



Alteración del comportamiento hemodinámico cerebral posterior al cambio de posición en decúbito prono

Cerebral hemodynamic behavior measured by ultrasound before and after prone position

Alteração do comportamento hemodinâmico cerebral após mudança de posição em prono

Marco Antonio Juan Gómez,* Jessica Garduño López,* Marcos Antonio Amezcua Gutiérrez,* Nancy V Alva Arroyo,* Sergio Edgar Zamora Gómez,* José Carlos Gasca Aldama*

RESUMEN

Introducción: la posición prono se considera una maniobra fundamental dentro del tratamiento en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). Sin embargo, existe muy escasa bibliografía sobre los cambios hemodinámicos cerebrales al realizar la maniobra, generando temor su implementación en pacientes que además presenten lesión cerebral. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento hemodinámico cerebral posterior al cambio de posición de supino a prono en pacientes con SDRA, ya sea de origen pulmonar o extrapulmonar con o sin lesión traumática aguda.

Objetivos: evaluar la alteración del comportamiento hemodinámico cerebral posterior al cambio de posición en decúbito prono.

Material y métodos: estudio descriptivo, observacional y prospectivo en una cohorte de 26 pacientes ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos Adultos de un hospital de tercer nivel, durante un periodo de siete meses. Se incluyeron pacientes con diagnóstico de SDRA y que ameritaron maniobra de posición prono, que presentaron una ventana transtemporal adecuada para la evaluación de la hemodinamia cerebral mediante ultrasonido Doppler color transcraneal a través de la arteria cerebral media. Se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov y la prueba de ANOVA.

Resultados: se obtuvieron mediciones de 26 pacientes, con diagnóstico SDRA que ameritaron posición prono. Se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov la cual mostró normalidad de la muestra, Quince (57.7%) fueron hombres y 11 (42.3%) mujeres. Diagnósticos de ingreso; tres pacientes neurocríticos más SDRA (11.5%) y 23 cursaron sólo con SDRA (88.5%). Mediante la prueba de ANOVA de medias repetidas se evidenció significancia estadística durante las mediciones realizadas antes y durante el prono, pero con estabilidad posterior a la primera hora del prono, permaneciendo dentro de rangos fisiológicos. Se evidenció aumento de los flujos de la arteria cerebral media izquierda y derecha de la velocidad sistólica, velocidad diastólica y velocidad media posterior a realizar la posición prono ($p < 0.001$), así como aumento de índice de pulsatilidad, índice resistivo y presión de perfusión cerebral ($p < 0.005$); no obstante, se mantuvieron estables hacia la primera hora de la maniobra. Para el caso de la presión intracraneana, se evidenció una disminución de ésta a la hora de la posición prono, de hasta 1.1 mmHg ($p < 0.005$).

Conclusiones: se logró determinar que durante la posición prono en pacientes con SDRA, se presentaron cambios en la velocidad de los flujos cerebrales, medidos a través del Doppler color transcraneal a la cabecera del paciente; estos cambios se mantuvieron dentro de rangos fisiológicos. En cuanto a la presión intracraneana, se evidenció que, posterior a la posición prono, hubo incluso un descenso de hasta 1.1 mmHg, por lo que podríamos considerar que la posición prono no conlleva una repercusión deletérea en la hemodinamia cerebral, que es segura y podría beneficiar a los pacientes que también cursen con lesión cerebral.

Palabras clave: hemodinamia cerebral, síndrome de distrés respiratorio agudo, Doppler transcraneal.

ABSTRACT

Introduction: the prone position is considered a fundamental maneuver within the treatment pillars in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). However, the literature that mentions this maneuver does not consider the cerebral hemodynamic changes. The objective of this study was to evaluate the cerebral hemodynamic behavior after the change of position from supine to prone in patients with ARDS, whether of pulmonary or extrapulmonary origin, with or without acute traumatic injury.

Objectives: to evaluate the alteration of cerebral hemodynamic behavior after changing the prone position.

Material and methods: a descriptive, observational, prospective study was conducted in a cohort of twenty-six patients admitted to an adult intensive care unit of a third-level hospital over a seven-month period. Patients diagnosed with ARDS who required prone positioning, who had an adequate transtemporal window for evaluation of cerebral hemodynamics by transcranial Doppler ultrasound through the middle cerebral artery, and who gave their informed consent were included.

Results: measurements were obtained from twenty-six patients with a diagnosis of ARDS who required prone position. The Kolmogorov-Smirnov test was applied, showing normality of the sample, fifteen were men (57.7%) and eleven were women (42.3%). The admission diagnoses were three neurocritical patients plus ARDS (11.5%) and twenty-three had ARDS only (88.5%). Using the repeated means ANOVA test, statistical significance was shown during the measurements made before and during the prone position, but with stability after the first hour of the prone position, remaining within physiological ranges. An increase in the left and right middle cerebral artery (MCA) flows of the systolic velocity (SV), diastolic velocity (DV) and mean velocity (MV) was evident after performing the prone position ($p < 0.001$), as well as an increase in pulsatility index (PI), resistive index (RI) and cerebral perfusion pressure (CPP) ($p < 0.005$); however, they remained stable towards the first hour of the maneuver. In the case of intracranial pressure (ICP), a decrease of up to 1.1 mmHg ($p < 0.005$) was observed during the prone position.

Conclusions: it was determined that during the prone position in patients with ARDS, changes in cerebral hemodynamics occurred, measured by transcranial Doppler at the patient's bedside, although these changes remained within physiological ranges. Regarding ICP, it was shown that after the prone position, there was even a decrease of up to 1.1 mmHg, so we could consider that the prone position is safe and beneficial for patients with ARDS.

Keywords: cerebral hemodynamics, acute respiratory distress syndrome, transcranial Doppler.

RESUMO

Introdução: a posição prona é considerada uma manobra fundamental no tratamento de pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). No entanto, há muito pouca literatura sobre as alterações hemodinâmicas cerebrais quando a manobra é realizada, o que gera receios sobre sua implementação em pacientes com lesão cerebral. O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento hemodinâmico cerebral após a mudança da posição supina para prona em pacientes com SDRA, de origem pulmonar ou extrapulmonar, com ou sem lesão traumática aguda.

Objetivos: avaliar a alteração do comportamento hemodinâmico cerebral após mudança de posição a decúbito prono.

Material e métodos: foi realizado um estudo descritivo, observacional e prospectivo em uma coorte de 26 pacientes internados em uma unidade de terapia intensiva adulto de um hospital terciário, durante um período de sete meses. Foram incluídos pacientes com diagnóstico de SDRA que necessitaram de manobra de posição prona, que apresentavam janela transtemporal adequada para avaliação da hemodinâmica cerebral por meio do ultrassom Doppler colorido transcraniano pela artéria cerebral média, sendo aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste ANOVA.

Resultados: foram obtidas medidas de 26 pacientes, com diagnóstico de SDRA que necessitava de posição prona, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, mostrando normalidade da amostra, 15 eram homens (57.7%) e 11 eram mulheres (42.3%). Os diagnósticos de admissão foram 3 pacientes neurocríticos mais SDRA (11.5%) e 23 tinham apenas SDRA (88.5%). Utilizando o teste ANOVA de médias repetidas, ficou evidente a significância estatística durante as medidas realizadas antes e durante a posição prona, mas com estabilidade após a primeira hora de prona, permanecendo dentro dos limites fisiológicos. Evidenciou-se aumento dos fluxos da ACM esquerda e direita do VS, VD e VM após a realização da posição prona ($p < 0.001$), bem como aumento da IP, IR e PPC ($p < 0.005$), porém, permaneceu estável na

* Hospital Juárez de México. Ciudad de México, México.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/10/2024.

Citar como: Juan GMA, Garduño LJ, Amezcua GMA, Alva ANV, Zamora GSE, Gasca AJC. Alteración del comportamiento hemodinámico cerebral posterior al cambio de posición en decúbito prono. Med Crit. 2024;38(6):486-489. <https://dx.doi.org/10.35366/119237>

primeira hora da manobra. No caso da PIC, ficou evidente uma diminuição da mesma no momento da posição prona, de até 1.1 mmHg ($p < 0.005$).

Conclusões: foi determinado que, durante a posição prona em pacientes com SDRA, houve alterações na velocidade do fluxo cerebral, medida por Doppler colorido transcraniano à beira do leito do paciente, e que essas alterações permaneceram dentro das faixas fisiológicas. Quanto à PIC, verificou-se que, após o posicionamento em decúbito prono, houve até mesmo uma diminuição de até 1.1 mm Hg, portanto, podemos considerar que a posição em decúbito ventral não tem um impacto deletério na hemodinâmica cerebral, o que é seguro e pode beneficiar os pacientes que também apresentam lesão cerebral.

Palavras-chave: hemodinâmica cerebral, síndrome do desconforto respiratório agudo, doppler transcraniano.

Abreviaturas:

ACM = arteria cerebral media

IP = índice de pulsatilidad

IR = índice resistivo

PAM = presión arterial media

PIC = presión intracraneana

PPC = presión de perfusión cerebral

SDRA = síndrome de dificultad respiratorio agudo

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

VD = velocidad diastólica

VM = velocidad media

VS = velocidad sistólica

INTRODUCCIÓN

El síndrome de dificultad respiratorio agudo (SDRA) es de las principales causas de insuficiencia respiratoria aguda en pacientes críticamente enfermos. Se define como la aparición aguda de hipoxemia, edema pulmonar no cardiogénico y la necesidad de ventilación mecánica invasiva.¹ A pesar de los avances en el tratamiento, la mortalidad sigue siendo elevada, situándose entre 27 y 45%, dependiendo del grado de severidad.² El tratamiento implica una amplia variedad de estrategias, siendo fundamentales aquellas dirigidas a resolver la etiología desencadenante. Asimismo, son de igual importancia la ventilación mecánica protectora, el bloqueo neuromuscular y la posición prono.³⁻⁵

La posición prono ha demostrado ser una técnica bastante eficaz en el tratamiento de SDRA, ya que ha mostrado reducir la mortalidad en aquellas formas graves de presentación de la enfermedad, aumentando la oxigenación y favoreciendo el reclutamiento alveolar pasivo.⁶

La hipertensión intracraneana es una lesión que se caracteriza por aumento de la presión dentro del cráneo mayor de 15 mmHg en pacientes adultos. Sus manifestaciones pueden variar dependiendo de las causas desencadenantes, así como de la gravedad y los factores desencadenantes de la misma. El aumento de la presión intracraneana (PIC) se considera una emergencia neuroquirúrgica que requiere monitorización y vigilancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). El manejo de la hipertensión intracraneana está dirigida a lograr preservar el aporte de oxígeno al parénquima cerebral. Para poder optimizar el transporte de oxígeno,

el objetivo es reducir la PIC actuando sobre sus determinantes, mantener la presión arterial media (PAM) de manera óptima y preservar el intercambio gaseoso. Para lograr estos objetivos se recomienda utilizar monitorización multimodal que debe incluir la medición de la PIC, así como la medición del flujo sanguíneo cerebral mediante ultrasonido Doppler transcraneal (DTC).⁷⁻⁹

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo, observacional y prospectivo en una cohorte de 26 pacientes ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos Adultos de un hospital de tercer nivel, durante un periodo de siete meses. Este estudio fue aprobado por el comité de investigación y ética del hospital y se llevó a cabo siguiendo los lineamientos internacionales y los principios éticos para la investigación médica.

Se incluyeron pacientes con diagnóstico de SDRA y que ameritaron maniobra de posición prono, que presentaron una ventana transtemporal adecuada para la evaluación de la hemodinamia cerebral mediante ultrasonido Doppler transcraneal a través de la arteria cerebral media (ACM) y que otorgaron su consentimiento informado. Se realizaron las mediciones con ultrasonido Venue. Fueron excluidos los enfermos con tumores cerebrales. Todos los pacientes fueron ventilados mecánicamente utilizando una estrategia de ventilación protectora pulmonar, bajo sedoanalgesia y bloqueo neuromuscular, manteniendo un puntaje RASS (*Richmond Agitation-Sedation Scale*) de -5 .

Los pacientes fueron evaluados en posición prono continuo. Durante el estudio se realizaron mediciones de la arteria cerebral media (ACM) derecha e izquierda; velocidad sistólica (VS), velocidad diastólica (VD), velocidad media (VM), índice de pulsatilidad (IP), presión intracraneana (PIC) con fórmula de Bellner, índice resistivo (IR) y presión de perfusión cerebral (PPC), mediante ultrasonido Doppler transcraneal. Las mediciones se efectuaron en posición supina, a los cinco minutos de iniciar la posición prono y una hora después de mantener dicha posición.

Análisis estadístico. La distribución de los datos se analizó mediante prueba de Shapiro-Wilk, para las variables cualitativas, el análisis se realizó mediante frecuencias y porcentajes y el análisis de las mediciones de la ACM se realizó mediante prueba de ANOVA de medias repetidas.

RESULTADOS

Se obtuvieron mediciones de 26 pacientes con diagnóstico SDRA que ameritaron posición prono; se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov, la cual mostró normalidad de la muestra. De los 26 pacientes evaluados, 15

(57.7%) fueron hombres y 11 (42.3%) mujeres. La mediana de edad fue 53 años (rango 31-64.2), la media de PAM fue 76.6 ± 7.2 mmHg. Se realizaron tres mediciones una a cada lado, primer tiempo preprono, postprono y a la hora del prono, más detalles en la [Tabla 1](#).

Mediante la prueba de ANOVA de medias repetidas se evidenció significancia estadística durante las mediciones realizadas antes y durante el prono, pero con estabilidad posterior a la primera hora del prono, permaneciendo dentro de rangos fisiológicos. Se evidenció un aumento de los flujos de la ACM izquierda y derecha de la VS, VD y VM posterior a realizar la posición prono ($p < 0.001$), así como aumento de IP, IR y PPC ($p < 0.005$), no obstante, se mantuvieron estables hacia la primera hora de la maniobra. Para el caso de la PIC, se evidenció disminución de ésta a la hora de la posición prono, de hasta 1.1 mmHg ($p < 0.005$) ([Tabla 2](#)).

DISCUSIÓN

Los estudios que evalúan la hemodinamia cerebral mediante Doppler color transcraneal son escasos y con poca muestra; destaca recientemente el ProBrain publicado en *Anesthesiology* con un total (N) de 11 pacientes. En nuestro estudio, que incluyó 26 pacientes, se documentó aumento de los flujos cerebrales a través de la ACM derecha e izquierda, secundario a los incrementos de la VS, VD y VM; consecutivamente a éstos, se evidenció un incremento en la presión de perfusión cerebral, lo cual coincide con el estudio ProBrain de Yoann Elmaleh y colaboradores, en el que se describe incremento de la velocidad diastólica;¹⁰ sin embargo, no se hace referencia a la velocidad sistólica y media.

Por otra parte, se observó un descenso de significativo de la PIC, del índice de pulsatilidad y del índice resistivo; esto coincide con los hallazgos de Thelander y Nekludov quienes encontraron disminución de la PIC a los 10 minutos ($p < 0.05$), manteniéndose en rangos similares a la hora comparada con la basal.^{11,12} Nuestro estudio evidenció una disminución de ésta a la hora de la posición prono, de hasta 1.1 mmHg ($p < 0.005$).

En contraste con los resultados de ProBrain, donde se demostró un incremento de la PIC; tal diferencia puede ser debida a la técnica de medición de la PIC, ya que mientras ellos utilizaron un catéter intraparenquimatoso, nosotros inferimos la PIC por el estudio Doppler. La técnica invasiva es considerada el estándar para la presión intracraneana, destaca que en ambas mediciones no se rebasaba el umbral de 20 cmH₂O y que no se valoró la compliancia cerebral.

Por su parte, Nekludov determinó en única medición que la presión intracraneana aumentó hasta 4 mmHg con una $p < 0.05$, secundario a una presión arterial media elevada al momento de la posición prono.¹² Su estudio lo realizó en ocho pacientes con hemorragia subaracnoidea y catéter intraparenquimatoso.

Tanto nuestro estudio como el de Yoann y colaboradores muestran un descenso del índice de pulsatilidad a la hora de la posición prono.¹⁰

Finalmente, se presentó aumento de la presión de perfusión cerebral ($p < 0.005$), manteniéndose en rangos fisiológicos en la primera hora de la maniobra. Este resultado coincide con el estudio ProBrain, así como con los estudios de Andrea Reinprecht donde también se registró aumento de 1 mmHg a la hora de la posición prono.^{11,13}

Los contrastes de nuestro estudio comparado con la bibliografía existente difieren en cuanto al incremento del valor de PIC, pero destacamos que las características de los pacientes son distintas, teniendo nuestra muestra sólo tres pacientes neurocríticos y no habiendo utilizado catéter intraparenquimatoso.

CONCLUSIONES

En nuestro estudio se demostró una alteración del comportamiento hemodinámico cerebral, posterior al cambio de posición en decúbito prono; sin embargo, estas modificaciones se encuentran dentro de rangos fisiológicos.

La velocidad sistólica y diastólica de la arteria cerebral media presentó una modificación estadísticamente significativa en posición prono y una hora posterior comparado en posición supina.

La presión arterial media en los pacientes de este estudio se mantuvo dentro de metas de perfusión, no presentando inestabilidad hemodinámica.

En cuanto a la presión intracraneal, se evidenció que, posterior a la posición prono, hubo incluso un descenso de hasta 1.1 mmHg, por lo que podríamos considerar que la posición prono es segura y benéfica para los pacientes con SDRA.

La presión de perfusión cerebral aumentó, manteniéndose aún en rangos fisiológicos.

El índice de pulsatilidad y el índice resistivo cerebral presentaron disminución en posición prono y una hora

Tabla 1: Características generales de la población (N = 26).

Características demográficas	n (%)
Edad (años), mediana [rango]	53 [31-64.2]
PAM (mmHg), media $\pm$ DE	76.6 $\pm$ 7.2
Género	
Masculino	15 (57.6)
Femenino	11 (42.4)
Diagnósticos	
Neurocríticos + SDRA	3 (11.5)
SDRA pulmonar	23 (88.5)

DE = desviación estándar. PAM = presión arterial media. SDRA = síndrome de distrés respiratorio agudo.

Tabla 2: Análisis bivariado de la medición de los flujos cerebrales en la arteria cerebral media mediante ultrasonido Doppler transcraneal previo y posterior a la posición prono.

Variable	Preprono Media ± DE	Prono Media ± DE	Prono + 1 hora Media ± DE	p
ACM derecha				
VS	78.15 ± 2.62	80.92 ± 2.42	82.11 ± 2.27	< 0.001
VD	36.4 ± 2.62	39.65 ± 2.38	40.73 ± 2.21	< 0.001
VM	50.33 ± 2.38	53.41 ± 2.24	54.52 ± 2.06	< 0.001
IP	0.88 ± 0.069	0.81 ± 0.051	0.78 ± 0.047	< 0.005
PIC	8.40 ± 0.756	7.5 ± 0.560	7.3 ± 0.517	< 0.005
IR	0.539 ± 0.026	0.515 ± 0.021	0.507 ± 0.019	< 0.005
PPC	68.2 ± 1.68	68.3 ± 1.14	70.6 ± 1.08	< 0.005
ACM izquierda				
VS	78.30 ± 2.78	81.65 ± 2.51	80.57 ± 2.24	< 0.001
VD	38.19 ± 2.42	39.65 ± 2.38	40.73 ± 2.21	< 0.001
VM	51.56 ± 2.39	54.73 ± 2.31	54.52 ± 2.06	< 0.001
IP	0.82 ± 0.061	0.77 ± 0.048	0.73 ± 0.039	< 0.001
PIC	7.76 ± 0.661	7.25 ± 0.524	6.81 ± 0.431	< 0.005
IR	0.518 ± 0.024	0.501 ± 0.020	0.487 ± 0.017	< 0.005
PPC	68.8 ± 1.66	68.7 ± 1.13	71.14 ± 1.01	< 0.005

ACM = arteria cerebral media. DE = desviación estándar. IP = índice de pulsatilidad. IR = índice resistivo. PIC = presión intracraneana. PPC = presión de perfusión cerebral. VD = velocidad diastólica. VM = velocidad media. VS = velocidad sistólica.

después de la posición prono, por lo que se considera una maniobra no deletérea en los pacientes.

Sin embargo, se requieren más estudios que sustenten que la posición prono no resulta perjudicial para los pacientes con SDRA.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Hospital Juárez de México por permitirnos realizar el estudio en la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos.

REFERENCIAS

- Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, Arabi YM, Beitler JR, Mercat A, et al. Acute respiratory distress syndrome. *Nat Rev Dis Primers*. 2019;5(1):18.
- Hendrickson KW, Peltan ID, Brown SM. The epidemiology of acute respiratory distress syndrome before and after coronavirus disease 2019. *Crit Care Clin*. 2021;37(4):703-716.
- Acute Respiratory Distress Syndrome Network; Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;342(18):1301-1308.
- National Heart, Lung, and Blood Institute PETAL Clinical Trials Network; Moss M, Huang DT, Brower RG, Ferguson ND, Ginde AA, Gong MN, et al. Early neuromuscular blockade in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2019;380(21):1997-2008.
- Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ, Hodgson CL, Wunsch H, Meade MO, et al. Prone position for acute respiratory distress syndrome. A systematic review and meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(Supplement_4):S280-S288.
- Guérin C, Albert RK, Beitler J, Gattinoni L, Jaber S, Marini JJ, et al. Prone position in ARDS patients: why, when, how and for whom. *Intensive Care Med*. 2020;46(12):2385-2396.
- Le Roux P, Menon DK, Citerio G, Vespa P, Bader MK, Brophy G, et al. The International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring in Neurocritical Care: a list of recommendations and additional conclusions: a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society and the European Society of Intensive Care Medicine. *Neurocrit Care*. 2014;21 Suppl 2(Suppl 2):S282-S296.
- Alali AS, Temkin N, Barber J, Pridgeon J, Chaddock K, Dikmen S, et al. A clinical decision rule to predict intracranial hypertension in severe traumatic brain injury. *J Neurosurg*. 2018;131(2):612-619.
- Sacco TL, Davis JG. Management of intracranial pressure part II: nonpharmacologic interventions. *Dimens Crit Care Nurs*. 2019;38(2):61-69.
- Elmaleh Y, Yavchitz A, Léguillier T, Squara PA, Palpacuer C, Grégoire C. Feasibility of prone positioning for brain-injured patients with severe acute respiratory distress syndrome: a systematic review and pilot study (ProBrain). *Anesthesiology*. 2024;140(3):495-512.
- Thelander A, Cider A, Nellgard B. Prone position in mechanically ventilated patients with reduced intracranial compliance. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006;50(8):937-941.
- Nekludov M, Bellander BM, Mure M. Oxygenation and cerebral perfusion pressure improved in the prone position. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006;50(8):932-936.
- Reinprecht A, Greher M, Wolfsberger S, Dietrich W, Illievich UM, Gruber A. Prone position in subarachnoid hemorrhage patients with acute respiratory distress syndrome: effects on cerebral tissue oxygenation and intracranial pressure. *Crit Care Med*. 2003;31(6):1831-1838.

Correspondencia:

Marco Antonio Juan Gómez

E-mail: markojuan88@gmail.com