

# Evaluación Hemodinámica no Invasiva de Mujeres no Embarazadas, Embarazadas Sanas y Embarazadas con Preeclampsia usando Biorreactancia

Yayoi Ohashi <sup>1</sup>, Hisham Ibrahim <sup>2</sup>, Louis Furtado <sup>3</sup>, John Kingdom <sup>4</sup>, José Carlos Almeida Carvalho <sup>5</sup>

**Resumen:** Ohashi Y, Ibrahim H, Furtado L, Kingdom J, Carvalho JCA – Evaluación Hemodinámica no invasiva de mujeres no embarazadas, embarazadas sanas y embarazadas con preeclampsia usando biorreactancia.

**Justificativa y objetivos:** Comparamos los perfiles hemodinámicos de embarazadas sanas y con preeclampsia ligera a término, como también los controles sanos de las no embarazadas, usando un nuevo monitor de débito cardíaco no invasivo (NICOM, del inglés), con base en la biorreactancia.

**Métodos:** Estudiamos embarazadas sanas a término (Embarazadas, n = 10), embarazadas a término con preeclampsia ligera (EmbarazadasPE, n = 10) y mujeres sanas no embarazadas (No Embarazadas, n = 10). Con las pacientes en posición de semidecúbito lateral izquierdo, 4 electrodos del NICOM fueron colocados en la pared del tórax. Esa colocación fue secundada por un período de descanso de 15 minutos. Variables hemodinámicas, incluyendo presión arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) y promedio (PAM), como también la frecuencia cardíaca (FC), volumen sistólico (VS), resistencia periférica total (RPT), débito cardíaco (DC), potencia cardíaca (PC) y tiempo de eyección ventricular (TEV), fueron monitorizados por 15 minutos.

**Resultados:** Los grupos Embarazada y No Embarazada, presentaron perfiles hemodinámicos parecidos, excepto por un TEV más corto en el grupo Embar. ( $213,3 \pm 19,3$  ms *versus*  $265,0 \pm 28,8$  ms,  $p < 0,001$ ). El grupo Embar.PE presentó PAS, PAD y PAM más elevados, y PC ( $145,5 \pm 12,6$  mmHg;  $94,5 \pm 9,1$  mmHg;  $111,5 \pm 9,8$  mmHg;  $1,6 \pm 0,3$  watts), cuando se comparó con los grupos Embar. ( $114 \pm 12,1$  mmHg;  $71,2 \pm 8,4$  mmHg;  $85,9 \pm 9,3$  mmHg;  $1,1 \pm 0,3$  watts) y No Embarazadas ( $101,2 \pm 11,9$  mmHg;  $66,7 \pm 10,4$  mmHg;  $78,1 \pm 10,6$  mmHg;  $1,0 \pm 0,2$  watts). El grupo Embarazada presentó FC, DC y RPT más altos y TEV más corto ( $85,4 \pm 8,4$  latidos.min<sup>-1</sup>;  $6,6 \pm 0,7$  L.min<sup>-1</sup>;  $1.369,9 \pm 173,5$  dina.seg.cm<sup>-5</sup>,  $221,6 \pm 22,4$  ms) cuando se le comparó con el grupo No Embarazadas ( $67,9 \pm 9,5$  latidos.min<sup>-1</sup>;  $5,6 \pm 0,7$  L.min<sup>-1</sup>;  $1.136,9 \pm 149,8$  dina.seg.cm<sup>-5</sup>,  $265,0 \pm 28,8$  ms).

**Conclusiones:** El NICOM es un equipo fácil de ser usado, que no depende del operador y que suministra señales de monitoreo claras y consistentes. El débito identificó perfiles hemodinámicos distintos y de peso, junto con los hallazgos de los métodos más invasivos existentes.

**Descriptor:** FISIOLÓGIA, Cardiovascular; HEMODINÁMICA; MONITORIZACIÓN, biorreactancia, fisiológica.

Obs.: Cheeta Medical suministró el equipo para la investigación.

[Rev Bras Anesthesiol 2010;60(6): 335-340] ©Elsevier Editora Ltda.

## INTRODUCCIÓN

Las técnicas invasivas de monitorización hemodinámica ya identificaron aumentos significativos en la frecuencia cardíaca (FC), volumen sanguíneo (VS), volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVE), volumen sistólico (VS) y débito

cardíaco (DC) en los primeros y segundos trimestres del embarazo <sup>1,2</sup>. A pesar de esas alteraciones, la presión arterial materna cae, a causa de la gran reducción en la resistencia periférica total (RPT) secundaria a la vasodilatación sistémica y a la formación de una circulación uteroplacentaria de baja resistencia. Sin embargo, en el último mes de gestación, ese perfil se altera parcialmente debido al hecho de que el feto ya desarrollado obstruye gradualmente el retorno venoso a través de la vena cava inferior. Así, el débito cardíaco disminuye y la resistencia vascular total aumenta, y las presiones arteriales sistólica (PAS), diastólica (DBP) y promedio (PAM) también aumentan <sup>2</sup>.

Las alteraciones hemodinámicas maternas pueden incluso complicarse por la preeclampsia, que se ve en un 6%-12% de los embarazos <sup>3,4</sup>. Quedó demostrado que la preeclampsia presenta perfiles hemodinámicos variados, dificultándole al médico el desenvolvimiento de un plan de tratamiento <sup>5,6</sup>. Recientemente, fue sugerido que la preeclampsia puede desarrollarse más tempranamente (< 34 semanas) o más tardíamente (> 34 semanas), durante el embarazo, que esas

Recibido del Departamento de Anestesia y del Departamento de Obstetricia y Ginecología, Mount Sinai Hospital, University of Toronto.

1. Médico, PhD, Miembro de Anestesia Obstétrica

2. Médico, Miembro de Anestesia Obstétrica

3. BA, Asistente de Investigación

4. Médico, Profesor, Departamento de Obstetricia y Ginecología

5. Médico, PhD, FANZCA, FRCPC, Profesor de Anestesia, Obstetricia y Ginecología, University of Toronto

Artículo sometido el 11 de junio de 2010.

Aprobado para publicación el 14 de junio de 2010.

Correspondencia para:

Dr. José C. A. Carvalho, MD,

PhD Department of Anesthesia and Pain Management Mount Sinai Hospital 600 University Avenue, Room 781 Toronto, ON, M5G 1X5 Canada

E-mail: jose.carvalho@uhn.on.ca

dos entidades presentan etiologías diversas y que deben ser consideradas formas distintas de la enfermedad <sup>7,8</sup>. También quedó comprobado que, durante las fases latentes, la preeclampsia precoz y tardía presenta dos perfiles hemodinámicos distintos, incluyendo RPT elevada, en aquella, *versus* RPT baja, en aquella <sup>9</sup>.

Con esas alteraciones hemodinámicas acentuadas durante el embarazo, embarazadas sanas y las que presentan alto riesgo, se beneficiarían de una evaluación cardiovascular de rutina, no invasiva y que no dependa del operador en el prenatal, además del control clásico de la presión arterial. Una evaluación hemodinámica meticulosa durante el embarazo podría revolucionar el prenatal, permitiendo el diagnóstico precoz de pacientes de alto riesgo y el uso de terapias más dirigidas.

La mayor parte de los datos sobre alteraciones hemodinámicas en embarazadas sanas y de alto riesgo, fue creada por estudios que utilizaron la cateterización de la arteria pulmonar, considerada todavía como el estándar oro en la monitorización hemodinámica central <sup>2,10,11</sup>. Sin embargo, esa técnica presenta muchos riesgos y desventajas, y tiene un uso limitado en obstetricia <sup>12</sup>. Recientemente, técnicas mínimamente invasivas con base en métodos de análisis de ondas arteriales fueron validadas con relación a la cateterización de la arteria pulmonar en pacientes no obstétricos. Los métodos que tenemos a disposición en este momento, cada cual con base en un algoritmo diferente, incluyen LiDCOplus (LiDCO, Cambridge, Reino Unido), PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Munich, Alemania) y Vigileo (Edwards Lifesciences, Irvine, CA). Todos fueron usados con algún éxito en pacientes obstétricas, pero que requerían el uso de una línea arterial <sup>13</sup>.

No existen dudas de que una monitorización no invasiva es un recurso altamente deseado en obstetricia. La cardiografía de impedancia <sup>14</sup>, la bioimpedancia eléctrica torácica <sup>15</sup> y el ecocardiograma transtorácico <sup>16</sup> se validaron con relación a la cateterización de la arteria pulmonar en la población obstétrica. Todos esos métodos presentan limitaciones, inclusive la necesidad de entrenamiento por parte del usuario y la interferencia de artefactos de movimiento. La bioimpedancia transtorácica fue el primer método no invasivo utilizado para monitorizar el DC y ha venido siendo utilizado en diversas condiciones obstétricas <sup>17</sup>. Aunque tenga la ventaja de ser independiente del operador, su uso se limita a causa de su cuestionable precisión, tal vez debido a una razón señal-ruido baja. Las variaciones en los hábitos corporales y en otros factores físicos, tienen su impacto en la conductividad eléctrica entre los electrodos y la piel <sup>18</sup>. La biorreactancia transtorácica es una nueva técnica utilizada para la monitorización continua no invasiva del débito cardíaco <sup>19</sup>. Se basa en la modulación de frecuencia y de fase del voltaje medido en respuesta a una corriente transtorácica. Las alteraciones de fase son medidas continuamente y quedó demostrado que presentan una relación casi lineal con el flujo sanguíneo en la aorta. La técnica de biorreactancia presenta una ventaja significativa en el filtrado de ruido y suministra una mejor

razón señal-ruido cuando se le compara a la bioimpedancia. Además, se comprobó que sus lecturas presentan una buena correlación con los resultados de las mediciones del débito cardíaco que se obtienen a través del catéter de la arteria pulmonar <sup>20</sup>. Constatamos que el sistema de medición no invasiva del débito cardíaco (NICOM, del inglés), que adopta la tecnología de biorreactancia, posee una precisión y un nivel de respuesta aceptables en la monitorización de pacientes con una gran variación de situaciones circulatorias <sup>21</sup>. El NICOM no se usó para la evaluación y monitorización hemodinámicas de embarazadas.

Este estudio fue desarrollado para comparar los perfiles hemodinámicos de embarazadas sanas a término y levemente preeclámpicas a término, como también de mujeres no embarazadas, usando el NICOM.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Después de la aprobación por el Comité de Ética en Investigación de la institución y la firma del Término de Consentimiento Informado, tres grupos de mujeres (n = 10 en cada grupo), fueron reclutadas para este estudio abierto, prospectivo y comparativo. Todas las pacientes se presentaban con edades entre los 18 y los 40 años, y eran capaces de comunicarse en inglés, perteneciendo a una de estas tres categorías: a) embarazadas sanas a término (Embarazadas); b) embarazadas a término con preeclampsia no tratada, diagnosticada recientemente (EmbarazadasPE), y con presión arterial normal en por lo menos dos ocasiones antes de la 20ª semana de gestación y c) mujeres sanas no embarazadas. Todas las gestaciones eran de feto único y las pacientes no estaban en trabajo de parto. Las embarazadas con enfermedades preexistentes, como diabetes insulino-dependiente, hipertensión arterial y enfermedades autoinmunes, cardiovasculares o renales fueron excluidas.

La preeclampsia se definió, usando los criterios del *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG), como presión arterial sistólica de por lo menos 140 mmHg o presión arterial diastólica de 90 mmHg en por lo menos dos ocasiones; las mediciones deberían ser hechas con un intervalo de por lo menos 4 horas, pero no superior a 7 días.

Un sistema de monitorización no invasivo con base en la biorreactancia (NICOM™, Cheetah Medical Inc, Portland, OR), fue usado en este estudio. Se les solicitó a las participantes que descansasen por lo menos durante 15 minutos en decúbito semilateral izquierdo, después de la colocación de los cuatro electrodos en su tórax y calibración automática del sistema NICOM. Además, un aparato de presión arterial no invasivo conectado al sistema de monitorización fue colocado en el brazo izquierdo. Durante el estudio, se hicieron medidas automáticas de la presión arterial a cada minuto por el sistema de monitorización interna del NICOM.

Los siguientes parámetros cardiovasculares se monitorizaron continuamente durante 15 minutos para determinar los valores basales: presión arterial sistólica (PAS), presión

arterial diastólica (PAD), presión arterial promedio (PAM), frecuencia cardíaca (FC), débito cardíaco (DC), potencia cardíaca (PC), volumen sistólico (VS), tiempo de eyección ventricular (TEV) y resistencia periférica total (RPT). Después de ese período de 15 minutos en el cual las pacientes descansaron, se realizó la elevación pasiva de la pierna (EPP). Las variables hemodinámicas fueron medidas con la paciente acostada en la cama en decúbito semilateral izquierdo por 3 minutos y después con las piernas elevadas a 45 grados por 3 minutos.

Los datos continuos fueron expresados como promedio  $\pm$  desviación estándar. Las diferencias entre los grupos fueron comparadas utilizando el test t, con los valores de p corregidos para las comparaciones múltiples a través del procedimiento de Bonferoni. El efecto de la EPP se determinó comparando el porcentaje de cambio de cada variable con relación a los valores basales, después de la elevación de la pierna, utilizando el test bilateral. Las diferencias fueron consideradas significantes cuando  $p < 0,05$ . Todos los análisis estadísticos se hicieron usando el software Excel.

## RESULTADOS

La Tabla I presenta las características de las pacientes. Las embarazadas, tanto sanas como con preeclampsia, presentaban un IMC más elevado que las mujeres no embarazadas.

Los parámetros hemodinámicos de todos los grupos están en la Tabla II. Las embarazadas sanas presentaron TEVs más cortos que las mujeres no embarazadas ( $213,0 \pm 19,3$  ms *versus*  $265,0 \pm 28,8$  ms,  $p < 0,001$ ). Todos los otros parámetros fueron parecidos en los dos grupos.

Las embarazadas con preeclampsia presentaron PAS, PAD, PAM y PC mayores que las embarazadas sanas ( $p < 0,001$ ).

Las embarazadas con preeclampsia presentaron FC ( $p < 0,001$ ), PAS ( $p < 0,001$ ), PAD ( $p < 0,001$ ), PAM ( $p < 0,001$ ), PC ( $p < 0,001$ ), RPT ( $p = 0,014$ ) y DC ( $p = 0,013$ ) más altos, pero TEV ( $p < 0,001$ ) menores que las mujeres no embarazadas.

La Tabla III muestra el porcentaje de las alteraciones en los parámetros hemodinámicos después de los test de EPP. No hubo diferencia significativa entre los tres grupos.

**Tabla I** – Características de las Pacientes

	No Embarazadas	Embarazadas	EmbarazadasPE	Significado estadístico		
				No Embarazadas vs. Embarazadas	Embarazadas vs. EmbarazadasPE	No Embarazadas vs. EmbarazadasPE
Edad (años)	30,1 $\pm$ 5,6	26,5 $\pm$ 5,1	31,6 $\pm$ 7,9	NS	NS	NS
Altura (cm)	164,26 $\pm$ 6,3	163,98 $\pm$ 8,3	164,84 $\pm$ 33,9	NS	NS	NS
Peso (kg)	60,57 $\pm$ 10,7	76,8 $\pm$ 15,8	85,1 $\pm$ 20,8	$p = 0,016$	NS	$p = 0,001$
IMC	22,27 $\pm$ 2,9	29,36 $\pm$ 7,0	31,14 $\pm$ 7,5	$p = 0,009$	NS	$p < 0,001$
Edad gestacional (semanas)		39,89 (36,6-42,1)*	36,98 (35,2-40,2)*			

No Embarazadas: Mujeres no embarazadas, Embarazadas: embarazadas sanas, EmbarazadasPE: embarazadas con preeclampsia ligera; IMC: índice de masa corporal; NS: no significante;

Datos presentados como promedio  $\pm$  desviación estándar; \*Promedio y variación.

**Tabla II** – Datos Hemodinámicos

	No Embarazadas	Embarazadas	EmbarazadasPE	Significado estadístico		
				No Embarazadas vs. Embarazadas	Embarazadas vs. EmbarazadasPE	No Embarazadas vs. EmbarazadasPE
PAS (mmHg))	101,2 $\pm$ 11,9	114,5 $\pm$ 12,1	145,5 $\pm$ 12,6	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
PAD (mmHg)	66,7 $\pm$ 10,4	71,7 $\pm$ 8,4	94,5 $\pm$ 9,1	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
PAM (mmHg)	78,1 $\pm$ 10,6	85,9 $\pm$ 9,3	111,5 $\pm$ 9,8	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FC (bpm)	67,9 $\pm$ 9,5	78,8 $\pm$ 11,6	85,4 $\pm$ 8,4	NS	NS	$p = 0,001$
DC (L.min <sup>-1</sup> )	5,6 $\pm$ 0,7	5,9 $\pm$ 1,1	6,6 $\pm$ 0,7	NS	NS	$p = 0,013$
RPT (dina.seg.cm <sup>-5</sup> )	1.136,9 $\pm$ 149,8	1.206,7 $\pm$ 254,0	1.369,9 $\pm$ 173,5	NS	NS	$p = 0,014$
PC (watts)	1,0 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,3	1,6 $\pm$ 0,3	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
VS (mL.látido <sup>-1</sup> )	83,3 $\pm$ 12,5	76,4 $\pm$ 17,0	77,7 $\pm$ 7,2	NS	NS	NS
LVET (milisegundos)	265,0 $\pm$ 28,8	213,3 $\pm$ 19,3	221,6 $\pm$ 22,4	$p < 0,001$	NS	$p = 0,001$

No Embarazadas: Mujeres no embarazadas, Embarazadas: embarazadas sanas, EmbarazadasPE: embarazadas con preeclampsia ligera; PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica, PAM: presión arterial promedio, FC: frecuencia cardíaca, DC: débito cardíaco, RPT: resistencia periférica total, PC: potencia cardíaca, VS: volumen sistólico, TEV: tiempo de eyección ventricular; NS: no significante;

Datos presentados como promedio  $\pm$  desviación estándar.

**Tabla III** – Porcentaje de las Alteraciones de las Variables Hemodinámicas con el Test de Elevación Pasiva de la Pierna (EPP)

	No Embarazadas	Embarazadas	EmbarazadasPE	Significado estadístico		
				No Embarazadas vs. Embarazadas	Embarazadas vs. EmbarazadasPE	No Embarazadas vs. EmbarazadasPE
PAS (mmHg)	5,17 ± 7,70	1,67 ± 4,83	1,86 ± 6,70	NS	NS	NS
PAD (mmHg)	1,01 ± 9,37	5,34 ± 6,98	1,49 ± 8,93	NS	NS	NS
PAM (mmHg)	2,8 ± 7,07	3,86 ± 5,07	1,80 ± 6,88	NS	NS	NS
FC (bpm)	3,01 ± 4,14	3,00 ± 4,21	0,48 ± 3,87	NS	NS	NS
DC (L.min <sup>-1</sup> )	11,73 ± 9,70	9,86 ± 10,86	11,81 ± 21,58	NS	NS	NS
RPT (dina.seg.cm <sup>-5</sup> )	-4,54 ± 9,99	-5,17 ± 10,06	-3,65 ± 13,28	NS	NS	NS
VS (mL.latido <sup>-1</sup> )	9,39 ± 8,21	7,67 ± 8,90	13,32 ± 22,02	NS	NS	NS
SW (%)	20,13 ± 13,09	26,22 ± 18,50	11,42 ± 10,01	NS	NS	NS

No Embarazadas: Mujeres no embarazadas, Embarazadas: embarazadas sanas, EmbarazadasPE: embarazadas con preeclampsia ligera; PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica, PAM: presión arterial promedio, FC: frecuencia cardíaca, DC: débito cardíaco, RPT: resistencia periférica total, PC: potencia cardíaca, VS: volumen sistólico, SW: variación del volumen sistólico; NS: no significante; Datos presentados como promedio ± desviación estándar.

## DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro estudio confirmaron los datos actuales sobre las características hemodinámicas de mujeres embarazadas y no embarazadas, y también trajeron a la luz nuevos conceptos hemodinámicos que pueden ser del interés de los médicos. Nuestros resultados nos demuestran que la biorreactancia puede representar un paso en dirección a un proceso de monitorización no invasivo de peso, sencillo de ser utilizado e independiente del operador, representando una herramienta muy necesaria para aclarar las características hemodinámicas de gestaciones sanas y de alto riesgo.

El embarazo causa importantes alteraciones hemodinámicas secundarias al aumento en el volumen de plasma, reducción en la resistencia vascular sistémica y aumento en el desempeño del miocardio. Esas alteraciones son necesarias para enfrentar el aumento de la demanda metabólica en el embarazo. Ellas se inician precozmente en la gestación, y presentan un pico al final del segundo trimestre, seguidas de una tendencia gradual para los niveles de pregestación, en la medida en que la parturiente se acerca al término<sup>2</sup>. Específicamente la PAS, PAD, PAM y RPT disminuyen, mientras que la VS, FC y DC aumentan hasta la mitad de la gestación, seguidos de una reversión de esa tendencia hasta el término, excepto en lo que se refiere a la FC, que permanece elevada durante todo el embarazo. La mayoría de las tendencias reversas observadas en el tercer trimestre se le atribuye a la compresión de la vena cava inferior, especialmente cuando la gestante está en la posición supina. Se demostró que un 40% de las embarazadas en posición supina, presentan compresión aortocava, incluso cuando están inclinadas entre 0°-34°, como también cuando están parcialmente acostadas<sup>22,23</sup>.

Nuestros resultados comparativos entre las embarazadas sanas a término y mujeres no embarazadas son consistentes con los encontrados en la literatura. No observamos diferencias significativas en los parámetros hemodinámicos entre ellas, excepto en un LVET más corto en las embarazadas. Estudios anteriores demostraron que el tiempo de eyección del ventrículo izquierdo (TEV), un índice del desempeño del

ventrículo izquierdo, presenta una correlación con el tiempo de eyección y la contratilidad cardíaca<sup>24-26</sup>. Ese es un nuevo parámetro interesante que podría ser explorado en otros estudios, porque puede indicar que el desempeño del miocardio está aumentado en las embarazadas sanas a término.

Sin embargo, las embarazadas con preeclampsia presentaron un perfil hemodinámico bien distinto cuando se les comparó con las mujeres no embarazadas y embarazadas sanas. Cuando se les comparó con el grupo Embarazadas, las PAS, PAD, PAM y PC del grupo EmbarazadasPE estaban más elevadas. La PC tiene en cuenta tanto la presión como la capacidad generadora de flujo del corazón, suministrando una visión más completa del desempeño cardíaco. La PC máxima puede ser mejor que el DC máximo y el índice de trabajo sistólico del ventrículo izquierdo (ITSVE) para la representación independiente de la capacidad de bomba cardíaca<sup>26</sup>. La RPT no presentó diferencias estadísticamente significativas. Esos resultados nos sugieren que las pacientes en el grupo EmbarazadasPE presentan un estado hiperdinámico en el contexto de una RPT similar.

Cuando se les comparó con el grupo No Embarazadas, los resultados del grupo EmbarazadasPE fueron incluso más impresionantes. Las PAS, PAD, PAM y PC estaban más elevadas en el grupo EmbarazadasPE, parecido a comparaciones anteriores. Pero en el grupo EmbarazadasPE, las FC, DC y RPT también presentaron una elevación significativa. Esos resultados sugieren un estado hiperdinámico en el grupo EmbarazadasPE, en el contexto de una RPT elevada.

La aparente discrepancia en los hallazgos relacionados con la RPT puede representar una función del tamaño de la muestra de nuestro estudio. Las tendencias observadas en las pacientes de los grupos Embarazadas y EmbarazadasPE, también presentaron la misma tendencia, pero fueron más acentuadas en las pacientes con preeclampsia. Esos resultados también sugieren que cada mujer debe ser el propio control en la evaluación de sus parámetros hemodinámicos durante el embarazo.

Se ha sugerido el test de la elevación pasiva de la pierna (EPP), para prever la respuesta a la administración de flui-

dos. La EPP induce al aumento súbito del preload debido a la autotransfusión de sangre de las venas de capacitancia en la pierna para el compartimiento torácico, conllevando al aumento en el débito cardíaco en pacientes dependientes del preload. El test de EPP fue introducido recientemente como parte esencial de la monitorización hemodinámica, ya que los efectos de la autotransfusión en el flujo sanguíneo en la aorta o débito cardíaco, favorece la evaluación de la respuesta a la administración de los fluidos<sup>27,28</sup>. Sin embargo, en este estudio, no observamos diferencias significativas en el porcentaje de cambio de los parámetros hemodinámicos con el test de EPP en los tres grupos, indicando volemia adecuada en los tres grupos.

Recientemente, las monitorizaciones mínimamente invasivas y no invasivas recibieron una gran atención por parte de investigadores y médicos. Se obtuvo mucha información útil, pero cada tipo de monitorización presenta sus limitaciones. Las técnicas mínimamente invasivas, como PiCCO, LiDCO y de Vigileo, exigen una línea arterial y otros procedimientos que serán siempre un factor limitante en obstetricia. Consecuentemente, los métodos de monitorización no invasivos están asociados a una gran expectativa. Pero algunos de esos métodos, como el ecotranstorácico y el Doppler supraesternal, dependen del operador, lo que, evidentemente, es una barrera para su implementación.

Por tanto, los esfuerzos pueden estar dirigidos para las técnicas de bioimpedancia y biorreactancia no invasivas, independientemente del operador, si queremos tener un monitor que permita una mejor comprensión sobre las alteraciones hemodinámicas en el embarazo y la utilidad potencial de la prevención o el tratamiento dirigido a algunas pacientes.

La bioimpedancia transtorácica (medición de las alteraciones en la amplitud del voltaje transtorácico durante un latido cardíaco en respuesta a la inyección de una corriente de alta frecuencia), fue el primer método no invasivo elaborado para la monitorización continua no invasiva del débito cardíaco. Ha sido usada para estudiar los estándares hemodinámicos en el embarazo y la preeclampsia<sup>17</sup>. Aunque su uso clínico haya aumentado, está limitada a algunos tipos de presentación clínica debido a la baja razón señal-ruido, que aparentemente, limita su precisión en ambientes con ruido eléctrico. Esa técnica es sensible a la colocación de los electrodos en el cuerpo, a las variaciones en el tamaño del cuerpo del paciente y a otros factores físicos, como la temperatura y la humedad, que representan un impacto en la conductividad eléctrica entre los electrodos y la piel<sup>18</sup>.

La biorreactancia transtorácica es una técnica nueva de monitorización continua no invasiva del débito cardíaco. Está basada en el análisis de las alteraciones de fase de corrientes oscilantes que ocurren cuando la corriente atraviesa la cavidad torácica, al contrario del sistema basado en la bioimpedancia tradicional, que depende apenas de la medición de las alteraciones en la amplitud de la señal. Al contrario de la bioimpedancia, la medición no invasiva del DC fundamentada en la biorreactancia no usa la impedancia estática y no depende de la distancia entre los electrodos para el cálculo del VS y DC, aumentando considerablemen-

te la precisión de los resultados. Además, se demostró que presenta una buena correlación con los resultados obtenidos a través de las mediciones del DC por terminodilución usando el catéter de arteria pulmonar<sup>20</sup>. Además, también se comprobó que el sistema NICOM posee una precisión y un nivel de respuesta aceptables para la monitorización del DC en pacientes que presentan una gran variedad de situaciones circulatorias<sup>21</sup>.

En resumen, el NICOM fue fácil de usar y suministró una señal de monitorización bastante clara y consistente. Identificó los perfiles hemodinámicos distintos en los tres grupos estudiados que fueron consistentes con los datos anteriores. Llegamos a la conclusión de que el NICOM es un sistema de monitorización no invasivo promisorio para pacientes obstétricas. Sin embargo, se hace necesario realizar otros estudios con pacientes durante el trabajo de parto y aquellas en estado grave, como también con las que están sometidas al parto quirúrgico. Sugerimos que un monitor como el NICOM puede ofrecernos la oportunidad muy valiosa de realizar un diagnóstico precoz y de ayudar en un tratamiento dirigido a mujeres con preeclampsia y otras condiciones clínicas que afectan a las mujeres durante el embarazo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Kristi Downey, Coordinadora de Investigación Perinatal, del Departamento de Anestesia y Tratamiento de Dolor, Mount Sinai Hospital, por facilitar diversos aspectos de este proyecto.

## REFERENCIAS

01. Monga M – Maternal Cardiovascular, Respiratory and Renal Adaptation to Pregnancy, em: Creasy RK, Resnik R, Iams JD et al. – *Craesy and Resnik's Maternal Fetal Medicine: Principles and Practice*. 6<sup>th</sup> Ed, Philadelphia, Saunders Elsevier, 2009;101-109.
02. Metcalfe J, McAnulty JH, Ueland K – Cardiovascular physiology. *Clin Obstet Gynecol*, 1981; 24:693-710.
03. Leeman L, Fontaine P – Hypertensive disorders of pregnancy. *Am Fam Physician*, 2008;78: 93-100.
04. Marik PE – Hypertensive disorders of pregnancy. *Postgrad Med*, 2009;121:69-76.
05. Khalil A, Jauniaux E, Harrington K – Antihypertensive therapy and central hemodynamics in women with hypertensive disorder in pregnancy. *Obstet Gynecol*, 2009;113:646-654.
06. Gogarten W – Preeclampsia and anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2009;22:347-351.
07. von Dadelszen P, Magee LA, Roberts JM – Subclassification of preeclampsia. *Hypertens Pregnancy*, 2003;22:143-148.
08. Huppertz B – Placental origins of preeclampsia: challenging the current hypothesis. *Hypertension*, 2008;51:970-975.
09. Valensise H, Vasapollo B, Gagliardi G et al. – Early and late preeclampsia: two different maternal hemodynamic states in the latent phase of the disease. *Hypertension*, 2008;52: 873-880.
10. Benedetti TJ, Cotton DB, Read JC et al. – Hemodynamic observations in severe pre-eclampsia with a flow-directed pulmonary artery catheter. *Am J Obstet Gynecol*, 1980;136:465-470.
11. Benedetti TJ, Kates R, Williams V – Hemodynamic observations in severe preeclampsia complicated by pulmonary edema. *Am J Obstet Gynecol*, 1985;152:330-334.

12. Sandham JD, Hull RD, Brant RF et al. – A randomized, controlled trial of the use of pulmonary artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med*, 2003;348:5-14.
13. Dyer RA, James MF – Maternal hemodynamic monitoring in obstetric anesthesia. *Anesthesiology*, 2008;109:765-767.
14. Milsom I, Forssman L, Sivertsson R et al. – Measurement of cardiac stroke volume by impedance cardiography in the last trimester of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 1983; 62:473-479.
15. Masaki DI, Greenspoon JS, Ouzounian JG – Measurement of cardiac output in pregnancy by thoracic electrical bioimpedance and thermodilution. A preliminary report. *Am J Obstet Gynecol*, 1989;161:680-684.
16. Easterling TR, Watts DH, Schmucker BC et al. – Measurement of cardiac output during pregnancy: validation of Doppler technique and clinical observations in preeclampsia. *Obstet Gynecol*, 1987;69:845-850.
17. San-Frutos LM, Fernández R, Almagro J et al. – Measure of hemodynamic patterns by thoracic electrical bioimpedance in normal pregnancy and in preeclampsia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2005;121:149-153.
18. Engoren M, Barbee D – Comparison of cardiac output determined by bioimpedance, thermodilution, and the Fick method. *Am J Crit Care*, 2005;14:40-45.
19. Cheetah Medica – Bio-reactance. [Disponível em <http://www.cheetah-medical.com/Bio-reactance>].
20. Keren H, Burkhoff D, Squara P – Evaluation of a non-invasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bio-reactance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2007;293:H583-589.
21. Squara P, Denjean D, Estagnasie P et al. – Non-invasive cardiac output monitoring (NICOM): a clinical validation. *Intensive Care Med*, 2007;33:1191-1194.
22. Eckstein KL, Marx GF – Aorticaval compression and uterine displacement. *Anesthesiology*, 1974;40:92-96.
23. Kinsella SM, Whitwam JG, Spencer JAD – Aortic compression by the uterus: identification with the Finapres digital artery pressure instrument. *Br J Obstet Gynaecol*, 1990;97:700-705.
24. Swaminathan M, Phillips-Bute BG, Mathew JP – An assessment of two different methods of left ventricular ejection time measurement by transesophageal echocardiography. *Anesth Analg*, 2003;97:642-647.
25. Aronow WS, Bowter AF, Kaplan MA – External isovolemic contraction times and left ventricular ejection time/external isovolemic contraction time ratios at rest and after exercise in coronary heart disease. *Circulation*, 1971;43:59-65.
26. Bromley PD, Hodges LD, Brodie DA – Physiological range of peak cardiac power output in healthy adults. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2006;26:240-246.
27. De Backer D – Can passive leg raising be used to guide fluid administration? *Crit Care*, 2006;10:170-171.
28. Jabot J, Teboul JL, Richard C et al. – Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: importance of the postural change. *Intensive Care Med*, 2009;35:85-90.