



PUESTA AL DÍA EN MEDICINA INTENSIVA. MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA EN EL PACIENTE CRÍTICO

Evidencia de la utilidad de la monitorización hemodinámica en el paciente crítico

A. Gil Cano^a, M.I. Monge García^{a,*} y F. Baigorri González^b

^a Servicio de Cuidados Intensivos y Urgencias, Unidad de Investigación Experimental, Hospital del SAS Jerez, Jerez de la Frontera, España

^b Servicio de Medicina Intensiva, Corporación Sanitaria y Universitaria Parc Taulí, Sabadell, Barcelona, España

PALABRAS CLAVE

Monitorización hemodinámica;
Paciente crítico

Resumen La monitorización hemodinámica es una herramienta de indudable valor para la evaluación de los pacientes críticos. Nos permite no solo detectar y determinar el origen de la inestabilidad hemodinámica, sino también guiar la elección del tratamiento más adecuado y evaluar con posterioridad su efectividad. Sin embargo, la monitorización *per se* no constituye una herramienta terapéutica y su empleo, sin un objetivo claramente definido, no tiene por qué afectar a la evolución de los pacientes. Para que la monitorización hemodinámica redunde en beneficio para este debe ir necesariamente acoplada a un protocolo de tratamiento que efectivamente haya demostrado mejorar su pronóstico. En consecuencia, la utilidad de los sistemas de monitorización no debería evaluarse tan solo por la exactitud y fiabilidad de sus medidas, sino también por la capacidad de afectar favorablemente a la evolución de los pacientes. En este sentido, gran parte de los argumentos utilizados en contra del empleo de la monitorización hemodinámica tienen su origen en un uso no racionalizado de la misma y en la aplicación no dirigida a objetivos hemodinámicos concretos y de demostrado beneficio para el paciente.

© 2012 Elsevier España, S.L. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Hemodynamic monitoring;
Critically ill patients

Evidence on the utility of hemodynamic monitorization in the critical patient

Abstract Hemodynamic monitoring is a tool of great value for the assessment of critically ill patients. It can not only detect and determine the source of hemodynamic instability, but also guide the choice of appropriate treatment and further evaluate its effectiveness. However, monitoring *per se* is not a therapeutic tool and its use in the absence of a well-defined objective, need not affect patient outcome. To improve outcome, hemodynamic monitoring necessarily must be coupled to a treatment protocol that has effectively been shown to improve outcome. Accordingly, the usefulness of monitoring systems should be evaluated not only on the basis of the accuracy and reliability of their measurements, but also on the ability to positively affect patient outcome. In this regard, many of the arguments against the use of hemodynamic monitoring are a consequence of non-protocolized use and of application not directed towards specific hemodynamic objectives of proven benefit for the patient.

© 2012 Elsevier España, S.L. and SEMICYUC. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ignaciomonge@gmail.com (M.I. Monge García).

Introducción

La asistencia clínica al paciente crítico implica, con frecuencia, afrontar complejos problemas que el médico intensivista, tradicionalmente, ha intentado resolver aplicando actitudes juiciosas basadas en la consulta de libros de texto, revistas médicas de su especialidad, o bien solicitando la opinión de expertos en la materia. Sin embargo, muchos de estos libros, e incluso algunos artículos de revisión publicados por prestigiosas revistas, son el resultado de una colección subjetiva de la evidencia en vez de una revisión sistemática de la misma. Por ello, con frecuencia, se incluyen opiniones personales que no están basadas en la mejor evidencia existente en el momento de su elaboración. Se trata pues, de una actitud más próxima al arte que a la ciencia, donde la experiencia, pericia o la maestría individual se imponen al uso concienzudo, explícito y juicioso de la mejor evidencia existente a la hora de tomar decisiones sobre el cuidado de pacientes. Este último enfoque, conocido como medicina basada en la evidencia (MBE), trata de integrar las mejores pruebas científicas disponibles, es decir, las que aportan la mejor evidencia, con la experiencia clínica individual y los valores del paciente para llegar a la decisión clínica más acertada^{1,2}.

El concepto de mejor evidencia implica su jerarquización, es decir, la evidencia más alta de la jerarquía debería tener mayor impacto en resolver una decisión clínica que las observaciones de menor nivel. En este sentido, la MBE propone que los estudios clínicos aleatorizados y las revisiones sistemáticas de los mismos (metaanálisis) conformen el mayor nivel de evidencia, es decir, sean los de mayor jerarquía, aunque no los únicos. Por tanto, tendríamos que depositar mayor confianza en las decisiones terapéuticas basadas en una revisión sistemática o un estudio clínico aleatorizado que en aquellas basadas en estudios de menor jerarquía, como por ejemplo estudios de tipo observacional o de tipo fisiológico que, aunque también aportan evidencia, lo hacen de una forma más débil.

Sin embargo, la aplicación de estos conceptos es desafiada cada día por la realidad de la práctica clínica. Así, la realización de ensayos clínicos aleatorizados para intentar demostrar el beneficio o futilidad de la monitorización hemodinámica en el enfermo crítico resulta extremadamente compleja. Recientemente, diferentes expertos han alertado sobre las importantes limitaciones que los ensayos clínicos y posteriores metaanálisis tienen en el campo de la medicina intensiva^{3,4}. Por ejemplo, es difícil analizar y comparar diferentes estudios con términos tan imprecisos como síndrome de distrés respiratorio agudo o sepsis, que engloban poblaciones tan heterogéneas⁵. Además, debemos tener en cuenta que la monitorización hemodinámica *per se* no constituye una herramienta terapéutica, para que esta redunde en beneficio para el paciente debe ir acoplada a un protocolo de tratamiento de probada eficacia. Protocolo que, por cierto, no ha sido evaluado en la mayoría de los ensayos clínicos^{6,7}. La monitorización, por tanto, sin objetivos terapéuticos definidos no afecta a la evolución de los pacientes y no supone ningún beneficio⁸. Por estos y otros motivos, existen pocos estudios clínicos aleatorizados en este campo de la medicina intensiva, y la justificación para implementar la monitorización hemodinámica acaba descansando más en argumentos de tipo fisiológico que de otra

naturaleza⁹. Y es que los principios de fisiología y fisiopatología, si bien no conforman una evidencia tan sólida como la atribuida a los ensayos clínicos y metaanálisis, son los que nos ayudan a avanzar en la comprensión de los procesos y enfermedades del paciente crítico. Adecuadamente procesados y analizados, pueden servir además para continuar el proceso de toma de decisiones, aunque aceptando siempre cierto grado de ensayo y error¹⁰. Asumimos, basándonos en estos argumentos, que una mayor apreciación de la fisiopatología del proceso tratado y del mecanismo por el cual el tratamiento alcanza la mejoría, nos facilitará la selección de las opciones terapéuticas más acertadas. Es verdad que, aunque atractivos para el clínico y sobre todo para el investigador, los argumentos fisiológicos no siempre son validados por estudios clínicos. No obstante, hay que ser conscientes de que no podemos detener el proceso de toma de decisiones frente a un paciente cuando no hay una revisión sistemática o un estudio clínico aleatorizado que avalen la decisión, aunque sí debemos ser prudentes y reconocer en qué tipo de evidencia nos apoyamos cuando adoptamos una decisión.

Monitorización en el enfermo crítico: shock séptico y lesión pulmonar aguda

La utilidad de un sistema de monitorización hemodinámica debería evaluarse no solo por la capacidad del dispositivo en cuestión para medir correctamente aquello para lo que ha sido diseñado (como por ejemplo, el gasto cardiaco), ya que la mayoría de estos sistemas alcanzan este objetivo de un modo generalmente satisfactorio¹¹. Desde un punto de vista práctico, la eficacia de la monitorización hemodinámica debería evaluarse por su capacidad para influir favorablemente, a partir de la información que aporta, en la resolución del proceso y en la evolución final del paciente. Para ello, la monitorización hemodinámica debe ser capaz de detectar la presencia de inestabilidad hemodinámica con hipoperfusión o hipoxia tisular global y, cuando esta existe, ayudar a implementar rápidamente el tratamiento más adecuado tutelando sus resultados. Así, las 2 premisas en las que debería apoyarse la utilización de la monitorización hemodinámica son:

- 1) en primer lugar, su superioridad para diagnosticar la presencia de inestabilidad hemodinámica con hipoxia tisular global respecto a la exploración física;
- 2) y en segundo lugar, el beneficio que se obtiene con la aplicación de un tratamiento basado en objetivos hemodinámicos predefinidos.

Efectivamente, la exploración rutinaria no parece útil para diagnosticar siempre hipoxia tisular, habiéndose constatado en un grupo de 36 pacientes críticos que la estabilización hemodinámica basada en la normalización de las constantes vitales fue insuficiente para garantizar la adecuada perfusión tisular reflejada por el incremento del ácido láctico y la disminución de la saturación venosa central de oxígeno¹². En un trabajo posterior, esta vez en pacientes con sepsis grave o shock séptico, estos mismos investigadores confirmaron la incapacidad que la evaluación hemodinámica basada en el examen físico, signos vitales, PVC y diuresis

tiene para detectar la persistencia de hipoxia tisular global frente a la incorporación de la monitorización continua de la saturación venosa central de oxígeno como subrogada del gasto cardiaco o del transporte de oxígeno¹².

En los enfermos con lesión pulmonar aguda, la capacidad de la exploración física (tiempo de relleno capilar > 2 segundos, piel moteada en las rodillas o frialdad en las extremidades) para detectar hipoperfusión tisular (definida por la presencia de un índice cardiaco < 2,5 L/min/m² o de una saturación venosa mixta de oxígeno < 60%) ha sido recientemente investigada en el subgrupo de 478 pacientes del estudio *Fluid and Catheter Treatment Trial* (FACTT) que fueron monitorizados con el catéter de arteria pulmonar (CAT)¹³. Los resultados de este estudio mostraron una baja sensibilidad de los 3 signos clínicos (12% y 8% para detectar un IC < 2,5 L/min/m² y una SvO₂ < 60% respectivamente), con un bajo valor predictivo positivo igualmente bajo (40 y 56%). Los autores concluyeron que, en los pacientes con lesión pulmonar aguda, el examen físico carecía de utilidad para detectar la existencia de un índice cardiaco disminuido y/o una saturación venosa mixta de oxígeno baja. Más aún, tras incorporar la presión venosa central y de las pérdidas de fluidos a los datos de la exploración física, la información seguía careciendo de utilidad clínica.

La segunda cuestión planteada, la capacidad de la monitorización hemodinámica para influir favorablemente en la evolución final del shock séptico, ha sido objeto de una reciente revisión en forma de metaanálisis que incluyó 9 estudios de 29 publicaciones potenciales abarcando a 1.001 pacientes¹⁴. Los autores concluyeron que la aplicación dentro de las primeras 24 h de la aparición de la sepsis de una estrategia de «resucitación cuantitativa estructurada», es decir, de intervenciones dirigidas hacia objetivos hemodinámicos claramente definidos, suponía una disminución significativa de la mortalidad. Sin embargo, cuando esta estrategia era implementada más tardíamente, resultaba fútil o incluso perjudicial. Otro aspecto que destacaron los autores fue la variedad existente en los objetivos hemodinámicos predefinidos en cada uno de los estudios analizados (transporte de oxígeno, índice cardiaco o saturación venosa central de oxígeno, por ejemplo). Por ello, en palabras de los autores, se desconoce si alguno de estos objetivos terapéuticos es superior a los otros, y por tanto, este aspecto debería ser objeto de futuros estudios. Así por ejemplo, hoy sabemos que las medidas dinámicas de precarga-dependencia (elevación pasiva de las piernas, variación de la presión de pulso o del volumen sistólico, por ejemplo) son claramente superiores a las medidas consideradas estáticas (presión venosa central, presión ocluida de arteria pulmonar, áreas o volúmenes de cámaras cardiacas, etc.)^{15,16}, pero desconocemos si la implementación de un protocolo en el que la administración de fluidos esté basada en medidas dinámicas redundará en más beneficio que al utilizar medidas estáticas en este grupo de pacientes¹⁷.

En los enfermos con lesión pulmonar aguda, la capacidad de la monitorización hemodinámica para influir favorablemente en la evolución del proceso no ha sido aún demostrada. Shah et al.¹⁸, en un metaanálisis con 5.051 pacientes incluidos en 13 ensayos clínicos durante un período de 20 años, concluyeron que el uso del CAT no incrementó la mortalidad ni aumentó el tiempo de estancia hospitalaria, pero tampoco aportó beneficio alguno. En

opinión de estos investigadores, los resultados observados con la utilización del CAT pudieron deberse a la ausencia de tratamientos efectivos basados en la información obtenida del CAT, al no existir un protocolo de tratamiento previamente definido asociado a la monitorización. Coincidiendo con estas observaciones, recientemente Hadian y Pinsky¹⁹, concluyeron que «el uso general del CAT en el paciente crítico no se asocia a cambios en la mortalidad o en la morbilidad (nivel de evidencia 1), mientras que existe un riesgo de arritmias durante su colocación y de infección y complicaciones tromboticas cuando se mantiene de forma prolongada (> 48 h)». La recomendación de estos autores es evitar usar el CAT de forma indiscriminada y, si decidimos emplearlo, hacerlo siempre asociado a un protocolo terapéutico que sea de eficacia probada. Finalmente, en una reciente actualización de la revisión de la base Cochrane²⁰, no se encontraron diferencias en la mortalidad con o sin la utilización del CAT, aunque sí en los costes, que fueron superiores al utilizar en el grupo de CAT. No obstante, este trabajo vuelve a incidir en la necesidad de futuros estudios que permitan determinar los protocolos de tratamiento más eficaces y establecer los grupos de pacientes que podrían beneficiarse del uso del CAT, antes de abandonar definitivamente su uso.

Recientemente se han publicado los resultados del estudio FACTT^{21,22}, que acopla a la monitorización hemodinámica de pacientes con lesión pulmonar aguda un protocolo de tratamiento centrado fundamentalmente en la forma de administrar fluidos, liberal o restrictiva. Este estudio, además de confirmar el beneficio de la estrategia restrictiva, demuestra que la monitorización con el CAT frente a la medida de la presión venosa central no solo no aporta beneficio alguno, sino que aumenta significativamente los costes²³, y de nuevo, se concluye que el uso rutinario del CAT en el enfermo crítico no está justificado²⁴. Sin embargo, el estudio FACTT no aborda completamente la cuestión de la terapia guiada mediante el CAT en los enfermos con lesión pulmonar aguda, ya que tanto el retraso en la colocación del CAT (24 h desde el inicio de la lesión pulmonar y 43 h desde el ingreso en UCI), así como los valores de las primeras medidas hemodinámicas obtenidas (índice cardiaco $4,2 \pm 1,4$ L/min/m² y saturación venosa central $71,5 \pm 11,2\%$)¹⁸, sugieren que los enfermos ya habían sido enérgicamente resucitados en el momento de su inclusión en el estudio. Por este motivo, en opinión de algunos expertos¹⁹, la cuestión realmente abordada en el estudio FACTT no ha sido si el CAT es o no de utilidad para guiar la resucitación inicial en los enfermos con lesión pulmonar aguda, sino por el contrario, para limitarla y así evitar el incremento del edema pulmonar. En la actualidad, diferentes expertos e investigadores siguen manteniendo que el CAT puede ser de utilidad al menos en algún subgrupo de pacientes con SDRA²⁵.

La monitorización del edema pulmonar fue propuesta hace más de 2 décadas por Eisemberg²⁶ y Mitchell²⁷ como una alternativa a la monitorización con el CAT. Estos autores incluyeron un total de 101 pacientes, de los que 52 tenían SDRA, y a los que se les implementó un tratamiento basado en medida del edema pulmonar o de la presión ocluida de arteria pulmonar. Los resultados mostraron que los enfermos tratados de según el grado de edema pulmonar, recibieron menos fluidos intravenosos, precisaron menos tiempo de ventilación mecánica, menos tiempo de estancia en UCI y una tendencia a una mortalidad menor

(35 vs. 47%), siendo el grupo más beneficiado aquellos con edema pulmonar y presión ocluida de arteria pulmonar no elevada. Estudios observacionales posteriores han confirmado la relación entre la severidad del edema pulmonar y la mortalidad, y lo que es más importante, entre la resolución del edema pulmonar y la evolución final del paciente^{28,29}. Finalmente, algunos grupos de investigadores y sociedades científicas, han propuesto la medida del edema pulmonar para establecer el diagnóstico de SDRA³⁰ o para estratificar su severidad³¹. Por ello, cada vez son más los expertos que consideran que la monitorización hemodinámica, junto con la medida del edema pulmonar, constituye una alternativa a la monitorización mediante el CAT³²⁻³⁴.

En resumen, en el paciente crítico, la inestabilidad hemodinámica con hipoxia tisular global a veces coincide con signos vitales estables, y por tanto, puede pasar desapercibida; y en segundo lugar, la aplicación precoz de un protocolo de resucitación estructurada con objetivos hemodinámicos predefinidos ha demostrado disminuir la mortalidad, al menos en aquellos con sepsis grave o shock séptico. Todo ello, va a favor del uso de monitorización hemodinámica para reconocer y tratar la situación de hipoxia tisular precozmente. Sin embargo, queda aún por aclarar cuál es esa monitorización que deberíamos usar, ya que la superioridad de un objetivo hemodinámico sobre otro (como por ejemplo, la optimización de la precarga en base a medidas dinámicas o la monitorización del edema pulmonar), está aún por establecer.

Monitorización en el paciente quirúrgico de alto riesgo

La cirugía mayor está asociada a un aumento significativo de la demanda de oxígeno. En condiciones normales, los pacientes con una reserva cardiopulmonar conservada compensan esta demanda aumentada incrementando su gasto cardiaco y la extracción tisular de oxígeno. Sin embargo, en los pacientes de alto riesgo, ya sea por la comorbilidad existente y/o por la naturaleza misma de la intervención, esta reserva fisiológica puede ser insuficiente para hacer frente al aumento de la demanda metabólica durante el estrés quirúrgico, haciendo más probable la aparición de hipoperfusión tisular, disfunción orgánica e incluso la muerte³⁵. Por este motivo, la aplicación de una estrategia hemodinámica dirigida a incrementar el aporte de oxígeno durante el período perioperatorio (incluso hasta 8 horas después de la cirugía³⁶), mediante el establecimiento de objetivos hemodinámicos claramente definidos, ha demostrado mejorar el pronóstico de los pacientes quirúrgicos de alto riesgo en términos de reducción del número de complicaciones, disminución de la estancia y los costes hospitalarios, así como de la mortalidad³⁷. Más aún, los beneficios de estas estrategias parecen repercutir positivamente no solo a corto plazo, sino también en la evolución de los años posteriores a su aplicación³⁸.

A lo largo de más de 2 décadas, más de 20 estudios aleatorizados y varios metaanálisis han puesto de manifiesto cómo la monitorización hemodinámica, cuando va acompañada de un protocolo cuyo objetivo último es incrementar el aporte de oxígeno a los tejidos con el fin de prevenir la aparición de hipoperfusión tisular, beneficia a los pacientes con alto riesgo quirúrgico^{37,39-44}. A pesar de que esta población en

riesgo puede representar tan solo un pequeño porcentaje del total de pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas, su alta mortalidad supone la mayor parte del total de muertes relacionadas con la cirugía, lo que en términos globales implica un gran número de pacientes que potencialmente podrían beneficiarse de estas estrategias de optimización hemodinámica⁴⁵.

Lógicamente, la evolución de la optimización hemodinámica y de sus objetivos terapéuticos está estrechamente ligada a los avances tecnológicos en monitorización hemodinámica. Si bien en sus inicios el CAT era el sistema predominante (si no el único)⁴⁰, la aparición de nuevos dispositivos mínimamente invasivos, como el Doppler esofágico o los sistemas basados en el análisis de la presión arterial, facilitaron la elaboración de algoritmos terapéuticos cuyos objetivos eran más fácilmente aplicables. De igual modo, la utilización terapéutica en este área de lo que se ha venido a denominarse como «monitorización hemodinámica funcional»⁴⁶, ha permitido también la racionalización de la administración de fluidos mediante el uso de parámetros dinámicos de precarga-dependencia, como la variación de volumen sistólico⁴⁷, de tal modo que los pacientes reciben la cantidad necesaria de fluidos en el momento adecuado con el fin de evitar la aparición de hipoperfusión tisular.

Es interesante resaltar que, a pesar la larga evidencia acumulada (en muchos casos mayor que algunas de las recomendaciones comúnmente reconocidas en la actualidad), la optimización hemodinámica no ha tenido una aceptación generalizada ni uniforme⁴⁸, salvo quizás contadas excepciones⁴⁹. La causa de esta baja aceptación y de su heterogénea implantación parece ser compleja y multifactorial^{45,50}, aunque parecen estar involucrados motivos como una mayor necesidad de recursos (y por tanto, un aparente mayor gasto económico), la necesidad de una atención más continuada y personalizada por parte del médico, así como la aparente confusión causada por la diversidad de objetivos hemodinámicos disponibles. Sin embargo, a pesar de algunas ambigüedades, parece demostrado que las estrategias de optimización hemodinámica repercuten claramente y de forma positiva en la evolución estos pacientes, por lo que su adopción está más que justificada.

Conclusiones

La investigación sobre monitorización hemodinámica adolece de habernos centrado más en la discusión del cómo que del para qué. Mezclamos los datos que nos proporcionan los distintos sistemas, unos sobre la existencia de hipoperfusión tisular, con otros que nos orientan sobre la situación de los determinantes de la función cardíaca, sobre los que tendremos que actuar para intentar corregir los anteriores. Además, empleamos protocolos de actuación similares en distintos grupos de pacientes, por etiología o por estadio evolutivo. Es prioritario definir mejor los objetivos de la resucitación en nuestros pacientes críticos, dependiendo del tipo y del momento. Solo así podremos avanzar en nuevas medidas, más allá de la modificación del rendimiento cardiaco y, consecuentemente, evaluar aquellos elementos de monitorización que nos resultan más adecuados para nuestro propósito.

Por tanto, el impacto de la monitorización hemodinámica en la evolución del paciente no solo depende de la fiabilidad de los sistemas de monitorización, sino también en la comprensión de las bases fisiológicas en las que se basan estos dispositivos, así como en el estricto conocimiento de sus limitaciones y en la correcta y juiciosa interpretación de sus valores. Sin embargo, al igual que el más sublime Stradivarius, aun en manos virtuosas, sonará ordinario y desapasionado sin una partitura inspiradora, ningún dispositivo de monitorización hemodinámica, independientemente de lo avanzado y preciso que sea, ejercerá ningún efecto positivo en la evolución del paciente a menos que se acompañe de un protocolo terapéutico de probada eficacia.

Conflicto de intereses

M. Ignacio Monge García es *consultant* de Edwards Lifesciences. El resto de autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

- Evidence-Based Medicine Working G. Evidence-based medicine. A new approach to teaching the practice of medicine. *JAMA*. 1992;268:2420-5.
- Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ*. 1996;312:71-2.
- Tobin MJ, Jubran A. Meta-analysis under the spotlight: focused on a meta-analysis of ventilator weaning. *Crit Care Med*. 2008;36:1-7.
- Marini JJ. Meta-analysis: convenient assumptions and inconvenient truth. *Crit Care Med*. 2008;36:328-9.
- Schuster DP. What is acute lung injury? What is ARDS? *Chest*. 1995;107:1721-6.
- Bellomo R, Uchino S. Cardiovascular monitoring tools: use and misuse. *Curr Opin Crit Care*. 2003;9:225-9.
- Vincent JL, Rhodes A, Perel A, Martin GS, Della Rocca G, Vallet B, et al. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring-a consensus of 16. *Crit Care*. 2011;15:229.
- Takala J, Ruokonen E, Tenhunen JJ, Parviainen I, Jakob SM. Early non-invasive cardiac output monitoring in hemodynamically unstable intensive care patients: a multi-center randomized controlled trial. *Crit Care*. 2011;15:R148.
- Polanco PM, Pinsky MR. Practical issues of hemodynamic monitoring at the bedside. *Surg Clin North Am*. 2006;86:1431-56.
- Marini JJ. Unproven clinical evidence in mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18:1-7.
- Michard F. Thinking outside the (cardiac output) box. *Crit Care Med*. 2012;40:1361-2.
- Rady MY, Rivers EP, Nowak RM. Resuscitation of the critically ill in the ED: responses of blood pressure, heart rate, shock index, central venous oxygen saturation, and lactate. *Am J Emerg Med*. 1996;14:218-25.
- Grissom CK, Morris AH, Lanken PN, Ancukiewicz M, Orme Jr JF, Schoenfeld DA, et al. Association of physical examination with pulmonary artery catheter parameters in acute lung injury. *Crit Care Med*. 2009;37:2720-6.
- Jones AE, Brown MD, Trzeciak S, Shapiro NI, Garrett JS, Heffner AC, et al. The effect of a quantitative resuscitation strategy on mortality in patients with sepsis: a meta-analysis. *Crit Care Med*. 2008;36:2734-9.
- Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med*. 2009;37:2642-7.
- Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*. 2008;134:172-8.
- Pinsky MR. Heart lung interactions during mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18:256-60.
- Shah MR, Hasselblad V, Stevenson LW, Binanay C, O'Connor CM, Sopko G, et al. Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA*. 2005;294:1664-70.
- Hadian M, Pinsky MR. Evidence-based review of the use of the pulmonary artery catheter: impact data and complications. *Crit Care*. 2006;10 Suppl 3:S8.
- Harvey S, Young D, Brampton W, Cooper AB, Doig G, Sibbald W, et al. Pulmonary artery catheters for adult patients in intensive care. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006:CD003408.
- Wiedemann HP, Wheeler AP, Bernard GR, Thompson BT, Hayden D, et al., National Heart, Lung, and Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) Clinical Trials. Comparison of two fluid-management strategies in acute lung injury. *N Engl J Med*. 2006;354:2564-75.
- Wheeler AP, Bernard GR, Thompson BT, Schoenfeld D, Wiedemann HP, et al., National Heart, Lung, and Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) Clinical Trials. Pulmonary-artery versus central venous catheter to guide treatment of acute lung injury. *N Engl J Med*. 2006;354:2213-24.
- Clermont G, Kong L, Weissfeld LA, Lave JR, Rubenfeld GD, Roberts MS, et al. The effect of pulmonary artery catheter use on costs and long-term outcomes of acute lung injury. *PLoS One*. 2011;6:e22512.
- Shure D. Pulmonary-artery catheters-peace at last? *N Engl J Med*. 2006;354:2273-4.
- Vincent JL. A reappraisal for the use of pulmonary artery catheters. *Crit Care*. 2006;10 Suppl 3:S1.
- Eisenberg PR, Hansbrough JR, Anderson D, Schuster DP. A prospective study of lung water measurements during patient management in an intensive care unit. *Am Rev Respir Dis*. 1987;136:662-8.
- Mitchell JP, Schuller D, Calandrino FS, Schuster DP. Improved outcome based on fluid management in critically ill patients requiring pulmonary artery catheterization. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145:990-8.
- Kuzkov VV, Kirov MY, Sovershaev MA, Kuklin VN, Suborov EV, Waerhaug K, et al. Extravascular lung water determined with single transpulmonary thermodilution correlates with the severity of sepsis-induced acute lung injury. *Crit Care Med*. 2006;34:1647-53.
- Sakka SG, Klein M, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Prognostic value of extravascular lung water in critically ill patients. *Chest*. 2002;122:2080-6.
- Moroz VV, Golubev AM, Churtjaev JA. Transpulmonic thermodilution in diagnostics of early implications of acute damage of lungs (methodical references of Scientific Research Institute GR of the Russian Academy of Medical Sciences). Moscow: Russian Federation: Russian Academy of Medical Sciences; 2008.
- Rainieri M. Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS): The "Berlin Definition". En: 24th Annual Congress ICC. 2001.
- Brown LM, Liu KD, Matthay MA. Measurement of extravascular lung water using the single indicator method in patients: research and potential clinical value. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 2009;297:L547-58.
- Fernandez-Mondejar E, Guerrero-Lopez F, Colmenero M. How important is the measurement of extravascular lung water? *Curr Opin Crit Care*. 2007;13:79-83.
- Isakow W, Schuster DP. Extravascular lung water measurements and hemodynamic monitoring in the critically ill: bedside

- alternatives to the pulmonary artery catheter. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2006;291:L1118-31.
35. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB. Role of oxygen debt in the development of organ failure sepsis, and death in high-risk surgical patients. *Chest.* 1992;102:208-15.
 36. Pearse R, Dawson D, Fawcett J, Rhodes A, Grounds RM, Bennett ED. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial [ISRCTN38797445]. *Crit Care.* 2005;9:R687-93.
 37. Hamilton MA, Cecconi M, Rhodes A. A systematic review and meta-analysis on the use of preemptive hemodynamic intervention to improve postoperative outcomes in moderate and high-risk surgical patients. *Anesth Analg.* 2011;112:1392-402.
 38. Rhodes A, Cecconi M, Hamilton M, Poloniecki J, Woods J, Boyd O, et al. Goal-directed therapy in high-risk surgical patients: a 15-year follow-up study. *Intensive Care Med.* 2010;36:1327-32.
 39. Heyland DK, Cook DJ, King D, Kernerman P, Brun-Buisson C. Maximizing oxygen delivery in critically ill patients: a methodologic appraisal of the evidence. *Crit Care Med.* 1996;24:517-24.
 40. Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med.* 2002;30:1686-92.
 41. Poeze M, Greve JW, Ramsay G. Meta-analysis of hemodynamic optimization: relationship to methodological quality. *Crit Care.* 2005;9:R771-9.
 42. Brienza N, Giglio MT, Marucci M, Fiore T. Does perioperative hemodynamic optimization protect renal function in surgical patients? A meta-analytic study. *Crit Care Med.* 2009;37:2079-90.
 43. Giglio MT, Marucci M, Testini M, Brienza N. Goal-directed haemodynamic therapy and gastrointestinal complications in major surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth.* 2009;103:637-46.
 44. Dalfino L, Giglio MT, Puntillo F, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy and postoperative infections: earlier is better. a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2011;15:R154.
 45. Cannesson M, Pestel G, Ricks C, Hoeft A, Perel A. Hemodynamic monitoring and management in patients undergoing high risk surgery: a survey among North American and European anesthesiologists. *Crit Care.* 2011;15: R197.
 46. Pinsky MR, Payen D. Functional hemodynamic monitoring. *Crit Care.* 2005;9:566-72.
 47. Benes J, Chytra I, Altmann P, Hluchy M, Kasal E, Svitak R, et al. Intraoperative fluid optimization using stroke volume variation in high risk surgical patients: results of prospective randomized study. *Crit Care.* 2010;14:R118.
 48. Michard F, Cannesson M, Vallet B. Perioperative hemodynamic therapy: quality improvement programs should help to resolve our uncertainty. *Crit Care.* 2011;15: 445.
 49. Powell-Tuck J, Gosling P, Lobo DN, Allison SP, Carlson GL, Gore M, et al. British Consensus Guidelines on Intravenous Fluid Therapy for Adult Surgical Patients (GIFTASUP). 2008 [consultado 5 Jun 2012]. Disponible en: http://www.ics.ac.uk/intensive-care-professional/standards_and_guidelines/british_consensus_guidelines_on_intravenous_fluid_therapy_for_adult_surgical_patients_giftasup_2008.
 50. Miller TE, Roche AM, Gan TJ. Poor adoption of hemodynamic optimization during major surgery: are we practicing substandard care? *Anesth Analg.* 2011;112:1274-6.