

Tonometría intragástrica en la vigilancia y el pronóstico de niños en choque

Ricardo Ronco M.¹; José I. Rodríguez C.¹; Mario Cerda S.²; Enrique Paris M.¹

Resumen

Objetivo: determinar si el pH gástrico intramucoso (pHi) ofrece información útil acerca del estado hemodinámico y contribuye a delinear el pronóstico en niños con falla circulatoria periférica (choque). **Pacientes y método:** Se estudiaron siete niños de 4 a 14 (\bar{x} = 8,5) años de edad, con choque, que requirieron catéter en la arteria pulmonar. En todos se midió pHi simultáneamente con pH arterial (pHa), índice de entrega de oxígeno (IDO₂), índice de consumo de oxígeno (ICO₂), saturación venosa mixta (SvO₂) y concentración de lactato en la sangre arterial cada 6 horas durante 24 horas. **Resultado:** se encontró una correlación inversa significativa entre el IDO₂ y pHi (r = -0,85) (p = 0,01). No hubo correlación entre la concentración arterial de lactato, pHa, SvO₂ y el pHi. El promedio de la concentración de lactato fue más alto en los fallecidos que en los sobrevivientes (3,53 mmol/l vs 1,59 mmol/l; p = 0,051). **Conclusión:** en esta serie se encontró una correlación significativa entre pHi e IDO₂, pero en el sentido contrario al fisiológicamente esperado y no se encontró relación entre pHi y letalidad.

Palabras clave: choque, falla circulatoria, pH intragástrico, tonometría gástrica.)

Intramucosal gastric pH and prognosis in children with shock

Objective: to determine if intragastric mucosal pH (pHi) measurement offers useful information on hemodynamic conditions and contributes to delineate prognosis in children with shock. **Patients and methods:** seven patients aged 4 to 14, mean 8.5 years with shock and requiring pulmonary artery catheter were included. All of them underwent pHi determinations simultaneously with arterial pH (pHa), oxygen delivery index (IDO₂), oxygen consumption index (ICO₂), mixed venous saturation (SvO₂) and arterial blood lactate concentration which were measured every 6 hours along a 24 hour period. **Results:** a significant inverse correlation was found between IDO₂ and pHi (r = -0,85) (p = 0,01). There were not relationships between blood lactate, pHa, or SvO₂ and pHi. Mean arterial blood lactate concentration was higher in non survivors (3.53 vs. 1.59 mmol/l, p = 0,051). **Conclusion:** a significant relationship between pHi and IDO₂ was found, but in the opposite direction of what was "physiologically" expected. pHi did not correlate with mortality in this particular series of patients.

Key words: shock, intragastric intramucosal pH, tonometry, gastric.)

La definición más aceptada de falla circulatoria periférica o choque incluye la disminución de la entrega de oxígeno (DO₂) o de la utilización de este por los tejidos. Los esfuerzos de la resucitación en el choque deben dirigirse, por lo

tanto, a mantener una buena oxigenación de los tejidos.

Las mediciones clínicas tradicionales, invasivas o no (lleno capilar, diuresis, estado de conciencia, temperatura periférica, presión arterial, medición del gasto cardíaco), son sensibles en la evaluación del choque establecido, pero insuficientes para detectar la falla circulatoria precoz o choque parcialmente compensado, donde pueden registrarse valores normales para estos criterios y, sin embargo, existir hipoxia tisular regional. Esto complica la pretensión

1 Servicio de Pediatría, Pontificia Universidad Católica de Chile.

2. Servicio de Pediatría, Clínica Alemana.

Financiado por el Departamento de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DIPUC), Proyecto N°94/21J.

de vigilar adecuadamente la terapia de reanimación.

La redistribución compensatoria del flujo sanguíneo, propia del choque, afecta, entre los primeros órganos, al tubo digestivo. La hipoperfusión esplácnica aumenta la acidez en la mucosa intestinal debido al metabolismo anaerobio. La tonometría intragástrica permite medir en forma indirecta y apenas invasiva el pH intramucoso (pHi) estomacal, dando resultados muy cercanos a los obtenidos en mediciones directas con microelectrodos¹⁻³. En adultos el pHi es un criterio útil al pronóstico de pacientes en choque^{4,5} y sepsis⁶ y en la predicción de falla orgánica múltiple⁷. Los escasos estudios en pediatría no han logrado confirmar lo anterior.

El objetivo de este trabajo fue correlacionar, en niños en choque, el pHi, determinado por medio de tonometría intragástrica, con los criterios hemodinámicos habitualmente empleados en la vigilancia de estos pacientes, con el propósito de probar si la medición del pHi con tonometría gástrica permite obtener información hemodinámica útil para su manejo y determinar el rol del pHi en la formulación del pronóstico.

Pacientes y Métodos

Se incluyeron en forma prospectiva todos los niños mayores de un año ingresados a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica con diagnóstico de choque, que —según criterio del médico residente— requirieron la instalación de un catéter en la arteria pulmonar. El choque se definió operacionalmente como la condición clínica en que los pacientes requerían más de 30 ml por kg de peso corporal de soluciones intravenosas en bolo y medicamentos vasoactivos en infusión para mantener la presión arterial en márgenes normales para la edad. En todos ellos se instaló un tonómetro intragástrico (TRIPtm NGS catheter), por vía nasal u oral. La posición del aparato fue confirmada por radiografía de abdomen simple.

Para la medición de pHi se llenó el balón distal del tonómetro con 2,5 ml de solución salina al 0,9%, retirándola después de un tiempo de equilibrio de 30 minutos. El primer ml de la solución obtenida fue desechado por corresponder al trayecto del tonómetro; en el remanente de la muestra se midió la pCO₂ empleando una máquina Ciba-Comig 178. El pHi se calculó con la ecuación de Hendersson-Hasselbach modificada, en la cual el numerador está dado por el bicarbonato en sangre arterial (figura 1). Simultáneamente se obtuvo una muestra de sangre para medir gases arteriales. Los investigadores no conocían el valor del pHi hasta terminado el período de estudio, que fue de 24 horas. Todos los pacientes estaban bajo ayuno y recibían ranitidina intravenosa, pues estudios anteriores

han demostrado que esto mejora la confiabilidad del método⁸.

El gasto cardíaco relativo a la superficie corporal se midió en forma directa mediante termodilución. Se hicieron registros de presión enclavada en capilar pulmonar y saturación venosa mixta (SvO₂) en arteria pulmonar. Los índices de consumo (IVO₂) y de entrega de oxígeno (IDO₂) se calcularon según las siguientes fórmulas:

$$IDO_2 = C_aO_2 \times IC \times 10 \quad (VN= 600 \pm 50 \text{ ml/min/m}^2)$$

$$IVO_2 = (C_aO_2 - C_vO_2) \times IC \times 10 \quad (VN= 120 \pm 60 \text{ ml/min/m}^2)$$

Donde:

IC: índice cardíaco; C_aO₂: contenido arterial de oxígeno (ml/dl); Hb: hemoglobina; S_aO₂: saturación arterial de oxígeno; P_aO₂: presión arterial de oxígeno; C_vO₂: contenido venoso de oxígeno en arteria pulmonar (ml/dl); S_vO₂: saturación venosa mixta de oxígeno en arteria pulmonar; P_vO₂: presión venosa de oxígeno en arteria pulmonar.

Los contenidos arterial y venosos de oxígeno se estimaron mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_aO_2 = Hb \times S_aO_2 \times 1,34 + (0,03 \times P_aO_2)$$

$$C_vO_2 = Hb \times S_vO_2 \times 1,34 + (0,03 \times P_vO_2)$$

Donde:

0,03 es la constante de solubilidad del CO₂ en plasma.

Además se registraron la diuresis horaria y, cada 6 horas y simultáneamente con las mediciones del pHi, la frecuencia cardíaca, presión arterial invasiva continua y ácido láctico en la sangre arterial.

Los resultados fueron analizados utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y la prueba de Wilcoxon.

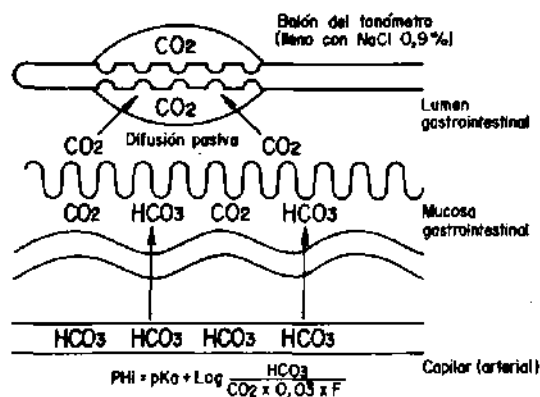


Figura 1: Esquema del tonómetro intragástrico. El CO₂ difunde pasivamente desde la mucosa gástrica hacia el balón lleno con solución salina 0,9%. Después de un tiempo de equilibrio se extrae una muestra de la solución del balón y se mide el CO₂. El pHi se calcula utilizando la ecuación de Henderson-Hasselbach, en que HCO₃⁻ = bicarbonato arterial, CO₂ = dióxido de carbono medido en la muestra; F = factor de equilibrio (depende del tiempo de permanencia).

Resultados

Se estudiaron siete pacientes, cuya edad fluctuaba entre 4 y 13 años, todos sufrían falla orgánica múltiple y tres fallecieron (tabla 1). No se registraron complicaciones derivadas de la instalación del tonómetro.

No encontramos relación entre pHi y diuresis, frecuencia cardíaca o presión arterial media. Se registró una relación significativa pero inversa entre IDO₂ y pHi ($r = -0,85$) ($p = 0,01$). No se encontró correlación entre pHi y mortalidad (figura 2).

El promedio de la concentración de ácido láctico en la sangre arterial fue mayor en los pacientes que fallecieron ($\bar{x} = 3,5$ mmol/l) que en los sobrevivientes ($\bar{x} = 1,59$), si bien este resultado no alcanzó significación estadística ($p = 0,051$), de modo que, retrospectivamente, el ácido láctico arterial fue la única variable asociada con mortalidad (tabla 2).

Comentario

En este grupo de pacientes hubo una correlación significativa entre IDO₂ y pHi, pero en el sentido opuesto al que se hubiera esperado. Es decir, mientras mayor fue la entrega de oxígeno, menor fue el pHi. Este tipo de relación, que ha sido descrita sólo en una experiencia con adultos⁹, podría explicarse sobre la base del predominio de un patrón circulatorio de tipo hiperdinámico en nuestros pacientes. En estas condiciones, caracterizadas por aumento global de la entrega de oxígeno, la formación de microfistulas arteriovenosas en la mucosa gástrica y otros tejidos impediría la entrega de oxígeno a esos niveles, produciéndose metabolismo anaerobio local y pHi más ácido. Este cortocircuito vascular funcional explicaría también las SvO₂ superiores a las esperadas, que registramos en nuestros pacientes.

Nuestros resultados sugieren que la medición del pHi no hubiera sido útil en el manejo o en la predicción de la letalidad en este grupo de pacientes. Al menos tres estudios pediátricos extranjeros¹⁰⁻¹² coinciden parcialmente con esta conclusión, otorgando poca utilidad al método en el tratamiento del choque.

Sin embargo, en una comunicación nacional¹ se describió asociación entre mortalidad y pHi

Tabla 1

Características de los pacientes estudiados

| Caso | Edad (años) | Diagnóstico | Sistemas Afectados (n) | Resultado |
|------|-------------|--|------------------------|-----------|
| 1 | 4 | Choque séptico | 4 | Vivo |
| 2 | 13 | Insuf hepática aguda Transplante hepático | 3 | Muerto |
| 3 | 8 | Choque séptico Daño hepático crónico | 4 | Vivo |
| 4 | 10 | Estado epiléptico Coma barbitúrico | 3 | Muerto |
| 5 | 5 | Insuf hepática aguda SDRA | 5 | Vivo |
| 6 | 13 | SDRA | 4 | Muerto |
| 7 | 6 | Miositis séptica | 2 | Vivo |

SDRA: síndrome de dificultad respiratoria del adulto.

persistentemente bajos en niños con sepsis. En la mayoría de los trabajos realizados en adultos^{4-7, 13} se ha demostrado una correlación directa entre pHi y mortalidad, sin existir una relación con las variables hemodinámicas determinadas mediante catéter de arteria pulmonar. Uno de los estudios mencionados¹³ utilizó como meta la normalización del pHi en la reanimación del choque, obteniéndose una menor mortalidad en el grupo tratado versus el control.

En nuestro estudio el único indicador aparentemente asociado con mortalidad fue la ele-

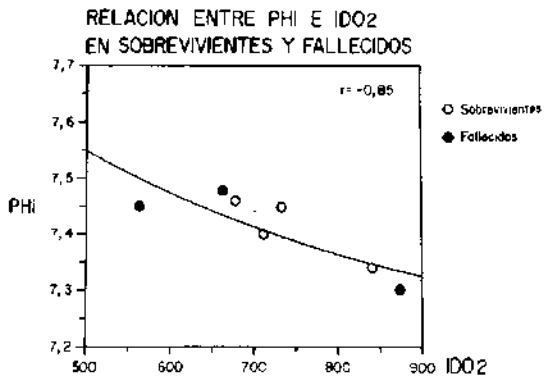


Figura 2: Relación inversa, estadísticamente significativa, entre el pH intramucoso gástrico (pHi) e índice de entrega de oxígeno (IDO₂). No hubo correlación entre pHi y mortalidad.

Tabla 2

Criterios hemodinámicos y pH_i en sobrevivientes y fallecidos

| Criterios | Sobrevivientes (n : 4) x ± DE | Fallecidos (n : 3) x ± DE | Wilcoxon (p < 0,05) |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| IDO ₂ (ml/min/m ²) | 742,00 ± 70,1 | 707,00 ± 158,9 | ns |
| IVO ₂ (ml/min/m ²) | 148,50 ± 19,5 | 104,00 ± 53,6 | ns |
| SVO ₂ % | 75,50 ± 5,2 | 81,70 ± 9,9 | ns |
| pH intramucoso | 7,41 ± 0,06 | 7,41 ± 0,09 | ns |
| pH arterial | 7,38 ± 0,1 | 7,46 ± 0,02 | ns |
| Lactato (mmol/l) | 1,59 ± 0,35 | 3,53 ± 1,38 | 0,051 |

IDO₂: índice de entrega de oxígeno
 IVO₂: índice de consumo de oxígeno
 SvO₂: saturación venosa mixta de oxígeno en arteria pulmonar
 Lactato: ácido láctico en la sangre arterial
 ns: no significativo

vación del ácido láctico arterial. Este hecho ha sido confirmado en otras publicaciones^{14, 15}.

Este estudio y la literatura internacional ponen dudas sobre la validación de la tonometría intragástrica en el manejo clínico de pacientes pediátricos, pero este procedimiento puede ser prometedor en cuanto al monitoreo no invasivo del choque, siendo necesario perfeccionar la técnica de medición para usarla en forma habitual y confiable en el campo clínico.

Referencias

1. Donoso A, Cerda M, Clavería C, et al: Tonometría intragástrica en pacientes pediátricos. Rev Chil Pediatr 1997; 68: 48-52.
2. Fiddian-Green RG, Amelin PM, Hermann JB, et al: Prediction of the development of sigmoid ischemia in the day of aortic operation. Arch Surg 1986; 121: 654-656.
3. Fiddian-Green RG: Studies in splanchnic ischemia and multiple organ failure. En Marston A, Bulkley GB, Fiddian-Green R, et al (Eds): Splanchnic ischemia and multiple organ failure. St Louis, CV Mosby 1989: 349-363.
4. Gutiérrez G, Bismar H, Dantzer DR, et al: Comparison of gastric intramucosal pH with measures of oxygen transport and consumption in critically ill patients. Crit Care Med 1992; 20: 451-457.
5. Maynard N, Bihari D, Beale R, et al: Assesment of splanchnic oxygenation by gastric tonometry in patients with acute circulatory failure. JAMA 1993; 270: 1203-1210.
6. Friedman G, Berlor G, Kahn R, et al: Combined measurements of blood lactate concentrations and

- gastric intramucosal pH in patients with severe sepsis. Crit Care Med 1995; 23: 1184-1193.
7. Chang MC, Cheatham MI, Nelson LD, et al: Gastric tonometry supplements information provided by systemic indicators of oxygen transport. J Trauma 1994; 37: 488-494.
8. Heard SO, Helsmoortel CM, Keny JC, et al: Gastric tonometry in healthy volunteers: Effect of ranitidine on calculated intramural pH. Crit Care Med 1991; 19: 271-274.
9. Zivot J, Hoffman W, Lockrem J, et al: Changes in intramucosal pH are not predicted by therapeutic changes in conventional hemodynamic variables for septic surgical patients. Crit Care Med 1995; 23 (suppl): A107.
10. Ovadia D, O'Donovan F, Cox P: An evaluation of gastric pH tonometry in neonates undergoing high-risk cardiac surgery. Crit Care Med 1993; 21 (Suppl): S148.
11. Kraffe-Jacobs B, Carver J, Wilkinson J: Comparison of gastric intramucosal pH and standard perfusional measurements in pediatric septic shock. Chest 1995; 108: 220-225.
12. Wipperrmann CF, Schmid FX, Kampmann C, et al: Evaluation of gastric intramucosal pH during and after pediatric cardiac surgery. Eur J Cardiothorac Surg 1997; 12: 190-194.
13. Gutierrez G, Paliza F, Poglia G, et al: Gastric intramucosal pH as a therapeutic index of tissue oxygenation in critically ill patients. Lancet 1992; 339: 195-199.
14. Bernardin G, Pradier C, Tiger F, et al: Blood pressure and arterial lactate level are early indicators of short-term survival in human septic shock. Intensive Care Med 1996; 22: 17-25.
15. Vincent JL: Therapeutic aspects of oxygen delivery. Acta Anaesthesiol Scand 1997; 110 (Suppl): 96-97.