

Faten A. Abdalaziz¹, Hebat Allah Fadel Algebaly¹,
Reem Ibrahim Ismail¹, Seham Awad El-Sherbini¹,
Ahmed Behairy¹

1. Department of Pediatrics, Faculty of Medicine,
Cairo University - Cairo, Egypt.

Uso de ecocardiografia junto ao leito para medir índices cardíaco e de resistência vascular sistêmica em pacientes pediátricos com choque séptico

The use of bedside echocardiography for measuring cardiac index and systemic vascular resistance in pediatric patients with septic shock

RESUMO

Objetivo: Acompanhar o índice cardíaco e o índice de resistência vascular sistêmica até a ressuscitação.

Métodos: Por meio de ecocardiografia junto ao leito, obteve-se um conjunto de parâmetros hemodinâmicos, inclusive débito cardíaco, volume sistólico, índice cardíaco, índice de resistência vascular sistêmica, integral velocidade-tempo, índice de desempenho miocárdico, tempo de reenchimento capilar e frequência cardíaca no momento zero após infusão de fluidos em bolo, e início e utilização de fármacos inotrópicos, com seguimento até 6 horas e 24 horas.

Resultados: Incluíram-se 45 pacientes com choque séptico adquirido na comunidade. Os focos de infecção foram gastroenterite (24%), perfuração intestinal com necessidade de cirurgia emergencial (24%), pneumonia (20%), infecção do sistema nervoso central (22%) e infecção de tecidos moles (8%). Os isolados mais frequentes foram de *Klebsiella* e *Enterobacter*. Estimamos os fatores que afetaram o índice cardíaco: pressão venosa central elevada no momento zero ($r = 0,33$; $p = 0,024$) e persistência de frequência cardíaca elevada após 6 horas ($r = 0,33$; $p = 0,03$).

O índice de resistência vascular sistêmica foi alto na maioria dos pacientes no momento zero e após 24 horas, e por ocasião da ressuscitação, afetando inversamente o índice cardíaco, assim como a integral velocidade-tempo ($r = -0,416$; $-0,61$; $0,55$ e $-0,295$). O tempo de reenchimento capilar aumentado foi preditor clínico de valores baixos de integral velocidade-tempo após 24 horas ($r = -0,4$). O índice de mortalidade foi de 27%. Nos pacientes que não sobreviveram, observaram-se índices de resistência vascular sistêmica mais baixos e débitos cardíacos mais altos.

Conclusão: O índice de resistência vascular sistêmica esteve persistentemente elevado em pacientes com choque frio, o que influenciou no índice de volume sistólico, no índice cardíaco e na integral velocidade-tempo. O uso de ecocardiografia para obtenção de mensurações hemodinâmicas é importante em pacientes pediátricos com choque séptico, para que se possam ajustar as doses de vasodilatadores e vasopressores, e obter os objetivos da ressuscitação em tempo apropriado.

Descritores: Ecocardiografia; Hemodinâmica; Choque séptico; Criança

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 15 de abril de 2018
Aceito em 26 de julho de 2018

Autor correspondente:

Hebat Allah Fadel Algebaly
Department of Pediatrics of the Faculty of
Medicine
Cairo University
11 Ali Basha Street 11352
Cairo, Egito
E-mail: heba_elgebaly@hotmail.com

Editor responsável: Jefferson Pedro Piva

DOI 10.5935/0103-507X.20180067

INTRODUÇÃO

O *American College of Critical Care Medicine* recomenda, como parâmetros na prática clínica de suporte hemodinâmico em crianças e neonatos com choque séptico, a utilização precoce de ressuscitação fluida agressiva, antibióticos



e terapêuticas vasoativas, assim como de ecocardiografia para guiar os regimes de fluidos e fármacos vasoativos, o que serve também para excluir a possibilidade de derrame pericárdico.^(1,2)

O monitoramento hemodinâmico do choque na unidade de terapia intensiva (UTI) é de grande valor para diagnóstico de choque séptico como um dos diagnósticos diferenciais do choque circulatório; avaliação da condição hemodinâmica no que diz respeito à detecção de conflitos terapêuticos; e orientação do regime terapêutico.⁽³⁾

O choque séptico em pacientes pediátricos é classicamente diferenciado entre choque frio (baixo índice cardíaco, frequentemente elevado índice de resistência vascular sistêmica – IRVS) e o choque quente (com elevado índice cardíaco e baixo IRVS).⁽⁴⁾

Quando se aplica qualquer técnica de monitoramento hemodinâmico, o índice cardíaco é considerado o parâmetro padrão de referência para traçar os objetivos de perfusão de órgãos e o fornecimento de oxigênio no choque.⁽⁵⁾

O débito cardíaco é classicamente avaliado por meio da inserção de um cateter na artéria pulmonar (Swan-Ganz) com utilização da técnica de termodiluição.⁽⁶⁾ Vem crescendo o interesse na substituição deste método invasivo por técnicas não invasivas, ou minimamente invasivas, para medir o índice cardíaco – inclusive análise de pulso, diluição de contraste de lítio, bioimpedância elétrica, e ecocardiografia transesofágica e transtorácica com Doppler de onda pulsada ou contínua.⁽⁷⁾ A utilização de exame cardíaco focalizado com ultrassom para avaliar o índice cardíaco, IRVS e outros parâmetros ecográficos tem sido discutida em estudos recentes como método possível para utilização por médicos em atuação no pronto-socorro para controle de pacientes críticos.^(8,9) Identificou-se que índice cardíaco aumentado se associa com melhores função renal e desfecho renal em pacientes com lesão renal aguda.⁽¹⁰⁾

Identificou-se que o IRVS é um potente preditor de mortalidade em crianças com choque séptico, pois valores baixos de IRVS denotam lesões da camada endotelial, que são um dos importantes eventos fisiopatológicos da sepse.⁽¹¹⁾

A integral velocidade-tempo da via de saída do ventrículo esquerdo (IVT-VSVE), utilizada para cálculo do volume sistólico, é considerada um melhor indicador da função sistólica ventricular esquerda do que o volume sistólico, sem os fatores de confusão das mensurações na área da VSVE, que são de difícil obtenção em pacientes de UTI.⁽¹²⁾

O objetivo deste estudo foi avaliar o papel da ecocardiografia junto ao leito como ferramenta não invasiva para avaliação das modificações hemodinâmicas em pacientes

críticos com choque séptico, com expectativa de conseguir ajudar no controle desses pacientes.

MÉTODOS

Este estudo prospectivo observacional de coorte foi conduzido entre junho de 2014 e julho de 2015 em uma unidade de terapia intensiva (UTI) pediátrica acadêmica do *Cairo University Specialized Hospital*, cuja capacidade é de 14 leitos e cerca de 300 admissões ao ano. O estudo foi devidamente aprovado pelo comitê institucional de ética de nossa instituição, considerando-se que oferecia riscos mínimos aos participantes. Antes do início das inscrições no estudo, um médico da UTI pediátrica foi treinado para avaliação dos parâmetros ecocardiográficos com utilização de um equipamento ecocardiográfico comercial (GE, Logic P3). O treinamento do médico da UTI pediátrica incluiu 48 horas de instrução prática administradas por um especialista em ecocardiografia para obtenção da IVT-VSVE e do fluxo Doppler via mitral para assim calcular o índice cardíaco, IRVS, índice de *performance* miocárdica (índice Tei) e encurtamento fracional (EF).

Incluíram-se pacientes com forte suspeita clínica de choque séptico por ocasião da admissão à UTI pediátrica. O choque séptico foi diagnosticado segundo os parâmetros de prática clínica propostos em 2012 pelo *American College of Critical Care Medicine* para suporte hemodinâmico de choque séptico pediátrico e neonatal, por meio de sinais clínicos, inclusive hipotermia ou hipertermia, modificação da condição mental, vasodilatação periférica (choque quente) ou vasoconstrição com tempo de reenchimento capilar (TRC) superior a 2 segundos (choque frio) antes da ocorrência de hipotensão.⁽¹³⁾ Todos os casos incluídos foram considerados como estado de choque séptico refratário a fluidos quando receberam, no mínimo, 40mL/kg de fluidos para choque (solução salina normal ou Ringer) e necessitaram da utilização de suporte inotrópico/vasodilatador para ressuscitação hemodinâmica, com ou sem uso de ventilação mecânica.

Excluíram-se os pacientes com cardiopatia congênita, cardiomiopatia e com distúrbios valvares. Após obtenção da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte do cuidador, conduziu-se um exame transtorácico, bidimensional, no modo M e ecocardiografia com Doppler, utilizando um equipamento comercialmente disponível de ecocardiografia (GE, Logic P3) e probe 6S. A ecocardiografia foi conduzida para medir o diâmetro da VSVE ao longo do eixo na vista paraesternal, e a IVT da onda de fluxo por meio da válvula aórtica foi obtida por meio de Doppler de onda pulsada. Todas as imagens de ultrassom obtidas pelo médico da UTI pediátrica com esse equipamento foram armazenadas

e, depois, avaliadas por um cardiologista com utilização de uma escala para classificar a aceitabilidade das medidas realizadas.

A IVT do fluxo é uma medida derivada do Doppler que mede a distância percorrida pelo fluxo central de sangue através da via de saída ventricular em um ciclo cardíaco isolado, isto é, a distância sistólica. O diâmetro da VSVE foi obtido pela mensuração da distância entre as paredes internas, do local onde a cúspide da válvula coronária se encontra com o septo interventricular até o local onde a cúspide não coronária se encontra com o folheto anterior da válvula mitral, em uma linha paralela ao ânulo aórtico.

⁽⁴⁾ O volume sistólico foi calculado pela equação $\pi \times IVT \times (VSVE \text{ diâmetro}/2)^2$. O índice de volume sistólico (IVS) se deu pela razão volume sistólico/área de superfície corpórea. Débito cardíaco foi obtido por volume sistólico \times frequência cardíaca. Índice cardíaco foi dado por débito cardíaco/área de superfície corpórea. A ecocardiografia no modo M foi conduzida para medir o diâmetro ventricular esquerdo sistólico final (DVESF), o diâmetro ventricular esquerdo diastólico final (DVEDF); o EF é medido segundo a equação: $DVEDF - DVESF/DVEDF \times 100$. O índice de desempenho miocárdico (índice de Tei) foi calculado segundo a equação: soma entre tempo de contração isovolumétrica e tempo de relaxamento isovolumétrico (tempo sistólico total – tempo de ejeção) dividida pelo tempo de ejeção obtido pela imagem do sinal Doppler do influxo mitral. O índice de desempenho miocárdico (IDM; índice de Tei) foi obtido a partir de tempo sistólico total – tempo de ejeção/tempo de ejeção. A resistência vascular periférica foi calculada pela equação: $80 (\text{pressão arterial média} - \text{pressão venosa central})/\text{índice cardíaco}$.⁽¹⁴⁾

Em todos os casos, os pacientes foram submetidos a um exame clínico e ecocardiográfico completo por ocasião da admissão à UTI pediátrica, antes do início do suporte inotrópico (momento 0), após 6 horas e após 24 horas e, então, no momento da estabilização (momento da ressuscitação), identificada pela normalização da frequência cardíaca (resolução da taquicardia), da pressão arterial (resolução da hipotensão, se presente), TRC (menos de 2 segundos), bom débito urinário ($\geq 1\text{mL/kg}$ por hora) e restauração da consciência, com início da retirada do fármaco vasoativo.

Utilizaram-se diferentes agentes vasoativos no controle dos casos do estudo com choque séptico refratário a fluidos. Esses agentes incluíram adrenalina, noradrenalina, dobutamina, milrinona e dopamina; foram também utilizados agentes claramente vasodilatadores, como nitroglicerina.

O escore inotrópico (EI) foi calculado com a equação de Wernowsky:

$$\text{EI Wernowsky} = \text{dose de dopamina} + \text{dose de dobutamina} + 100 \times \text{dose de epinefrina}^{(15)}$$

O EI vasoativo (EIV) foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{EIV} = \text{EI} + 10 \times \text{dose de milrinona} + 10.000 \times \text{dose de vasopressina} + 100 \times \text{dose de norepinefrina}^{(16)}$$

Análise estatística

Os dados foram analisados com utilização do programa *Statistical Package of Social Science Software* (SPSS), versão 21.

Tais dados foram resumidos com utilização da média e desvio padrão para as variáveis quantitativas e frequência com porcentagens para as variáveis qualitativas.

A comparação entre os grupos foi conduzida com utilização de testes de *t* para amostra independente ou análise de variância (Anova) de uma via com testes de Tukey *post hoc* para as variáveis quantitativas e teste do qui quadrado ou teste exato de Fischer para as variáveis qualitativas.

Para comparação de dados quantitativos, conduziram-se testes *t* pareados.

Calcularam-se coeficientes de correlação de Pearson ou Spearman para testar a associação entre variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente.

Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significantes, e $< 0,01$ foram considerados altamente significantes.

RESULTADOS

Foram incluídos, neste estudo, 45 pacientes com choque séptico refratário a fluidos. Foram 26 (57,8%) crianças do sexo masculino. A média de idade foi de $20,1 \pm 29,1$ meses (2 - 120 meses, e o peso corpóreo médio foi de $9,8 \pm 6,2\text{kg}$. O TRC médio por ocasião da admissão era de $5 \pm 0,9$ segundos, e a frequência cardíaca média por ocasião da admissão era de $153 \pm 24\text{bpm}$. As causas mais comuns para sepse foram gastroenterite e sepse pós-operatória, seguidas por infecções do sistema nervoso central. O microrganismo mais frequentemente isolado nas hemoculturas foi *Klebsiella*, seguido por *Enterobacter*. Não se detectou qualquer crescimento bacteriano em 66,7% dos casos, conforme mostra a tabela 1. Dentre os 45 casos, 33 (73%) pacientes tiveram melhora e receberam alta da UTI pediátrica; 12 (27%) morreram.

Tabela 1 - Características clínicas e laboratoriais da população do estudo

Variáveis	
Idade (meses)	20,1 ± 29,1
Peso (kg)	9,8 ± 6,2
Frequência cardíaca (bpm)	153 ± 24
PVC (mmHg)	4,6 ± 3,4
PAS (mmHg)	96 ± 17
TRC (segundos)	5,0 ± 0,9
Sexo	
Masculino	26 (57,8)
Feminino	19 (42,2)
Foco séptico	
Gastrenterite	11 (24,4)
Infecção do SNC	10 (22,2)
Infecção pulmonar	9 (20)
Infecção cutânea	3 (6,7)
Pós-operatório	11 (24,4)
Corrente sanguínea	1 (2,3)
Tipo de microrganismo	
Sem crescimento	30 (66,7)
<i>Klebsiella</i>	5 (11,2)
MRSA	1 (2,2)
<i>Enterobacter</i>	3 (6,7)
CONS	1 (2,2)
<i>Candida não albicans</i>	2 (4,4)
<i>Acinetobacter</i>	2 (4,4)
<i>Escherichia coli</i>	1 (2,2)

PVC - pressão venosa central; PAS - pressão arterial sistólica; TRC - tempo de reenchimento capilar; SNC - sistema nervoso central; MRSA - *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina; CONS - *Staphylococcus* coagulase negativos. Resultados expressos como média ± desvio padrão ou n (%).

Avaliamos a duração da ressuscitação do choque séptico. Tiveram sua ressuscitação obtida dentro de 24 horas 30 (66,7%) dos 45 casos, e o tempo mediano de ressuscitação para todos os sobreviventes foi de 34 horas.

Dos 45 casos 37 (82%) tiveram critérios ecocardiográficos para choque frio, com índice cardíaco normal ou baixo ($\leq 3,3\text{L}/\text{m}/\text{m}^2$) e IRVS normal ou alto ($\geq 1.600\text{din-seg}/\text{cm}^5/\text{m}^2$), enquanto oito (18%) dos casos tiveram critérios ecocardiográficos para choque quente (índice cardíaco elevado $> 6\text{L}/\text{m}/\text{m}^2$) com IRVS normal ou baixo ($\leq 800\text{din-seg}/\text{cm}^5/\text{m}^2$).

Realizou-se ecocardiograma junto ao leito para mensuração de índices hemodinâmicos ao longo de diversos momentos. Na comparação desses índices avaliados no momento zero (T0) com o momento da estabilização (momento de ressuscitação), identificamos melhora dinâmica com o tempo no índice cardíaco, IVS e IVT (Tabela 2, Figura 1). Identificamos que a EF permaneceu constante, sem qualquer alteração estatisticamente significativa, enquanto o IDM (índice de Tei) teve aumento significativo por ocasião da ressuscitação do choque séptico ($0,3 \pm 0,1$ na admissão, em comparação com $0,4 \pm 0,1$ no tempo médio de ressuscitação, com valor de $p = 0,008$). O IDM teve correlação negativa com a pressão venosa central ($r = -0,3$; $p = 0,04$).

Foi interessante observar que o IRVS inicial era de $1.514 \pm 550\text{din-seg}/\text{cm}^5/\text{m}^2$. O IRVS caiu para $1.398 \pm 535\text{din-seg}/\text{m}^5/\text{m}^2$ após 6 horas e, então, teve um rebote de elevação no tempo médio da ressuscitação (34 horas) para $1.402 \pm 400\text{din-seg}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ (Tabela 2). O IRVS foi

Tabela 2 - Dados ecocardiográficos avaliados por ocasião da admissão, após 6 horas e por ocasião da ressuscitação

Dados clínicos e no ecocardiograma	Dados na admissão	Após 6 horas	Após 24 horas	Momento da ressuscitação	Dados na admissão versus momento da ressuscitação Valor de p
Frequência cardíaca (batimentos/minuto)	153 ± 24	154 ± 24	142,7 ± 25,2	138 ± 22	0,003
TRC (segundos)	5 ± 0,9	3,2 ± 1	2,3 ± 1,3	1,8 ± 1,1	< 0,001
ITV	13,5 ± 3,7	15,5 ± 3,6	15,9 ± 4,1	16,4 ± 3,9	< 0,001
VS (mL)	11,3 ± 7,1	13,1 ± 7	14,1 ± 8,7	14,6 ± 8,1	0,001
IVS (mL/batimento)	24,9 ± 8,3	29 ± 7,9	30 ± 8,4	32,1 ± 8,1	0,001
DC (mL/minuto)	1,653 ± 0,888	1,938 ± 0,919	1,908 ± 0,917	1,914 ± 0,832	0,06
IC (L/m/m ²)	3,7 ± 1,2	4,4 ± 1,1	4,2 ± 1,1	4,4 ± 1,1	< 0,001
EF (%)	35,0 ± 8,4	36,2 ± 7,0	37,4 ± 6,8	37,4 ± 6,2	0,13
IRVS (din-seg/cm ⁵ /m ²)	1,514 ± 550	1,398 ± 535	1,487,9 ± 430,6	1,402 ± 400	0,218
Índice de Tei	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,043

TRC - tempo de reenchimento capilar; ITV - integral tempo-velocidade; VS - volume sistólico; IVS - índice de volume sistólico; DC - débito cardíaco; IC - índice cardíaco; EF - encurtamento fracional; IRVS - índice de resistência vascular sistêmica; índice de Tei: índice de performance miocárdica, (ressuscitação): medidas obtidas por ocasião da ressuscitação do choque séptico. Resultados expressos como média ± desvio padrão.

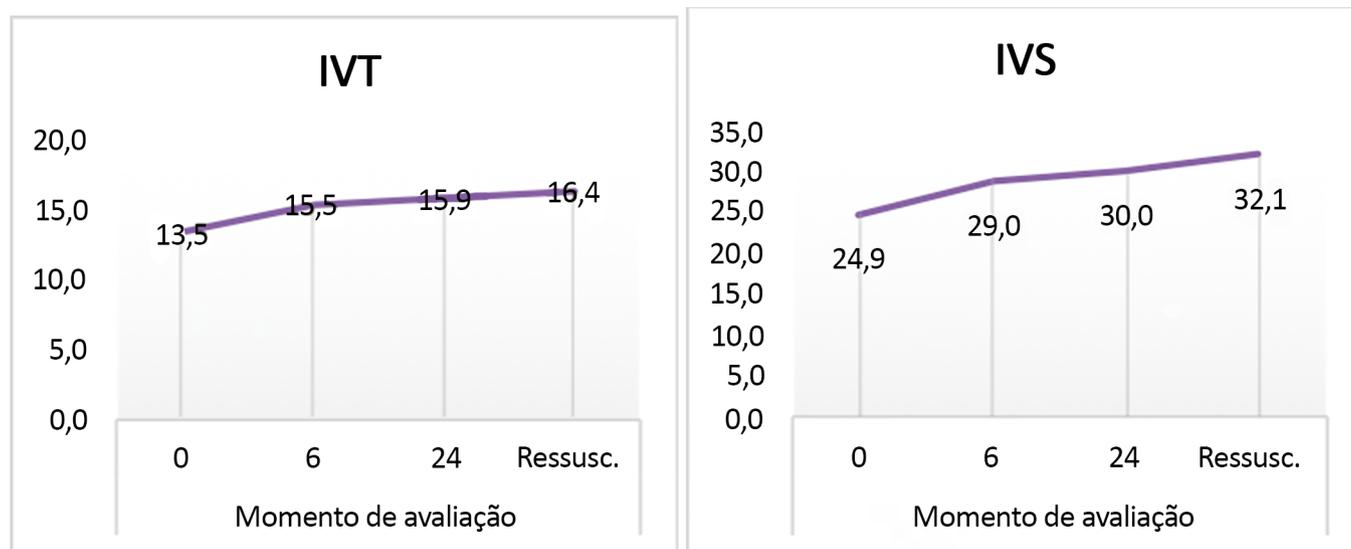


Figura 1 - Gráfico em curva mostrando o padrão da integral velocidade-tempo medida em diferentes momentos de avaliação. IVT - integral velocidade tempo; IVS - índice de volume sistólico.

o único índice medido que mostrou segunda ascensão no momento da ressuscitação nos casos com choque frio, e pretendíamos ver seu efeito como pós-carga em outros parâmetros hemodinâmicos. Identificamos que ITV, IVS e índice cardíaco foram afetados negativamente pelo IRVS em vários intervalos de tempo. A frequência cardíaca e o índice de desempenho do miocárdio não foram afetados pelo IRVS (Tabela 3, Figura 2).

O índice cardíaco teve correlação linear positiva com IVS e ITV avaliados em diferentes momentos, com correlação negativa com o IRVS (Tabela 4).

A IVT foi afetada negativamente pelo aumento do IRVS em diferentes momentos e com o TRC após 24 horas (Tabela 5).

Como todos os casos incluídos neste estudo tinham choque refratário a fluidos, todos precisaram receber suporte inotrópico em seu tratamento, e muitos (62,2%) necessitaram de mais de dois agentes inotrópicos:

- Adrenalina foi o primeiro inotrópico em 11 (24%) dos casos; seis dos 11 pacientes tinham índice cardíaco baixo ($< 3,3\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$) e cinco tinham índice cardíaco normal ($3,3 - 6\text{L}/\text{m}/\text{m}^2$).
- Noradrenalina foi utilizada como vasopressor adicional em quatro (9%) dos casos. Os casos estavam em uso de adrenalina ou dobutamina antes da adição da noradrenalina.
- A dobutamina foi o primeiro inotrópico em 32 casos (71%); 20 dos 32 casos tinham índice cardíaco normal ($3,3 - 5,5\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$), porém IRVS normal ou elevado ($\geq 1.600\text{dyn}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5$

m^2), e 12 casos tinham índice cardíaco baixo ($< 3,3\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$) com IRVS normal ou elevado.

- A dobutamina foi utilizada como inotrópico adicional (inodilatador) em oito casos (estes casos estavam em uso de adrenalina ou de dopamina antes do acréscimo de dobutamina).
- A milrinona foi utilizada como inotrópico adicional (inodilatador) em seis (13%) dos casos, tendo sido utilizada como alternativa à dobutamina.
- A dopamina foi utilizada como inotrópico inicial em apenas dois pacientes e como inotrópico adicional em um paciente após início com dobutamina.
- Foi comprovado que o gotejamento de nitroglicerina tem papel interessante na ressuscitação do choque séptico (tipo frio), pois foi administrado a 14 (31%) dos casos, com índice cardíaco normal ou baixo e com elevado IRVS; esta terapêutica auxiliou na titulação do decréscimo do IRVS com melhora do índice cardíaco (Figura 3).

Os pacientes que não sobreviveram tiveram um débito cardíaco mais alto e IRVS mais baixo (tinham, na admissão, choque tipo quente). Identificamos que os pacientes que não sobreviveram tiveram escores de inotrópicos e vasopressores mais altos na avaliação após 6 horas (Tabela 6).

DISCUSSÃO

O choque é considerado a principal causa de morbidade e mortalidade na UTI pediátrica. O choque séptico é uma

Tabela 3 - Correlações entre o índice de resistência vascular sistêmica e outras variáveis em diferentes momentos de avaliação

	Índice de resistência vascular sistêmica			Momento da ressuscitação
	Admissão	Após 6 horas	Após 24 horas	
ITV				
r	-0,416	-0,617	-0,559	-0,295
Valor de p	0,006	< 0,001	< 0,001	0,049
IVS				
r	-0,509	-0,736	-0,637	-0,533
Valor de p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FC				
r	-0,124	-0,160	-0,050	-0,159
Valor de p	0,427	0,294	0,765	0,298
IC				
r	-0,652	-0,755	-0,698	-0,717
Valor de p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
DSFVE				
r	-0,227	-0,048	0,039	-0,202
Valor de p	0,143	0,755	0,818	0,182
DSFVD				
r	-0,263	-0,049	-0,026	-0,245
Valor de p	0,088	0,747	0,877	0,105
EF				
r	-0,029	-0,219	-0,165	-0,003
Valor de p	0,854	0,149	0,323	0,986
PVC				
r	-0,364	-0,033	0,019	-0,166
Valor de p	0,016	0,828	0,911	0,276
Índice Tei				
r	-0,082	0,002	-0,144	0,117
Valor de p	0,621	0,990	0,389	0,443
TRC				
r	-0,277	0,087	0,385	0,242
Valor de p	0,072	0,569	0,017	0,109

ITV - integral tempo-velocidade; IVS - índice de volume sistólico; FC - frequência cardíaca; IC - índice cardíaco; DSFVE - diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; DSFVD - diâmetro diastólico final do ventrículo direito; EF - encurtamento fracional; PVC - pressão venosa central; índice Tei - índice de *performance* miocárdica; TRC - tempo de reenchimento capilar.

condição grave, com elevadas taxas de mortalidade, que variam entre 18% e 50%. Para melhorar os desfechos, é importante melhorar o monitoramento dos parâmetros hemodinâmicos, e não se ater unicamente aos sinais clínicos tradicionais para orientação do tratamento.⁽¹¹⁾

O exame ecocardiográfico junto ao leito foi realizado para avaliar os parâmetros hemodinâmicos em pacientes com choque séptico refratário a fluidos. Frequência cardíaca, TRC e déficit basal foram os parâmetros clínicos e bioquímicos avaliados como parâmetros de ressuscitação. A titulação dos inotrópicos e vasodilatadores até os momentos de meta terapêutica foram precedidos pela mensuração de parâmetros hemodinâmicos com avaliação ecocardiográfica nos momentos fixos de avaliação.

Os principais achados deste estudo foram que ITV, IVS e índice cardíaco estavam comprometidos por ocasião da admissão à UTI pediátrica (T0) e progressivamente melhoraram, atingindo a meta terapêutica de modulação de inotrópicos e vasodilatadores. O EF estava dentro da faixa normal e assim permaneceu, sem modificações notáveis durante o período de seguimento. Mais ainda, o índice de Tei se tornou prolongado (indicando comprometimento do desempenho miocárdico global) no momento T6 e, após isto, permaneceu quase inalterado.

Estes achados foram compatíveis com os de Basu et al., que encontraram comprometimento da *performance* miocárdica por meio de imagens bidimensionais na modalidade *speckled tracking* em pacientes com choque séptico nos quais não tinha sido reconhecido por meio

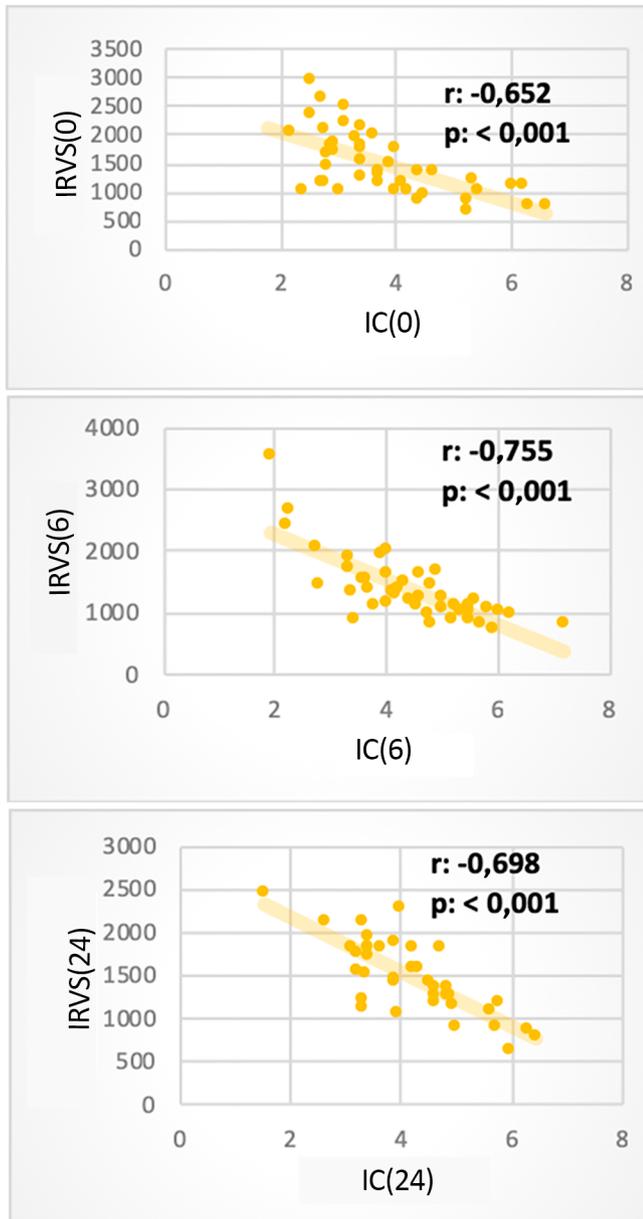


Figura 2 - Significante correlação negativa entre o índice cardíaco e o índice de resistência vascular sistêmica em diferentes momentos de avaliação. IRVS – índice de resistência vascular sistêmica; IC – índice cardíaco.

de medidas de EF e fração de ejeção em ecocardiografia convencional. Os autores afirmam que estes parâmetros padrão foram dependentes da carga e que, frequentemente, revelaram disfunção cardíaca apenas após já ter ocorrido a deterioração clínica.⁽¹⁷⁾

Este comprometimento da IDM detectada em nosso estudo pode ser explicado pelo fato de que pode ocorrer uma disfunção miocárdica global em pacientes com choque séptico, e a terapia guiada por metas ajuda a prevenir a piora da *performance* miocárdica. Isto é coerente com

estudo realizado em pacientes adultos por Nizamuddin et al., que concluíram que a IDM utilizada para avaliar alterações sutis da função miocárdica não detectadas por monitoramento hemodinâmico rotineiro teve forte correlação com a mortalidade entre pacientes com sepse grave e choque séptico; alterações da IDM podem ser ferramenta para o prognóstico em pacientes com choque séptico e levantar a possibilidade de que a disfunção miocárdica desempenhe um papel no mecanismo da mortalidade relacionada à sepse.⁽¹⁸⁾

A otimização do débito cardíaco e do IRVS se associou com melhora dos desfechos em crianças em choque séptico refratário a fluidos. Observações semelhantes também foram feitas em adultos, com utilização de terapia guiada por metas.⁽¹⁹⁾

Neste estudo, o aumento significativo do índice cardíaco foi observado ao final da ressuscitação de choque séptico, o que é coerente com os achados de outros estudos que consideraram o índice cardíaco como parâmetro padrão na ressuscitação do choque séptico, pelo fato de a obtenção da meta terapêutica de um índice cardíaco entre 3,3 e 6,0L/min/m² poder resultar em melhora da sobrevivência em pacientes com choque séptico.^(1,2) O índice cardíaco teve correlação negativa com o IRVS em razão de que este índice muito elevado tem efeitos deletérios no índice cardíaco. Isto é coerente com os resultados do estudo desenvolvido por Deep et al., que encontraram forte correlação negativa entre índice cardíaco e IRVS.⁽²⁰⁾

Neste estudo também observamos que o IRVS estava significativamente diminuído após 6 horas de ressuscitação, em comparação ao momento zero, e, então, mostrou ligeiro rebote de elevação na avaliação após 24 horas, sem diferença significativa. Isto pode ser explicado pelo retardamento simpaticomimético após a otimização do índice cardíaco, apesar do uso de vasodilatadores, como nitroglicerina e milrinona. A teoria de isquemia/reperfusão poderia ser considerada em razão de a biodisponibilidade do óxido nítrico, um importante mediador da vasodilatação, estar profundamente diminuída durante o período de reperfusão, resultando em comprometimento da vasodilatação de arteríolas. A liberação de mediadores inflamatórios e o aumento da expressão de moléculas de adesão inicia as cascatas da inflamação e coagulação, que culminam com a oclusão de capilares, o que é conhecido como fenômeno de “não refluxo”.⁽¹⁹⁾ Tal rebote de aumento na resistência pode levar a uma diminuição do débito cardíaco e vice-versa. Mais ainda: observou-se que o IRVS tem correlação negativa com o IVT. Apesar de a resistência vascular sistêmica ser crítica para os mecanismos compensatórios na criança, sua

Tabela 4 - Correlações entre o índice cardíaco e outras variáveis em diferentes momentos de avaliação

	Admissão	Índice cardíaco		Momento da ressuscitação
		Após 6 horas	Após 24 horas	
DVSV				
r	0,050	0,118	0,175	0,257
Valor de p	0,744	0,440	0,293	0,089
IVT				
r	0,775	0,613	0,526	0,371
Valor de p	< 0,001	< 0,001	0,001	0,012
IVS				
r	0,858	0,842	0,719	0,776
Valor de p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FC				
r	0,094	0,337	0,257	0,204
Valor de p	0,539	0,023	0,118	0,178
DSFVE				
r	0,136	0,082	-0,011	0,162
Valor de p	0,374	0,591	0,947	0,289
DSFVD				
r	0,171	0,020	-0,009	0,150
Valor de p	0,261	0,898	0,959	0,326
EF				
r	0,105	0,173	0,002	-0,062
Valor de p	0,494	0,255	0,990	0,684
PVC				
r	0,341	0,011	-0,142	-0,003
Valor de p	0,024	0,941	0,395	0,984
PAM				
r	0,133	0,154	0,042	0,104
Valor de p	0,391	0,312	0,801	0,496
IRVS				
r	-0,652	-0,755	-0,698	-0,717
Valor de p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Índice de Tei				
r	-0,030	0,057	-0,014	-0,028
Valor de p	0,852	0,717	0,936	0,855
TRC				
r	0,078	-0,320	-0,262	-0,237
Valor de p	0,613	0,032	0,112	0,117

DVSV - diâmetro da via de saída ventricular; IVT - integral tempo-velocidade; IVS - índice de volume sistólico; FC - frequência cardíaca; DSFVE - diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; DSFVD - diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo; EF - encurtamento fracional; PVC - pressão venosa central; PAM - pressão arterial média; IRVS - índice de resistência vascular sistêmica; Índice de Tei - índice de *performance* miocárdica; TRC - tempo de reenchimento capilar.

elevação persistente ou como rebote tem pouco impacto nos parâmetros de ressuscitação hemodinâmica.⁽²¹⁾

Em nosso estudo, a avaliação ecocardiográfica foi útil para diferenciar o tipo de choque séptico (frio ou quente). O choque séptico frio predominou em nosso estudo (82%), enquanto a modalidade quente de choque representou 12% dos pacientes. Contudo, teve o maior índice de fatalidade (34,4%), o que é coerente com os

resultados do estudo conduzido por Deep et al., que concluíram que o tipo frio de choque séptico é muito mais comum do que o tipo quente.⁽²⁰⁾

Em essência, estes fatos fornecem forte argumentação para quantificação e consideração dos três componentes circulatórios ao tratar o choque séptico: fluxo, pressão e resistência.⁽¹⁹⁾

Tabela 5 - Correlações entre a integral velocidade-tempo e outras variáveis em diferentes momentos de avaliação

	Admissão	Integral tempo-velocidade do sinal de fluxo aórtico		
		Após 6 horas	Após 24 horas	Momento da ressuscitação
IRVS				
r	-0,416	-0,617	-0,559	-0,295
Valor de p	0,006	<0,001	<0,001	0,049
DSFVE				
r	0,035	0,118	0,157	0,100
Valor de p	0,819	0,442	0,345	0,512
DDFVE				
r	0,116	0,202	0,240	0,400
Valor de p	0,450	0,184	0,146	0,006
DDFVD				
r	0,221	0,261	0,293	0,370
Valor de p	0,144	0,084	0,074	0,012
EF				
r	0,109	0,277	0,028	-0,142
Valor de p	0,476	0,066	0,869	0,352
PVC				
r	0,278	0,091	-0,056	0,051
Valor de p	0,068	0,552	0,737	0,742
Índice de Tei				
r	0,025	-0,117	-0,196	-0,213
Valor de p	0,878	0,454	0,238	0,160
TRC				
r	0,116	-0,243	-0,393	-0,197
Valor de p	0,448	0,107	0,015	0,195

IRVS - índice de resistência vascular sistêmica; DSFVE - diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; DDFVE - diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo; DDFVD - diâmetro diastólico final do ventrículo direito; EF - encurtamento fracional; PVC - pressão venosa central; índice de Tei - índice de performance miocárdica; TRC - tempo de reenchimento capilar.

**Figura 3** - Gráfico de barras descrevendo os diferentes agentes vasoativos utilizados no estudo.

O tempo mediano de ressuscitação do choque séptico nos sobreviventes foi de 34 horas, inversamente proporcional ao IVS avaliado após 24 horas, indicando que o IVS é mais sensível do que o índice cardíaco como indicador substituto para ressuscitação de choque séptico. Em estudo semelhante, conduzido em 36 crianças com choque séptico refratário a fluidos, o tempo de ressuscitação foi de 42 horas.⁽²⁰⁾

A taxa de mortalidade em nosso estudo foi de 27%, ou seja, superior à de estudo semelhante realizado com pacientes da mesma faixa etária.⁽²¹⁾

Tabela 6 - Comparação do débito cardíaco, índice de resistência vascular sistêmica e escore terapêutico entre os grupos de sobreviventes e não sobreviventes

	Não sobreviventes (n = 12)	Mortalidade (longo prazo)		Valor de p
		Sobreviventes (n = 33)		
DC T0 (ml/min)	1900 ± 741	1564 ± 931		0,021
IRVS T0 (dln-seg/cm ⁵ /m ²)	1158 ± 396	1623 ± 550		0,01
Escore inotrópico T6	22,9 ± 12,5	14,2 ± 6,9		0,012
Escore vasopressor T6	26,7 ± 14,8	14,6 ± 6,9		0,008

DC - débito cardíaco; T0 - momento da admissão à unidade de terapia intensiva pediátrica, antes do suporte com inotrópicos; IRVS - índice de resistência vascular sistêmica; T6 - momento de avaliação após 6 horas de suporte inotrópico. Resultados expressos como média ± desvio padrão.

No presente estudo, identificamos que os não sobreviventes tinham, quando da admissão, o tipo quente de choque séptico (um débito cardíaco mais elevado e um IRVS mais baixo), que foi o tipo com maior fatalidade (34,4%). Apesar do choque séptico frio ser predominantemente adquirido na comunidade, o choque séptico traz mortalidade mais elevada.⁽²²⁾

Em nossos pacientes que não sobreviveram, o IRVS era significativamente mais baixo do que nos que sobreviveram, com média de $1.158 \pm 396 \text{ din-seg/cm}^5/\text{m}^2$; este valor foi ainda mais baixo do que o identificado por Lee et al., que afirmaram que o IRVS de $1,167 \text{ din-seg/cm}^5/\text{m}^2$ foi um ponto apropriado para prever mortalidade (medido

pelo método de termodiluição pulmonar).⁽¹¹⁾ Isto pode ser explicado pelo fato de que a sepse provoca falência circulatória e vasodilatação secundária (especialmente causada pelas lesões endoteliais).⁽²³⁾

CONCLUSÃO

Nos pacientes com choque frio, ocorreu índice de resistência vascular sistêmica persistentemente elevado, com influência no índice de volume sistólico, índice cardíaco e integral velocidade-tempo. O uso de pequenas doses de vasodilatadores e evitar o uso excessivo de vasopressores pode ajudar a melhorar a hemodinâmica de crianças em condições críticas.

ABSTRACT

Objective: Follow-up of cardiac index and systemic vascular resistance index by bedside echocardiography until resuscitation.

Methods: A set of hemodynamic parameters was obtained, including cardiac output, stroke volume, cardiac index, systemic vascular resistance index, velocity time integral, myocardial performance index, capillary refill time, and heart rate at 0 hours after fluid boluses before the start of inotropes, and followed up after 6 hours and 24 hours.

Results: Included were 45 patients with community-acquired septic shock. Septic foci were gastroenteritis (24%), intestinal perforation requiring emergency surgery (24%), pneumonia (20%), central nervous system infection (22%) and soft tissue infection (8%). *Klebsiella* and *Enterobacter* were the most frequent isolates. We estimated the factors affecting the cardiac index: high central venous pressure at zero time ($r = 0.33$, $p = 0.024$) and persistently high heart rate at hour 6 ($r = 0.33$,

$p = 0.03$). The systemic vascular resistance index was high in most patients at 0 and 24 hours and at the time of resuscitation and inversely affected the cardiac index as well as affecting the velocity time integral ($r = -0.416$, -0.61 , 0.55 and -0.295). Prolonged capillary refill time was a clinical predictor of the low velocity time integral at 24 hours ($r = -0.4$). The mortality was 27%. Lower systemic vascular resistance index and higher cardiac output were observed in nonsurviving patients.

Conclusion: There was a persistently high systemic vascular resistance index in cold shock patients that influenced the stroke volume index, cardiac index, and velocity time integral. The use of echocardiograms for hemodynamic measurements is important in pediatric septic shock patients to adjust dilators, and vasopressor doses and achieve resuscitation targets in a timely manner.

Keywords: Echocardiography; Hemodynamic; Septic shock; Child

REFERÊNCIAS

1. Carcillo JA, Fields AI; American College of Critical Care Medicine Task Force Committee Members. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal patients in septic shock. *Crit Care Med.* 2002;30(6):1365-78.
2. Brierley J, Carcillo JA, Choong K, Cornell T, Decaen A, Deymann A, et al. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. *Crit Care Med.* 2009;37(2):666-88. Erratum in: *Crit Care Med.* 2009;37(4):1536. Skache, Sara [corrected to Kache, Saraswati]; Irazusta, Jose [corrected to Irazuzta, Jose].
3. Saugel B, Huber W, Nierhaus A, Kluge S, Reuter DA, Wagner JY. Advanced hemodynamic management in patients with septic shock. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8268569.
4. Han YY, Carcillo JA, Dragotta MA, Bills DM, Watson RS, Westerman ME, et al. Early reversal of pediatric-neonatal septic shock by community physicians is associated with improved outcome. *Pediatrics.* 2003;112(4):793-9.
5. Antonelli M, Levy M, Andrews PJ, Chastre J, Hudson LD, Manthous C, et al. Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference, Paris, France, 27-28 April 2006. *Intensive Care Med.* 2007;33(4):575-90.
6. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med.* 1970;283(9):447-51.
7. Hofer CK, Ganter MT, Zollinger A. What technique should I use to measure cardiac output? *Curr Opin Crit Care* 2007;13(3):308-17.

8. Dinh VA, Ko HS, Rao R, Bansal RC, Smith DD, Kim TE, et al. Measuring cardiac index with a focused cardiac ultrasound examination in the ED. *Am J Emerg Med.* 2012;30(9):1845-51.
9. Ranjit S, Kisson N. Bedside echocardiography is useful in assessing children with fluid and inotrope resistant septic shock. *Indian J Crit Care Med.* 2013;17(4):224-30.
10. Luo JC, Qiu XH, Pan C, Xie JF, Yu T, Liu L, et al. Increased cardiac index attenuates septic acute kidney injury: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2015;15:22.
11. Lee EP, Hsia SH, Lin JJ, Chan OW, Lee J, Lin CY, et al. Hemodynamic analysis of pediatric septic shock and cardiogenic shock using transpulmonary thermodilution. *Biomed Res Int.* 2017;2017:3613475.
12. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol.* 2004;21(9):700-7.
13. Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, Annane D, Gerlach H, Opal SM, Sevransky JE, Sprung CL, Douglas IS, Jaeschke R, Osborn TM, Nunnally ME, Townsend SR, Reinhart K, Kleinpell RM, Angus DC, Deutschman CS, Machado FR, Rubenfeld GD, Webb SA, Beale RJ, Vincent JL, Moreno R; Surviving Sepsis Campaign Guidelines Committee including the Pediatric Subgroup. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2012. *Crit Care Med.* 2013;41(2):580-637.
14. O'Rourke RA, Fuster V, Alexander RW. *Hurst's the heart. Manual of cardiology.* 11th ed. New York: McGraw-Hill; 2005. p. 513.
15. Wernovsky G, Wypij D, Jonas RA, Mayer JE Jr, Hanley FL, Hickey PR, et al. Postoperative course and hemodynamic profile after the arterial switch operation in neonates and infants. A comparison of low-flow cardiopulmonary bypass and circulatory arrest. *Circulation.* 1995;92(8):2226-35.
16. Gaies MG, Gurney JG, Yen AH, Napoli ML, Gajarski RJ, Ohye RG, et al. Vasoactive-inotropic score as a predictor of morbidity and mortality in infants after cardiopulmonary bypass. *Pediatr Crit Care Med.* 2010;11(2):234-8.
17. Basu S, Frank LH, Fenton KE, Sable CA, Levy RJ, Berger JT. Two-dimensional speckle tracking imaging detects impaired myocardial performance in children with septic shock, not recognized by conventional echocardiography. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13(3):259-64.
18. Nizamuddin J, Mahmood F, Tung A, Mueller A, Brown SM, Shaefi S, et al. Interval changes in myocardial performance index predict outcome in severe sepsis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017;31(3):957-64.
19. Seal JB, Gewertz BL. Vascular dysfunction in ischemia-reperfusion injury. *Ann Vasc Surg.* 2005;19(4):572-84.
20. Deep A, Goonasekera CD, Wang Y, Brierley J. Evolution of haemodynamics and outcome of fluid-refractory septic shock in children. *Intensive Care Med.* 2013;39(9):1602-9.
21. Pedro TC, Morcillo AM, Baracat EC. Etiology and prognostic factors of sepsis among children and adolescents admitted to the intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2015;27(3):240-6.
22. Peters MJ, Brierley J. No representation without taxation: declaration of (load) independence in septic cardiomyopathy. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13(3):349-50.
23. Boisramé-Helms J, Kremer H, Schini-Kerth V, Meziani F. Endothelial dysfunction in sepsis. *Curr Vasc Pharmacol.* 2013;11(2):150-60.