Evaluación no invasiva del “status volémico”. Confrontación entre indicadores radiográficos y volumétricos.

Cecchetti C., MD¹, Orazi C., MD², Vanacore N., MD⁴, Sghingo P., MD², Raucci U., MD³, Stoppa F., MD¹, Tomasello C., MD¹, Marano M., MD¹, Perrotta D.¹, Pasotti E., MD¹, Manganaro M., MD⁵, C. Barbara, MD⁵, Pirozzi N, MD¹.

RESUMEN

La finalidad de nuestro estudio ha sido la de evaluar la existencia de posibles correlaciones entre los principales indicadores volumétricos de carga previa y de función cardiaca, obtenida mediante el sistema PiCCO® (Pulsion Medical Systems, Munich, Alemania), con todos los datos derivados del análisis sistemático de la radiografía de tórax en proyección antero posterior, así como el pedúnculo vascular (VPW) y el índice cardiorácico (RCT).

Materiales y Métodos: Hemos incluido 15 pacientes y analizado conjuntamente 79 radiografías de pacientes electivos. Todos fueron sometidos a monitorización hemodinámica mediante PiCCO y al estudio de los parámetros radiográficos obtenidos (VPW, RCT). El análisis: cálculo de la media y desviación estándar; un análisis de la correlación para las siguientes parejas de parámetros: volumen de sangre intratorácica (ITBVI)-RCT, ITBVI-VPW, agua extravascular (EVLWI)-RCT, EVLWI-VPW.

Resultados. Las parejas de los valores estudiados han evidenciado una correlación lineal con R igual a 0.54 entre EVLWI-RCT.

Discusión. Aunque es un estudio preliminar, los hallazgos más significativos se ven en las variaciones de RCT, que presentan una correspondencia con el edema intersticial antes de que aparezca un incremento crítico de la rata de líquido alveolar. En nuestra experiencia no hemos evidenciado una fuerte correlación entre VPW y los normales indicadores volumétricos de precarga. De acuerdo con los datos en literatura y también en la experiencia pediátrica, estos instrumentos presentan límites que aún no consienten sustituir completamente a la correcta cuantificación de la rata de agua extravascular, en respuesta al incremento volémico.

Palabras Claves: Monitorización Hemodinámica, Monitor de PiCCO, Volemia, pedúnculo vascular, índice cardiorácico, Volumen de sangre intratorácica, Volumen de agua extravascular intrapulmonar, Índice de función cardiaca.

SUMMARY

Our study aimed to evaluate possible relations between the main volumetric indicators for preload and cardiac function, by means of the PiCCO® system and all the data collected from the systematic analysis of anterior-posterior chest X-rays as well as the vascular peduncle and cardio thorax ratio.

1 MD. Anestesiólogo y reanimador, Unidad de Cuidados Intensivos. Departamento de Emergencias, Hospital Pediátrico «Bambino Gesù», Roma, Italia. corradocecchetti@yahoo.it

2 MD. Radiólogo. Departamento de Emergencias, Hospital Pediátrico «Bambino Gesù», Roma, Italia.

3 MD. Pediatra, Departamento de Emergencias, Hospital Pediátrico «Bambino Gesù», Roma, Italia.

4 MD. Epidemiólogo y estadígrafo. Centro Nazionale di Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma, Italia.-

5 MD. Pediatra Departamento de Pediatría, Universidad «La Sapienza», Roma, Italia

Recibido para publicación diciembre 15, 2005. Aceptado para publicación febrero 16, 2006.

Patients and Methods: we considered 15 patients in the study and analysed a total of 79 X-rays in elective patients, according to selection criteria. All the patients underwent haemodynamic monitoring, VPW and RCT. **Analysis:** mean and standard deviation calculations; relationship analysis for the following dual parameters: ITBVI-RCT, ITBVI-VPW, EVLWI-RCT, EVLWI-VPW.

Results: The dual values studied demonstrated a moderate relationship between ITBVI-RCT, with R being equal to 0.54 and between EVLWI-RCT.

Discussion: Although at a preliminary stage, the most significant data can be seen in the RCT variations, which can be related to interstitial oedema even before the appearance of a critical increase in the alveolar ratio. As far as regards our volumetric data for a more careful analysis of information gathered, we did not observe a relationship between these X-ray tools and the normal volumetric indicators for preload. According to literature and paediatric experience, these instruments present limits that have not yet made it possible to completely replace the correct quantification of extra-vascular water ratio as a response to volumetric increase.

Key Words: Hemodynamic Monitoring, PiCCO Monitoring, Volemia, vascular pedicle width, cardiothoracic ratio, Intrathoracic Blood Volum Index, Extravascular Lung Water Index, Cardiac Function Index.

INTRODUCCIÓN

La evaluación no invasiva del «estado volémico» mediante sistemas no invasivos, ha adquirido un creciente papel frente a los elementos relativos a la seguridad y eficacia del catéter en arteria pulmonar y a su empleo en edad pediátrica, siempre realizando una óptima integración de la evaluación clínica e instrumental⁽¹⁻³⁾

Consideramos que un sistema de bajo costo y elevada repetibilidad, como el empleo de la placa de tórax, puede dar información fundamental en relación al «status volémico», incluso en el ámbito pediátrico. La difusión de la placa de tórax, la repetibilidad, la total ausencia de invasividad, lo convierte en un insustituible instrumento para el estudio de la evolución de la patología respiratoria. Numerosos elementos diagnósticos derivados de un examen sistémico de la radiografía son subestimados y no se usan para obtener informaciones fisiopatológicas relacionadas con el «estado volémico»⁽⁴⁻⁵⁾. En el ámbito pediátrico la exigencia de obtener las máximas informaciones con el mínimo nivel de invasividad, asume un carácter prioritario. La finalidad de nuestro estudio ha sido, en efecto, evaluar la existencia de posibles correlaciones entre los principales indicadores volumétricos de precarga y de función cardiaca, obtenida mediante el sistema PiCCO® (Pulsion Medical Systems, Munich, Alemania), con todos los datos derivados del análisis sistemático de la radiografía de tórax en proyección antero posterior, así como el pedúnculo vascular (VPW) y el índice cardiorádico (RCT).

MATERIALES Y MÉTODOS

Hemos incluido en el estudio 15 pacientes (Tabla 1), ingresados en el *Area Rossa* del Departamento

Tabla 1
Datos antropométricos y características de la población estudiada

Edad	5,04±4,32	
Peso	19,94±13,90	
Pacientes incluidos	17	
Pacientes excluidos	2	
Diagnóstico	Trauma craneal	8
	Intoxicación	1
	Patologías hematológicas (LMA, MAS)	2
	Encefalitis	1
	Síndrome de Apert	2
	Neumonitis	1
	Infarto intestinal	2
Fallecidos	2	

de Urgencias del Hospital Pediátrico «Bambino Gesù» de Roma. Hemos analizado conjuntamente 79 radiografías realizadas en condiciones de elección durante todo el período de internación en terapia intensiva. Todos los pacientes han sido sometidos a monitorización hemodinámica, mediante PiCCO con técnica estándar en 1 hora, desde la realización de la radiografía del tórax en proyección antero posterior. Los criterios de inclusión han sido: edad <15 años y >1año. Criterios de exclusión: dimorfismos de la columna y de la caja torácica, cardiopatías congénitas complejas, neumotórax y neumomediastino. Han sido seleccionadas solamente las radiografías técnicamente idóneas, para poder realizar un estudio del pedúnculo vascular según la técnica arriba descrita. Las radiografías han sido eva-

luadas separadamente, por dos radiólogos expertos en radiología pediátrica, llegando sucesivamente a una única medida. Los parámetros radiográficos obtenidos son el VPW y RCT. Todos los pacientes incluidos en el estudio han sido sometidos a analgesia estándar, con remifentanyl 0.25 mcg/kg/min y midazolam 0.1 mg/kg/h y curarización con bromuro de vecuronio. El total de los pacientes estaban con ventilación mecánica con modalidad de Presión Controlada y PEEP, con el fin de obtener los mejores valores de Análisis de Gases en sangre. El análisis estadístico ha sido conducido con estudio de la estadística descriptiva con cálculo de la media y desviación estándar para todos los parámetros obtenidos; sucesivamente ha sido efectuado un examen de la correlación para las siguientes parejas de parámetros: volumen de sangre intratorácica (ITBVI)-RCT, ITBVI-VPW, agua extravascular (EVLWI)-RCT, EVLWI-VPW (Tabla 2).

Para la medida del pedículo vascular ha sido empleada la técnica de Milne. Hace casi dos décadas, Milne et al.⁽⁷⁻⁸⁾ describieron en detalle el VPW

(ancho del pedículo vascular), que también se estudia en profundidad en una publicación reciente. Se mide trazando una línea perpendicular, desde el punto en el que la arteria subclavia izquierda sale del arco aórtico hasta el punto en el que la vena cava superior cruza el bronquio fuente derecho. En los casos en los que el pedículo presenta un límite derecho indiferenciado, se ha usado el límite lateral vertical de la vena cava superior o de la vena braquiocefálica derecha para medir el ancho del pedículo vascular⁽⁷⁻⁹⁾. Milne et. al.⁽⁷⁾ constataron un ancho medio ($\pm$ DE) del pedículo vascular normal de 48 ± 5 mm en radiografías de tórax, realizadas con el paciente en postura posteroanterior vertical (n = 83). Las radiografías de tórax en la UCI deberían hacerse en forma reproducible, con una postura del cuerpo y una distancia foco-película similares (la distancia foco-película estándar es de 1 m aprox.). La ventilación mecánica puede tener unas repercusiones pronunciadas en los resultados constatados en radiografías, como por ejemplo el perfil y la gravedad que presenten los infiltrados parenquimatosos.

Tabla 2
Estadística descriptiva de todos los parámetros relevados

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Std.
Presión arterial sistólica PAS (mmHg)	79	65,00	143,00	109,03	14,92
Presión arterial diastólica PAD (mmHg)	79	35,00	100,00	58,10	12,15
Presión arterial media (PAM)	79	46,00	109,00	77,89	12,74
Índice contractilidad ventricular izquierda dP/dtmax 1200-2000 (mmHg/s)	79	330,00	1450,00	857,84	271,38
índice cardiaco (IC) 3,5-5,5 (l/min/m ²)	79	2,28	510,00	10,69	56,90
Volumen de sangre intratorácica (ITBVI) 850-1000 (ml/m ²)	79	302,00	936,00	532,88	133,75
Volumen de agua extravascular intrapulmonar (EVLWI) 3-7 (ml/Kg)	79	4,00	34,00	12,08	6,64
Resistencias vasculares sistémicas (RVSI) 250-1750 (dinas/s/cm/m ²)	79	862,00	2499,00	1375,75	374,17
Volumen sistólico (IVS) 40- 60 (ml/m ²)	79	18,00	58,00	34,48	8,02
Stroke Volume Variation (SVV)	79	2,00	35,00	9,72	6,51
VPW pedículo vascular (VPW)	79	2,49	7,31	4,27	,79
índice cardiorácico (RCT)	79	,42	,73	,5395	,06

RESULTADOS

Los valores medios y las desviaciones estándar de los parámetros vienen referidos en la tabla. El análisis de la correlación lineal ha sido considerado significativo por valores de la matriz de correlación < 0.01 . Las parejas de los valores estudiados han evidenciado una discreta correlación entre ITBVI-RCT, con R igual a 0.24 y entre EVLWI-RCT (Tabla 2, 3).

DISCUSIÓN

Tabla 3

Análisis de correlaciones lineales para las siguientes copias de parámetros: ITBVI-RCT, ITBVI-VPW, EVLWI-RCT, EVLWI-VPW

		ITBVI	EVLWI	VPW	RCT
ITBVI	R di Pearson	1	,434	,064	,243
	Sig. (2-code)		,000	,573	,031
	N	79	79	79	79
EVLWI	R di Pearson	,434	1	-,157	,542
	Sig. (2-code)	,000	,	,168	,000
	N	79	79	79	79
VPW	R di Pearson	,064	-,157	1	-,143
	Sig. (2-code)	,573	,168	,	,208
	N	79	79	79	79
RCT	R di Pearson	,243	,542	-,143	1
	Sig. (2-code)	,031	,000	,208	,
	N	79	79	79	79

La evaluación del «estado volémico», aunque sólo en términos predictivos, en el ámbito pediátrico presenta una particular dificultad en relación a: 1) El niño crítico muestra frecuentes variaciones de los valores en la presión coloidosmótica; 2) Menor disponibilidad de técnicas relacionadas con el empleo de mecanismos para evaluar el estado volémico del paciente; 3) necesidad de reducir el nivel de invasividad⁽⁵⁻⁸⁾.

Precisamente, las fluctuaciones de los valores de presión coloidosmótica, son secundarias a hipoalbuminemia por variaciones del estado nutricional, o por suministro erróneo de albúmina exógena, en pacientes con alterada permeabilidad vascular y de la membrana alvéolo-capilar en estados sépticos o SIRS. Este último elemento se evidencia con variaciones a cargo del espacio intersticial y sucesivamente a nivel alveolar, en la fase más avanzada y evolutiva de la enfermedad.

Resulta útil, por tanto, localizar las señales precoces en la radiografía de tórax que pueden predecir la evolución, sea hacia formas de sobrecarga, o hacia un incremento de la rata de agua extravascular a nivel pulmonar. Precisamente, este último aspecto va a decidir el pronóstico del paciente. Mediante el sistema PiCCO, tal dato encuentra su correspondencia en la rata de EVLWI.

En la población adulta, la radiografía del tórax ha sido comúnmente empleada para identificar el «status volémico» del paciente e intentar cuantificar el grado de severidad del edema pulmonar⁽⁷⁾. Los instrumentos utilizados permitían diferenciar formas de edema cardiogénico de otros, valiéndose esencialmente de las mediciones del VPW y de RCT. La medición del VPW ha estado siempre asociada a alteraciones a cargo del «estado volémico». Pistolesi⁽⁷⁾, en pacientes no ventilados mecánicamente, ha localizado un elevado valor de correlación igual a 0.80 entre el volumen de sangre total (TBV) y VPW, definiendo, además, de qué manera un incremento de 1 litro de TBV determina variaciones de 5 mm en VPW con el paciente en posición erecta. Sin embargo, una sola medición de VPW puede dar información relativa a un «trend»; las noticias con mayor significado, en términos cuantitativos, derivan de mediciones estratificadas a diversos niveles de llenado; las variaciones se reflejan con mayores cambios, precisamente en el lado derecho, debido al hecho de que las venas son mucho más elásticas respecto a las arterias. De todos modos, el empleo clínico del pedúnculo vascular sufre de muchos factores limitantes. La reproducibilidad y la posibilidad de llevar a cabo mediciones estratificadas supera dicho límite; con el respeto a dichas condiciones, la radiografía del tórax reviste un papel seguro como sistema de monitorización no invasiva, para saber el estado de llenado del paciente.

Además del estudio de Pistolesi, otros trabajos⁽¹⁰⁾ evidencian como VPW se correlacionaba incluso con las variaciones del volumen total y al RCT. Las variaciones estudiadas, estaban sensiblemente relacionadas con las variaciones agudas de la volemia más que de la presión⁽¹¹⁻¹²⁾. Por el momento no hemos encontrado ensayos análogos en el ámbito pediátrico; por esta razón, hemos realizado este estudio, poniendo en confrontación estos parámetros radiográficos, respecto a indicadores fundamentales de volemia, mediante monitoreo volumétrico con sistema PiCCO.

Hemos relacionado el volumen de sangre intratorácica y el SVI, respectivamente, con RCT y VPW; finalmente, hemos analizado la corresponden-

cia entre RCT y VPW, con la rata de agua extravascular pulmonar. Todos estos indicadores (ITBVI, SVI, EVLWI) son componentes fundamentales del monitoreo del paciente en UCI, que se correlacionan con el *outcome*⁽¹⁾, por la evolución hacia formas de ARDS. Pero son indicadores obtenidos mediante sistema invasivo. Por esta razón, hemos valorado si un sistema totalmente no invasivo pudiera ofrecernos informaciones de tipo predictivo. En la sucesión de eventos que conducen a un incremento, sea de la rata intersticial como alveolar, presupuesto por la evolución hacia «*acute lung injurie*», debemos considerar de qué manera las mediciones de VPW y de RCT son indicadores más sensibles respecto a evaluaciones de tipo cuantitativo de la rata de edema intersticial a la radiografía de tórax.

En nuestro estudio hemos constatado que el volumen de sangre intratorácica está ligado, si bien en forma no particularmente fuerte, con el índice cardio-torácico R igual a 0.24. Dicha correlación se vuelve, en cambio, más sensible con la rata de EVLWI con R igual a 0.54.

Esto indica que el incremento del RCT se asocia a un incremento de EVLWI, correlaciones que se pierden por VPW. Sin embargo este estudio, si bien con carácter preliminar, ofrece indicaciones en lo que concierne a la necesidad de no considerar cada parámetro aislado, si no de integrarlos entre sí. En efecto, RCT se corresponde sea con ITBVI como en forma más significativa con EVLWI, lo que viene a

indicar que incluso en ausencia de variaciones agudas, RCT ofrece indicaciones relativas tanto a ITBVI como a EVLWI.

En este trabajo no hemos evidenciado una fuerte correlación entre estos instrumentos radiográficos y los normales indicadores volumétricos de carga previa. Por tanto, de acuerdo con los datos en la literatura y también por la experiencia pediátrica, vemos que estos instrumentos presentan límites que aún no consienten sustituir completamente a la correcta cuantificación numérica de datos volumétricos, por un cuidadoso análisis de las informaciones derivadas de lo que estamos presentando.

Un instrumento un tanto difuso, que sin ser invasivo puede darnos una idea general y la tendencia a incrementar la rata de agua extravascular en respuesta al incremento volémico. Sin embargo, el dato de mayor interés recae justo en el hecho de que las variaciones de RCT sí pueden, si bien de manera preliminar, correlacionarse con el cuadro de edema intersticial incluso antes de que aparezca un incremento crítico de la rata alveolar.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Carlos Alberto Zapata Calle (Enfermero Profesional, Laboratorio de Emodinámica, Ospedale «M.G. Vannini» di Roma, Italia), que ha realizado la traducción científica del tema.

REFERENCIAS

- Cecchetti C., Stoppa F., Vanacore N. y col. Monitoring of intrathoracic volemia and cardiac output in critically ill children. *Minerva Anestesiol.* 2003 Dec;69(12):907-18
- Connors, A, Speroff, T, Dawson, N, y col (1996) The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *JAMA* 276,889-897
- Polanczyk, CA, Rohde, LE, Goldman, L, y col (2001) Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: an observational study. *JAMA* 286,309-314
- Aberle, D, Wiener-Kronish, J, Webb, y col (1988) Hydrostatic versus increased permeability pulmonary edema: diagnosis based on radiographic criteria in critically ill patients. *Radiology* 168,73-79
- Duane, PG, Colice, GL (2000) Impact of noninvasive studies to distinguish volume overload from ARDS in acutely ill patients with pulmonary edema: analysis of the medical literature from 1966 to 1998. *Chest* 118,1709-1717
- Don, C, Burns, KD, Levine, DZ (1990) Body fluid status in hemodialysis patients: the value of the chest radiograph. *Can Assoc Radiol J* 41,123-126
- Milne, E, Pistolesi, M, Miniati, M, y col (1984) The vascular pedicle of the heart and the vena azygous: I. The normal subject. *Radiology* 152,1-8
- Milne, E, Pistolesi, M, Miniati, M, y col (1985) The radiologic distinction of cardiogenic and noncardiogenic edema. *AJR Am J Roentgenol* 144,879-894
- Ely, EW, Smith, AC, Chiles, CC, y col (2001) Radiologic determination of intravascular volume status using portable, digital chest radiography: a prospective investigation in 100 patients. *Crit Care Med* 29,1-11
- Miniati, M, Pistolesi, M, Paoletti, P, y col (1988) Objective radiographic criteria to differentiate cardiac, renal, and injury lung edema. *Invest Radiol* 23,433-440
- Kollef, MH, Pluss, J (1991) Noncardiogenic pulmonary edema following upper airway obstruction. *Medicine* 70,91-98
- Martin, GS, Ely, EW, Carroll, FE, y col (2000) The supine portable chest radiograph reflects changes in fluid balance [abstract]. *Am J Respir Crit Care Med* 161,A393
- Woodring, JH, Given, CA (2000) Noninvasive estimation of pulmonary capillary wedge pressure from computed radiography. *J Ky Med Assoc* 98,115-120.