



ARTIGO ORIGINAL

Differences in perioperative femoral and radial arterial blood pressure in neonates and infants undergoing cardiac surgery requiring cardiopulmonary bypass[☆]



Hwa Jin Cho^a, Sang Hoon Lee^a, In Seok Jeong^{b,*}, Nam Sik Yoon^c, Jae Sook Ma^d
e Byoung Hee Ahn^b

^a Chonnam National University Medical School, Chonnam National University Hospital, Department of Pediatrics, Gwangju, Coreia do Sul

^b Chonnam National University Medical School, Chonnam National University Hospital, Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Gwangju, Coreia do Sul

^c Chonnam National University Medical School, Chonnam National University Hospital, Department of Internal Medicine, Gwangju, Coreia do Sul

^d KS Hospital, Department of Pediatrics, Gwangju, Coreia do Sul

Recebido em 26 de dezembro de 2016; aceito em 20 de fevereiro de 2017

KEYWORDS

Infant;
Neonate;
Congenital heart
disease;
Invasive blood
pressure monitoring;
Femoral artery

Abstract

Objective: Several reports claim that blood pressure (BP) in the radial artery may underestimate the accurate BP in critically ill patients. Here, the authors evaluated differences in mean blood pressure (MBP) between the radial and femoral artery during pediatric cardiac surgery to determine the effectiveness of femoral arterial BP monitoring.

Method: The medical records of children under 1 year of age who underwent open-heart surgery between 2007 and 2013 were retrospectively reviewed. Radial and femoral BP were measured simultaneously, and the differences between these values were analyzed at various times: after catheter insertion, after the initiation of cardiopulmonary bypass (CPB-on), after aortic cross clamping (ACC), after the release of ACC, after weaning from CPB, at arrival in the intensive care unit (ICU), and every 6 h during the first day in the ICU.

Results: A total of 121 patients who underwent open-heart surgery met the inclusion criteria. During the intraoperative period, from the beginning to the end of CPB, radial MBPs were significantly lower than femoral MBPs at each time-point measured ($p < 0.05$). Multivariate analysis showed that longer CPB time (>60 min, odds ratio: 7.47) was a risk factor for lower radial

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.03.011>

[☆] Como citar este artigo: Cho HJ, Lee SH, Jeong IS, Yoon NS, Ma JS, Ahn BH. Differences in perioperative femoral and radial arterial blood pressure in neonates and infants undergoing cardiac surgery requiring cardiopulmonary bypass. J Pediatr (Rio J). 2018;94:76–81.

* Autor para correspondência.

E-mail: isjeong1201@gmail.com (I.S. Jeong).

PALAVRAS-CHAVE

Bebê;
 Neonato;
 Cardiopatia
 congênita;
 Monitoramento da
 pressão arterial
 invasiva;
 Artéria femoral

pressure. However, discrepancies between these two values disappeared after arrival in the ICU. There was no incidence of ischemic complications associated with the catheterization of both arteries.

Conclusion: The authors suggest that femoral arterial pressure monitoring can be safely performed, even in neonates, and provides more accurate BP values during CPB-on periods, and immediately after weaning from CPB, especially when CPB time was greater than 60 min.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Diferenças na pressão arterial femoral e radial no perioperatório em neonatos e bebês submetidos a cirurgia cardíaca com bypass cardiopulmonar

Resumo

Objetivo: Diversos relatos alegam que a pressão arterial (PA) na artéria radial poderá subestimar a PA precisa em pacientes gravemente doentes. Aqui, avaliamos diferenças na pressão arterial média (PAM) entre a artéria radial e femoral durante cirurgia cardíaca pediátrica para determinar a eficácia do monitoramento da PA da artéria femoral.

Método: Realizamos uma análise retrospectiva de prontuários médicos de crianças com menos de 1 ano de idade submetidas a cirurgia de coração aberto entre 2007 e 2013. As PAs radial e femoral foram auferidas simultaneamente, as diferenças entre esses valores foram analisadas diversas vezes: após a inserção do cateter, após o início do bypass cardiopulmonar (CPB-on), após pinçamento cruzado da aorta (ACC), após a liberação do ACC, após desmame do CPB, na entrada na unidade de terapia intensiva (UTI) e a cada 6 horas durante o primeiro dia na unidade de terapia intensiva (UTI).

Resultados: Um total de 121 pacientes submetidos a cirurgia de coração aberto atenderam aos nossos critérios de inclusão. Durante o transoperatório, do início ao término do CPB, as PAMs da artéria radial foram significativamente menores do que as PAMs da artéria femoral em cada ponto de medição ($p < 0,05$). A análise multivariada mostrou que a duração mais longa do CPB (> 60 minutos, Razão de Chance = 7,47) representou um fator de risco de pressão radial mais baixa. Contudo, as diferenças entre esses dois valores desapareceram após a entrada na UTI. Não houve incidência de complicações isquêmicas associadas à cateterização de ambas as artérias.

Conclusão: Sugerimos que o monitoramento da pressão arterial femoral pode ser realizado com segurança, mesmo em neonatos, e fornece valores da PA mais precisos durante períodos de CPB-on e imediatamente após o desmame do CPB, principalmente nos casos em que a duração do CPB foi superior a 60 minutos.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O monitoramento invasivo da pressão arterial (PA) é essencial para pacientes durante e após cirurgia de coração aberto (OHS) e a artéria radial é o local de cateterização mais comum durante uma OHS. Contudo, muitos pesquisadores relataram que durante a fase inicial de *bypass* cardiopulmonar (CPB) em adultos a pressão arterial femoral é significativamente mais alta do que a pressão arterial periférica.^{1,2} Entretanto, no melhor de nosso conhecimento, poucos estudos investigaram a diferença entre a PA da artéria femoral e da artéria radial durante a cirurgia e o período pós-operatório em neonatos e bebês.

No presente estudo, avaliamos diferenças na PA entre as artérias radial e femoral em neonatos e bebês durante o perioperatório para determinar se houve diferenças clinicamente relevantes entre os dois locais e para identificar os grupos de pacientes nos quais essas diferenças ocorreram.

Material e métodos

Esta foi uma análise de dados retrospectiva e o estudo foi aprovado pelo nosso Conselho de Revisão Institucional (CNUH-2015-024). Analisamos retrospectivamente dados cirúrgicos e médicos de pacientes com menos de um ano submetidos a cirurgia de coração aberto entre janeiro de 2007 e dezembro de 2013. Os critérios de exclusão foram: OHS sem ACC, falha no desmame do CPB, conversão para auxiliar na oxigenação por membrana extracorpórea, mortalidade hospitalar precoce (< 24 horas), ausência de cateterização simultânea nas artérias radial e femoral e cardiopatia congênita que poderia ter afetado a discrepância na PA dessas artérias, como anomalias no arco aórtico. Analisamos dados demográficos, inclusive idade no diagnóstico, idade na cirurgia, sexo, peso, estatura e área de superfície do corpo. Em todos os pacientes, também analisamos fatores pré-operatórios, como diagnóstico cardíaco e medicamentos.

Entre os dados intraoperatórios, analisamos a duração do CPB e do ACC.

Foram colocados cateteres nas artérias radial e femoral após indução de anestesia. A canulação da artéria radial foi feita com um cateter Radiopaque 24 G Jelco® IV (Smith Medical International Ltd., Rossendale, Inglaterra). A cateterização da artéria femoral foi feita com a técnica Seldinger com um cateter Radiopaque 22-G de 4,45 cm em uma cateterização venosa central pediátrica multilúmen feita com um cateter Blue FlexTip® (Teleflex Medical, Plymouth, MN, EUA). Os cateteres arteriais foram conectados a dois transdutores de pressão (kit de monitoramento Transpac® IV; UTI Médica, San Clemente, CA, EUA). O transdutor de pressão foi colocado no nível do átrio direito. A pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a PAM de cada artéria foram medidas contínua e simultaneamente. Todos os números foram registrados em um gráfico digital por anestesiológicos a cada cinco minutos no centro cirúrgico (CC) e por enfermeiros da unidade de terapia intensiva (UTI) a cada uma hora na UTI. Os dígitos isolados detalhados foram oferecidos.

Coletamos os valores da PA de ambas as artérias várias vezes: no pré-operatório (após inserção do cateter subsequente à indução de anestesia e antes da incisão na pele), no transoperatório (após o início do CPB, após o ACC, após a liberação do ACC e após o desmame do CPB) e durante o pós-operatório (a cada seis horas durante o primeiro dia na UTI). Então, comparamos os dados da PAM entre as duas artérias. Os pacientes foram divididos em subgrupos de acordo com a idade (neonatos e bebês recém-nascidos com menos de três meses e bebês entre três e 12 meses), de acordo com a duração do CPB (< 60 minutos, 60 ~ 120 minutos, > 120 minutos) e de acordo com o escore inotrópico vasoativo (VIS) calculado a partir da média dos valores de VIS nas primeiras 24 horas na UTI (< 20, 20~40, > 40). Então, analisamos as diferenças entre as PAMs das artérias radial e femoral em cada subgrupo. O VIS foi calculado como segue: dose de dopamina (mcg/kg/min) + dobutamina (mcg/kg/min) + 100 × dose de epinefrina (mcg/kg/min) + 10 × dose de milrinona (mcg/kg/min) + 10.000 × dose de vasopressina (U/kg/min) + 100 × dose de noradrenalina (mcg/kg/min).³

O teste *t* independente foi usado para comparar variáveis contínuas entre grupos. A análise de variância (Anova) de medições repetidas foi usada para comparar os valores seriais entre a pressão arterial radial e femoral durante a operação e a internação na UTI. Razões de chance com intervalos de confiança de 95% foram calculadas por análise de regressão logística de acordo com o risco de baixa pressão arterial na artéria radial durante o período de desmame do CPB. Em todas as análises, foi usado $p < 0,05$ para indicar a relevância estatística. Todas as análises de dados foram feitas com o pacote de *software* estatístico SPSS (IBM Estatística para Windows, Versão 21.0, NY, EUA).

Resultados

Dados demográficos dos pacientes durante o pré-operatório

Atenderam aos nossos critérios de inclusão 121 pacientes submetidos a cirurgia de coração aberto. A população estudada consistiu em 50 pacientes (41,3%) com menos de três

Tabela 1 Características do paciente durante o perioperatório (n = 121)

Variável ^a	
<i>Idade</i>	4,25 ± 2,44
< 3 meses	50 (41,3)
3-12 meses	71 (58,7)
<i>Feminino</i>	47 (38,8)
<i>Peso corporal (kg)</i>	6,94 ± 9,97
<i>Estatura (cm)</i>	59,06 ± 6,91
<i>Área de superfície do corpo (m²)</i>	0,29 ± 0,06
<i>Doença de base</i>	
DSV	78 (64,5)
TOF	14 (11,6)
TAPVR	8 (6,6)
TGA	7 (5,8)
Outros	14 (11,5)
<i>Duração do CPB</i>	111,82 ± 68,37
< 60 minutos	26 (21,5)
60-120 minutos	54 (44,6)
> 120 minutos	41 (33,9)
<i>Duração do ACC</i>	65,30 ± 32,57
< 60 minutos	36 (29,8)
60-120 minutos	76 (62,8)
> 120 minutos	9 (7,4)
<i>VIS^b</i>	28,54 ± 24,45
< 20	69 (57,0)
20-40	29 (24,0)
> 40	23 (19,0)

ACC, pinçamento cruzado da aorta; CPB, *bypass* cardiopulmonar; DSV, defeito do septo ventricular; TAPVR, retorno pulmonar venoso anômalo total; TGA, transposição de grandes artérias; TOF, tetralogia de Fallot; VIS, escore inotrópico vasoativo.

^a Os dados são apresentados como o número de casos (%) para variáveis categóricas ou como média ± desvios-padrão para variáveis contínuas.

^b O VIS é apresentado como valores médios nas primeiras 24 horas na UTI.

meses e 71 pacientes (58,7%) entre três e 12 meses. O peso corporal médio foi de 6,94 ± 9,97 kg. A duração média do CPB foi de 111,82 ± 68,37 minutos, a duração média do ACC foi de 65,30 ± 32,57 minutos e o VIS médio foi de 28,54 ± 24,45 (tabela 1). Não houve diferença significativa na PA entre as artérias femoral e radial antes do início do CPB (fig. 1).

Monitoramento da pressão intraoperatória entre as artérias radial e femoral ao longo do tempo

Do início ao término do CPB, as PAMs da artéria radial foram significativamente menores do que as PAMs da artéria femoral em cada ponto de medição ($p < 0,05$) (fig. 1). Também analisamos as características dos pacientes que apresentaram uma PAM da artéria radial inferior a 10 mmHg em comparação com a PAM da artéria femoral durante o período de desmame do CPB; isso se aplicou a 37 pacientes (30,1%). A análise multivariada revelou que a duração mais longa do CPB (> 60 minutos) representou um fator de risco de pressão radial mais baixa (tabela 2).

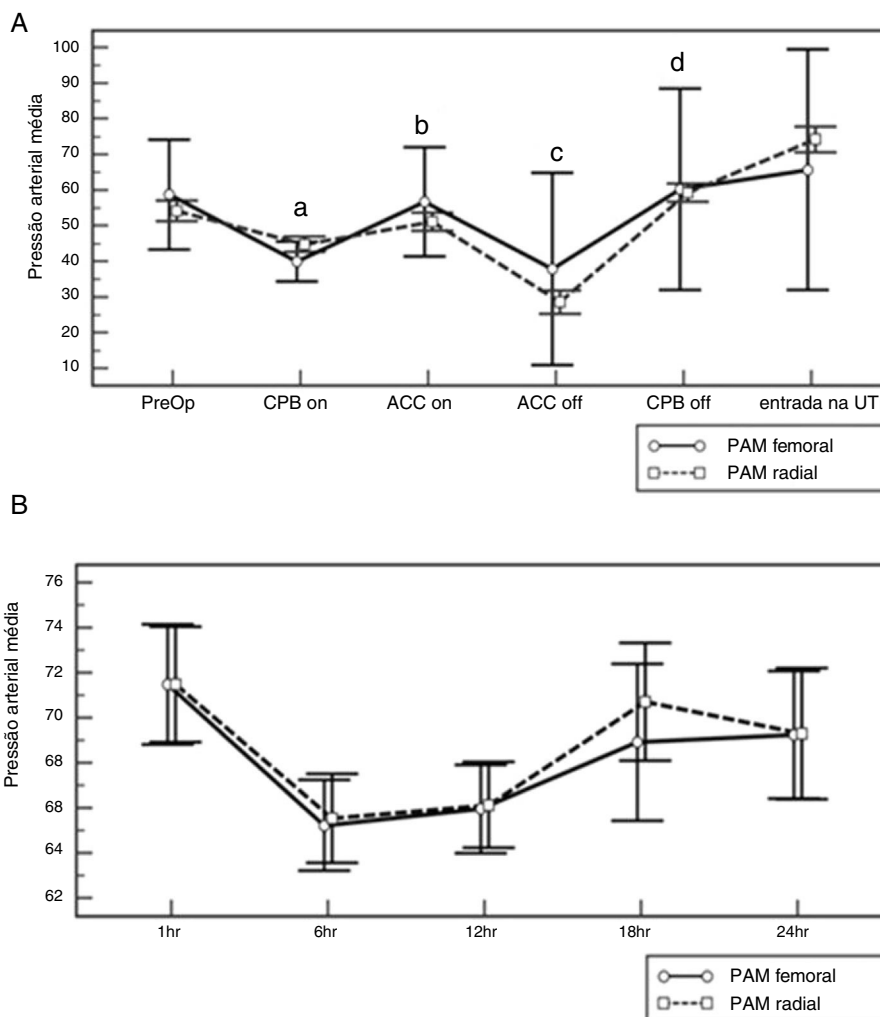


Figura 1 Alteração da pressão arterial média na artéria radial e femoral de acordo com o tempo. A, Comparação da pressão arterial média durante o intraoperatório (a, b, c, d: $p < 0,05$) B, Comparação da pressão arterial média nas primeiras 24 horas do pós-operatório. ACC, pinçamento cruzado da aorta; CPB, *bypass* cardiopulmonar; UTI, unidade de terapia intensiva; PAM, pressão arterial média; PreOp, pré-operatório.

Monitoramento da pressão pós-operatória entre as artérias radial e femoral ao longo do tempo

Durante o pós-operatório, não houve diferença significativa na PAM entre as duas artérias (fig. 1). Mesmo quando os pacientes foram divididos em subgrupos de acordo com a idade, duração do CPB e VIS, a análise não mostrou diferença significativa entre a PAM das artérias radial e femoral de cada subgrupo (tabela 3).

Segurança da cateterização da artéria radial e da artéria femoral e complicações relacionadas

A formação de pequenos hematomas (< 2 cm) ocorreu em três pacientes e houve infecção local em um paciente. Não houve caso de isquemia de membros relacionada a perfusão em qualquer das artérias.

Discussão

Muitos pesquisadores têm relatado a segurança da cateterização da artéria femoral durante cirurgia cardíaca em adultos;^{4,5} contudo, há poucos estudos sobre as características do monitoramento da pressão arterial femoral em neonatos e bebês. No presente estudo, examinamos as diferenças entre a pressão arterial femoral e radial em neonatos e bebês e revelamos que a pressão arterial radial foi normalmente subestimada em comparação com a pressão arterial femoral durante o período do CPB-on nessa população. Contudo, esse fenômeno não permaneceu no período da UTI.

Em geral, como a onda de pressão arterial se move em direção à artéria periférica, a pressão sistólica aumenta gradualmente e a porção sistólica da onda se estreita. A pressão diastólica normalmente diminui e a pressão média permanece inalterada ou diminui minimamente.⁶ Contudo, esse

Tabela 2 Análises multivariáveis de baixa pressão arterial na artéria radial durante o período de desmame do CPB

Variável	GP (mFAP – mRAP) > 10 mmHg		
	razão de chance	IC de 95%	valor de <i>p</i>
Duração do ACC > 60 minutos	0,40	0,17-0,87	0,02
Duração do CPB > 60 minutos	7,47	2,89-19,27	0,01
Idade < 3 meses	0,64	0,25-1,58	0,33
VIS > 20 durante Desmame do CBP	1,01	0,97-1,03	0,71

ACC, pinçamento cruzado da aorta; CPB, *bypass* cardiopulmonar; FAP, pressão arterial femoral; GP, gradiente pressórico; IC, intervalo de confiança; m, média; RAP, pressão arterial radial; VIS, escore inotrópico vasoativo.

fenômeno é influenciado pelo quadro clínico do paciente, inclusive a presença de doença vascular periférica, o uso de agentes vasoativos e a temperatura corporal.⁷⁻⁹ A cirurgia cardíaca com CPB é o fator que mais afeta as diferenças na pressão intra-arterial entre as artérias central e periférica e diversos estudos relataram esses achados durante e após a cirurgia cardíaca em adultos; isso fez com que o CPB se tornasse uma característica patofisiológica estabelecida na cirurgia cardíaca em adultos.^{1,2} A disfunção vasomotora após cirurgia cardíaca com CPB resulta em resistência vascular periférica reduzida, que se manifesta clinicamente como uma subestimação da PA nas artérias periféricas. Esse fenômeno ocorre após permeabilidade vascular anormal e edema do tecido, o que pode contribuir para a disfunção do coração, pulmão, cérebro, dos rins e de outros órgãos.^{10,11} Assim, embora a pressão arterial periférica, bem como a

pressão arterial radial, seja mais comumente monitorada durante a cirurgia cardíaca, ela tende a ser subavaliada e sua confiabilidade tem sido questionada.

A pressão arterial radial reduzida pode ser causada por vasoespasmos como resultado de alguns mecanismos termorregulatórios; da mesma forma, gradientes pressóricos das artérias femoral e radial têm sido observados em pacientes com parada circulatória hipotérmica ou em pacientes cirúrgicos gravemente doentes tratados com doses elevadas de agentes vasoativos.^{9,12,13} Chauhan et al.¹ relataram que o monitoramento da pressão arterial femoral (FAP) era mais confiável durante a parte inicial do CPB em 60 pacientes de todas as idades (faixa: 3-65 anos) submetidos a cirurgia cardíaca. Esses autores constataram que a pressão arterial femoral era maior do que a pressão arterial radial durante o CPB, principalmente durante o início do CPB; contudo, as diferenças entre a pressão arterial radial e femoral foram menores após 60 minutos do CPB. Sua população estudada consistiu em 60 pacientes e incluiu uma faixa etária abrangente; isso representou uma grande diferença em comparação com este estudo. Aqui, tivemos como foco pacientes com menos de um ano e descobrimos que a pressão arterial femoral era maior no início do CPB e imediatamente após a liberação do ACC em todos os neonatos e bebês.

No presente estudo, não confirmamos o local da ponta distal do cateter femoral; contudo, o comprimento do cateter da artéria femoral era de 4,45 cm, o que significa que podemos supor que, em pacientes mais novos, a ponta distal estaria localizada na aorta descendente e, em pacientes mais velhos, ela poderia estar localizada na aorta descendente ou na bifurcação de artérias ilíacas. Embora a pressão arterial femoral represente a pressão aórtica central de forma mais precisa, existem relatos de complicações causadas por cateterização da artéria femoral. Diversos estudos têm indicado uma taxa de complicação de 2,4-25,0% associada à cateterização da artéria femoral em neonatos e bebês. Dumond et al.¹³ relataram que a incidência de perda do

Tabela 3 Comparação de pressão arterial radial e femoral nas primeiras 24 horas do pós-operatório

Variável	Subtipo		1 hora	6 horas	12 horas	18 horas	24 horas	valor de <i>p</i>	
Idade	< 3 meses	mRAP	67,47 ± 14,12	56,28 ± 19,54	62,18 ± 11,45	63,61 ± 16,40	65,85 ± 10,58	0,64	
		mFAP	66,00 ± 13,88	60,59 ± 10,72	61,85 ± 11,08	62,17 ± 19,02	63,22 ± 16,81		
	≥ 3 meses	mRAP	74,10 ± 12,25	64,89 ± 18,43	69,18 ± 7,98	72,14 ± 17,75	69,36 ± 20,72		0,97
		mFAP	74,69 ± 12,79	67,39 ± 9,79	67,96 ± 8,97	71,71 ± 19,50	71,22 ± 16,57		
Duração do CPB	< 60 minutos	mRAP	80,15 ± 11,10	72,83 ± 10,03	73,05 ± 6,82	78,26 ± 19,19	75,00 ± 18,42	0,33	
		mFAP	79,77 ± 12,38	70,08 ± 9,27	71,15 ± 7,00	78,85 ± 10,68	75,96 ± 9,83		
	60-120 minutos	mRAP	72,28 ± 11,76	66,37 ± 8,43	67,04 ± 8,02	71,16 ± 14,91	69,77 ± 17,47	0,91	
		mFAP	72,37 ± 11,67	66,43 ± 8,29	66,66 ± 8,21	69,86 ± 17,64	69,37 ± 16,96		
	> 120 minutos	mRAP	63,67 ± 12,98	58,49 ± 12,46	60,44 ± 11,53	59,15 ± 15,58	60,98 ± 13,68	0,95	
		mFAP	63,82 ± 13,93	58,63 ± 11,68	60,00 ± 12,05	56,34 ± 22,24	59,76 ± 18,07		
VIS	< 20	mRAP	76,32 ± 11,84	65,89 ± 16,87	69,45 ± 7,79	74,09 ± 15,52	70,97 ± 18,83	0,68	
		mFAP	76,19 ± 12,32	67,64 ± 9,15	68,47 ± 8,45	71,94 ± 19,38	71,05 ± 15,79		
	20-40	mRAP	68,60 ± 11,60	57,56 ± 21,64	64,14 ± 7,74	65,70 ± 16,16	65,40 ± 16,27	0,65	
		mFAP	67,97 ± 13,16	63,34 ± 8,62	63,21 ± 8,07	63,07 ± 21,04	63,49 ± 21,17		
	> 40	mRAP	58,21 ± 10,85	52,43 ± 19,69	58,92 ± 14,42	55,86 ± 18,61	61,90 ± 11,13	0,93	
		mFAP	59,19 ± 11,06	56,82 ± 13,41	58,52 ± 14,30	58,87 ± 15,25	63,02 ± 12,82		

CPB, *bypass* cardiopulmonar; FAP, pressão arterial femoral; m, média; RAP, pressão arterial radial; s, sistólica; VIS, escore inotrópico vasoativo.

pulso pedal, na parte distal do cateter, em neonatos e bebês, estava relacionada ao tamanho do cateter e à duração do uso. A duração mais longa ou o tamanho maior estavam diretamente relacionados a complicações relacionadas a perfusão decorrentes da cateterização da artéria femoral. No presente estudo, foram observadas apenas complicações temporárias e insignificantes, como pequenos hematomas e eritemas locais; não observamos complicação importante, como isquemia de membros associada a canulação da artéria femoral. Entretanto, estudos prospectivos com ultrassonografia serial agora são necessários para determinar completamente a segurança da canulação da artéria femoral. Além disso, manobras assépticas devem ser feitas por um médico experiente e é essencial monitorar com cuidado o local de inserção e a cor do membro distal no local de cateterização.

Este estudo foi limitado por seu caráter retrospectivo e pelo fato de que foi um único estudo institucional com uma pequena amostra de pacientes com diversas cardiopatias congênitas. Na UTI, usamos medições da PA por hora, o que nem sempre representa o padrão de PA durante a hora inteira. Adicionalmente, quando avaliamos as complicações, não usamos método de diagnóstico objetivo como ultrassom. Segundo nossa experiência, o número de tentativas nas artérias radial e femoral aumenta em crianças mais doentes e mais novas. Assim, poderíamos teorizar que o aumento no número de tentativas radiais em crianças mais doentes (*bypass* mais demorado) e mais novas poderia traumatizar a artéria e então contribuir para o menor número de leituras obtidas. São necessários estudos adicionais para investigar o número de tentativas de canulação e as diferenças de pressão relacionadas.

Em nossa população estudada específica, a pressão arterial radial foi normalmente subestimada em comparação com a pressão arterial femoral após o início do CPB e que as diferenças entre a pressão arterial radial e femoral foram mais marcadas em pacientes com CPB mais longo. Também identificamos que essas diferenças de pressão não foram evidentes durante o período da UTI.

Financiamento

Bolsa (CRI 11083-33) do Instituto de Pesquisa Biomédica do Hospital Universitário Nacional de Chonnam e bolsa (NRF-2016R1D1A1A02937493, NRF-2015R1C1A1A02037778 e NRF-2016R1D1A3B03935986) do Ministério da Educação e da Fundação de Pesquisa Nacional da Coreia do Sul.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. Chauhan S, Saxena N, Mehrotra S, Rao BH, Sahu M. Femoral artery pressures are more reliable than radial artery pressures on initiation of cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2000;14:274–6.
2. Rich GF, Lubanski RE Jr, McLoughlin TM. Differences between aortic and radial artery pressure associated with cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology.* 1992;77:63–6.
3. Gaies MG, Jeffries HE, Niebler RA, Pasquali SK, Donohue JE, Yu S, et al. Vasoactive-inotropic score is associated with outcome after infant cardiac surgery: an analysis from the Pediatric Cardiac Critical Care Consortium and Virtual PICU System Registries. *Pediatr Crit Care Med.* 2014;15:529–37.
4. Remington JW, Wood EH. Formation of peripheral pulse contour in man. *J Appl Physiol.* 1956;9:433–42.
5. Gallagher JD, Moore RA, McNicholas KW, Jose AB. Comparison of radial and femoral arterial blood pressures in children after cardiopulmonary bypass. *J Clin Monit.* 1985;1:168–71.
6. McGhee BH, Bridges EJ. Monitoring arterial blood pressure: what you may not know. *Crit Care Nurse.* 2002;22:60–4, 66–70, 3 passim.
7. Mohr R, Lavee J, Goor DA. Inaccuracy of radial artery pressure measurement after cardiac operations. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1987;94:286–90.
8. Kim WY, Jun JH, Huh JW, Hong SB, Lim CM, Koh Y. Radial to femoral arterial blood pressure differences in septic shock patients receiving high-dose norepinephrine therapy. *Shock.* 2013;40:527–31.
9. Dorman T, Breslow MJ, Lipsett PA, Rosenberg JM, Balsler JR, Almog Y, et al. Radial artery pressure monitoring underestimates central arterial pressure during vasopressor therapy in critically ill surgical patients. *Crit Care Med.* 1998;26:1646–9.
10. Ruel M, Khan TA, Voisine P, Bianchi C, Sellke FW. Vasomotor dysfunction after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:1002–14.
11. Long C, Hu X, Zhang J, Xiu R, Guan Y. Changes of microvascular vasomotion and oxygen metabolism during cooling and rewarming period of cardiopulmonary bypass. *J Extra Corpor Technol.* 2003;35:13–6.
12. Hynson JM, Sessler DI, Moayeri A, Katz JA. Thermoregulatory and anesthetic-induced alterations in the differences among femoral, radial, and oscillometric blood pressures. *Anesthesiology.* 1994;81:1411–21.
13. Dumond AA, da Cruz E, Almodovar MC, Friesen RH. Femoral artery catheterization in neonates and infants. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13:39–41.