

## Monitorización no invasiva en el paciente lesionado. ¿Es útil?

Alberto Basilio Olivares,\* Alberto Millán Porras Navarro,‡  
Luis Roberto Arzave Martínez,§ Sergio Delgadillo Gutiérrez||

### RESUMEN

**Introducción:** El trauma es una enfermedad aguda de gravedad variable; hay cambios hemodinámicos súbitos e inesperados secundarios a hemorragia; cada vez más pacientes sufren trauma en el mundo. Kubiek demostró que, enviando una corriente eléctrica constante paralela a la columna vertebral, podía evaluar la cantidad de fluidos que pasan por la aorta. Con ello, y apoyado en la ley de Ohm, la resistencia al flujo a una corriente alterna la llamó bioimpedancia transtorácica. Es posible describir los cambios hemodinámicos que ocurren inmediatamente. Aunque hay muchos parámetros, para validar el método se midieron el gasto cardíaco, las resistencias vasculares y los fluidos torácicos totales.

**Objetivo:** Demostrar que la bioimpedancia puede ser aplicada a TRAUMA, en pacientes que han perdido volumen, los cuales se encuentran en respuesta sistémica y mecanismos compensatorios que enmascaran situaciones hemodinámicas.

**Material y métodos:** Se utilizó un monitor de bioimpedancia Niccomo en 20 pacientes con situaciones homogéneas desde el 01 de abril al 31 de julio 2014, en sexo, grupo de edad, peso y pérdida de volumen.

**Resultados:** A pesar de tratarse de sujetos en similitud clínica, hubo cambios significativos en los parámetros medidos como respuesta a la hipovolemia; sin embargo, un gasto cardíaco por debajo de 4l/min asociado a un elevado porcentaje de fluidos torácicos se asociaron claramente a la muerte. Sin tomar en cuenta otros parámetros, para

### SUMMARY

**Introduction:** Trauma is acute illness of variable severity; there are sudden and unexpected changes secondary to bleeding; there are more and more patients suffering trauma in the world. Kubiek showed that sending a constant electric current parallel to the spine could assess the amount of fluid passing through the aorta; and thereby, supported by Ohm's law resistance to flow at alternating current so called transthoracic bioimpedance. It is possible to describe the hemodynamic changes that occurred immediately, although there are many parameters were measured to validate the method, cardiac output, vascular resistance and total thoracic fluid.

**Objective:** Demonstrate that bioimpedance can be applied to TRAUMA, in patients who have lost volume, which are found in systemic response and compensatory mechanisms.

**Material and methods:** Niccomo bioimpedance monitor was used in 20 patients with homogeneous situations from 01 April to 31 July 2014 in sex, age, weight and volume loss.

**Results:** Despite being of subjects in clinical similarity, there were significant changes in the parameters measured in response to hypovolemia; however, cardiac output below 4l/min and high percentage of thoracic fluid were associated with death. Without taking into account other parameters, for purposes of this study is significant in hypovolemia the use of bioimpedance.

[www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)

\* Jefe de Cirugía y Trauma Choque.

† Médico Residente de 3<sup>er</sup> año de Cirugía General.

§ Médico Residente de 4<sup>o</sup> año de Cirugía General.

|| Jefe de Enseñanza e Investigación.

Hospital Central Cruz Roja Mexicana.

Fecha de recepción: 18 de agosto 2014

Fecha de aceptación: 18 de septiembre 2014

efectos de este estudio es significativo utilizar la bioimpedancia en situaciones de hipovolemia.

**Palabras clave:** Bioimpedancia, gasto cardiaco, resistencias vasculares, fluidos torácicos.

## INTRODUCCIÓN

El trauma se ha convertido en una epidemia de salud, muy compleja, de difícil prevención, con costos económicos y sociales muy altos; afecta principalmente a los hombres en etapas productivas de la vida,<sup>1</sup> motivo por el cual en las últimas décadas se han hecho cambios drásticos en el abordaje de los pacientes lesionados aplicando la tecnología diseñada con otros fines.

El paciente lesionado pierde súbitamente la homeostasis, casi de inmediato se activan mecanismos compensatorios ante la pérdida de volumen, por lo que es muy difícil reconocer el estado hemodinámico real en un paciente con hemorragia;<sup>4</sup> los signos vitales se mantienen a expensas de vasoconstricción, el gasto cardiaco es influenciado por efecto adrenérgico, aumentando la frecuencia cardiaca, intentando así circular más volumen por el corazón;<sup>4</sup> debido al aumento de la permeabilidad de las membranas hay fuga al espacio intersticial. Estos fenómenos en muchas ocasiones ocurren de manera subclínica; para detectarlos tradicionalmente se han diseñado múltiples pruebas, la mayoría complejas y costosas.<sup>2,3</sup>

Se han diseñado técnicas mínimamente invasivas para estimar el volumen latido como Doppler esofágico, ecocardiografía transesofágica, método derivativo de Fick, termodilución transpulmonar, entre otras.

La bioimpedancia es quizá la única técnica no invasiva que permite un registro latido a latido del gasto cardiaco. Esta técnica se desarrolló en los años 60 aplicando el concepto de bioimpedancia eléctrica del tórax.

La ley de Ohm se refiere al flujo de una corriente eléctrica ( $I$ ); es igual a la caída del voltaje ( $E$ ) entre las dos terminales de un circuito, dividido por la resistencia o bioimpedancia al flujo de la corriente.<sup>5</sup>

$$I = E/Z$$

Kubieck investigó la posibilidad de medir el contenido total de sangre dentro de la aorta, conocido también como gasto cardiaco estudiando los cambios de la resistencia a través del tórax bajo la influencia de una corriente de alta frecuencia y magnitud constante y lo llamó bioimpedancia eléctrica del tórax,<sup>5</sup> simbolizó al tórax como un cilindro donde encontró que la sangre tiene una baja resistencia a la corriente eléctrica, la cual sigue el trayecto de los

**Key words:** *Bioimpedance, cardiac output, vascular resistance, thoracic fluids.*

grandes vasos; así pues, deduje que los cambios en la resistencia de los vasos del tórax reflejaban el volumen de los grandes vasos.

Las conexiones son tetrapolares; se emite una corriente eléctrica que fluye en dirección paralela a la columna; la resistencia a la corriente en el tórax es inversamente proporcional al contenido de agua; con cada latido se bombea sangre a la aorta, incrementando su volumen y disminuyendo la resistencia (impedancia) al flujo de la corriente eléctrica; por un lado se registran los eventos eléctricos del corazón, graficados en el electrocardiograma; por el otro, se obtienen trazados de las fases mecánicas de la contracción cardiaca.<sup>5</sup>

Gasto cardiaco. Parámetro básico del cual derivan más mediciones, se obtiene estimando la resistencia a la corriente eléctrica aplicada en la aorta, multiplicando el volumen latido por frecuencia cardiaca.

Fluido intravascular torácico. Es inversamente proporcional a la impedancia, es una medida muy útil para estimar la cantidad de volumen a nivel central y sus modificaciones con la terapia hídrica.<sup>3,9</sup>

Resistencias vasculares periféricas. Parámetro muy útil, calculado con base al trazo cardiográfico; en situaciones de patología cardiaca suponen cambios en las resistencias que tiene que vencer el músculo cardiaco para poder bombear sangre.<sup>6,7</sup>

Este método se ha utilizado cada vez más durante los últimos años, con aplicación principalmente a la cardiología,<sup>9</sup> de modo experimental en obstetricia, particularmente en casos de Hellp.<sup>8,9</sup>

Sin embargo, el TRAUMA ocasiona serias alteraciones hemodinámicas y se generan múltiples eventos vasomotores, soportados por el corazón y muchas veces difíciles de interpretar.

## OBJETIVO

Determinar la utilidad de la medición mediante la aplicación de corriente eléctrica aplicada al tórax de los fenómenos hemodinámicos en el paciente que ha perdido volumen y se encuentra en fase de respuesta sistémica, sin métodos invasivos en un paciente con cambios hemodinámicos súbitos y a veces inesperados.

Investigar los cambios ocurridos en el gasto cardiaco, resistencias vasculares y fluidos torácicos en pacientes con edad, pérdidas hemáticas y peso similares, del mismo sexo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio prospectivo realizado en el Hospital Central de la Cruz Roja Mexicana del 01 de abril al 31 de julio de 2014.

Se utilizó un monitor de bioimpedancia Niccomo, en 20 pacientes varones, aparentemente sanos, entre 35 y 45 años de edad, con peso aproximado de 75-80 kg. Tomando en cuenta que en promedio 8% del peso corresponde al total del volumen circulante, calculamos entre 6 y 6.4 litros de volumen circulante, con una pérdida hemática conocida de 1,500 y 2,000 mL entre 23 y 30% aproximado del volumen circulante estimado, es decir, pacientes con choque hipovolémico grado III-IV por diversas causas. En la figura 1 mostramos el equipo de bioimpedancia con el tipo de gráficos.

Aunque el monitor da varios parámetros, investigamos el impacto del gasto cardiaco y la cantidad de los fluidos torácicos con las resistencias vasculares.

## RESULTADOS

Estudiamos 20 varones en un rango de edad de 35 a 45 años sin estados comórbidos conocidos, en



**Figura 1.** Monitor de bioimpedancia.

estado de choque grado III-IV, con peso de entre 75 a 89 kg aproximadamente. Los valores del gasto cardiaco se estiman entre 4.5 a 8.5 L/min.

Las resistencias vasculares sistémicas corresponden a 742-1,378 dinas.sec.cm<sup>-3</sup>.

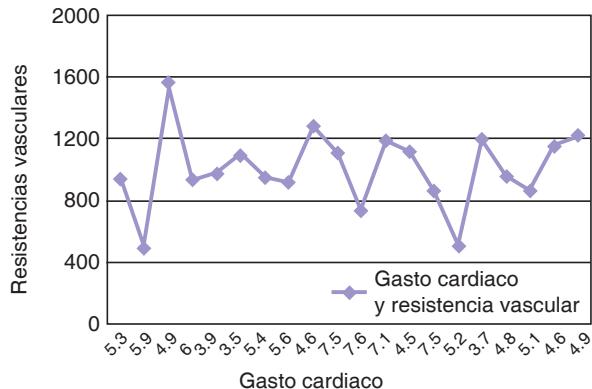
Los fluidos torácicos son representados en el gráfico y es normal que esté ocupado 100% del espacio vascular torácico.

El gasto cardiaco se mantuvo en promedio de 5.38 L/min. con un rango de 3.5 a 7.6 L/min. Las resistencias vasculares se encontraron en promedio de 1,013 dinas, con un rango de 515 a 1,554 dinas; los fluidos torácicos promediaron 144%, con un rango de 100 a 180%.

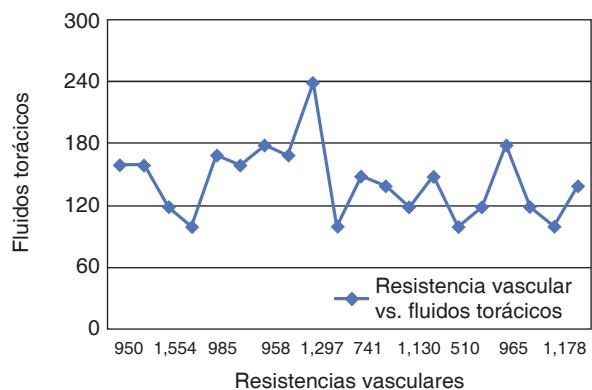
En el cuadro I se muestran los resultados de los parámetros estudiados; la figura 2 muestra la relación entre el gasto cardiaco y las resistencias vasculares; la figura 3 muestra la relación de los fluidos torácicos y las resistencias vasculares, en la figura 4 se muestra el comportamiento del gasto cardiaco y el porcentaje de fluidos torácicos.

**Cuadro I. Comportamiento del gasto cardiaco, resistencias vasculares y porcentaje de fluidos torácicos.**

Paciente	Gasto cardiaco	Resistencias vasculares	Fluidos torácicos
1	5.3	950	160
2	5.9	515	160
3	4.9	1,554	120
4	6	942	100
5	3.9	985	170
6	3.5	1,105	160
7	5.4	958	180
8	5.6	929	170
9	4.6	1,297	240
10	7.5	1,121	100
11	7.6	741	150
12	7.1	1,199	140
13	4.5	1,130	120
14	7.5	870	150
15	5.2	510	100
16	3.7	1,210	120
17	4.8	965	180
18	5.1	870	120
19	4.6	1,178	100
20	4.9	1,232	140
Promedio	5.38	1,013.05	144
Media	5.250083888	979.6198203	140.0421858
Mediana	5.15	975	145
Desviación estándar	1.236122971	250.6642701	35.60011827



**Figura 2.** Relación entre el gasto cardiaco y resistencias vasculares.



**Figura 3.** Relación entre resistencias vasculares y fluidos torácicos.

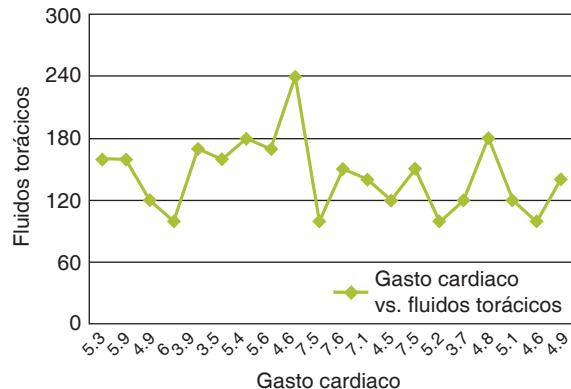
Estos eventos denotan el comportamiento hemodinámico ante la pérdida de volumen.

Fallecieron cuatro pacientes marcados en color gris dentro del cuadro I, donde un factor de mortalidad común es el porcentaje de fluidos pulmonares.

## DISCUSIÓN

Estudio prospectivo realizado en el Hospital Central de la Cruz Roja Mexicana, del 01 de abril al 31 de julio de 2014, con la intención de valorar la utilidad de la bioimpedancia transtorácica en pacientes en shock con características similares de edad, peso, pérdida de volumen, sin tomar en cuenta otros factores.

Se observó que otros pacientes en circunstancias similares no presentaron parámetros idénticos, lo cual implica que el TRAUMA debe individualizarse; definitivamente hay cambios en el gasto cardiaco, resistencias vasculares, en cada caso.



**Figura 4.** Relación entre gasto cardíaco y fluidos torácicos

impactando en la evolución de los pacientes; sin embargo, hay un aumento de mortalidad cuando el porcentaje de fluido torácico sobrepasa 150% de ocupación; así mismo, el gasto cardíaco por debajo de 4 L/min es también factor asociado a muerte, y está en función directa con la pérdida de volumen.

Las resistencias vasculares no están claramente asociadas a muerte, aunque varían en cada paciente.

El porcentaje excesivo de fluidos pulmonares puede obedecer a varias situaciones, entre ellas la pérdida de volumen, con activación de sistemas hormonales que al reabsorber agua forman un tercer espacio, además de la reposición de líquidos, lo cual puede llevar a caída del gasto cardiaco y cambios en las resistencias vasculares.

Es importante señalar que éste es el primero de una serie de estudios aplicados a TRAUMA, combinando más factores e individualizando cada caso, para evaluar varios puntos.

1. Impacto hemodinámico, que en ocasiones se manifiesta de forma subclínica.
  2. Pronta identificación del estado cardiaco del paciente que sufre estado de choque.
  3. Aunado a la medición del metabolismo anaeróbico común en estado de choque nos permita planear la reanimación.
  4. Disminuir mediante una juiciosa reanimación las complicaciones secundarias por exceso de volumen, observando el comportamiento hemodinámico.
  5. Identificar de modo sencillo e inmediato los cambios hemodinámicos que ocurren durante la hipovolemia.

Aunque se usaron sólo tres parámetros de la medición por bioimpedancia, fueron muy significativos

por sí solos para evaluar al paciente que ha perdido una cantidad significativa de su volumen circulante.

Creemos que la bioimpedancia es un método que debe generalizarse para el estudio de los cambios hemodinámicos y su repercusión clínica que ocurren durante la pérdida aguda de volumen.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Illescas FGJ. Epidemiología del trauma en la ciudad de México. *TRAUMA*. 2003;6(2):40-43.
2. Summers R, Shoemaker W. Bench to bedside: electrophysiologic and clinical principles of noninvasive hemodynamic monitoring using impedance cardiography. *Acad Emerg Med*. 2003;30(6):669-680.
3. Ochoa M, McEwen M, et al. Principios de la evaluación hemodinámica no invasiva con cardiografía de impedancia. *Revista Colombiana de Cardiología*. 2009;16(3):91-102.
4. Feliciano, Mattox, Moore. *Trauma*. Cap. 13. Management of shock. 6a edición. Ed. Interamericana; p. 715-760.
5. Winter U, Kubiek W. *Thoracic bioimpedance measurements in Clinical Cardiology*. New York: Thieme Medical Publishers; 1994.
6. Niccomo. Software Manual. CE0197.
7. van De Water JM, Miller TW, Vogel RL, Mount BE, Dalton ML. Impedance cardiography: the next vital sign technology? *Chest*. 2003;123(6):2028-2033.
8. Briones JC, Nuño JC, Díaz-de León Ponce MA. Monitoreo hemodinámico con bioimpedancia torácica en pacientes con preeclampsia severa. *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*. 2012;26(4):201-208.
9. Folan M, Funk M. Measurement of thoracic fluid. The role of impedance cardiography. *AACN Advanced Critical Care*. 2008;19(1):47-55.

*Correspondencia:*

Dr. Alberto Basilio Olivares  
Cozumel núm. 90  
Col. Roma, 06700  
Delegacion Cuauhtémoc  
Tel: 55140774  
E-mail: mdalberto01@hotmail.com