

## Tonometría gástrica de fase aérea. Factor pronóstico en pacientes quirúrgicos con sepsis

Dr. José Manuel Ramírez Hernández,\* Dra. Gabriela Belén Cerda Zaragoza,†  
Dra. Margarita Becerril Pérez,\* Dr. José Luis Ruíz Pier,‡  
Dr. Francisco Javier Mijangos Huesca,§ Dr. Guillermo Castillo Becerril<sup>||</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** Detectar tempranamente cambios en los niveles de la presión gástrica de CO<sub>2</sub>, durante la hipoperfusión en pacientes quirúrgicos con sepsis.

**Diseño:** Estudio prospectivo, longitudinal, descriptivo, observacional, de cohorte.

**Sitio:** Unidad de Terapia Intensiva de Hospital Central Norte de PEMEX, ciudad de México.

**Pacientes:** 42 pacientes sépticos con APACHE II mayor de 13 puntos, con edad entre 18 y 99 años, de ambos sexos, que fueron sometidos a procedimiento quirúrgico abdominal, a quienes se les instaló sonda de tonometría gástrica de fase aérea.

**Intervenciones:** Con el propósito de detectar y tratar de forma oportuna la hipoperfusión en pacientes quirúrgicos con sepsis, se monitorizó la presión gástrica de CO<sub>2</sub> mediante una sonda de tonometría.

**Mediciones y resultados:** Se midieron presión gástrica de CO<sub>2</sub> (PgCO<sub>2</sub>), pH gástrico (pHi), diferencia de presión de CO<sub>2</sub> gástrica y al final de la espiración [P (g-et) CO<sub>2</sub>], observamos que la mayoría de los pacientes estudiados tuvieron un incremento en la acidez gástrica.

**Conclusiones:** La tonometría gástrica de fase aérea es una poderosa herramienta de mínima invasión que detecta alteraciones en la perfusión regional y predice complicaciones y mortalidad en pacientes quirúrgicos con sepsis.

**Palabras clave:** Tonometría gástrica, presión parcial de CO<sub>2</sub>, sepsis abdominal, monitoreo, pronóstico.

### SUMMARY

**Objective:** To detect early changes in the levels of gastric CO<sub>2</sub> pressure, during hypoperfusion in surgical patients with sepsis.

**Design:** A prospective, longitudinal, descriptive, observational, cohort study.

**Setting:** Intensive Care Unit of Hospital Central Norte, PEMEX, Mexico City.

**Patients:** 42 septic patients with APACHE II scores greater than 13 points with age between 18 and 99 years, of both sexes, that were put under abdominal surgical procedure, to those who it was placed a catheter of Gastric air Tonometry.

**Interventions:** In order to detect and to deal with opportune form the hypoperfusion in surgical patients with sepsis, we measure the gastric CO<sub>2</sub> pressure through a gastric catheter for tonometry.

**Measurements and principal results:** We measure gastric CO<sub>2</sub> pressure (PgCO<sub>2</sub>), gastric pH (pHi), differential gastric CO<sub>2</sub> pressure and CO<sub>2</sub> pressure end-expiratory [P (g et) CO<sub>2</sub>], most the patients studied had an increase in gastric acidity.

**Conclusions:** The gastric air tonometry is a powerful tool that detects median invasiveness alterations in regional perfusion and predicts complications and mortality in surgical patients with sepsis.

**Key words:** Gastric tonometry, CO<sub>2</sub> partial pressure, abdominal sepsis, monitoring, prediction.

\* Médico Especialista de la Unidad de Terapia Intensiva.

† Médico residente de Anestesiología.

‡ Médico Especialista de Cirugía General.

§ Médico Especialista de Hematología.

|| Médico Especialista de Anestesiología.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 40 años el término traslocación bacteriana fue utilizado por Wolochow por vez primera, para describir el paso de las bacterias a través de la pared intestinal.<sup>1</sup> En la década comprendida entre 1950 y 1960, Fine demostró que las endotoxinas pueden escapar del intestino, alcanzar el sistema reticuloendotelial y producir un cuadro de sepsis y/o choque séptico. Proponiendo al tubo digestivo como un sitio primordial en el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica.<sup>2-4</sup>

La isquemia intestinal induce un espectro amplio de lesiones desde alteraciones en la permeabilidad de los capilares, hasta infartos dependiendo de la duración y gravedad.<sup>5</sup> El estado de perfusión en la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) ha sido evaluado en el pasado utilizando variables clínicas tales como la tensión arterial, la frecuencia cardíaca y el gasto urinario. Estos índices, sin embargo, subestimaban el déficit de perfusión a los diferentes órganos. La mayoría del monitoreo disponible en la UTI nos indica en forma precisa la condición hemodinámica del paciente, sin embargo, estos índices globales obtenidos no reflejan anomalías específicas de flujo sanguíneo regional, por lo tanto es posible que nunca indiquen hipoperfusión en el lecho específico, lo cual podría llevar al paciente a falla orgánica y muerte.<sup>1,6,7</sup>

La tonometría gástrica es una técnica de monitoreo que ha evolucionado conforme avanza y se desarrolla la tecnología, en sus inicios fue una técnica de monitorización compleja ya que se utilizaba solución salina a través de uno de los lúmenes de la sonda, la cual debía ser recambiada después de un determinado periodo de tiempo y posteriormente era analizada la muestra de solución salina con un gasómetro, este proceso implicaba más tiempo y manipulación del personal de salud y el subsecuente registro periódico cada 2 o más horas para obtener una tendencia, lo cual evidentemente resultaba complejo y laborioso.<sup>8</sup>

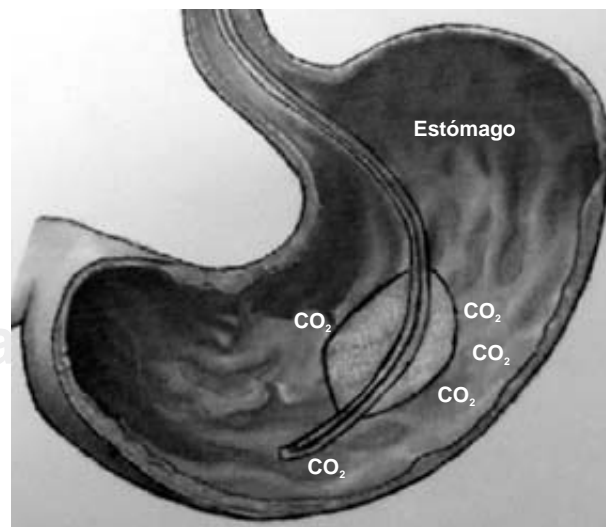
En la actualidad nuestra UTI está equipada con tonómetro gástrico de fase aérea, la cual es una novedosa modalidad de monitorización en México, ya que esta técnica está descrita desde hace aproximadamente 20 años, predominantemente en Europa y Estados Unidos, mide el CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono) en la mucosa gástrica del estómago. Este parámetro actualmente se conoce como PgCO<sub>2</sub> (presión gástrica de CO<sub>2</sub>) y proporciona información sobre los niveles de la perfusión gástri-

ca de manera exacta.<sup>1</sup> El uso diferencial entre la presión gástrica de bióxido de carbono (PgCO<sub>2</sub>) y la presión de bióxido de carbono del volumen corriente final (PetCO<sub>2</sub>) se maneja e interpreta como un marcador de alta sensibilidad y especificidad para la detección temprana de hipoperfusión gastrointestinal<sup>6,9,10</sup> (figura 1).

Al ser una técnica de monitoreo de reciente introducción, diversos grupos de investigadores en consenso estiman que un valor de 1.5 – 2 kPa de PgCO<sub>2</sub>-PetCO<sub>2</sub> es normal.

Tomando como referencia 0.5 kPa en la diferencia arterio-alveolar en pulmones sanos (entendiéndose como kiloPascal a la unidad de presión del sistema métrico decimal que equivale a 1,000 pascales), un Pascal es la presión que ejerce una fuerza de 1 Newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma: 1 Pascal (Pa) = 1 N/m<sup>2</sup> = 1 J/m<sup>3</sup> = 1 kg·m<sup>-1</sup>·s<sup>-2</sup>.

Existe poca información sobre el uso del gradiente de PgCO<sub>2</sub>-PetCO<sub>2</sub> lo cual obviamente dificulta la comparación de estudios. Además esta técnica nos permite medir el estado ácido-base de la mucosa gástrica mediante la estimación del pH de ésta. La acidosis de la mucosa indica hipoperfusión esplácnica concomitante y ha sido utilizada en estudios para predecir muerte de pacientes en estado crítico; en presencia de condiciones críticas, la sangre del estómago se redistribuye a los órganos vitales, en una persona sana la sangre vuelve cuando termina



**Figura 1.** Posición adecuada de sonda de tonometría, la cual mide el CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono) en la mucosa gástrica del estómago.

la situación amenazadora; pero cuando el paciente está gravemente enfermo la redistribución sigue ocurriendo, lo que genera un aumento en el riesgo de daño a los tejidos con la consiguiente disfunción de los órganos,<sup>10-12</sup> ocasionando que el flujo sanguíneo se redistribuya hacia los órganos vitales, reduciendo el flujo sanguíneo al estómago.

Lo anterior conlleva a un incremento de  $\text{CO}_2$  (aumento de la  $\text{PgCO}_2$ ), dicho incremento de la  $\text{PgCO}_2$  altera la mucosa del estómago, la cual facilita el fenómeno de traslocación bacteriana, con el consecuente desarrollo de sepsis y falla orgánica múltiple (figura 2).

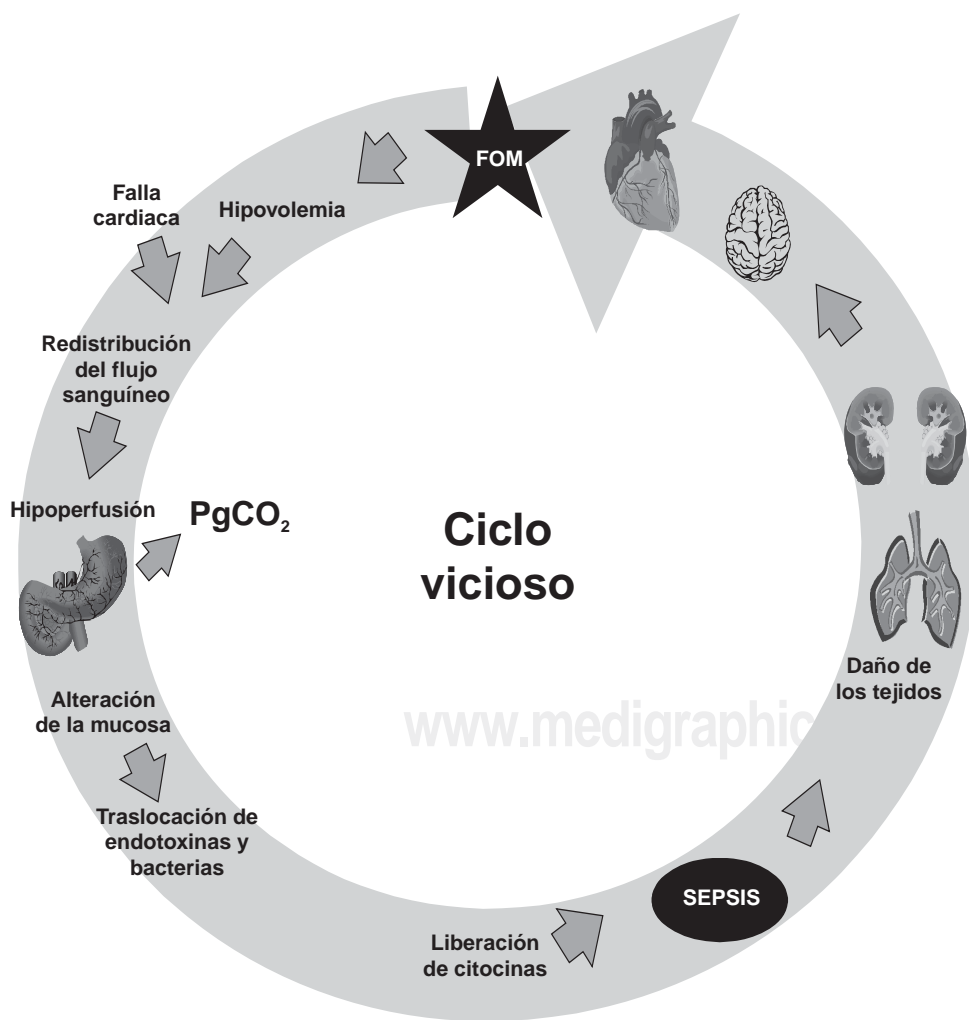
El planteamiento fundamental se basa en que la detección temprana de mal perfusión esplácnica por el tonómetro gástrico nos complementa la información obtenida de los indicadores globales del transporte de oxígeno, lo cual nos permite optimizar el tratamiento de los pacientes en estado crítico.

## APLICACIONES CLÍNICAS

Para fines clínicos pueden ser divididas en 2 grupos:

**a) Localización de fenómenos locales: Diagnóstico de colitis isquémica.** El diagnóstico definitivo suele realizarse mediante examen endoscópico, el cual no está exento de riesgos en esta situación clínica, pues pueden producirse perforaciones. Björck & Hedberg, encuentran una sensibilidad de 100% y una especificidad de 93% para colitis isquémica con un único valor de  $\text{pHi} < 6.86$ .<sup>13-16</sup>

**Síndrome compartimental abdominal.** La hipertensión intraabdominal (HIA) afecta el flujo esplácnico, con las consecuentes complicaciones tanto a nivel local como sistémico. Se ha visto que con presiones intraabdominales entre 10-15 mmHg ya puede haber cierto grado de isquemia intestinal y hepática e incluso traslocación bacteriana.<sup>17,18</sup>



**Figura 2.** Cascada de eventos consecutivos posteriores a la hipovolemia.

**Trasplante hepático.** La disfunción primaria del injerto es una seria complicación del trasplante hepático con una mortalidad del 25%.<sup>19</sup> La reintervención precoz es la clave para el éxito del retrasplante.<sup>19,20</sup> En pacientes sujetos a trasplante hepático, el cálculo del pHi de la mucosa gástrica ha sido usado como indicador de isquemia gastrointestinal y la presencia de acidosis intramucosa también se ha asociado con sepsis, fracaso renal y disfunción del injerto.<sup>21-23</sup>

**b) Localización de alteraciones sistémicas: Índice pronóstico y terapéutico en el paciente crítico.**

En las situaciones de hipoperfusión sistémica, es en la mucosa del intestino donde primero aparecen las anomalías de la extracción de oxígeno, a pesar de una perfusión intestinal global adecuada, de una situación hemodinámica y de parámetros de oxigenación generales que pueden aparecer como favorables. La hipoxia de la mucosa intestinal producirá una destrucción de las vellosidades y una erosión de la mucosa que ocasiona una permeabilidad del endotelio y fenómenos de traslocación bacteriana, siendo ésta causa de la falla orgánica múltiple.<sup>24</sup>

En diversos estudios se ha observado que con un pHi < de 7.32 y que no se logra elevar en las 24 horas posteriores hay una mayor mortalidad y elevada incidencia de falla orgánica múltiple.<sup>1</sup>

Gutiérrez et al,<sup>25</sup> en el estudio realizado con 260 pacientes ingresados en una UTI, encontraron que el tratamiento guiado por valores del pHi mejora la supervivencia en aquellos pacientes cuyo pHi al ingreso a la UTI era normal. Con estas predicciones la tonometría gástrica de fase aérea no solamente se ha utilizado como índice pronóstico, sino como una guía para dirigir el tratamiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En la UTI del Hospital Central Norte de PEMEX durante un periodo de 12 meses y de forma prospectiva, se incluyeron a 42 pacientes que ingresaron a UTI posterior a una intervención quirúrgica a nivel abdominal, con escala de valoración de APACHE II mayor de 10 puntos, de ambos sexos, de edad entre 18 y 99 años, a quienes se les instaló por vía nasogástrica una sonda Tonometrics™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia) la cual consta de un catéter de 18 Fr, de 2 lúmenes, (una vía accesoria para utilizarse como línea de alimentación enteral o evacuación del contenido gástrico y una línea de toma de muestra se utiliza para la determinación de

PgCO<sub>2</sub> y pHi) (figura 3), el catéter está provisto de un biofiltro, el cual se conecta al módulo de Tonometría Tonocap S/5™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia) (figura 4).

Posterior a la inserción, se tomaba una placa de rayos X de abdomen para verificar la adecuada ubicación del catéter en la cámara gástrica.

Al ser un sistema de monitoreo en tiempo real, después de 10 minutos de lectura de datos brinda información a la cabecera del paciente; existe un archivo histórico y un software para análisis de información que permite comparar tendencias.

Para fines estadísticos se realizan registros cada hora durante las primeras 72 horas tomando en cuenta, la media de cada registro.

Todos los pacientes a quienes se les instaló la sonda de tonometría gástrica de fase aérea tenían consentimiento informado y autorización firmada por sus familiares.

## RESULTADOS

De los 42 pacientes que se incluyeron, 25 fueron del sexo masculino (60%) y 17 fueron del sexo femenino (40%), relación hombre: mujer 1.4:1, con un rango de edades de 20 a 90 años con una media de 65 años. En la distribución por grupo el más numeroso fue el de 69 a 79 años con 13 pacientes (30%), todos con escala pronóstica de APACHE II a su in-



**Figura 3.** Sonda Tonometrics™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia) de 18 Fr, de 2 lúmenes, donde se observa con una flecha el biofiltro, y el globo el cual es una membrana semipermeable.

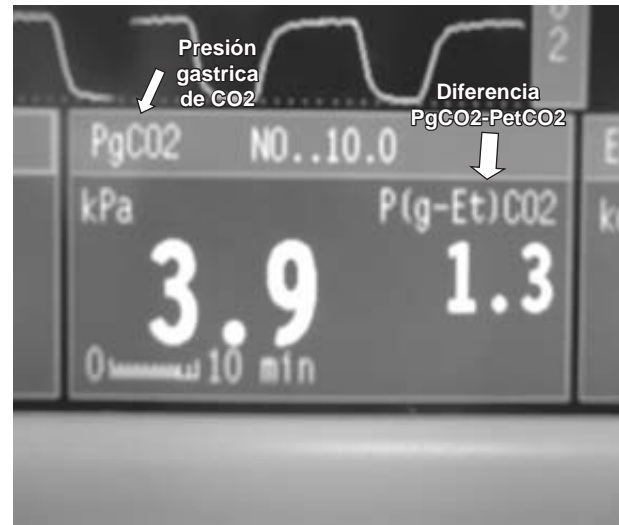


**Figura 4.** Sistema modular de análisis de gases y tonometría.

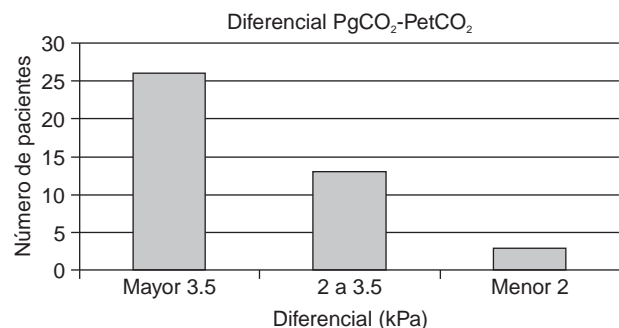
greso a Unidad de Terapia Intensiva con mínimo de 14 y 36 máximo, con media de 28.

Las mediciones tonométricas fueron las siguientes:  $PgCO_2$ , pHi,  $P(a-g)CO_2$ ,  $P(g-e)CO_2$ , observamos que la mayoría de los pacientes presentaron un  $pHi < 7.32$ , lo que implica un aumento de la acidez de la cámara gástrica (figura 5). En cuanto a la medición de la presión de  $CO_2$  de la mucosa gástrica 48% de los pacientes ( $n = 20$ ) presentaron a su ingreso valores de kPa mayores de 8; 42% ( $n = 18$ ), presentaron valores entre 6.5 y 8 kPa, por último 10% ( $n = 4$ ) tuvieron kPa menores de 6.5.

El gradiente de presión de  $CO_2$  gástrico y arterial también mostró alteración en la mayoría de las mediciones al ingreso, notando que 26 pacientes (62%) mostraron valores de 2.5 kPa o mayores, lo cual se traduce como mayor concentración de  $CO_2$  a nivel de la mucosa gástrica en comparación con la presión de este gas en sangre, que su vez denota un menor flujo sanguíneo a este nivel con la consecuente disminución de la perfusión.



**Figura 5.** Diferencial de  $PgCO_2$ - $PetCO_2$ , los valores se obtienen en tiempo real a la cabecera del paciente.



**Figura 6.** Resultados comparativos donde se aprecia en la primera columna un diferencial mayor de 3.5 kPa en la mayoría de los pacientes, los cuales se relacionaron a mayor mortalidad en este rango.

En este estudio los valores de la diferencia de  $PgCO_2$ - $PetCO_2$  que se obtuvieron fueron mayores de 3.5 kPa en 62% de los pacientes ( $n = 26$ ), valores de 2 a 3.5 kPa en 31 % ( $n = 13$ ) y menos de 2 kPa en 7% ( $n = 3$ ) (figura 6). Se contabilizaron un total de 26 pacientes, de los cuales 13 fueron hombres y 13 mujeres. Dieciséis personas fallecieron, de los cuales 12 eran hombres y 4 mujeres, el grupo etario con más decesos fue el de 70 a 79 años.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las complicaciones postquirúrgicas representan un problema a diversos niveles, condicionando estancias prolongadas en las Unidades de Terapia Inten-

siva y cuidados intermedios, así como en hospitalización, sobreutilización de recursos, generación de incapacidad y dificultades para la reintegración de los individuos afectados a sus labores cotidianas con periodos de rehabilitación variables.

Dentro de los procedimientos que más se realizan en un Servicio de Cirugía General son los que involucran la cavidad abdominal, por lo tanto se propone un método de monitoreo que alerte de manera temprana sobre complicaciones derivadas de un aporte y disposición inadecuados de oxígeno a nivel de los tejidos.<sup>27,28</sup>

Actualmente la monitorización del pH intramucoso gástrico constituye un método sensible en la valoración de la perfusión esplácnica, en los pacientes críticos. La tonometría gástrica es una técnica de mínima invasión que nos permite conocer valores del  $\text{PCO}_2$  intraluminal.

Los pacientes con un pH bajo en las primeras horas tienen una alta incidencia de mortalidad, sobre todo en los pacientes en los cuales no mejora su pH en las primeras 24 horas. El alto rango de supervivencia al igual que en estudios anteriores, en pacientes con pH normal o adecuado en las primeras horas en UCI, marca un fuerte argumento de que el pH es un monitor de la hipoxia a nivel local. Fiddian – Green y sus asociados<sup>29</sup> desarrollaron aún más el concepto, aplicando los valores tonométricos para estimar el pH de los tejidos basado en 2 premisas:

1. El  $\text{PCO}_2$  medido tonométricamente se relaciona al  $\text{PCO}_2$  intramuscular. Esta aseveración supone que el  $\text{CO}_2$  se difunde libremente por los tejidos, de forma que el  $\text{PCO}_2$  en el fluido luminal se equilibra con el  $\text{PCO}_2$  de las mucosas.
2. La concentración de bicarbonato de la sangre arterial equivale a la de las mucosas intestinales. Esta es una premisa pragmática y parece ser válida en la mayoría de las situaciones en las que se aplica el monitoreo tonométrico colocando entonces al pH como un indicador de perfusión tisular.

En Europa y Estados Unidos de América se han concentrado esfuerzos clínicos en esta técnica por las siguientes razones.

1. La tonometría provee un método mínimamente invasivo en la monitorización de los pacientes. El tracto gastrointestinal tolera pobremente reducciones en la oxigenación, por lo cual es un indicador temprano de hipoperfusión importante para la guía en la terapéutica de reanimación y alerta-

dores tempranos sobre el deficiente aporte sanguíneo a este nivel.

2. El aumento en la permeabilidad gastrointestinal con la subsecuente traslocación bacteriana tiene un papel definido en la génesis del choque séptico y de la falla multiorgánica.
3. Por la conformación de la sonda a utilizar puede ser en un momento dado utilizada como sonda de alimentación enteral, o bien de succión del tubo digestivo.

En pacientes críticos la tonometría gástrica se ha utilizado como predictor de disfunción orgánica y mortalidad y ha demostrado ser mejor predictor de mortalidad que el déficit de base, el lactato, el aporte o la entrega de oxígeno.<sup>30</sup>

Los resultados en este estudio denotan en un principio que la mayoría de los pacientes admitidos en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos son pacientes de edad avanzada, por lo que debemos tener en cuenta con estados comórbidos por descontrol de patologías cronicodegenerativas, que aunado a la intervención quirúrgica, den como resultado valores elevados en el sistema de valoración de la gravedad APACHE II, que se relaciona según nuestros resultados con los valores de pH,  $\text{PgCO}_2$ ,  $\text{P(g-a)CO}_2$  y  $\text{P(g-et)CO}_2$ , y que además se asocian al resultado final de la atención, definido como egreso por mejoría o defunción. Somos la primera Unidad de Terapia Intensiva en México, que realiza estudios de gradiente de diferencial de intercambio gaseoso a nivel regional, con la nueva tecnología de tonometría gástrica de fase aérea. En una búsqueda en las principales fuentes de información médica de nuestro país no encontramos referencia previa relacionada con esta tecnología, que suponemos amerita más estudios para promover técnicas de mínima invasión que aporten información verídica y temprana respecto del estado de perfusión regional de un paciente grave.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Karmat V. Gastric tonometry. *Indian Journal of Critical Care Medicine* 2003;7:26-33.
2. Fine J, Frank ED, Ravin HA. The bacterial factor in traumatic shock. *N Engl J Med* 1959;260:212-222.
3. Schweinburg F, Fine J. New evidence for lethal endotoxemia as the fundamental feature of irreversibility in three types of traumatic shock. *J Exp Med* 1960;112:793-800.
4. Pastores SM, Katz DP, Kvetan V. Splanchnic ischemia and gut mucosal injury in sepsis and the multiple organ dysfunction syndrome. *AM J Gastroenterol* 1996;91:1697-1710.

5. Gomersall CH, Charles D. Resuscitation of critically ill patients based on the results of gastric tonometry: A prospective, randomized, controlled trial. *Critical Care Medicine* 2000;28:607-614.
6. Stephen O. Gastric tonometry: The hemodynamic monitor of choice (Pro). *Chest* 2003;123:469-474.
7. Yuh-Chin T. Monitoring oxygen delivery in than critically ill. *Chest* 2005;128:554-560.
8. Groeneveld AB. Tonometry of partial carbon dioxide tension in gastric mucosa: use of saline, buffer solutions, gastric juice or air. *Crit Care* 2000;4:201-203.
9. Upadhyay K, Singh VP, Murthy. Gastric tonometry as prognostic index of mortality in sepsis. *MJAFI* 2007;63:337-340.
10. Knichwitz G, Rotker J, Brussel T. A new method for continuous intramucosal PCO<sub>2</sub> measurement in the gastrointestinal tract. *Anesth Analg* 1996;83:6-11.
11. Lopes R, Brunow W, Maluf A, Carvalho A. Assessment of splanchnic perfusion with gastric tonometry in the immediate postoperative period of cardiac surgery. *Arq Bras Cardiol* 2001;77:515-519.
12. Createur J, De Becker D, Vincent J. Does gastric tonometry monitor splanchnic perfusion? *Crit Care Med* 1999;27:2480-2484.
13. Portas M, Garuti I, Fernandez L. Tonometría gástrica: Una nueva herramienta para el anestesiólogo. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2003;50:401-408.
14. Toursarkissian B, Thompson RW. Colitis isquémica. *Clin Quirur Norteam* 1997:471-479.
15. Fiddian-Green RG, Amelin P, Herrmann JB, Arous E, Cutler BS, Schiedler M et al. Prediction of the development of sigmoid ischemia on the day of operation from indirect measurements of intramural pH in the colon. *Arch Surg* 1986;85:654-660.
16. Schiedler MG, Cutler BS, Richard G, Fiddian-Green RG. Sigmoid intramural pH for prediction of ischemic colitis during aortic surgery. A comparison with risk factors and inferior mesenteric artery stump pressures. *Arch Surg* 1987;122:881-886.
17. Ivatury RR, Diebel L, Porter JM, Simon RJ. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome. *Surg Clin North Am* 1997;77:783-800.
18. Saggi H, Sugerman HJ, Ivatury RR, Islam S, John R, Stahl WM. Abdominal compartment syndrome. *J Trauma* 1998;45:597-609.
19. Otto JB. Recent developments in liver transplantation: lessons from 5 year experience. *J Hepatol* 1991;12:386.
20. Busuttil RW, Shaked A, Millis JM, Jurim O, Colquhoun SD, Shackleton CR et al. One thousand liver transplants. The lessons learned. *Ann Surg* 1994;219:490-499.
21. Frenette L, Doblar DD, Singer D, Cox J, Ronderos J, Poplawski S et al. Gastric intramural pH as indicator of early allograft viability in orthotopic liver transplantation. *Transplantation* 1994;58:292-297.
22. Downing A, Cottam S, Beard C, Potter D. Gastric mucosal pH predicts major morbidity following orthotopic liver transplantation. *Transplant Proc* 1993;25:1804.
23. Tallgren M, Makisalo H, Hockerstedt K, Lindgren L. Hepatic and splanchnic oxygenation during liver transplantation. *Crit Care Med* 1999;27:2383-2388.
24. Dhainaut JF, Marin N. *Choc septique*. Encycl Méd Chi (Elsevier, Paris-France), Anesthésie-Réanimation, 36-840-D-10, 1998: 14.
25. Gutierrez G, Palizas F, Doglio G, Wainsztein N, Gallesio A, Pacin J et al. Gastric intramucosal pH as a therapeutic index of tissue oxygenation in critically ill patients. *Lancet* 1992;339:195-199.
26. Takala J, Merilainen P. *Handbook of indirect calorimetry and gas exchange*. P 30, Datex-Ohmeda 876710-01.
27. Mythen MG, Webb AR. Intra-operative gut mucosal hypoperfusion is associated with increased postoperative complications and cost. *Intensive Care Medicine* 1994;20:99-104.
28. Bennet-Guerrero E, Panah MH, Bodian CA, Methikalan BJ, Alfaroni JR et al. Automated detection of gastric luminal partial pressure of carbon dioxide during cardiovascular surgery using the Tonocap. *Anesthesiology* 2000;92:38-45.
29. Fiddian-Green RG, Pittenger G, Whitehouse WM. Back diffusion of CO<sub>2</sub> and its influence on the intramural pH in Gastric mucosa. *J Surg Res* 1982;33:39-48.
30. Gomersall CD, Joynt GM, Freebairn RC, Hung V, Buckley TA, Oh TE. Resuscitation of critically ill patients based on the results of gastric tonometry: a prospective, randomized, controlled trial. *Crit Care Med* 2000;28:607-614.

## Correspondencia:

Dr. José Manuel Ramírez Hernández  
Campo Matillas Núm. 52  
San Antonio Azcapotzalco 02720.  
México, D.F (UTI segundo piso)  
Teléfono: 55611433 extensión 52098  
Fax 55615229  
E-mail: mexdet@prodigy.net.mx