

Otoniel Toledo-Salinas<sup>1a</sup>, Eric Pereyra-Guzmán<sup>2b</sup>

## Resumen

**Introducción:** el *choque* se define como una insuficiencia circulatoria aguda que ocasiona disfunción celular. El índice de choque (ICh) y el índice anaerobio o relación entre el gradiente veno-arterial de dióxido de carbono y la diferencia entre el contenido arterial y venoso de O<sub>2</sub> [ $\Delta P(v-a)CO_2 / \Delta C(a-v)O_2$ ] son marcadores de hipoperfusión sistémica.

**Objetivo:** determinar si existe correlación entre el ICh y el índice anaerobio en pacientes con choque circulatorio.

**Material y métodos:** estudio observacional y prospectivo en pacientes con choque circulatorio. Se calcularon el ICh y el índice anaerobio al ingreso a la unidad de cuidados intensivos (UCI) y durante su estancia. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y se exploró la asociación del ICh con la mortalidad con una regresión logística bivariada.

**Resultados:** se analizaron 59 pacientes de 55.5 ( $\pm$  16.5) años, 54.3% hombres. El tipo de choque más frecuente fue el hipovolémico (40.7%). Tuvieron puntaje SOFA: 8.4 ( $\pm$  3.2) y APACHE II: 18.5 ( $\pm$  6). El ICh fue: 0.93 ( $\pm$  0.32) y el índice anaerobio: 2.3 ( $\pm$  1.3). La correlación global fue  $r = 0.15$ ; al ingreso:  $r = 0.29$ ; a las 6 horas:  $r = 0.19$ ; a las 24 horas:  $r = 0.18$ ; a las 48 horas:  $r = 0.44$ , y a las 72 horas:  $r = 0.66$ . El ICh  $> 1$  al ingreso a la UCI tuvo una RM 3.8 (IC 95%: 1.31-11.02),  $p = 0.01$ .

**Conclusiones:** el ICh y el índice anaerobio tienen una correlación positiva débil durante las primeras 48 horas del choque circulatorio. El ICh  $> 1$  es un posible factor de riesgo de muerte en pacientes con choque circulatorio.

## Abstract

**Background:** *Shock* is defined as an acute circulatory insufficiency that causes cellular dysfunction. The shock index (SI) and the anaerobic index or the relationship between the veno-arterial gradient of carbon dioxide and the difference between the arterial and venous content of O<sub>2</sub> [ $\Delta P(v-a)CO_2 / \Delta C(a-v)O_2$ ] are markers of systemic hypoperfusion.

**Objective:** To determine if there is a correlation between the SI and the anaerobic index in patients with circulatory shock.

**Material and methods:** Observational and prospective study in patients with circulatory shock. The SI and the anaerobic index were calculated at admission to the intensive care unit (ICU) and during their stay. Pearson's correlation coefficient was calculated and the association of SI with mortality was explored with bivariate logistic regression.

**Results:** 59 patients aged 55.5 ( $\pm$  16.5) years, 54.3% men, were analyzed. The most frequent type of shock was hypovolemic (40.7%). They had SOFA score: 8.4 ( $\pm$  3.2) and APACHE II: 18.5 ( $\pm$  6). The SI was: 0.93 ( $\pm$  0.32) and the anaerobic index: 2.3 ( $\pm$  1.3). Global correlation was  $r = 0.15$ ; at admission  $r = 0.29$ ; after 6 hours:  $r = 0.19$ ; after 24 hours:  $r = 0.18$ ; after 48 hours:  $r = 0.44$ , and after 72 hours:  $r = 0.66$ . The SI  $> 1$  at ICU admission had an OR 3.8 (95% CI: 1.31-11.02),  $p = 0.01$ .

**Conclusions:** The SI and the anaerobic index have a weak positive correlation during the first 48 hours of circulatory shock. The SI  $> 1$  is a possible risk factor for death in patients with circulatory shock.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional La Raza, Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret", Unidad de Cuidados Intensivos. Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital General Regional No. 1 "Dr. Carlos Mac Gregor Sánchez Navarro", Unidad de Cuidados Intensivos. Ciudad de México, México

ORCID: 0000-0003-1459-4527<sup>a</sup>, 0000-0002-6505-8129<sup>b</sup>

### Palabras clave

Choque  
Enfermedad Crítica  
Resultados de Cuidados Críticos  
Puntuaciones en la Disfunción de Órganos

### Keywords

Shock  
Critical Illness  
Critical Care Outcomes  
Organ Dysfunction Scores

Fecha de recibido: 28/08/2022

Fecha de aceptado: 28/09/2022

### Comunicación con:

Otoniel Toledo Salinas

 otoniel\_toledo@live.com.mx

 55 3507 7210

### Cómo citar este artículo:

Toledo-Salinas O, Pereyra-Guzmán E. Correlación entre el índice de choque y el índice anaerobio. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2023;61(3):307-13.

## Introducción

El *choque* se define como una insuficiencia circulatoria aguda asociada a utilización inadecuada de oxígeno por las células.<sup>1</sup> Es frecuente en los pacientes que ingresan a la unidad de cuidados intensivos (UCI) y se asocia a los peores desenlaces.<sup>2</sup> Los marcadores más utilizados para medir la severidad de la hipoperfusión son el lactato, la saturación venosa central de oxígeno (SvcO<sub>2</sub>), el gradiente veno-arterial de dióxido de carbono [ $\Delta P(v-a)CO_2$ ] y la diferencia entre el contenido arterial y venoso de O<sub>2</sub> [ $\Delta C(a-v)O_2$ ].<sup>3</sup>

La SvcO<sub>2</sub> y la saturación venosa mixta de oxígeno (SvO<sub>2</sub>) son indicadores del balance entre la demanda y el aporte de O<sub>2</sub> y se considera que valores de extracción celular de oxígeno entre 20-30% mantienen estos indicadores entre 65-75%, lo cual representa una adecuada perfusión tisular; sin embargo, no descartan disoxia celular.<sup>4</sup>

La  $\Delta C(a-v)O_2$  es resultado de la sustracción de la cantidad de O<sub>2</sub> fijado a hemoglobina y el disuelto en sangre de los vasos capilares arteriales menos la cantidad de O<sub>2</sub> fijado a hemoglobina y disuelto en sangre de las vénulas poscapilares. Su valor normal es de 3-5 mL/g/dL y un valor > 5 mL/g/dL se asocia a choque circulatorio y anaerobiosis.<sup>5</sup>

El metabolismo del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) puede estimar el grado de perfusión tisular. La producción de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) ocurre en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas. El incremento en el metabolismo aeróbico está asociado a un mayor VCO<sub>2</sub> por las células, lo cual generalmente se asocia con un incremento paralelo en el flujo sanguíneo, por lo que la presión tisular de dióxido de carbono (PtCO<sub>2</sub>) poscapilar no se incrementa.<sup>6</sup> En condiciones de hipoxia tisular, la disminución del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) global se asocia con una disminución de la VCO<sub>2</sub> aeróbica, pero la VCO<sub>2</sub> anaeróbica y la concentración venosa de CO<sub>2</sub> se incrementan, principalmente a través del amortiguamiento del exceso de protones por el bicarbonato y la disminución del flujo sanguíneo. Los pacientes con  $\Delta P(v-a)CO_2 \geq 6$ , mostraron una tendencia a tener menor índice cardiaco y menor presión arterial media que aquellos con  $\Delta P(v-a)CO_2 < 6$ .<sup>7</sup>

La combinación del  $\Delta P(v-a)CO_2$  y el  $\Delta C(a-v)O_2$  en un solo índice, el índice anaerobio [ $\Delta P(v-a)CO_2/\Delta C(a-v)O_2$ ], se fundamenta en que en condiciones de disoxia, la VCO<sub>2</sub> global está menos reducida que el VO<sub>2</sub>.<sup>8</sup> Es así que el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/VO_2 > 1.4$  mmHg/g/dL predice un aumento en los niveles séricos de lactato.<sup>9</sup> Una desventaja de estos marcadores es que requieren de dispositivos invasivos y gasómetros que no siempre están disponibles.

La evaluación del choque incluye la medición de la frecuencia cardiaca (FC) y la tensión arterial sistémica (TAS);

sin embargo, de manera asilada son poco fiables para identificar la presencia de hipoperfusión tisular.<sup>10,11</sup> Su utilidad para detectar falla circulatoria puede mejorar cuando se evalúan de forma combinada mediante el índice de choque (ICh),<sup>12</sup> el cual tiene un valor normal entre 0.5 y 1, correlación positiva con el valor sérico de lactato<sup>13</sup> y negativa con la SvcO<sub>2</sub> y el gasto cardiaco,<sup>14</sup> además de ser un factor de riesgo para mayor uso de vasopresores y número de disfunciones orgánicas.<sup>15</sup> Este índice puede también ser útil para evaluar la respuesta a la reanimación hídrica<sup>16</sup> y predecir el desarrollo de disfunción orgánica y muerte.<sup>17</sup> Además, puede alertar a los clínicos acerca de un problema subyacente, como sangrado oculto<sup>18</sup> o sepsis.<sup>19</sup>

El ICh tiene la ventaja de que no requiere procedimientos o equipo sofisticados para su medición. El objetivo principal de este estudio fue determinar si existe correlación entre el ICh y el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$ , además de explorar si el ICh > 1 es un factor de riesgo de muerte en pacientes con choque circulatorio.

## Material y métodos

Previa aprobación por el Comité de Bioética y otorgamiento del registro R-2016-3501-91, se realizó un estudio observacional y prospectivo en pacientes con choque circulatorio (calificación > 1 en el componente cardiovascular de la escala SOFA)<sup>20</sup> que ingresaron a la UCI entre el 1 de abril y el 31 de diciembre de 2016. Se incluyeron hombres y mujeres mayores de 16 años que requirieron la colocación de catéter venoso central y que firmaron el consentimiento informado para participar en el estudio. Se excluyeron aquellos que murieron dentro de las primeras 24 horas de estancia en la UCI. Se registraron variables demográficas y clínicas de importancia para el objetivo del estudio, la gravedad de la enfermedad mediante la escala SOFA y el puntaje pronóstico de mortalidad mediante el puntaje APACHE II.<sup>21</sup> Se calculó simultáneamente el ICh y el índice anaerobio [ $\Delta P(v-a)CO_2/\Delta C(a-v)O_2$ ] al ingreso a la UCI y a las 6, 24, 48 y 72 horas de estancia en ella. Para calcular el ICh se midió la FC y la TAS de manera automatizada utilizando monitores Datex-Ohmeda y manguito para adulto de 13.1 x 23.5 cm. Para calcular el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/\Delta C(a-v)O_2$  se tomaron muestras de 1 mL de sangre arterial por punción directa y de sangre venosa a través del catéter venoso central. Las muestras sanguíneas fueron analizadas en un gasómetro marca IL WERFEM, modelo GEM3000. El contenido arterial y venoso de O<sub>2</sub>, y su diferencia se calcularon mediante la siguiente fórmula:  $CaO_2 = (Hb \times 1.34 \text{ g/dL}) (SaO_2/100) + (PaO_2 \times 0.0034)$  -  $CvO_2 = (Hb \times 1.34 \text{ g/dL}) (SvO_2/100) + (PvO_2 \times 0.0034)$ .

Se formaron dos grupos de acuerdo con el valor del ICh al ingreso al estudio, uno con aquellos pacientes con ICh

normal y el otro con ICh anormal, y se compararon ambos grupos. Se consideró ICh normal cuando su valor fue  $\leq 1$ . El manejo del enfermo se dejó a criterio del médico tratante.

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con una fórmula para obtener un error alfa  $< 5\%$  y un poder estadístico del 80% en un estudio de correlación, por lo que se obtuvieron un total de 59 participantes<sup>22</sup> y se tomaron como base resultados de estudios previos similares.<sup>8</sup> El tipo de distribución de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La comparación de las variables cuantitativas se hizo con la prueba *t* de Student para aquellas con distribución normal y con *U* de Mann-Whitney para aquellas con libre distribución. Para comparar las variables categóricas se utilizaron las pruebas chi cuadrada y exacta de Fisher, según fuera necesario. Para analizar la correlación entre el ICh y el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y para explorar si los índices de hipoperfusión tisular son factores de riesgo independientes de muerte, se realizó un análisis de regresión logística univariado. En todos los casos, un valor de  $p < 0.05$  se consideró estadísticamente significativo. El análisis de los datos se realizó utilizando el *Statistical Package for Social Sciences* versión 20.0 para Windows (IBM SPSS Statistics v.20.0 para Windows, Armonk, NY©).

## Resultados

Los pacientes que cumplieron con los criterios para participar en el estudio fueron 59. La media de edad fue de 55.5 ( $\pm 16.5$ ) años y el 55.9% de ellos fueron del sexo masculino. La mayoría fueron pacientes quirúrgicos (61%) y el tipo de choque más frecuente fue el hipovolémico (40.7%). La calificación promedio en la escala SOFA al ingreso a la UCI fue de 8.4 ( $\pm 3.2$ ) y en la escala APACHE II fue de 18.5 ( $\pm 6$ ). Al ingreso a la UCI, el ICh promedio fue de 0.93 ( $\pm 0.32$ ) y el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/\Delta C(a-v)O_2$  promedio fue de 2.3 ( $\pm 1.3$ ). Al ingreso a la UCI, el 40.7% de los pacientes tuvieron ICh anormal ( $> 1.0$ ), mientras que el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  fue anormal ( $> 1.4$ ) en el 76.3% de los pacientes (cuadro I).

En cada uno de los 59 pacientes se realizaron 5 mediciones simultáneas de los índices de hipoperfusión tisular, por lo que en total fueron 295 pares de mediciones. Como puede observarse, el ICh mostró una franca tendencia a la disminución durante el periodo de observación de 72 horas, mientras que el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  nunca alcanzó niveles normales (figura 1).

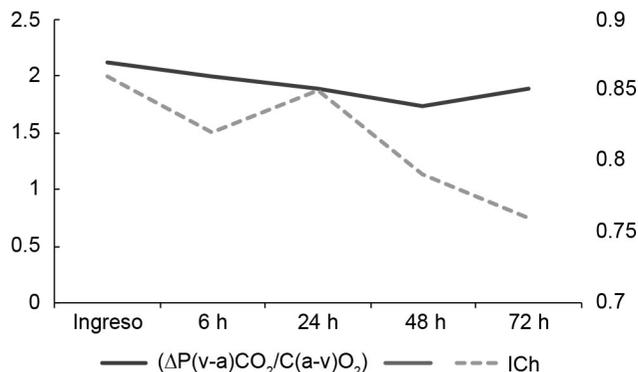
Cuando se evaluó la correlación entre el ICh y el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  considerando los 295 pares de medi-

**Cuadro I** Características demográficas y clínicas de la población de estudio y de los pacientes con ICh normal y anormal

	Población <i>n</i> = 59	ICh $\leq 1$ 35 (59.3%)	ICh $> 1$ 24 (40.7%)	<i>p</i>
Sexo masculino, <i>n</i> (%)	33 (55.9)	19 (54.3)	14 (58.3)	0.75
Edad, media en años (DE)	55.5 ( $\pm 16.5$ )	58.9 $\pm$ 13.9	50.5 $\pm$ 18.9	0.06
Comorbilidades, <i>n</i> (%)				
Hipertensión arterial sistémica	44 (54.3)	26 (54.2)	18 (54.5)	0.97
Diabetes mellitus tipo 2	29 (35.8)	15 (31.3)	14 (42.4)	0.30
Obesidad	27 (33.3)	14 (29.2)	13 (39.4)	0.33
Cardiopatía isquémica	16 (19.8)	13 (27.1)	3 (9.1)	0.04
Tipo de paciente, <i>n</i> (%)				
Quirúrgico	36 (61)	23 (65.7)	13 (54.2)	0.37
Médico	23 (39)	12 (34.3)	11 (45.8)	0.28
Tipo de choque, <i>n</i> (%)				
Choque hipovolémico	24 (40.7)	14 (40)	10 (41.7)	0.89
Choque séptico	22 (37.3)	18 (51.4)	4 (16.7)	0.01
Choque cardiogénico	12 (20.3)	3 (8.6)	9 (37.5)	0.01
Choque obstructivo	1 (1.7)	0	1 (4.2)	0.41
APACHE II, media puntaje (DE)	18.5 $\pm$ 6.0	18.2 $\pm$ 6.4	18.9 $\pm$ 5.5	0.14
SOFA, media puntaje (DE)	8.4 $\pm$ 3.2	7.9 $\pm$ 3.3	9.1 $\pm$ 2.9	0.62
ICh, media de latidos por minuto/mmHg (DE)	0.93 $\pm$ 0.32	0.74 (0.62-0.83)	1.25 (1.12-1.42)	0.01
Índice anaerobio media de mmHg/g/dL (DE)	2.3 $\pm$ 1.3	2.1 $\pm$ 1.3	2.7 $\pm$ 1.7	0.17
Días de estancia en la UCI, días (RIC)	6 (4-12)	6 (4-10)	7 (5-13.8)	0.09
Defunción, <i>n</i> (%)	10 (16.9)	4 (11.4)	6 (25)	0.28

APACHE: *acute physiologic and chronic health evaluation*; DE: desviación estándar; ICh: índice de choque; SOFA: *sequential organ failure assessment*; RIC: rangos intercuartílicos; UCI: unidad de cuidados intensivos

**Figura 1** Comportamiento de los índices de hipoperfusión durante las primeras 72 horas de estancia en la unidad de cuidados intensivos



ICh: índice de choque;  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$ : índice anaerobio

ciones, se encontró una correlación positiva débil:  $r = 0.156$ ,  $p = 0.090$  (figura 2, panel A). Sin embargo, cuando se evaluó la correlación entre los índices de hipoperfusión tisular para cada uno de los momentos en que fueron medidos, se observó que la correlación mejoró considerablemente a las 48 horas con  $r = 0.445$  y  $p = 0.001$  y a las 72 horas con  $r = 0.665$  y  $p = 0.001$  (figura 2, páneles E y F, respectivamente).

La anomalía del ICh se comportó como un factor de riesgo independiente de muerte en todas las mediciones que se realizaron, sobre todo a las 72 horas, en donde en el análisis de regresión logística bivariado mostró una razón de momios (RM) de 13.2 (intervalo de confianza del 95% [IC 95%] 2.754-63.272),  $p = 0.001$ . Por el contrario, el índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  solo alcanzó significación estadística en la medición de las 6 horas, con RM de 11.579 (IC 95% 1.453-92.301),  $p = 0.021$  (cuadro II).

## Discusión

### Hallazgos principales

Los pacientes con choque circulatorio mostraron correlación positiva débil entre el ICh y el  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  durante las primeras 24 horas de ingreso a la UCI, la cual se incrementó paulatinamente hasta las 72 horas, mientras que solo el ICh mostró que es un factor de riesgo para mortalidad desde el inicio. Hasta donde mejor sabemos, el primer hallazgo es único y corresponde a la falta de coherencia hemodinámica entre las condiciones macro- y microcirculatorias, la primera representada por el ICh y la

segunda por el  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$ .<sup>3</sup> Por otro lado, el efecto del ICh como factor de riesgo para mortalidad es un resultado que podemos ver replicado desde su publicación original.<sup>10</sup>

### Coherencia hemodinámica y el índice anaerobio

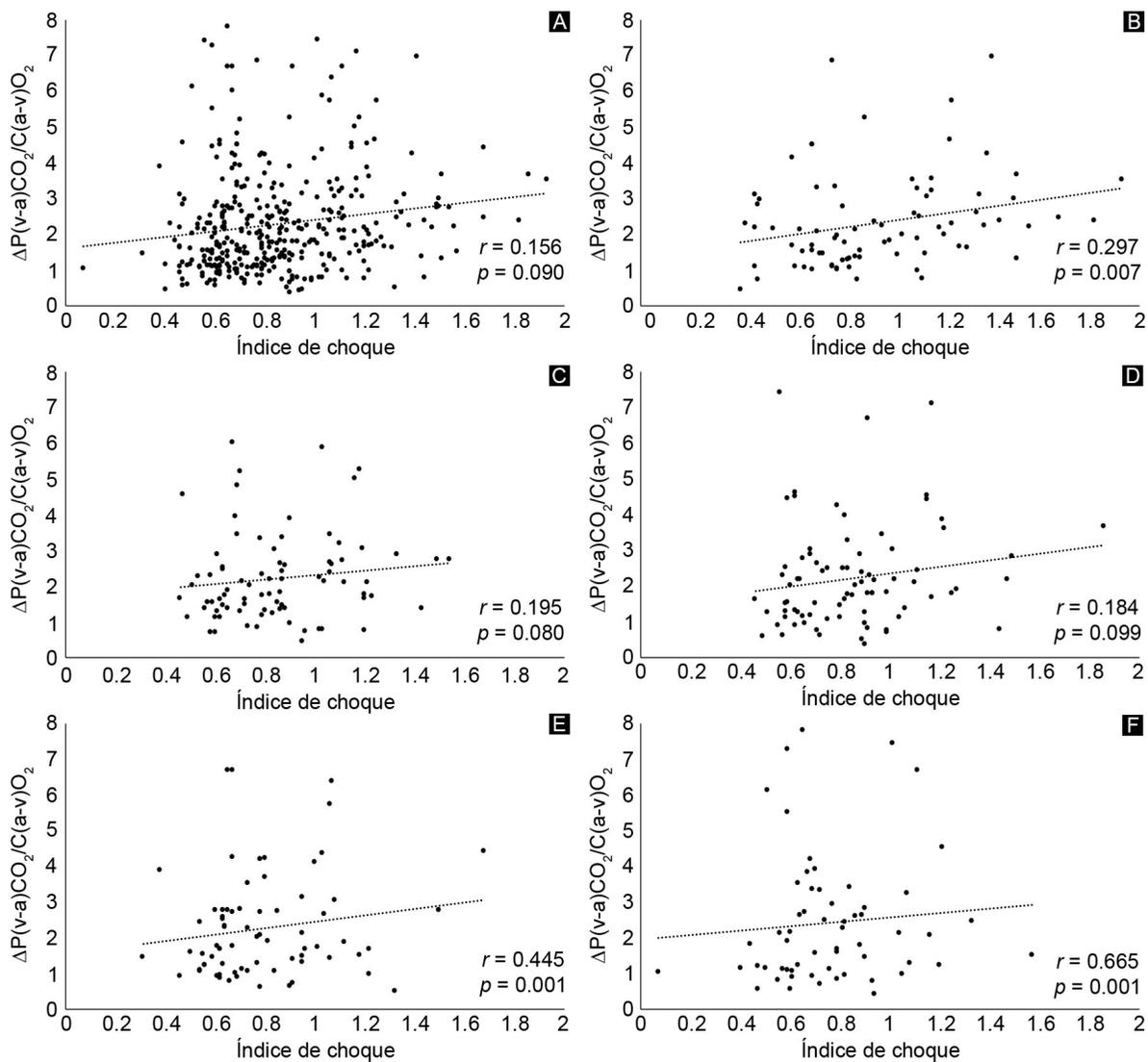
La coherencia hemodinámica se define como la normalización de las variables sistémicas de circulación y oxigenación, en forma paralela con la restauración de la oxigenación tisular a nivel de la microcirculación.<sup>23</sup> En la mayoría de casos de reanimación después de un episodio de choque, existe una pérdida de esta coherencia de forma local o sistémica que repercute en el desenlace del enfermo en estado crítico.<sup>24</sup> En nuestros resultados observamos la pérdida de esta coherencia hemodinámica en la pobre correlación que existe entre el ICh y el  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  durante las fases de optimización y estabilización, y que mejora en el tiempo una vez que los mecanismos compensadores o el empeoramiento en las condiciones clínicas del estado de salud del enfermo se hacen presentes. Sin embargo, en nuestro estudio la alteración del índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  fue persistente, no obstante la normalización de los signos vitales y la resolución de la etiología.

Wang *et al.* reportaron en un metaanálisis que el nivel del índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  fue mayor en aquellos pacientes con choque séptico y choque cardiogénico que fallecieron; sin embargo, solo en la población de pacientes con choque séptico este índice elevado estuvo presente en aquellos pacientes con mayor puntaje en la escala SOFA y se comportó como factor de riesgo para muerte: RR de 1.85 (IC 95% 1.48-2.81), lo cual no pudo replicarse en nuestro estudio debido a que se incluyó una población heterogénea y solo el 37.3% de los pacientes presentó choque séptico.<sup>25</sup>

### Índice de choque y mortalidad

Mutschler *et al.*<sup>14</sup> identificaron que la mortalidad se incrementó cuando el ICh permaneció elevado durante varias horas en pacientes politraumatizados. Por su parte, Wira *et al.*<sup>15</sup> demostraron que los pacientes con sepsis y elevación sostenida del ICh tuvieron más disfunciones orgánicas y requirieron mayor uso de vasopresores. En nuestro estudio, la persistencia en la elevación del ICh se asoció con mayor calificación en la escala SOFA, mientras que en aquellos pacientes en quienes se logró la normalización del ICh, la calificación en la escala SOFA disminuyó progresivamente. De igual manera, los pacientes con ICh persistentemente elevado tuvieron mayor mortalidad, aunque la diferencia no alcanzó significación estadística. El ICh ele-

**Figura 2** Correlación entre el índice de choque y el índice anaerobio en pacientes con choque circulatorio



A: mediciones durante toda la estancia en la UCI, B: mediciones al ingreso, C: mediciones a las 6 horas, D: mediciones a las 24 horas, E: mediciones a las 48 horas y F: mediciones a las 72 horas  
 $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$ : índice anaerobio

**Cuadro II** Análisis de regresión logística bivariado para identificar factores de riesgo de muerte en pacientes con choque circulatorio

	RM	IC 95%	<i>p</i>
Grupo índice de choque inicial	3.8	1.31-11.02	0.01
Grupo índice anaerobio inicial	2.18	0.56-8.43	0.25
Grupo índice de choque 6 horas	3.35	1.16-9.69	0.02
Grupo índice anaerobio 6 horas	11.57	1.45-92.31	0.02
Grupo índice de choque 24 horas	6.62	2.09-20.90	0.01
Grupo índice anaerobio 24 horas	3.43	0.90-12.99	0.07
Grupo índice de choque 48 horas	6.37	1.64-26.71	0.01
Grupo índice anaerobio 48 horas	6.54	0.79-54.16	0.08
Grupo índice de choque 72 horas	13.2	2.75-63.27	0.01
Grupo índice anaerobio 72 horas	2.75	0.52-14.37	0.22

RM: razón de momios; IC 95%: intervalo de confianza del 95%

vado medido en cualquier momento durante las primeras 72 horas demostró ser un factor de riesgo independiente de muerte en nuestros enfermos. Por el contrario, solo la medición del índice  $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$  a las 6 horas alcanzó significación estadística en el análisis de regresión logística.

Con estos resultados, podemos concluir que ambos índices de hipoperfusión tienen pobre correlación durante las primeras 24 horas de la inestabilidad hemodinámica, posiblemente por pérdida de la coherencia hemodinámica entre la macro- y la microcirculación, y que dicha correlación mejora una vez que los mecanismos compensadores y el tratamiento corrigen la coherencia hemodinámica.

### Limitaciones del estudio

Nuestro estudio adolece de varias limitaciones: 1) fue realizado en un solo centro hospitalario, lo cual puede limitar la generalización de los resultados, 2) el diseño del estudio no permitió estandarizar el manejo de los enfermos, por lo que la heterogeneidad en el proceso de reanimación puede disminuir la fortaleza de los resultados, 3) se analizaron los datos de distintos tipos de choque circulatorio, lo cual dificulta el análisis de los resultados, 4) no se realizó medición de los niveles séricos de lactato, lo que limita la comparación multimodal de los marcadores de hipoperfusión tisular, 5) el umbral del valor del índice ICh tomado para nuestro estudio tiene mayor especificidad que puntos de corte menores, por lo que la replicación de nuestros resultados está determinada por el valor elegido para la definición de ICh elevado y 6) los resultados del análisis univariado no son definitivos, solo son exploratorios. Sin embargo, el estudio permite abrir un área de oportunidad para investigar

y comprender que el ICh pudiera utilizarse para monitorizar las características fisiológicas dinámicas del enfermo, identificar de forma fácil y rápida a los pacientes con riesgo alto de complicaciones y predecir en forma temprana el desarrollo de disfunción orgánica y muerte.

### Conclusiones

- El ICh y el índice anaerobio tienen correlación positiva débil durante las primeras 48 horas del inicio del choque circulatorio.
- El ICh > 1 latido x minuto/mmHg es un posible factor de riesgo independiente de muerte en los pacientes con choque circulatorio.

### Agradecimientos

Agradecemos a los médicos especialistas José Ángel Baltazar Torres y Abraham Antonio Cano Oviedo, adscritos a las UCI del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, respectivamente, por su asesoría y apoyo técnico en la realización de este trabajo. También agradecemos al Centro de Adiestramiento en Investigación Clínica (CAIC), por su programa para la formación de investigadores y publicación de artículos.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

### Referencias

1. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 2014 Dec;40(12):1795-815. doi: 10.1007/s00134-014-3525-z.
2. Lanspa MJ, Brown SM, Hirshberg EL, Jones JP, Grissom CK. Central venous pressure and shock index predict lack of hemodynamic response to volume expansion in septic shock: a prospective, observational study. *J Crit Care* 2012;27:609-15. doi: 10.1016/j.jcrc.2012.07.021
3. Ince C. Hemodynamic coherence and the rationale for monitoring the microcirculation. *Critical Care.* 2015;19:S8. doi: 10.1186/cc14726
4. Vallée F, Vallet B, Mathe O, Parraguette J, Mari Ar, Silva S, et al. Central venous-to-arterial carbon dioxide difference: an additional target for goal-directed therapy in septic shock? *Intensive Care Med* 2008;34:2218-25. doi: 10.1007/s00134-008-1199-0
5. Shaban M, Salahuddin N. Clarification on the Method of Calculating Central Venous-to-Arterial CO<sub>2</sub> Difference/Arterial-Central Venous O<sub>2</sub> Difference Ratio. *Shock.* 2017;48(6):690-1. doi: 10.1097/SHK.0000000000000922
6. Marik P. Regional carbon dioxide monitoring to assess the adequacy of tissue perfusion. *Current Op Crit Care.* 2005;11:245-51. doi: 10.1097/01.ccx.0000158091.57172.f9
7. Ospina-Tascón GA, Umaña M, Bermúdez WF, Bautista-Rincón DF, Valencia JD, Madriñán HJ, et al. Can venous-to-arterial carbon dioxide differences reflect microcirculatory alterations in patients with septic shock? *Intensive Care Med.* 2016;42(2):211-21. doi: 10.1007/s00134-015-4133-2
8. Mekontso-Dessap A, Castelain V, Anguel N, Bahloul M, Schauvliege F, Richard C, et al. Combination of venoarterial PCO<sub>2</sub> difference with arteriovenous O<sub>2</sub> content difference to detect anaerobic metabolism in patients. *Intensive Care Med.* 2002;28(3):272-7. doi: 10.1007/s00134-002-1215-8
9. Monnet X, Julien F, Ait-Hamou N, Lequoy M, Gosset C, Jozwiak M, et al. Lactate and venoarterial carbon dioxide difference/

- arterial-venous oxygen difference ratio, but not central venous oxygen saturation, predict increase in oxygen consumption in fluid responders. *Crit Care Med.* 2013;41(6):1412-20. doi: 10.1097/CCM.0b013e318275cece
10. Allgöwer M, Burri C. Shock index. *Dtsch Med Wochenschr.* 1967;92:1947-50. doi: 10.1055/s-0028-1106070
  11. Allgöwer M, Burri C. Shock-index. *Ger Med Mon.* 1968;13:14-9.
  12. Birkhahn RH, Gaeta TJ, Terry D, Bove JJ, Tloczkowski J. Shock index in diagnosing early acute hypovolemia. *Am J Emerg Med.* 2005;23(3):323-6. doi: 10.1016/j.ajem.2005.02.029
  13. Rady MY, Smithline HA, Blake H, Nowak R, Rivers E. A comparison of the shock index and conventional vital signs to identify acute, critical illness in the emergency department. *Ann Emerg Med.* 1994;24(4):685-90. doi: 10.1016/s0196-0644(94)70279-9
  14. Mutschler M, Nienaber U, Münzberg M, Wölfl C, Schoechl H, Paffrath T, et al. The Shock Index revisited - a fast guide to transfusion requirement? A retrospective analysis on 21,853 patients derived from the TraumaRegister DGU. *Crit Care.* 2013;17(4):R172. doi: 10.1186/cc12851
  15. Wira CR, Francis MW, Bhat S, Ehrman R, Conner D, Siegel M. The shock index as a predictor of vasopressor use in emergency department patients with severe sepsis. *West J Emerg Med.* 2014;15(1):60-6. doi: 10.5811/westjem.2013.7.18472
  16. Yussof SJ, Zakaria MI, Mohamed FL, Bujang MA, Lakshmanan S, Asaari AH. Value of Shock Index in prognosticating the short-term outcome of death for patients presenting with severe sepsis and septic shock in the emergency department. *Med J Malaysia.* 2012;67(4):406-11.
  17. Cevik AA, Dolgun H, Oner S, Tokar B, Acar N, Ozakin E, et al. Elevated lactate level and shock index in nontraumatic hypotensive patients presenting to the emergency department. *Eur J Emerg Med.* 2015;22(1):23-8. doi: 10.1097/MEJ.0000000000000110
  18. Tseng J, Nugent K. Utility of the shock index in patients with sepsis. *Am J Med Sci.* 2015;349(6):531-5. doi: 10.1097/MAJ.0000000000000444
  19. Berger T, Green J, Horeczko T, Hagar Y, Garg N, Suarez A, et al. Shock index and early recognition of sepsis in the emergency department: pilot study. *West J Emerg Med.* 2013;14(2):168-74. doi: 10.5811/westjem.2012.8.11546
  20. Vincent JL, Moreno R, Takala J, Willatts S, De Mendonça A, Bruining H, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 1996;22(7):707-10. doi: 10.1007/BF01709751
  21. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818-29.
  22. Roy-García I, Rivas-Ruiz R, Pérez-Rodríguez M, Palacios-Cruz L. Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Rev Alerg Méx.* 2019;66(3):354-60. doi: 10.29262/ram.v66i3.651
  23. Arnemann P, Seidel L, Ertmer C. Haemodynamic coherence - The relevance of fluid therapy. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2016;30(4):419-27. doi: 10.1016/j.bpa.2016.11.003
  24. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a Resuscitation Strategy Targeting Peripheral Perfusion Status vs Serum Lactate Levels on 28-Day Mortality Among Patients With Septic Shock: The ANDROMEDA-SHOCK Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2019;321(7):654-64. doi: 10.1001/jama.2019.0071
  25. Wang M, Liu T, Niu Z, Zuo J, Qi D. Utility of venous-to-arterial carbon dioxide changes to arteriovenous oxygen content ratios in the prognosis of severe sepsis and septic shock: A systematic review and meta-analysis. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine.* 2021;28(4):241-53. doi: 10.1177/1024907921994970