RIC 6.4 – 9.5) una Δ PP con una mediana de 6.0 (RIC 4.5 – 7.8), entre los pacientes respondedores, se encontró un IVP con una mediana de 7.0 (RIC 3.6 – 12.1) una Δ PP con una mediana de 6 (RIC 3.5 – 6.1), mientras que entre los no respondedores se encontró un IVP con una mediana de 7.0 (RIC 6.3 – 9.6) una Δ PP con una mediana de 5.5 (RIC 4.4 – 8.9), las diferencias de estos resultados, no fueron estadísticamente significativos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Valores y comparaciones del IVP y Δ PP en los pacientes.

Parámetro	Respondedores		No respondedores		Valor de p U de Mann- Whitney
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	
IVP basal	11.0	7.2 – 15.4	10.5	8.3 – 17.6	0.802
Δ PP basal	5.0	2.4 – 11.5	7.0	6.3 – 10.4	0.312
IVP posterior	7.0	3.6 – 12.1	7.0	6.3 – 9.6	0.810
Δ PP posterior	6	3.5 – 6.1	5.5	4.4 – 8.9	0.516

RIC rango intercuartil, IVP variabilidad pletismográfica, Δ PP variabilidad de la presión del pulso.

Fuente: información propia.

Se realizaron pruebas de correlación entre el IVP basal con el Δ PP basal por cada grupo (respondedores o no respondedores), y entre el IVP posterior con el Δ PP posterior por grupo. En el grupo de los respondedores, la prueba de correlación con Rho de Spearman reveló una correlación positiva estadísticamente significativa (ρ 0.696, $p = 0.037$) (**Figura 1**), en la prueba de correlación posterior, la correlación no fue estadísticamente significativa (ρ 0.516, $p = 0.155$). En los pacientes no respondedores, la prueba de correlación basal reveló una correlación positiva estadísticamente significativa (ρ 0.635, $p < 0.001$), así mismo, se encontró una correlación positiva estadísticamente significativa en el IVP y Δ PP posterior (ρ 0.570, $p = 0.002$) .

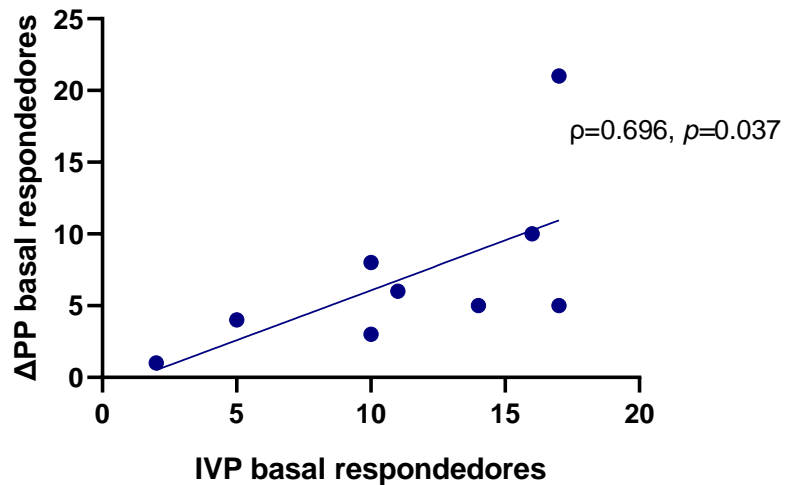


Figura 1. Correlación del IVP con el Δ PP basal en los respondedores.

Fuente: información propia.

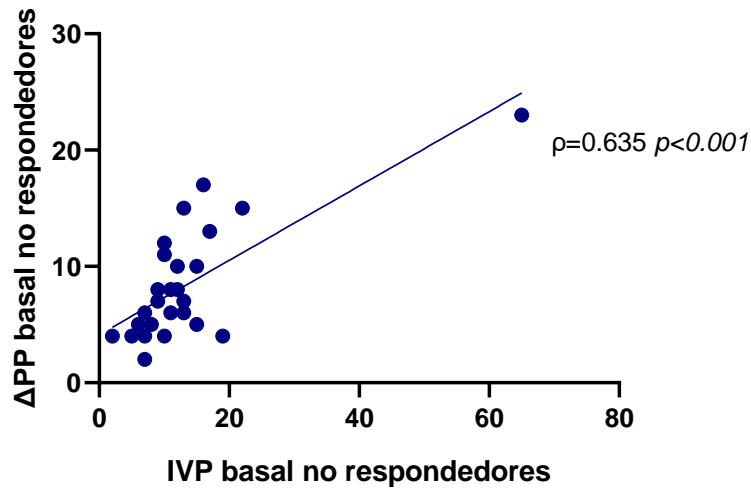


Figura 2. Correlación del IVP con el Δ PP basal en los no respondedores.

Fuente: información propia.

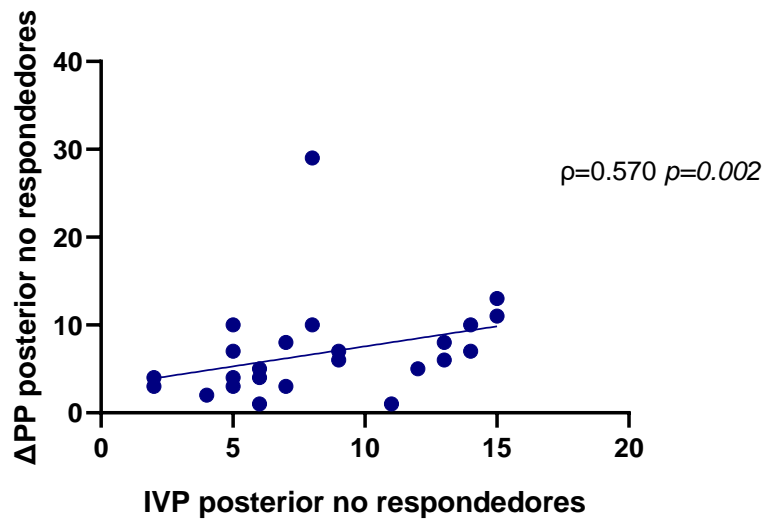


Figura 3. Correlación del IVP con el Δ PP posterior en los respondedores.

Fuente: información propia.

Por último, se realizó una prueba de regresión logística, para conocer la influencia de las 4 variables sobre la respuesta de los pacientes a los líquidos; además del IVP y el Δ PP basal y posterior, se introdujeron las variables de edad, sexo y peso del paciente en el modelo; el modelo obtuvo una $p = 0.012$ en el estadístico de Wald, lo que prueba

que es mejor que el azar para predecir los resultados; sin embargo, el modelo no mostró que ninguna de las variables tuviera una influencia sobre la respuesta de los pacientes a los líquidos.

5. DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar la correlación entre el índice de variabilidad pletismográfica y la variabilidad de la presión de pulso en la respuesta a fluidos en pacientes sometidos a cirugía neurovascular. Para esto, se reclutó a una muestra de 36 pacientes, que en su mayoría fueron hombres, y que de manera global tuvieron 53.5 años; la presencia de una mayor parte de hombres no es del todo clara, en un inicio se podría pensar que está relacionada con los diagnósticos observados, no obstante, la hemorragia subaracnoidea, la hemorragia parenquimatosa y los aneurismas, tienen una presentación mayor en mujeres que en hombres (39).

En el estado nutricional de los pacientes, se observó que un porcentaje importante tenía sobrepeso y obesidad, lo cual es esperable en la población mexicana y además guarda una relación con los diagnósticos, pues son factores de riesgo para su presentación. Entre las comorbilidades, la más observada fue la hipertensión, que similar al punto anterior, es esperable en población mexicana con sobrepeso y obesidad y que también puede ayudar a explicar algunos de los diagnósticos que se presentaron entre la muestra.

La clasificación del riesgo quirúrgico encontrada en los pacientes, fueron elegidas por criterios de inclusión, de modo que no hay una razón por la cual se crea que se presentaron estos.

En cuanto a la variable principal del estudio, se observó que solo un cuarto de los pacientes respondió a la administración de líquidos, este resultado es similar a lo que obtuvieron Byon et al., en su estudio ellos observaron un porcentaje menor de pacientes que respondieron a la administración de líquidos (45.4 % vs. 54.5 %), no obstante, el porcentaje de quienes si respondieron fue más cercano a la mitad y su estudio fue realizado en pacientes pediátricos (2). En el estudio de Messina et al., también se obtuvo una menor frecuencia de pacientes respondedores a los líquidos (47.5 % versus 52.5 %), aunque similar a Byon et al., el porcentaje de respondedores fue cercano al 50 % (1), no obstante, hay que tomar en cuenta que, en el estudio de Messina et al., se administraron 250 mL de solución, lo que difiere con el estudio de Byon et al., y con el presente estudio.

En las pruebas estadísticas, El IVP basal fue más elevado en los pacientes respondedores; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa entre los grupos y el IVP posterior la administración de líquidos fue igual en ambos grupos de pacientes, aunque con un valor más alto en los pacientes respondedores. Este resultado es diferente de lo que observaron Loupec *et al.*, ya que ellos encontraron diferencias significativas entre el IVP y el Δ PP entre los respondedores y los no respondedores (35).

En las pruebas de correlación, se observó que el IVP y el Δ PP basal estuvo correlacionado entre los pacientes respondedores, y en los no respondedores, lo que implica que el IVP puede ser un buen sustituto del Δ PP para la monitorización hemodinámica del paciente, y que ofrece la ventaja de ser no invasivo. Las pruebas de correlación después de la administración de líquidos mostraron una correlación significativa solo entre los pacientes no respondedores, este último resultado lleva a pensar que, aunque el IVP tiene una correlación positiva con el Δ PP, y puede usarse como un método alternativo, debe ser empleado con cuidado, pues los resultados pueden variar.

La prueba de regresión para conocer que variable influía más en la respuesta a los líquidos, y en la cual además del IVP y el Δ PP basal y posterior a los líquidos, se introdujeron la edad, el sexo y el peso del paciente, no mostró la influencia de ninguna variable sobre la respuesta del paciente a los líquidos, de modo que el IVP y el Δ PP no parecen ser predictores de la respuesta. Esto es contrario a lo que encontraron Hood *et al.*, en su estudio y Monnet *et al.*, sin embargo, los valores de IVP y Δ PP que se observaron en dichos estudios fueron mayores a los que se observaron en el presente estudio lo que puede ayudar a explicar las diferencias encontradas en los pacientes del presente estudio con respecto de los estudios de Hood *et al.*, y Monnet *et al.* (36) (37). Los resultados aún son contradictorios pues en el presente estudio se observaron correlaciones significativas entre el IVP y Δ PP y en el estudio de Monnet *et al.*, las correlaciones no fueron significativas (37).

6. CONCLUSIÓN

En los resultados del presente estudio, se observó que solo el 25 % de ellos respondieron a la administración de líquidos, además, las pruebas de correlación mostraron que el IVP y el Δ PP basal con el posterior tuvieron una correlación positiva estadísticamente significativa en el grupo de los no respondedores, mientras que entre los respondedores solo el IVP y el Δ PP basal tuvo una correlación significativa. El IVP y el Δ PP no mostraron ser eficientes en la predicción de la respuesta de los pacientes a los líquidos ya que la prueba de regresión y las pruebas de comparación no fueron significativas. Sin embargo, a pesar de esto, los resultados de los estudios aún varían dado que en el presente estudio se encontraron correlaciones significativas y en otros estudios no, y por el contrario otros estudios encontraron que el IVP fue un buen predictor y en el presente estudio no sucedió eso, además de encontrar diferentes umbrales en los estudios, por estas razones puede que sean necesarias mayores investigaciones para llegar a una conclusión global sobre la predicción de la respuesta a los líquidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Messina A, Montagnini C, Cammarota G, Giuliani F, Muratore L, Baggiani M, et al. Assessment of fluid responsiveness in prone neurosurgical patients undergoing protective ventilation: Role of dynamic indices, tidal volume challenge, and end-expiratory occlusion test. *Anesth Analg.* 2020;C(Xxx):752–61.
2. Byon HJ, Lim CW, Lee JH, Park YH, Kim HS, Kim CS, et al. Prediction of fluid responsiveness in mechanically ventilated children undergoing neurosurgery. *Br J Anaesth.* 2013;110(4):586–91.
3. Morparia KG, Reddy SK, Olivieri LJ, Spaeder MC, Schuette JJ. Respiratory variation in peak aortic velocity accurately predicts fluid responsiveness in children undergoing neurosurgery under general anesthesia. *J Clin Monit Comput.* 2018 Apr;32(2):221–6.
4. Ryu T. Fluid management in patients undergoing neurosurgery. *Anesth Pain Med.* 2021;16(3):215–24.
5. Bharath S, Radhakrishnan M, Sessa G, Rao U. Hemodynamic Changes During Surgical Decompression in Traumatic Brain Injury Patients. *World Neurosurg.* 2020;i:1–6.
6. Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, Friedman Z, Segal E, Villa Y, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg.* 2001 Apr;92(4):984–9.
7. Smajic J, Tupkovic LR, Husic S, Avdagic SS, Hodzic S, Imamovic S. Systemic Inflammatory Response Syndrome in Surgical Patients. *Med Arch (Sarajevo, Bosnia Herzegovina).* 2018;72(2):116–9.
8. Ganter MT, Geisen M, Hartnack S, Dzemali O, Hofer CK. Prediction of fluid responsiveness in mechanically ventilated cardiac surgical patients: The performance of seven different functional hemodynamic parameters. *BMC Anesthesiol.* 2018;18(1):1–7.
9. Safiejko K, Smereka J, Pruc M, Ladny JR, Jaguszewski MJ, Filipiak KJ, et al. Efficacy and safety of hypertonic saline solutions fluid resuscitation on hypovolemic shock: A systematic review and meta-analysis of randomized

- controlled trials. *Cardiol J*. 2020;XX(X):1–12.
10. Statkevicius S, Bonnevier J, Fisher J, Bark BP, Larsson E, Öberg CM, et al. Albumin infusion rate and plasma volume expansion: A randomized clinical trial in postoperative patients after major surgery. *Crit Care*. 2019;23(1):1–10.
 11. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, Levy MM, Antonelli M, Ferrer R, et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016. *Intensive Care Med*. 2017 Mar;43(3):304–77.
 12. Malbrain MLNG, Langer T, Annane D, Gattinoni L, Elbers P, Hahn RG, et al. Intravenous fluid therapy in the perioperative and critical care setting: Executive summary of the International Fluid Academy (IFA). *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):64.
 13. Reddy S, Weinberg L, Young P. Crystalloid fluid therapy. *Crit Care* [Internet]. 2016;20(1):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-016-1217-5>
 14. Schindler AW, Marx G. Evidence-based fluid management in the ICU. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016 Mar;29(2):158–65.
 15. Han D, Pan S, Ouyang C. Dynamic preload variables to predict fluid responsiveness in children with hyperdynamic circulation. *Paediatr Anaesth*. 2020;30(7):845.
 16. Shin CH, Long DR, McLean D, Grabitz SD, Ladha K, Timm FP, et al. Effects of Intraoperative Fluid Management on Postoperative Outcomes: A Hospital Registry Study. *Ann Surg*. 2018;267(6):1084–92.
 17. Çevikkalp E, Topçu I, Açıkel A, Sarılar S, Keleş GT, Özyurt BC. Efficacy of pleth variability index (PVI) to evaluate intraoperative fluid management during orthopedic spinal surgery: A randomized controlled trial. *Anestezi Derg*. 2020;28(1):18–25.
 18. Konur H, Erdogan Kayhan G, Toprak HI, Bucak N, Aydogan MS, Yologlu S, et al. Evaluation of pleth variability index as a predictor of fluid responsiveness during orthotopic liver transplantation. *Kaohsiung J Med Sci* [Internet]. 2016;32(7):373–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.kjms.2016.05.014>
 19. Alvarado-Sánchez JI. Prueba de elevación de piernas pasiva. *Rev Colomb Anesthesiol*. 2015;43(3):214–8.

20. Lu N, Xi X, Jiang L, Yang D, Yin K. Exploring the best predictors of fluid responsiveness in patients with septic shock. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2017;35(9):1258–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.03.052>
21. Fischer MO, Lemoine S, Tavernier B, Bouchakour CE, Houard M, Daccache G, et al. Individualized fluid management using the pleth variability index: A randomized clinical trial. *Anesthesiology*. 2020;(1):31–40.
22. Marik P, Bellomo R. A rational approach to fluid therapy in sepsis. *Br J Anaesth*. 2016 Mar;116(3):339–49.
23. De Backer D, Vincent JL. Should we measure the central venous pressure to guide fluid management? Ten answers to 10 questions. *Crit Care*. 2018;22(1):1–6.
24. Vincent JL. Fluid management in the critically ill. *Kidney Int*. 2019;96(1):52–7.
25. Chaves RC de F, Corrêa TD, Neto AS, Bravim B de A, Cordioli RL, Moreira FT, et al. Assessment of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients: a systematic review of literature. *Ann Intensive Care*. 2018 Feb;8(1):21.
26. Martos F, Guzman B. Expansión del volumen y variación en los parámetros hemodinámicos. *Emergencias*. 2018;30(3):177–81.
27. Kim DH, Shin S, Kim JY, Kim SH, Jo M, Choi YS. Pulse pressure variation and pleth variability index as predictors of fluid responsiveness in patients undergoing spinal surgery in the prone position. *Ther Clin Risk Manag*. 2018;14:1175–83.
28. 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*. 2017;31(4):677–84.
29. Rathore A, Singh S, Lamsal R, Taank P, Paul D. Validity of Pulse Pressure Variation (PPV) Compared with Stroke Volume Variation (SVV) in Predicting Fluid Responsiveness. *Turkish J Anaesthesiol Reanim*. 2017 Aug;45(4):210–7.
30. Zlicar M, Novak-Jankovic V, Blagus R, Cecconi M. Predictive values of pulse pressure variation and stroke volume variation for fluid responsiveness in patients with pneumoperitoneum. *J Clin Monit Comput* [Internet].

- 2018;32(5):825–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10877-017-0081-4>
31. Nicklas JY, Saugel B. Non-invasive hemodynamic monitoring for hemodynamic management in perioperative medicine. *Front Med*. 2017;4(NOV):16–8.
 32. Collange O, Jazaerli L, Lejay A, Biermann C, Caillard S, Moulin B, et al. Intraoperative Pleth Variability Index Is Linked to Delayed Graft Function After Kidney Transplantation. *Transplant Proc [Internet]*. 2016;48(8):2615–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.transproceed.2016.06.046>
 33. Liu T, Xu C, Wang M, Niu Z, Qi D. Reliability of pleth variability index in predicting preload responsiveness of mechanically ventilated patients under various conditions: A systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*. 2019;19(1):1–7.
 34. Le Guen M, Follin A, Gayat E, Fischler M. The plethysmographic variability index does not predict fluid responsiveness estimated by esophageal Doppler during kidney transplantation: A controlled study. *Med (United States)*. 2018;97(20):1–7.
 35. Loupec T, Nanadoumgar H, Frasca D, Petitpas F, Laksiri L, Baudouin D, et al. Pleth variability index predicts fluid responsiveness in critically ill patients. *Crit Care Med*. 2011;39(2):294–9.
 36. Hood JA, Wilson RJT. Pleth variability index to predict fluid responsiveness in colorectal surgery. *Anesth Analg*. 2011;113(5):1058–63.
 37. Monnet X, Guérin L, Jozwiak M, Bataille A, Julien F, Richard C, et al. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine. *Br J Anaesth*. 2013;110(2):207–13.
 38. Comulada WS, Weiss RE. Sample size and power calculations for correlations between bivariate longitudinal data. *Stat Med*. 2010 Nov;29(27):2811–24.
 39. Fuentes AM, Stone McGuire L, Amin-Hanjani S. Sex Differences in Cerebral Aneurysms and Subarachnoid Hemorrhage. *Stroke*. 2022;53(2):624–33.

8. ANEXOS

«CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE VARIABILIDAD PLETISMOGRÁFICA Y LA VARIABILIDAD DE LA PRESIÓN DE PULSO EN LA RESPUESTA A FLUIDOS EN LA CIRUGÍA NEUROVASCULAR»

Folio: _____

Edad: _____ Sexo: _____ Peso: _____ Talla: _____ IMC: _____

ASA: _____ Enfermedad de base: _____ Indicación: _____

Comorbilidades: _____

Complicaciones transoperatorias: _____

Duración de la cirugía: _____ Volumen administrado: _____

Medición:	Basal	Posterior a la carga	Transoperatoria
Gasto cardiaco	_____	_____	_____
Δ PP	_____	_____	_____
IVP	_____	_____	_____

Respuesta a líquidos: Respondedor No respondedor.

Observaciones: _____

Capturó: _____ fecha y hora: _____