

Tonometría gástrica en paciente pediátrico

Alejandro Donoso F.^{1, 2}; Mario Cerda S.²;
Cristián Clavería R.¹; Cristián Valverde G.¹

Resumen

Se describen los fundamentos teóricos e indicaciones de la tonometría, ilustrándola con una experiencia inicial en el país. La tonometría gástrica tiene cada vez más acogida como método relativamente simple y no invasivo para evaluar la magnitud de la hipoxia tisular de la mucosa enteral, un territorio de gran importancia en pacientes en estado crítico. El procedimiento, que es aplicable en pacientes pediátricos, permite estimar la disponibilidad y utilización de oxígeno en la mucosa gástrica a partir del pH en el interior de ella aplicando la ecuación de Henderson-Hasselbalch modificada a partir de la tensión de dióxido de carbono en el interior del estómago—obtenida por equilibrio en solución salina contenida en una sonda balón de silicona— y de la concentración arterial de bicarbonato. Ambas mediciones se realizan en un analizador corriente de gases.

(Palabras clave: anoxia, oxígeno, anhídrido carbónico, choque, insuficiencia circulatoria periférica, tonometría gástrica, cuidados intensivos pediátricos.)

Estimating tissue oxygenation by gastric tonometry

Principles and indications of gastric tonometry are described together with a local experience on its use in 39 pediatric patients to promote knowledge and enhance its clinical application in critically ill infants and children. Gastric tonometry is an interesting non-invasive method to evaluate oxygen metabolism in the gastrointestinal mucosa in critically ill patients with circulatory failure. Mucosal oxygenation is estimated from gastric intramucosal pH calculations through a modified Henderson-Hasselbalch's formula starting with simultaneous measurements of intraluminal gastric carbon dioxide tension and arterial blood bicarbonate concentration. The first is obtained by equilibrating gastric carbon dioxide tension into normal saline solution contained in an appropriate, silicone walled, intragastric balloon catheter. Arterial blood is sampled in the usual way for gas content analysis. Both determinations require a standard blood gas analyser.

[Key words: anoxia, carbon dioxide, oxygen, pH, gastric tonometry, shock, pediatric, intensive care unit.)

El manejo hemodinámico del paciente pediátrico críticamente enfermo ha sido tradicionalmente orientado por la objetivación de cambios en variables sistémicas globales y de expresión generalmente tardía (por ejemplo frecuencia cardíaca, perfusión periférica, diuresis, presión arterial), exámenes de laboratorio (como lactacidemia o indicadores de aporte y consumo de

oxígeno. Sólo en un número limitado de casos se puede disponer de información sobre determinadas variables hemodinámicas medidas mediante catéteres percutáneos guiados por el flujo sanguíneo hasta la arteria pulmonar (Swan Ganz), pues el método es invasivo, tiene indicaciones precisas y requiere una infraestructura compleja y cara que no todos los hospitales nacionales pueden afrontar¹. De aquí la tendencia a favorecer procedimientos para evaluar la oxigenación regional de los distintos territorios corporales, con métodos menos invasivos y más accesibles a nuestras posibilidades locales². En

1. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Dr. Sótero del Río.

2. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Clínica Alemana de Santiago.

tre ellos la determinación de la acidez mucosa gástrica, midiendo el pH intramucoso (pHi), como expresión de la utilización de oxígeno en el territorio esplácnico, mediante el procedimiento denominado tonometría gástrica (TG).

El propósito de esta comunicación es contribuir a la difusión del conocimiento de la tonometría gástrica como método efectivo y sencillo de evaluación hemodinámica en pacientes pediátricos sometidos a cuidados intensivos, revisando sus fundamentos, interpretación e indicaciones, en base a la experiencia adquirida en nuestra unidad y otras de publicación reciente.

Fundamentos fisiopatológicos

Las características anatómicas y funcionales de la mucosa gastrointestinal permiten comprender la especial sensibilidad de la mucosa intestinal ante la vasoconstricción esplácnica en diversas situaciones clínicas que se caracterizan por entrega inadecuada de oxígeno de tejidos. Las principales son el carácter terminal de la circulación de la sangre en el extremo distal de las vellosidades; la gran cercanía de la rama aferente arterial y la eferente venosa en la base de la vellosidad, que establece un flujo sanguíneo de contracorriente, permitiendo algún "cortocircuito de oxígeno" en esta estructura, fenómeno que se acentúa si el flujo sanguíneo es bajo, pues aumenta el tiempo de difusión de oxígeno desde el lado arterial hacia el lado venoso. Otras características importantes son el alto grado de recambio celular³ y el papel de barrera física, mecánica y metabólica de la pared intestinal, funciones que se alteran con la isquemia.

Por estos motivos el territorio esplácnico suele ser el primero en ser afectado y el último en recuperarse cuando ocurren alteraciones cardiovasculares y circulatorias con hipoxia tisular (choque séptico o cardiogénico, hipovolemia grave), produciéndose deficiente perfusión enteral que afecta muy precozmente a la mucosa, favoreciendo el paso de bacterias y toxinas hacia la circulación general, con la consecuente activación de una respuesta inflamatoria. Esta, a su vez, precipita eventos que contribuyen a perpetuar la alteración circulatoria inicial y, si no son interrumpidos a tiempo, pueden conducir

hacia falla orgánica múltiple^{4, 5}. De lo anterior se desprende la vital importancia de detectar y corregir prontamente tal situación, en la fase "compensada" del choque, situación frecuente pero rara vez apreciada en la realidad clínica.

La tonometría para determinar la acidez de la mucosa gástrica (pHi) y evaluar la oxigenación, por lo tanto la magnitud de la isquemia local, ha sido refrendada por resultados clínicos y experimentales que indican que es valiosa en el seguimiento de pacientes con riesgo alteraciones de las funciones cardiovasculares y circulatorias, pues la disminución del pHi es un buen predictor de morbimortalidad y de falla orgánica múltiple, especialmente en pacientes adultos graves hospitalizados en unidades de cuidados intensivos⁶.

Estimación del pHi

Los instrumentos para determinar el pHi en la mucosa gástrica, empleados en nuestra experiencia (figura 1), son los tonómetros TRIP, Tonometrics Inc. USA, que pueden ser de dos tipos (gástrico o sigmoideo), optándose por uno u otro según la edad del paciente. El tonómetro gástrico es de mayor tamaño y permite la aspiración simultánea de contenido del estómago. Están constituidos por una sonda impermeable en cuyo extremo distal hay un balón de silicona muy permeable a los gases, que se introduce en el estómago por vía oral o nasal, comprobando su ubicación mediante radiografía simple de abdomen. El balón de silicona se llena con solución salina 0,9% (2,5 ml), evitando la entrada de aire, pues ello alteraría la medición del CO₂ en la solución, manteniéndolo por un período variable, del orden de 30 minutos en nuestra experiencia, para permitir el equilibrio entre el CO₂ de la mucosa gástrica y el de la solución salina. Simultáneamente se obtiene una muestra de sangre arterial por punción. Una vez cumplido el período de equilibrio de la sonda gástrica se desecha el primer ml de la solución, por corresponder al líquido del espacio muerto, y el resto (contenido del balón de silicona) se envía al laboratorio para medir la tensión de CO₂ en un analizador corriente de gases, en nuestro caso un modelo Ciba Corning 238, al mismo tiempo que se mide la concentración de bicarbonato en la muestra de sangre arterial.

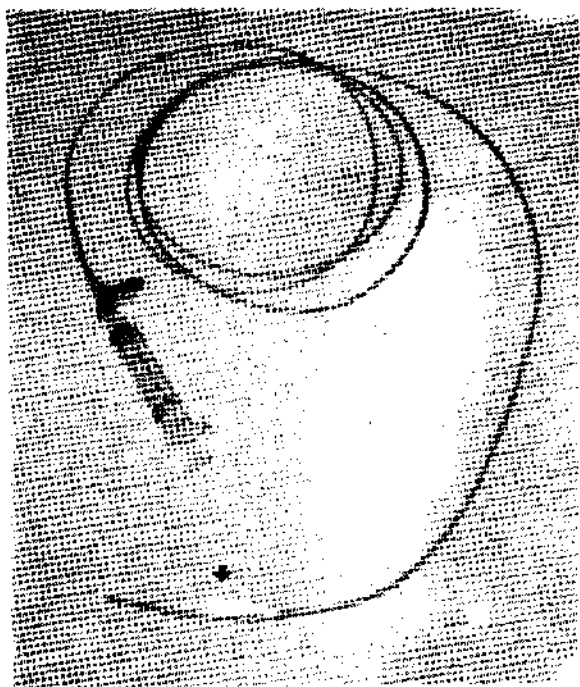


Figura 1: Tonómetro sigmoideo con balón de silicona (flecha) lleno de solución fisiológica.

El pH_i se estima indirectamente, asumiendo que la pCO₂ del lumen intestinal es igual a la de la capa superficial de la mucosa gástrica, como también que la concentración de bicarbonato es semejante en el capilar sanguíneo gastrointestinal y en la sangre arterial (figura 2)^{6,8}, por medio de la ecuación de Henderson Hasselbach modificada:

$$\text{pHi} = 6,1 + \log \left[\frac{(\text{HCO}_3)_\text{arterial}}{\text{pCO}_2(\text{ss}) \times 0,03} \right]$$

donde, pCO₂ (ss) es la tensión de CO₂ gástrica observada, multiplicada por un factor de corrección según el período de estabilización y 0,03 es la constante de solubilidad del CO₂ en el plasma a 37° C. Se considera normal el pH_i menor que 7,35.

La interpretación correcta de los valores obtenidos exige eliminar toda fuente exógena de producción de CO₂ en el estómago, como el proveniente de la titulación de la acidez gástrica, para lo que se utilizan bloqueadores H₂, en nuestro caso ranitidina, 1 mg • kg • dosis ev, cada 8 h, mientras dura la obtención de la muestra⁹.

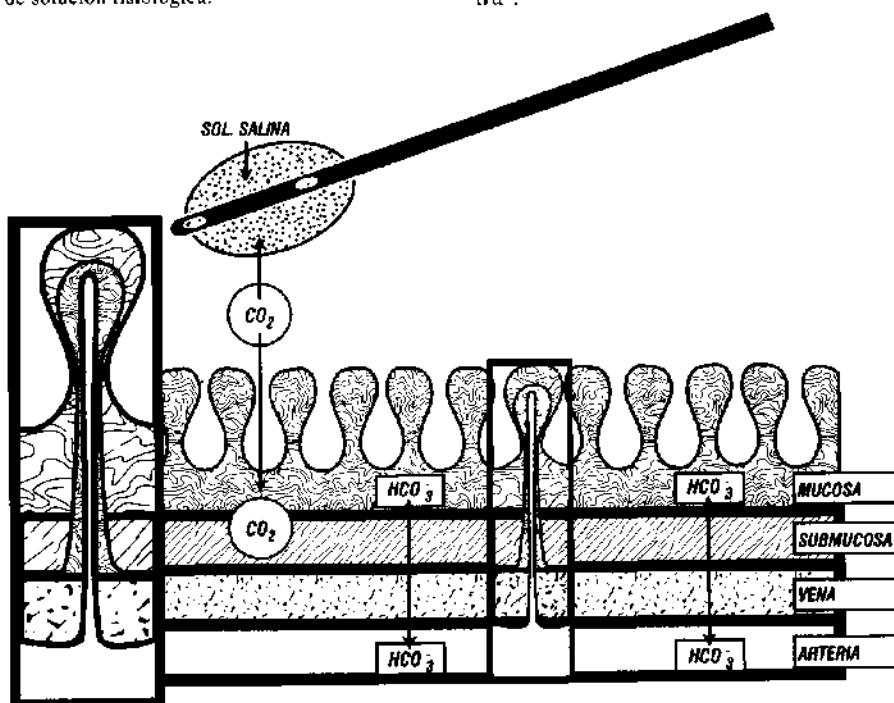


Figura 2: Representación esquemática de tonómetro a nivel de la mucosa gástrica. El CO₂ de la mucosa difunde libremente hacia el balón de silicona lográndose un equilibrio, como el establecido entre las concentraciones de bicarbonato en arteria y mucosa gástrica.

Indicaciones y contraindicaciones

La mayor utilidad de la tonometría gástrica reside en la detección precoz de choque en la fase compensada, es decir, antes de la más mínima evidencia clínica de alteración hemodinámica sistémica.

En estados descompensados de choque el método aporta información adicional para el adecuado manejo del paciente. En la etapa de normalización hemodinámica global, corroborada con pH normal, permite suponer que, habiéndose normalizado lo que más tarda en recuperarse, se ha asegurado una adecuada oxigenación tisular y que la resucitación cardiopulmonar ha sido efectiva.

Se recomienda emplear tonometría gástrica en pacientes que cursan con sepsis, especialmente para el diagnóstico diferencial con síndrome séptico; en personas en riesgo de hipovolemia (por ejemplo, postoperatorio con peligro de sangramiento, traumatismo abdominal); en enfermos quirúrgicos que pudiesen sufrir isquemia mesentérica durante o después de la operación (p.e.: circulación extracorpórea); para titular el uso de ciertos fármacos vasoactivos, cuyo efecto vasoconstrictor pudiera ser deletéreo a nivel de la mucosa gastrointestinal, como la norepinefrina en pacientes con choque séptico; en la evaluación de la perfusión esplácnica en algunas condiciones clínicas relevantes (p.e.: falla hepática fulminante). No se recomienda su utilización cuando hay riesgo de obstrucción mecánica del esófago, vórices esofágicas, perforación esofágica o gástrica, hemorragia gastrointestinal reciente, íleo con reflujo biliar duodenogástrico.

Resultados

En nuestra unidad comenzamos a emplear el método desde el año 1995. En el primer semestre se realizaron 291 mediciones en 39 pacientes (25 varones) de 6 meses a 15 años (promedio 5 años, DE 4 años 4 meses) de edad, que pesaban $21,6 \pm 17,9$ kg, márgenes 5 a 95 kg. Se efectuaron entre 1 y 25 mediciones por paciente, promedio 7. El tonómetro estuvo instalado entre 1 y 9 días, promedio 2. En 25 de los 39 pacientes

el diagnóstico principal fue alguna infección grave como meningococemia o neutropenia y síndrome séptico de diferentes etiologías. No se observaron complicaciones en relación a la técnica empleada en ninguno de los pacientes.

De los 25 pacientes con afecciones sépticas, en 10 el pH era anormal al ingreso, normalizándose en siete niños, que se recuperaron durante las 24 h siguientes. El pH se mantuvo alterado en los otros tres enfermos, todos los cuales murieron.

Los principales patrones identificados al correlacionar el pH con variables hemodinámicas y de laboratorio tradicionalmente empleadas fueron evoluciones clínica y de laboratorio compatibles con choque descompensado, que se correlacionaron ($r > 0,85$) con exacerbación de la magnitud de la acidosis intramucosal; en otros casos la evaluación hemodinámica, de laboratorio y tonometría eran normales, como expresión de una circulación suficiente; la evaluación sistémica sugería en algunos pacientes una circulación estable, pero ellos tenían diferentes grados de acidosis intramucosal registrados por tonometría, reflejando un estado de choque compensado.

Referencias

1. Shoemaker W: Use and abuse of the balloon type pulmonary artery (Swan-Ganz) catheter: Are patients getting their money's worth?. *Crit Care Med* 1992; 18: 1294-1296.
2. Gutiérrez G, Palizas F, Pogliani G, et al: Gastric intramucosal pH as a therapeutic index of tissue oxygenation in critically ill patients. *Lancet* 1992; 339: 195-199.
3. Shepard AP, Kiel JW: A model of counter current shunting of oxygen in the intestinal villus. *Am J Physiol* 1992; 262: H1136.
4. Danzker D: The gastrointestinal tract: The canary of the body? *JAMA* 1993; 270: 1247.
5. Fiddian-Green RG: Studies in splanchnic ischemia and multiple organ failure. In Marston A, Bulkley GB, Fiddian-Green RG et al (Eds): *Splanchnic ischemia and multiple organ failure*. St Louis, CV Mosby, 1989: 349-363.
6. Fiddian-Green RG, Amelin PM, Herrmann JB, et al: Prediction of the development of sigmoid ischemia in the day of aortic operations. *Arch Surg* 1986; 121: 654.
7. Fiddian-Green RG, Pittenger G, Whitehouse WM: Back-diffusion of CO₂ and its influence on the intramural pH in gastric mucosa. *J Surg Res* 1982; 33: 39.

8. *Antonsson JB, Boyle CC, Kruthoff KL, et al:* Validation of tonometric measurement of gut intramural pH during endotoxemia and mesenteric occlusion in pigs. *Am J Physiol* 1990; 259: G 519.
9. *Heard SO, Helmsmoortel CM:* Gastric tonometry in healthy volunteers: Effect of ranitidine on calculated intramural pH. *Crit Care Med* 1991; 19: 271-274.

AVISO A LOS AUTORES

Por acuerdo del Comité Editorial, la Revista Chilena de Pediatría devolverá sin tramitar todos los trabajos que no den estricto cumplimiento al *Reglamento de Publicaciones* y a las *Instrucciones de los Autores* que se editan en cada número de la Revista.