

# Avaliação Hemodinâmica não Invasiva de Mulheres não Grávidas, Gestantes Saudáveis e Gestantes com Pré-eclâmpsia Usando Biorreatância

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>

**Resumo:** Ohashi Y, Ibrahim H, Furtado L, Kingdom J, Carvalho JCA – Avaliação Hemodinâmica não Invasiva de Mulheres não Grávidas, Gestantes Saudáveis e Gestantes com Pré-eclâmpsia Usando Biorreatância.

**Justificativa e objetivos:** Comparamos os perfis hemodinâmicos de gestantes saudáveis e com pré-eclâmpsia leve, a termo, assim como de controles saudáveis não grávidas, usando um novo monitor de débito cardíaco não invasivo (NICOM, do inglês) baseado na biorreatância.

**Métodos:** Estudamos gestantes saudáveis a termo (Preg, n = 10), gestantes a termo com pré-eclâmpsia leve (PregPE, n = 10) e mulheres saudáveis não grávidas (NonPreg, n = 10). Com as pacientes na posição de semidecúbito lateral esquerdo, 4 eletrodos do NICOM foram colocados na parede do tórax. Essa colocação foi seguida de um período de descanso de 15 minutos. Variáveis hemodinâmicas, incluindo pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM), assim como frequência cardíaca (FC), volume sistólico (VS), resistência periférica total (RPT), débito cardíaco (DC), potência cardíaca (PC) e tempo de ejeção ventricular (TEV) foram monitorados por 15 minutos.

**Resultados:** Os grupos Preg e NonPreg apresentaram perfis hemodinâmicos semelhantes, exceto por um TEV mais curto no grupo Preg ( $213,3 \pm 19,3$  ms *versus*  $265,0 \pm 28,8$  ms,  $p < 0,001$ ). O grupo PregPE apresentou PAS, PAD e PAM mais elevadas, assim como 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) quando comparado com os grupos Preg ( $114 \pm 12,1$  mmHg;  $71,2 \pm 8,4$  mmHg;  $85,9 \pm 9,3$  mmHg;  $1,1 \pm 0,3$  watts) e NonPreg ( $101,2 \pm 11,9$  mmHg;  $66,7 \pm 10,4$  mmHg;  $78,1 \pm 10,6$  mmHg;  $1,0 \pm 0,2$  watts). O grupo Preg apresentou FC, DC e RPT maiores e TEV mais curto ( $85,4 \pm 8,4$  batimentos.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) quando comparado ao grupo NonPreg ( $67,9 \pm 9,5$  batimentos.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).

**Conclusões:** O NICOM é um equipamento fácil de ser usado, que independe do operador e fornece sinais de monitoramento claros e consistentes. A avaliação identificou perfis hemodinâmicos distintos e consistentes com os achados obtidos com métodos mais invasivos.

**Unitermos:** FISILOGIA, Cardiovascular; HEMODINÂMICA; MONITORAÇÃO, biorreatância, fisiológica; Gravidez, pré-eclâmpsia.

Cheeta Medical forneceu o equipamento para a pesquisa.

[Rev Bras Anesthesiol 2010;60(6): 603-613] ©Elsevier Editora Ltda.

## INTRODUÇÃO

Técnicas invasivas de monitoramento hemodinâmico já identificaram aumentos significativos na frequência cardíaca (FC), volume sanguíneo (VS), volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDFVE), volume sistólico (VS) e débito cardíaco (DC) nos primeiro e segundo trimestres de gravidez <sup>1,2</sup>. Apesar dessas alterações, a pressão arterial materna cai devido à grande redução na resistência periférica total (RPT) secundária à vasodilatação sistêmica e à formação de uma circulação

uteroplacentária de baixa resistência. Entretanto, no último trimestre de gestação, esse perfil se altera parcialmente devido ao fato de que o feto desenvolvido obstrui gradualmente o retorno venoso através da veia cava inferior. Assim, o débito cardíaco diminui e a resistência vascular total aumenta e as pressões arteriais sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM) também aumentam <sup>2</sup>.

As alterações hemodinâmicas maternas podem, ainda, ser complicadas pela pré-eclâmpsia, que ocorre em 6%-12% das gestações <sup>3,4</sup>. Demonstrou-se que a pré-eclâmpsia apresenta perfis hemodinâmicos variados, dificultando que o médico desenvolva um plano de tratamento <sup>5,6</sup>. Recentemente, sugeriu-se que a pré-eclâmpsia pode desenvolver-se mais cedo (< 34 semanas) ou mais tarde (> 34 semanas) durante a gravidez, que essas duas entidades apresentam etiologias diversas e que devem ser consideradas formas distintas da doença <sup>7,8</sup>. Demonstrou-se também que, durante sua fase latente, a pré-eclâmpsia precoce e tardia apresentam dois perfis hemodinâmicos distintos, incluindo RPT elevada na primeira, *versus* RPT baixa na segunda <sup>9</sup>.

Com tais alterações hemodinâmicas acentuadas durante a gravidez, gestantes saudáveis e aquelas de alto risco se beneficiariam de uma avaliação cardiovascular de rotina, não in-

Recebido do Departamento de Anestesia e Departamento de Obstetria e Ginecologia, Mount Sinai Hospital, University of Toronto.

1. Médico, PhD, Fellow de Anestesia Obstétrica

2. Médico, Fellow de Anestesia Obstétrica

3. BA, Assistente de Pesquisa

4. Médico, Professor, Departamento de Obstetria e Ginecologia

5. Médico, PhD, FANZCA, FRCP, Professor de Anestesia e Obstetria e Ginecologia, University of Toronto

Submetido em 11 de junho de 2010.

Aprovado para publicação em 14 de junho de 2010.

Correspondência para:

Dr. José C. A. Carvalho

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

vasiva e que não dependa do operador no pré-natal, além do controle clássico da pressão arterial. Uma avaliação hemodinâmica meticulosa durante a gravidez poderia revolucionar o pré-natal, permitindo o diagnóstico precoce de pacientes de alto risco e o uso de terapias direcionadas.

A maior parte dos dados sobre alterações hemodinâmicas em gestantes saudáveis e de alto risco foi gerada por estudos que utilizaram cateterização da artéria pulmonar, ainda considerado como padrão ouro no monitoramento hemodinâmico central<sup>2,10,11</sup>. No entanto, essa técnica apresenta muitos riscos e desvantagens, com um uso limitado em obstetrícia<sup>12</sup>. Mais recentemente, técnicas minimamente invasivas baseadas em métodos de análise de ondas arteriais foram validadas em relação à cateterização da artéria pulmonar em pacientes não obstétricos. Os métodos disponíveis no momento, cada qual baseado em um algoritmo diferente, incluem LiDCOplus (LiDCO, Cambridge, Reino Unido), PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Munique, Alemanha) e Vigileo (Edwards Lifesciences, Irvine, CA). Todos foram usados com algum sucesso em pacientes obstétricas, mas requerem o uso de uma linha arterial<sup>13</sup>.

Não existe dúvida de que um monitoramento não invasivo é um recurso altamente desejável em obstetrícia. Cardiografia de impedância<sup>14</sup>, bioimpedância elétrica torácica<sup>15</sup> e ecocardiograma transtorácico<sup>16</sup> foram validados em relação à cateterização da artéria pulmonar na população obstétrica. Todos esses métodos apresentam limitações, inclusive a necessidade de treinamento do usuário e a interferência de artefatos de movimento. A bioimpedância transtorácica foi o primeiro método não invasivo utilizado para monitorar o DC e tem sido utilizado em diversas condições obstétricas<sup>17</sup>. Embora tenha a vantagem de ser independente do operador, seu uso é limitado por conta da precisão questionável, talvez devido a uma razão sinal-ruído baixa. Variações nos hábitos corporais e outros fatores físicos impactam a condutividade elétrica entre os eletrodos e a pele<sup>18</sup>. A biorreatância transtorácica é uma nova técnica utilizada para o monitoramento contínuo não invasivo do débito cardíaco<sup>19</sup>. Ela se baseia na modulação em frequência e de fase da voltagem medida em resposta a uma corrente transtorácica. As alterações de fase são medidas continuamente e demonstrou-se que apresentam uma relação quase linear com o fluxo sanguíneo na aorta. A técnica de biorreatância apresenta uma vantagem significativa na filtragem de ruído e fornece melhor razão sinal-ruído quando comparada com a bioimpedância. Além disso, demonstrou-se que suas leituras apresentam uma boa correlação com os resultados das medições do débito cardíaco, obtidos através do cateter da artéria pulmonar<sup>20</sup>. Demonstrou-se que o sistema de medição não invasiva do débito cardíaco (NICOM, do inglês) que adota a tecnologia de biorreatância apresenta precisão e responsividade aceitáveis no monitoramento de pacientes com uma grande variação de situações circulatórias<sup>21</sup>. O NICOM ainda não foi utilizado para a avaliação e monitoramento hemodinâmicos de grávidas.

Este estudo foi desenvolvido para comparar os perfis hemodinâmicos de gestantes saudáveis e pre-eclâmpicas leves a termo, assim como de mulheres não grávidas, usando o NICOM.

## MÉTODOS

Após a aprovação pelo comitê de ética na pesquisa da instituição e a assinatura do termo de consentimento livre e informado, três grupos de mulheres (n = 10 em cada grupo) foram recrutados para este estudo aberto, prospectivo e comparativo. Todas as pacientes apresentavam idades entre 18 e 40 anos, eram capazes de se comunicar em inglês e pertenciam a uma de três categorias: a) gestantes saudáveis a termo (Preg); b) gestantes a termo com pré-eclâmpsia não tratada, diagnosticada recentemente (PregPE) e com pressão arterial normal em pelo menos duas ocasiões antes da 20ª semana de gestação e c) mulheres saudáveis não grávidas. Todas as gestações eram de feto único e as pacientes não estavam em trabalho de parto. Gestantes com doenças preexistentes, como diabetes insulino-dependente, hipertensão arterial e doenças autoimunes, cardiovasculares ou renais foram excluídas.

Pré-eclâmpsia foi definida usando-se os critérios do American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), como pressão arterial sistólica de pelo menos 140 mmHg ou pressão arterial diastólica de 90 mmHg em pelo menos duas ocasiões; as medições deveriam ser feitas com um intervalo de pelo menos 4 horas, porém não superior a 7 dias.

Um sistema de monitoramento não invasivo baseado na biorreatância (NICOM™, Cheetah Medical Inc, Portland, OR) foi utilizado neste estudo. Pediu-se às participantes que descansassem por pelo menos 15 minutos em decúbito semilateral esquerdo, após a colocação dos quatro eletrodos em seu tórax e calibração automática do sistema NICOM. Além disso, um aparelho de pressão arterial não invasivo conectado ao sistema de monitoramento foi colocado no braço esquerdo. Durante o estudo, foram feitas medidas automáticas da pressão arterial a cada minuto pelo sistema de monitoração interna do NICOM.

Os seguintes parâmetros cardiovasculares foram monitorados continuamente por 15 minutos para determinar os valores basais: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca (FC), débito cardíaco (DC), potência cardíaca (PC), volume sistólico (VS), tempo de ejeção ventricular (TEV) e resistência periférica total (RPT). Após esse período de 15 minutos no qual as pacientes descansaram, realizou-se o teste da elevação passiva das pernas (EPP). As variáveis hemodinâmicas foram medidas com a paciente deitada na cama em decúbito semilateral esquerdo por 3 minutos e depois com as pernas elevadas a 45 graus por 3 minutos.

Os dados contínuos foram expressos como média ± desvio-padrão. As diferenças entre os grupos foram comparadas utilizando-se o teste *t*, com os valores de *p* corrigidos para comparações múltiplas pelo procedimento de Bonferroni. O efeito da EPP foi determinado comparando-se a percentagem de mudança de cada variável em relação aos valores basais, após a elevação da perna, utilizando-se teste bilateral. Diferenças foram consideradas significantes quando *p* < 0,05. Todas as análises estatísticas foram feitas usando-se o software Excel.

## RESULTADOS

A Tabela I apresenta as características das pacientes. Gestantes, tanto saudáveis quanto com pré-eclâmpsia, apresentaram IMC maior do que as mulheres não grávidas.

Os parâmetros hemodinâmicos de todos os grupos são apresentados na Tabela II. As gestantes saudáveis apresentaram TEVs mais curtos do que as mulheres não grávidas ( $213,0 \pm 19,3$  ms *versus*  $265,0 \pm 28,8$  ms,  $p < 0,001$ ). Todos os outros parâmetros foram semelhantes nos dois grupos.

Gestantes com pré-eclâmpsia apresentaram PAS, PAD, PAM e PC maiores do que gestantes saudáveis ( $p < 0,001$ ).

Gestantes com pré-eclâmpsia apresentaram FC ( $p < 0,001$ ), PAS ( $p < 0,001$ ), PAD ( $p < 0,001$ ), PAM ( $p < 0,001$ ), PC ( $p < 0,001$ ), RPT ( $p = 0,014$ ) e DC ( $p = 0,013$ ) maiores, mas TEV ( $p < 0,001$ ) menores do que mulheres não grávidas.

A Tabela III apresenta o percentual das alterações nos parâmetros hemodinâmicos após os testes de EPP. Não houve diferença significativa entre os três grupos.

**Tabela I** – Características das Pacientes

	NonPreg	Preg	PregPE	Significado estatístico		
				NonPreg vs. Preg	Preg vs. PregPE	NonPreg vs. PregPE
Idade (anos)	30,1 ± 5,6	26,5 ± 5,1	31,6 ± 7,9	NS	NS	NS
Altura (cm)	164,26 ± 6,3	163,98 ± 8,3	164,84 ± 33,9	NS	NS	NS
Peso (kg)	60,57 ± 10,7	76,8 ± 15,8	85,1 ± 20,8	$p = 0,016$	NS	$p = 0,001$
IMC	22,27 ± 2,9	29,36 ± 7,0	31,14 ± 7,5	$p = 0,009$	NS	$p < 0,001$
Idade gestacional (semanas)		39,89 (36,6-42,1)*	36,98 (35,2-40,2)*			

NonPreg: Mulheres não grávidas, Preg: gestantes saudáveis, PregPE: gestantes com pré-eclâmpsia leve; IMC: índice de massa corporal; NS: não significante; Dados são apresentados como média ± desvio-padrão; \*Média e variação.

**Tabela II** – Dados Hemodinâmicos

	NonPreg	Preg	PregPE	Significado estatístico		
				NonPreg vs. Preg	Preg vs. PregPE	NonPreg vs. PregPE
PAS (mmHg)	101,2 ± 11,9	114,5 ± 12,1	145,5 ± 12,6	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
PAD (mmHg)	66,7 ± 10,4	71,7 ± 8,4	94,5 ± 9,1	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
PAM (mmHg)	78,1 ± 10,6	85,9 ± 9,3	111,5 ± 9,8	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FC (bpm)	67,9 ± 9,5	78,8 ± 11,6	85,4 ± 8,4	NS	NS	$p = 0,001$
DC (L.min <sup>-1</sup> )	5,6 ± 0,7	5,9 ± 1,1	6,6 ± 0,7	NS	NS	$p = 0,013$
RPT (dina.seg.cm <sup>-5</sup> )	1.136,9 ± 149,8	1.206,7 ± 254,0	1.369,9 ± 173,5	NS	NS	$p = 0,014$
PC (watts)	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,6 ± 0,3	NS	$p < 0,001$	$p < 0,001$
VS (mL.batimento <sup>-1</sup> )	83,3 ± 12,5	76,4 ± 17,0	77,7 ± 7,2	NS	NS	NS
TEV (milissegundos)	265,0 ± 28,8	213,3 ± 19,3	221,6 ± 22,4	$p < 0,001$	NS	$p = 0,001$

NonPreg: mulheres não grávidas, Preg: gestantes saudáveis, PregPE: gestantes com pré-eclâmpsia leve; PAS: pressão arterial sistólica, PAD: pressão arterial diastólica, PAM: pressão arterial média, FC: frequência cardíaca, DC: débito cardíaco, RPT: resistência periférica total, PC: potência cardíaca, VS: volume sistólico, TEV: tempo de ejeção ventricular; NS: não significante; Dados são apresentados como média ± desvio-padrão.

**Tabela III** – Percentual das Alterações das Variáveis Hemodinâmicas com o Teste de Elevação Passiva da Perna (EPP)

	NonPreg	Preg	PregPE	Significado estatístico		
				NonPreg vs. Preg	Preg vs. PregPE	NonPreg vs. PregPE
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.batimento <sup>-1</sup> )	9,39 ± 8,21	7,67 ± 8,90	13,32 ± 22,02	NS	NS	NS
VVS (%)	20,13 ± 13,09	26,22 ± 18,50	11,42 ± 10,01	NS	NS	NS

NonPreg: mulheres não grávidas, Preg: gestantes saudáveis, PregPE: gestantes com pré-eclâmpsia leve; PAS: pressão arterial sistólica, PAD: pressão arterial diastólica, PAM: pressão arterial média, FC: frequência cardíaca, DC: débito cardíaco, RPT: resistência periférica total, PC: potência cardíaca, VS: volume sistólico, SW: variação do volume sistólico; NS: não significante; Dados são apresentados como média ± desvio-padrão.

## DISCUSSÃO

Os resultados de nosso estudo confirmaram os dados existentes sobre as características hemodinâmicas de mulheres grávidas e não grávidas e também introduziram novos conceitos hemodinâmicos que podem ser de interesse dos médicos. Nossos resultados sugerem que a biorreatância pode representar um passo na direção de um método de monitoração não invasivo consistente, simples de ser utilizado e independente do operador, representando uma ferramenta muito necessária para esclarecer as características hemodinâmicas de gestações saudáveis e de alto risco.

A gravidez causa importantes alterações hemodinâmicas secundárias a aumento no volume plasmático, redução na resistência vascular sistêmica e aumento no desempenho do miocárdio. Essas alterações são necessárias para fazer frente ao aumento da demanda metabólica na gravidez. Elas têm início precocemente na gestação, apresentam um pico no final do segundo trimestre, seguidas de uma tendência gradual para os níveis pré-gestação conforme a parturiente vai aproximando-se do termo<sup>2</sup>. Especificamente, PAS, PAD, PAM e RPT diminuem, enquanto VS, FC e DC aumentam até a metade da gestação, seguidos de uma reversão dessa tendência até o termo, exceto no que diz respeito à FC, que permanece elevada durante toda a gravidez. A maioria das tendências reversas observadas no terceiro trimestre é atribuída à compressão da veia cava inferior, especialmente quando a gestante está na posição supina. Demonstrou-se que 40% das gestantes na posição supina apresentam compressão aorto-cava, mesmo quando estão inclinadas entre 0°-34°, assim como quando estão com o dorso parcialmente elevado<sup>22,23</sup>.

Nossos resultados comparativos entre gestantes saudáveis a termo e mulheres não grávidas são consistentes com os encontrados na literatura. Não observamos diferenças significativas nos parâmetros hemodinâmicos entre elas, exceto por um TEV mais curto nas gestantes. Estudos anteriores demonstraram que o tempo de ejeção do ventrículo esquerdo (TEV), um índice de desempenho do ventrículo esquerdo, apresenta correlação com a o tempo de ejeção e a contratilidade cardíaca<sup>24-26</sup>. Esse é um novo parâmetro interessante que poderia ser explorado em outros estudos, pois pode indicar que o desempenho do miocárdio está aumentado em gestantes saudáveis a termo.

Entretanto, gestantes com pré-eclâmpsia apresentaram um perfil hemodinâmico bem distinto quando comparadas com as mulheres não grávidas e gestantes saudáveis. Quando comparadas com o grupo Preg, PAS, PAD, PAM e PC do grupo PregPE mostraram-se mais elevadas. A PC leva em consideração tanto a pressão quanto a capacidade geradora de fluxo do coração, fornecendo uma representação mais completa do desempenho cardíaco. A PC máxima pode ser melhor do que o DC máximo e o índice de trabalho sistólico do ventrículo esquerdo (ITSVE) para a representação independente da capacidade de bomba cardíaca<sup>26</sup>. A RPT não apresentou diferenças estatisticamente significantes. Esses resultados sugerem que as pacientes no grupo PregPE apresentam estado hiperdinâmico no contexto de uma RPT semelhante.

Quando comparados com o grupo NonPreg, os resultados do grupo PregPE são ainda mais evidentes. PAS, PAD, PAM e PC mostraram-se mais elevadas no grupo PregPE, semelhante a comparações anteriores. Entretanto, no grupo PregPE, FC, DC e RPT também apresentaram elevação significativa. Esses resultados sugerem um estado hiperdinâmico no grupo PregPE, no contexto de uma RPT elevada.

A aparente discrepância nos achados relacionados à RPT pode ser uma função do tamanho da amostra de nosso estudo. As tendências observadas nas pacientes dos grupos Preg e PregPE foram semelhantes, mas foram mais acentuadas nas pacientes com pré-eclâmpsia. Esses resultados também sugerem que cada mulher deveria ser seu próprio controle na avaliação de seus parâmetros hemodinâmicos durante a gravidez.

O teste da elevação passiva das pernas (EPP) tem sido utilizado para prever a resposta à administração de fluidos. A EPP induz aumento súbito da pré-carga devido à autotransfusão de sangue das veias de capacitância na perna para o compartimento torácico, levando ao aumento no débito cardíaco em pacientes dependentes dessa pré-carga. O teste de EPP foi introduzido recentemente como parte essencial do monitoramento hemodinâmico, já que os efeitos da autotransfusão no fluxo sanguíneo na aorta ou débito cardíaco favorece a avaliação da resposta à administração de fluidos<sup>27,28</sup>. Neste estudo, não observamos diferenças significativas no percentual de mudança dos parâmetros hemodinâmicos com o teste de EPP nos três grupos, indicando resposta volêmica semelhante nos três grupos.

Recentemente, os monitoramentos minimamente invasivos e não invasivos receberam grande atenção por parte de pesquisadores e médicos. Obteve-se muita informação útil, mas cada tipo de monitoração apresenta suas limitações. As técnicas minimamente invasivas, como PiCCO, LiDCO e Vigileo, exigem uma linha arterial e outros procedimentos que serão sempre um fator limitante em obstetria. Consequentemente, os métodos de monitoração não invasiva tem gerado uma grande expectativa. Entretanto, alguns desses métodos como o ecotranstorácico e o Doppler supraesternal dependem do operador, o que, obviamente, é uma barreira para sua implementação.

Portanto, os esforços deveriam ser direcionados para as técnicas de bioimpedância e biorreatância, não invasivas e independentes do operador, se quisermos ter um monitor que permita melhor compreensão sobre as alterações hemodinâmicas na gravidez e a utilidade potencial na prevenção ou tratamento direcionado para algumas pacientes.

A bioimpedância transtorácica (medição das alterações na amplitude da voltagem transtorácica durante um batimento cardíaco em resposta à passagem de uma corrente de alta frequência) foi o primeiro método não invasivo elaborado para o monitoramento contínuo não invasivo do débito cardíaco. Tem sido usada para estudar os padrões hemodinâmicos na gravidez e pré-eclâmpsia<sup>17</sup>. Embora seu uso clínico tenha aumentado, está limitado a algumas situações clínicas devido à baixa razão sinal-ruído, o que, aparentemente, limita sua precisão em ambientes com ruído elétrico. Essa técnica

é sensível à colocação dos eletrodos no corpo, variações no tamanho do corpo do paciente e outros fatores físicos, como temperatura e umidade, que apresentam impacto na condutividade elétrica entre os eletrodos e a pele<sup>18</sup>.

A biorreatância transtorácica é uma técnica nova de monitoramento contínuo e não invasivo do débito cardíaco. Ela se baseia na análise de alterações de fase de correntes oscilantes que ocorrem quando a corrente atravessa a cavidade torácica, ao contrário do sistema baseado na bioimpedância tradicional, que depende apenas da medição de alterações na amplitude do sinal. Ao contrário da bioimpedância, a medição não invasiva do DC baseada na biorreatância não usa a impedância estática e não depende da distância entre os eletrodos para o cálculo do VS e DC, aumentando consideravelmente a precisão dos resultados. Além disso, demonstrou-se que apresenta boa correlação com os resultados obtidos através das medições do DC por termodiluição usando-se o cateter de artéria pulmonar<sup>20</sup>. Ainda foi demonstrado, também, que o sistema NICOM tem precisão e responsividade aceitáveis para o monitoramento do DC em pacientes que apresentam grande variedade de situações circulatórias<sup>21</sup>.

Resumindo, o NICOM foi fácil de usar e forneceu um sinal de monitoramento bastante claro e consistente. Ele identificou perfis hemodinâmicos distintos nos três grupos estudados que foram consistentes com dados anteriores. Concluímos que o NICOM é um sistema de monitoramento não invasivo promissor para pacientes obstétricas. No entanto, é necessário realizar outros estudos com pacientes durante o trabalho de parto e aquelas em estado grave, assim como naquelas submetidas a parto cirúrgico. Sugerimos que um monitor como o NICOM pode fornecer uma oportunidade valiosa de se fazer um diagnóstico precoce e fornecer um tratamento direcionado para mulheres com pré-eclâmpsia e outras condições clínicas que afetam as mulheres durante a gravidez.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Kristi Downey, Coordenadora de Pesquisa Perinatal, Departamento de Anestesia e Tratamento de Dor, Mount Sinai Hospital, por facilitar vários aspectos deste projeto.

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

01. Monga M – Maternal Cardiovascular, Respiratory and Renal Adaptation to Pregnancy, em: Creasy RK, Resnik R, Iams JD et al. – *Creasy 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 – Aortic caval 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.

**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. La monitorización identificó perfiles hemodinámicos distintos y consistentes con los hallazgos de los métodos más invasivos existentes.