

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE MEDICINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA
E DO ADOLESCENTE

**RESPOSTA HEMODINÂMICA ÀS MANOBRAS DE
ELEVAÇÃO PASSIVA DAS PERNAS E DA CABEÇA
EM CRIANÇAS CRITICAMENTE DOENTES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CECÍLIA ROTAVA BURATTI

Porto Alegre, Brasil

2021

CECÍLIA ROTAVA BURATTI

**RESPOSTA HEMODINÂMICA ÀS MANOBRAS DE
ELEVAÇÃO PASSIVA DAS PERNAS E DA CABEÇA
EM CRIANÇAS CRITICAMENTE DOENTES**

A apresentação desta dissertação é requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Professor Jefferson Pedro Piva
Coorientadora: Professora Taís Sica da Rocha
Colaboradora: Dra. Stelamaris Luchese

Porto Alegre, Brasil

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Rotava Buratti, Cecília
RESPOSTA HEMODINÂMICA ÀS MANOBRAS DE ELEVAÇÃO
PASSIVA DAS PERNAS E DA CABEÇA EM CRIANÇAS
CRITICAMENTE DOENTES / Cecília Rotava Buratti. --
2021.
75 f.

Orientador: Jefferson Pedro Piva.

Coorientadora: Tais Sica da Rocha.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de
Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente,
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Preditores de resposta a volume. 2. Elevação
passiva das pernas. 3. Elevação passiva da cabeça. 4.
Pediatria. 5. Pressão arterial. I. Piva, Jefferson
Pedro, orient. II. Sica da Rocha, Tais, coorient.
III. Título.

ATA AUTENTICADA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente
Saúde da Criança e do Adolescente - Mestrado Acadêmico
Ata de defesa de Dissertação

Aluno: Cecília Rotava Buratti, com ingresso em 01/03/2019

Título: Elevação passiva das pernas e da cabeceira como preditor de resposta a volume em pacientes pediátricos

Data: 24/02/2021

Horário: 14:00

Local: Virtual

Banca Examinadora	Avaliação	Origem
Gilberto Friedman	Aprovado	UFRGS
Patrícia Scolari Fontela	Aprovado	McGill
Paulo Zielinsky	Aprovado	IC-FUC

Avaliação Geral da Banca: Aprovado

Data da homologação:

Porto Alegre, 25 de fevereiro de 2021

Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente
Rua Ramiro Barcelos, 2400 sala 220 - Bairro Santa Cecília - Telefone 33085601
Porto Alegre - RS

Documento gerado sob autenticação nº BWE.839.178.NGH
Pode ser autenticado, na Internet, pela URL <http://www.ufrgs.br/autenticacao>,
tendo validade sem carimbo e assinatura.

CECÍLIA ROTAVA BURATTI

**RESPOSTA HEMODINÂMICA ÀS MANOBRAS DE
ELEVAÇÃO PASSIVA DAS PERNAS E DA CABEÇA
EM CRIANÇAS CRITICAMENTE DOENTES**

A apresentação desta dissertação é requisito parcial à obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Porto Alegre, 24 de fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Gilberto Friedman
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Professora Patrícia Fontela
Montreal Children Hospital – McGill University

Professor Paulo Zielinsky
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

*Dedico este trabalho à minha família,
minha fonte inesgotável de amor,
e a todos os meus pacientes,
razão de minha busca constante por mais conhecimento.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, Diva, Valcir e Marcelo, meu porto seguro, minha fonte inesgotável de amor e confiança. Obrigada por sempre acreditarem nos meus sonhos e por estarem ao meu lado, garantindo que eu nunca desista.

Ao meu amor Gustavo, pelo companheirismo, paciência e suporte emocional durante todo este processo.

Aos meus queridos professores orientadores, Dr. Jefferson Pedro Piva e Dra. Taís Sica da Rocha, meu agradecimento mais sincero por sempre acreditarem, incentivarem e me inspirarem a ser uma profissional melhor. Sou imensamente grata por todas as oportunidades e pelo suporte que vocês sempre me proporcionaram.

À Dra Stelamaris Luchese, pela disposição em ingressar junto neste trabalho, por ter dispendido do seu tempo para a execução de cada um dos exames ecográficos e por sempre me incentivar e ajudar a tornar tudo possível.

Aos grandes amigos, sempre presentes e dispostos a tornar o processo mais leve, em especial Cinara, Gabriel, Renata e Verônica, por todas as orientações compartilhadas e pela parceria constante.

À família da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, que participou de uma parte muito importante da minha vida. Vocês são exemplos de colegas empáticos, que primam por um atendimento de excelência. Vocês foram imprescindíveis na construção da profissional que sou hoje.

RESUMO

Introdução: A infusão de volume continua sendo a base da terapia inicial para crianças em choque. Muitos pacientes não respondem à fluidoterapia podendo evoluir com sobrecarga hídrica, a qual está associada a maior morbimortalidade. Advém disso a necessidade de desenvolver ferramentas diagnósticas para identificar pacientes responsivos à administração de fluidos no choque. **Objetivo:** Avaliar mudanças nos parâmetros hemodinâmicos através de monitorização clínica e ecográfica de pacientes pediátricos internados em Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) quando submetidos à elevação passiva das pernas (EPP) e à elevação passiva da cabeça (EPC). **Metodologia:** Estudo piloto prospectivo experimental para comparação das técnicas de EPP e EPC, em pacientes menores de 5 anos. Inicialmente, os pacientes permanecem na posição basal (supino a 0°) por 3 minutos, sendo randomizados a elevar as pernas (EPP) ou cabeça (EPC) a 45° por 90 segundos. Avaliou-se parâmetros clínicos [frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM)] e variáveis ecográficas [índice caval, índice cardíaco (IC) e débito cardíaco (DC)]. **Resultados:** Foram incluídos 37 pacientes, 15 destes (40%) submetidos à EPP e os outros 22 (60%) à EPC. A mediana de idade no grupo EPP foi de 10 meses [2-17], enquanto no grupo EPC foi de 6 meses [3-9] ($p=0,69$). Não houve diferença entre os grupos nas médias e medianas de peso, altura, gênero, PIM2 e Comfort-B. A principal patologia de base foi pneumopatia correspondendo a 76% ($n=28$) da amostra. 86% ($n=32$) apresentavam estabilidade hemodinâmica e 81% ($n=30$) estavam em ventilação mecânica invasiva. Após EPP, observou-se redução média de 8,7% da PAS ($p=0,02$), 14% da PAD ($p=0,016$), 13% da PAM ($p=0,004$) e aumento de 26% do índice caval ($p=0,038$). Já, após EPC, houve aumento médio de 9% na PAS ($p=0,003$), 14% na PAD ($p=0,003$) e 12% na PAM ($p=0,000$). Não observamos diferença no do índice caval no grupo EPC e em relação a FC, IC e DC em ambos os grupos. Entretanto, ao se analisar a interação da pressão arterial (PA) com as variáveis ecográficas observou-se que após EPP 80% dos que reduziram PA ($n=8$) também reduziram IC/DC ($p=0,03$), enquanto, no grupo EPC, 50% dos que aumentaram PA ($n=7$) também aumentaram IC/DC ($p=0,6$). **Conclusão:** Neste estudo piloto, envolvendo crianças menores de 5 anos, observamos após EPC aumento nos índices pressóricos que esteve associado ao aumento de IC/DC em 50% dos casos. Por outro lado, após EPP houve redução nos níveis pressóricos concomitante a redução de IC/DC em 80% dos pacientes. Tais achados poderiam ser atribuídos às características fisiológicas específicas dessa faixa etária.

Palavras-chave: Fluidoterapia. Pressão arterial. Elevação passiva das pernas. Elevação passiva da cabeça. Pediatria.

ABSTRACT

Introduction: Fluid administration is the initial therapy for children in shock. Many patients do not respond to fluid therapy and may evolve into fluid overload, which is associated with greater morbidity and mortality. Hence, there is a need for diagnostic tools that can identify patients who are responsive to fluid administration in shock. **Objective:** To evaluate changes in hemodynamic parameters through clinical and ultrasound monitoring of pediatric patients admitted to a pediatric intensive care unit when undergoing passive leg raising (PLR) and passive head-up tilt (PHUT). **Methodology:** This prospective experimental pilot study compared the PLR and PHUT techniques in patients under 5 years old. Initially, patients remained in the baseline position (supine at 0°) for 3 minutes, being randomized to PLE or PHUT at 45° for 90 seconds. Clinical parameters [heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP)] and echographic variables [caval index, cardiac index (CI) and cardiac output (CO)] were measured. **Results:** A total of 37 patients were included: 15 (40%) underwent PLE and the other 22 (60%) underwent PHUT. The median age in the PLE and PHUT groups was 10 months [2-17] and 6 months [3-9], respectively ($p = 0.69$). There were no significant differences between the groups regarding weight, height, sex, Pediatric Index of Mortality 2 and COMFORT Behavior Scale results. The main underlying pathology was pneumopathy, which occurred in 76% ($n = 28$) of the sample. A total of 86% ($n = 32$) of the patients were hemodynamically stable and 81% ($n = 30$) were on invasive mechanical ventilation. After PLE, there was a mean reduction of 8.7% in SBP ($p = 0.02$), 14% in DBP ($p = 0.016$), 13% in MAP ($p = 0.004$), and a 26% increase in ciIVC/diIVC ($p = 0.038$). On the other hand, after PHUT, there was a mean increase of 9% in SBP ($p = 0.003$), 14% in DBP ($p = 0.003$) and 12% in MAP ($p = 0.000$). We observed no differences in ciIVC/diIVC in the PHUT group or in relation to HR, IC and CO in both groups. However, when analyzing the interaction between blood pressure and echographic variables, it was observed that after PLE, 80% of those who had reduced blood pressure ($n = 8$) also had reduced CI/CO ($p = 0.03$). In the in the PHUT group, 50% of those who had increased blood pressure ($n = 7$) also had increased CI/CO ($p = 0.6$). **Conclusion:** In this pilot study of children under 5 years of age, we observed an increase in pressure indices after PHUT that was associated with an increase in CI/CO in 50% of the cases. On the other hand, after PLE, there was a reduction in blood pressure levels concomitant with a reduction in CI/CO in 80% of patients. Such findings could be attributed to the specific physiological characteristics of this age group.

Keywords: Fluid therapy. Blood pressure. Passive leg raising. Head-up tilt. Pediatrics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração esquemática associada ao aumento do DC	18
Figura 2 - Ilustração esquemática do retorno venoso.....	199
Figura 3 - Curva de Frank Starling	20
Figura 4 - Primeiro protocolo desenvolvido para avaliação de EPP.....	277
Figura 5 - Protocolos recente de EPP, enfatizando os métodos considerados mais acurados para realização do mesmo	277
Figura 6 - Protocolo de EPP utilizado em população pediátrica.....	288
Figura 7 - Mudanças no diâmetro da VCI durante a ventilação mecânica. Acima se observa a VCI no modo 2D e abaixo no modo M.....	29
Figura 8 - Avaliação da VTIVsve por meio do doppler pulsado	300
Figura 9 - Síntese do protocolo de pesquisa.....	366
Figura 10 - Dispositivo utilizado para a realização das manobras.....	366

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO

Tabela 1 - Sample characteristics according to treatment group.	56
Tabela 2 - Results of clinical and ultrasound variables after passive leg raising (PLR).....	58
Tabela 3 - Results of clinical and ultrasound variables after passive head-up tilt (PHUT)...	599

LISTA DE ABREVIATURAS

DC	Débito cardíaco
DVSVE	Diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo
EPC	Elevação passiva da cabeceira
EPP	Elevação passiva das pernas
FC	Frequência cardíaca
FSCT	Fluxo sanguíneo cerebral total
IC	Índice cardíaco
icVCI	Índice caval de colapsidade da veia cava inferior
idVCI	Índice caval de distensibilidade da veia cava inferior
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PAS	Pressão arterial sistólica
UTIP	Unidade de terapia intensiva pediátrica
VCI	Veia cava inferior
VS	Volume sistólico
VTI _{vsve}	Velocidade integral tempo na via de saída do ventrículo esquerdo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR.....	18
2.1.1	Diferenças da fisiologia cardiovascular e fisiopatologia do choque entre adultos e crianças	20
2.2	CHOQUE EM PEDIATRIA	21
2.3	REPOSIÇÃO FLUÍDICA E SOBRECARGA HÍDRICA	23
2.4	COMO AVALIAR A RESPOSTA A VOLUME?	23
2.4.1	Conceitos gerais.....	23
2.4.2	Elevação passiva das pernas	24
2.4.3	Demais parâmetros para a avaliação de fluidoresponsividade.....	28
3	JUSTIFICATIVA	31
4	OBJETIVO.....	32
4.1	OBJETIVO GERAL.....	32
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
5	METODOLOGIA.....	33
5.1	DELINEAMENTO.....	33
5.2	SELEÇÃO AMOSTRAL	33
5.2.1	População e local do estudo.....	33
5.2.2	Critérios de inclusão	33
5.2.3	Critérios de exclusão.....	34
5.3	MANOBRAS	34
5.4	VARIÁVEIS AVALIADAS	37
5.4.1	Variáveis demográficas	37
5.4.2	Variáveis em estudo	38
5.4.3	Variáveis de desfecho.....	39
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
5.6	TAMANHO AMOSTRAL.....	40
5.7	ASPECTOS ÉTICOS	40
	REFERÊNCIAS	41
6	ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS	48
7	CONCLUSÕES.....	69
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

ANEXO A - PROTOCOLO DE PESQUISA.....	71
ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	74

1 INTRODUÇÃO

A otimização da função cardiovascular para garantir a adequada distribuição de oxigênio aos tecidos é de fundamental importância no manejo de pacientes críticos (TOPJIAN *et al.*, 2020). Diante de um estado de falência circulatória, a administração precoce de volume intravenoso é a primeira medida a ser instituída (WEISS *et al.*, 2020).

Neste contexto, mantém-se a orientação de infusão inicial de cristalóide isotônico de 20 ml/kg em 5 minutos, a qual é titulada para garantir pressão arterial (PA) adequada, redução da frequência cardíaca (FC), bons pulsos periféricos, enchimento capilar e débito urinário (DAVIS *et al.*, 2017; TOPJIAN *et al.*, 2020; WEISS *et al.*, 2020). Esta deve ser seguida por uma reavaliação constante de sinais de sobrecarga hídrica (PARIDON *et al.*, 2015; SANKAR *et al.*, 2017; INWALD *et al.*, 2018).

Estudos pediátricos demonstram que, em média, apenas 40-69% das crianças responderão à expansão intravascular (GAN *et al.*, 2013), da mesma forma, em adultos tem-se que apenas 50% dos pacientes críticos respondem a volume (MICHARD; TEBOUL, 2002). Além disso, o excesso de administração de fluidos vem sendo relacionado com mais necessidade de ventilação mecânica, maior tempo de internação, disfunção orgânica e aumento da mortalidade, tanto em adultos quanto em crianças (ALBAIDI *et al.*, 2018).

Advém disso a necessidade de desenvolvimento de ferramentas diagnósticas não invasivas para prever qual paciente responderá à administração de fluidos no choque (CECCONI; PINSKY, 2014; WEISS *et al.*, 2020). Tem-se que, para prever a capacidade de resposta do volume, faz-se necessária uma mudança na pré-carga, seguida pela avaliação do débito cardíaco (CHERPANATH *et al.*, 2013).

A elevação passiva das pernas (EPP) é um do método utilizado para avaliação de fluidorresponsividade. Neste método, as pernas são elevadas a um ângulo de 45° o que induz a

um aumento rápido na pré-carga biventricular, através do incremento do retorno venoso sistêmico, mimetizando-se a administração de fluido intravenoso (BOULAIN *et al.*, 2002). A EPP tem demonstrado boa precisão em estudos em adultos (CAVALLARO *et al.*, 2010; CHERPANATH *et al.*, 2016; MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016). Em Pediatria, a literatura ainda é escassa sobre o tema: dois estudos a respeito demonstram baixa sensibilidade e alta especificidade do método (LUKITO *et al.*, 2012; EL-NAWAWY; FARGHALY; HASSOUNA, 2020).

Importantes parâmetros hemodinâmicos, como fluxo sanguíneo cerebral total (FSCT) e índice cardíaco apresentam relação com a idade, particularmente, na fases iniciais do desenvolvimento da criança (BRANDFONBRENER; LANDOWNE; SHOCK, 1955; AMIN-HANJANI *et al.*, 2015; WU *et al.*, 2016). O FSCT atinge seu ápice aos seis anos e, até os quatro anos, a fração do débito cardíaco atribuído às artérias cerebrais é duas vezes maior em crianças, quando comparado a adultos (WU *et al.*, 2016). Considerando tais achados fisiológicos das crianças e que um importante número de pacientes internados em unidade de terapia intensiva pediátrica (UTIP) tem idade inferior a cinco anos (EINLOFT *et al.*, 2002; ODETOLA *et al.*, 2008), supomos que, ao realizar a manobra de elevação passiva da cabeceira (EPC), da mesma forma que a EPP, poderíamos prever resposta a volume.

Dentre os parâmetros avaliados após as manobras nos principais estudos sobre EPP, tem-se: os clínicos, como frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA); e os ecocardiográficos, como velocidade integral tempo na via de saída do ventrículo esquerdo (VTI_{vsve}), índice cardíaco (IC), débito cardíaco (DC) e o índice caval da distensibilidade ou colapsidade da veia cava inferior (icVCI ou idVCI) (CHERPANATH *et al.*, 2016; MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016; LEE *et al.*, 2019; ORSO *et al.*, 2020). É considerado fluidorrespondedor o paciente que apresenta aumento de 10-15% do IC ou DC após a execução das manobras (LUKITO *et al.*, 2012; CHERPANATH *et al.*, 2016).

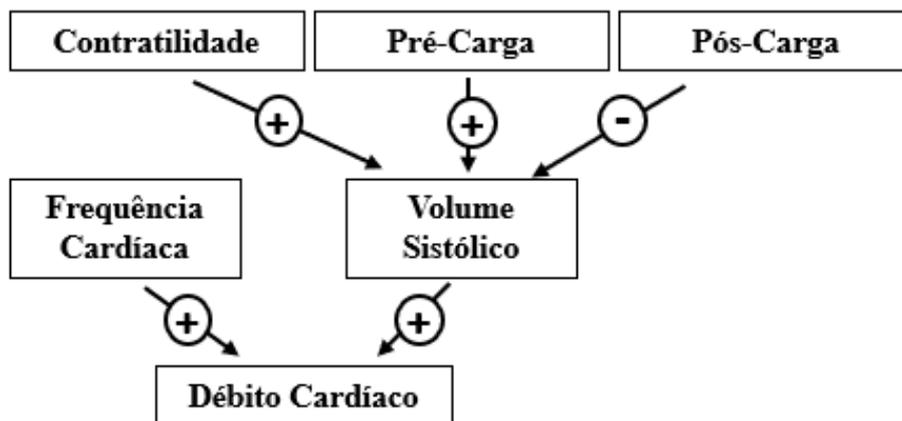
Carecemos de evidências sobre o tema em pacientes pediátricos críticos. Dessa forma, a proposta deste estudo é avaliar se mudanças clínicas e ecográficas podem ser evidenciadas após EPP e EPC e determinar se essas manobras poderiam ser consideradas possíveis preditoras de resposta a volume.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR

O débito cardíaco (DC) pode aumentar em até cinco vezes para se adaptar às mudanças metabólicas apresentadas pelo indivíduo. Este aumento está relacionado aos seguintes fatores: elevação da frequência cardíaca (FC) e aumento do volume sistólico (VS), por meio do incremento da contratilidade cardíaca, da pré-carga ou retorno venoso e pela redução da pós-carga (Figura 1) (GUYTON; HALL, 2006).

Figura 1 - Ilustração esquemática associada ao aumento do DC

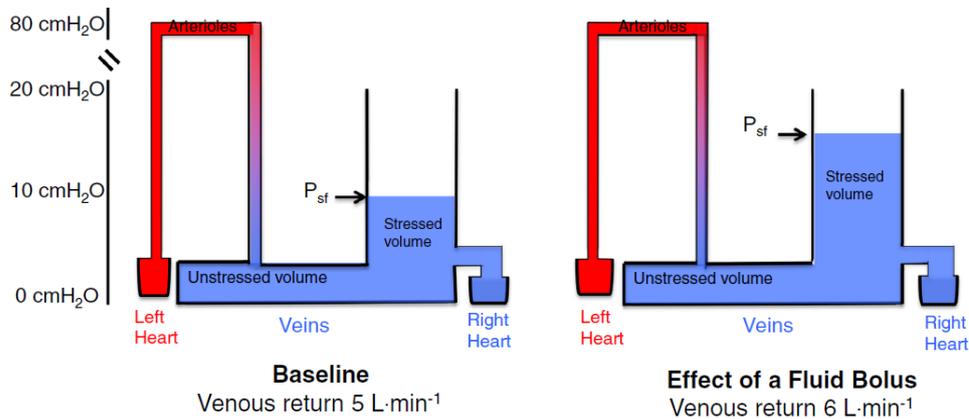


Fonte: a autora

O sistema venoso armazena dois terços do volume de sangue circulante, funcionando como um reservatório, o qual pode ser mobilizado, quando se faz necessário. Há um gradiente de pressão que conduz o sangue das veias para o coração, denominado pressão média de enchimento sistêmico, cujo valor é 7 mmHg. Tal pressão é independente do bombeamento cardíaco e diretamente relacionada ao volume de sangue circulante e à complacência venosa, enquanto a pressão no átrio direito em repouso é 0 mmHg, a mesma aumentará como resultado do enchimento cardíaco para cerca de 3 mmHg. Essas pressões podem se equivaler em caso de

depleção de volume, venodilatação ou se houver uma elevação patológica de pressão atrial direita (GUYTON; HALL, 2006; BAKKER; BERLIN, 2014).

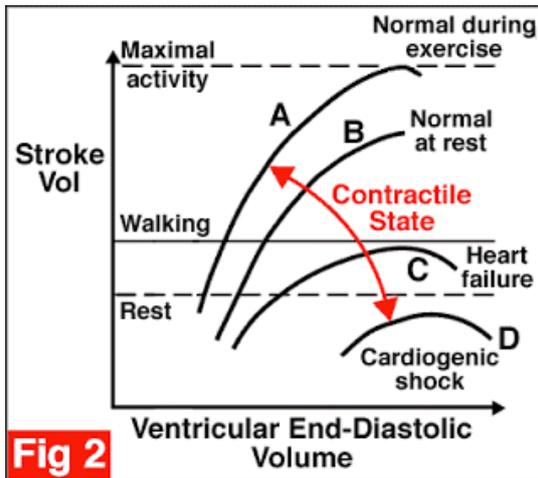
Figura 2 - Ilustração esquemática do retorno venoso



Fonte: BERLIN; BAKKER (2014)

Outro ponto importante da questão cardiovascular é a curva de Frank Starling (Figura 3), a qual é diretamente relacionada ao retorno venoso e à capacidade de enchimento cardíaco. O aumento do VS após administração de fluidos é determinado pelo posicionamento da pré-carga nessa curva. Na fase inicial da curva, o coração ainda tem uma reserva de pré-carga, de modo que aumentar o retorno venoso cardíaco resultará em um aumento no VS, o que corresponde aos pacientes que responderão de maneira positiva à administração de fluidos. Por outro lado, se o coração está na fase final da curva, não há mais reserva de pré-carga e, desta forma, um aumento significativo na VS não será alcançado, apesar pela administração de fluidos (LUKITO *et al.*, 2012; CHERPANATH, 2013; WANG *et al.*, 2019). A curva de Frank Starling é um dos fatores que auxiliam na compreensão das diferentes formas de resposta a volume apresentadas pelos pacientes.

Figura 3 - Curva de Frank Starling



Fonte: GUYTON; HALL (2006)

2.1.1 Diferenças da fisiologia cardiovascular e fisiopatologia do choque entre adultos e crianças

As dimensões cardiovasculares das câmaras cardíacas, o débito cardíaco, a pré e a pós-carga, bem como a frequência cardíaca e as propriedades das vias de condução do coração, apresentam importantes mudanças desde o estágio fetal até a vida adulta (DALLAIRE; SARKOLA, 2018). Tudo isso impacta na hemodinâmica cardiovascular, desde o enchimento cardíaco e as velocidades de fluxo sanguíneo até a performance miocárdica e o volume sistólico (DALLAIRE; SARKOLA, 2018).

Nas crianças, observa-se que o sistema cardiovascular é otimizado para acomodar um fluxo que é quatro vezes maior que o débito cardíaco no repouso, o que denota a maior complacência de seus vasos (SLUYSMANS; COLAN; THEORETICAL, 2005). Isso, associado ao fato de habitualmente terem funções renal e miocárdica preservadas, as tornaria menos suscetíveis à sobrecarga hídrica (EMR *et al.*, 2018).

Na sepse, é marcante a diferença encontrada entre adultos e crianças. Adultos cursam com choque associado à redução de resistência vascular sistêmica e à hipotensão, ainda, apesar da disfunção miocárdica apresentam débito cardíaco preservado ou aumentado, o que se

relaciona a dilatação ventricular e a taquicardia (DAVIS *et al.*, 2017). Já o choque pediátrico, mais especificamente o séptico, cursa com hipovolemia grave, aumento de resistência vascular sistêmica, podendo chegar a até 50% dos pacientes e débito cardíaco baixo (DAVIS *et al.*, 2017). Assim, crianças cursam com hipotensão em fase mais tardia e são muitos dependentes de FC, principalmente, os lactentes jovens (EMR *et al.*, 2018).

Vários estudos demonstraram que o fluxo sanguíneo cerebral total (FSCT) e o débito cardíaco são dependentes da idade (BRANDFONBRENER; LANDOWNE; SHOCK, 1955; AMIN-HANJANI *et al.*, 2015). Wu e colaboradores (2016) evidenciou, por meio de ressonância magnética de fluxo cerebral e cardíaca, haver forte relação entre FSCT, índice cardíaco e picos de velocidade arterial com a idade, particularmente nos primeiros anos de vida das crianças. O FSCT atinge seu ápice aos seis anos e, até os quatro anos, a fração do débito cardíaco atribuído às artérias cerebrais é duas vezes maior em crianças quando comparadas a adultos (WU *et al.*, 2016), nos quais o cérebro demanda em torno de 15% do débito cardíaco no repouso (GUYTON; HALL, 2006).

Portanto, a resposta ao choque, e a conseqüente infusão de fluidos, diferem entre adultos e crianças. Da mesma forma, supõe-se que haja diferença entre os mecanismos de avaliação de fluidorresponsividade relacionados.

2.2 CHOQUE EM PEDIATRIA

Corresponde a um estado fisiopatológico dinâmico e instável caracterizado pela falha na entrega de oxigênio para atender às demandas metabólicas dos tecidos (TOPJIAN *et al.*, 2020; WEISS *et al.*, 2020). O choque resulta de condições que causam diminuição do volume intravascular, distribuição anormal do volume intravascular ou função cardíaca prejudicada (TOPJIAN *et al.*, 2020). O tipo mais comum de choque pediátrico é hipovolêmico, associado primariamente à gastroenterite e a hemorragias, enquanto os distributivo, cardiogênico e

obstrutivo ocorrem em menor frequência. Usualmente, os diversos tipos de choque ocorrem simultaneamente (TOPJIAN *et al.*, 2020).

Na medida em que o choque evolui, ele passa de um estado compensado – no qual os mecanismos fisiológicos de taquicardia e de aumento de resistência vascular sistêmica ainda conseguem manter o débito cardíaco e a perfusão de órgãos alvos – para um estado descompensado (TOPJIAN *et al.*, 2020). Este último, atualmente denominado hipotensivo, é caracterizado por inadequada perfusão de órgãos-alvo e conseqüente diminuição do débito urinário e estado mental deprimido (TOPJIAN *et al.*, 2020).

A administração precoce de fluidos intravenosos para tratar choque é amplamente aceita (TOPJIAN *et al.*, 2020), e suas principais recomendações se relacionam à sepse. A mortalidade por sepse pediátrica diminuiu nos últimos anos concomitante à implementação de linhas de cuidado que enfatizam o papel da administração precoce de antibióticos e volume (WEISS *et al.*, 2020). Dessa forma, em pacientes com choque séptico, recomenda-se a administração de 10-20 ml/kg de volume, seguida por reavaliações continuadas de sinais de sobrecarga hídrica (INWALD *et al.*, 2018). Espera-se observar resposta terapêutica a partir da redução da FC, aumento da PA, melhora dos pulsos centrais e periféricos, bem como tempo de enchimento capilar menor que dois segundos, débito urinário maior que 1 ml/kg/h e recuperação do sensorio.

Dentre os desafios atuais do manejo do choque, destaca-se a busca por marcadores e variáveis com boa acurácia para guiar a quantidade de volume a ser infundido (TOPJIAN *et al.*, 2020; WEISS *et al.*, 2020).

2.3 REPOSIÇÃO FLUÍDICA E SOBRECARGA HÍDRICA

A administração de volume intravenoso é parte imprescindível no manejo de pacientes críticos. Por meio dela, objetiva-se otimizar a pré-carga e, assim, prover adequado aporte de oxigênio aos tecidos (WEISS *et al.*, 2020). Dessa forma, grande parte de todos os pacientes internados em UTIP acabam recebendo fluidos por alguma razão.

A busca pelo manejo fluídico adequado a cada paciente é importante para se evitar efeitos deletérios associados à sobrecarga hídrica, a qual vem sendo amplamente relacionada ao aumento de mortalidade e de morbidades, tais como aumento no tempo de ventilação mecânica, maior permanência hospitalar e risco de injúria renal aguda (ALBAIDI *et al.*, 2018). Tanto em adultos quanto em crianças, a morbidade aumenta quando a sobrecarga hídrica for maior que 10% (EL-NAWAWY *et al.*, 2020), principalmente entre os pacientes que requerem hemodiálise contínua (SELEWSKI *et al.*, 2011), em pós-operatórios de cirurgia cardíaca (LEX *et al.*, 2016) ou em quadros de sepse grave (WEISS *et al.*, 2020).

2.4 COMO AVALIAR A RESPOSTA A VOLUME?

2.4.1 Conceitos gerais

Métodos tradicionais de avaliação de fluidoresponsividade, como sinais vitais, exame físico (WO *et al.*, 1993) e medidas estáticas de pressão arterial (MARIK; CAVALLAZZI, 2013) são os mais acessíveis na prática clínica, mas não se correlacionariam de forma precisa a resposta volêmica. Assim, o desenvolvimento de ferramentas diagnósticas não invasivas para prever qual paciente responderá à administração de fluidos no choque é de interesse crescente (CECCONI; PINSKY, 2014; WEISS *et al.*, 2020).

A medição dinâmica do IC e do DC, bem como o uso da EPP, vem sendo consideradas formas seguras e viáveis de avaliar rapidamente a eficácia da administração de volume

(MONNET; CHERPANATH *et al.*, 2016; MARIK; TEBOUL, 2016; BEDNARCZYK *et al.*, 2017; LEE *et al.*, 2019; DOUGLAS *et al.*, 2020). Serão detalhados abaixo os métodos utilizados para prever resposta a volume no presente estudo.

2.4.2 Elevação passiva das pernas

No intuito de prever a capacidade de resposta a volume, faz-se necessária uma mudança na pré-carga seguida por uma avaliação de variáveis fisiológicas, como o débito cardíaco ou a pressão arterial sistêmica (CHERPANATH, 2013).

A EPP induz um aumento rápido na pré-carga biventricular, através do incremento do retorno venoso sistêmico, o que mimetiza a administração de volume intravenoso (BOULAIN *et al.*, 2002). Durante a manobra, estima-se que cerca de 300 ml de sangue das pernas e do leito esplâncnico/mesentérico é “autotransfundido” para a circulação central. Quando compara-se a EPP ao desafio hídrico, considerado o método padrão ouro para avaliação de fluidorresponsividade, observa-se que a EPP apresenta como vantagens não adicionar volume extra a um paciente não respondedor e o fato de que seus efeitos hemodinâmicos são rapidamente reversíveis (JABOT *et al.*, 2009).

Assim, a EPP é tida como uma forma de prever a capacidade de resposta a volume, demonstrando boa precisão em vários estudos em adultos (CAVALLARO *et al.*, 2010; CHERPANATH *et al.*, 2016; MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016). Em uma metanálise de 23 artigos, a EPP apresentou boa acurácia em prever responsividade fluídica, com curva ROC 0,95 (95% IC, 0.92-0.98), sensibilidade 86% (95% IC, 79-92) e especificidade 92% (95% IC, 88-96) (CHERPANATH *et al.*, 2016).

Em Pediatria, a literatura ainda é escassa sobre este tema. O principal estudo a respeito demonstrou um aumento no índice cardíaco maior que 10% induzido pela EPP, com área sobre a curva ROC 0,71 (95% IC, 0.55-0.88), sensibilidade 55% e especificidade 85% (LUKITO *et al.*, 2012). Enquanto outro estudo, utilizando o mesmo parâmetro de responsividade, apresentou curva ROC 0,81 (95% IC, 0.68-0.9), sensibilidade 65% e especificidade 100% (EL-NAWAWY; FARGHALY; HASSOUNA, 2020). Em relação à faixa etária desses estudos, Lukito e colaboradores (2012) incluiu pacientes de um a oito anos (média de seis anos), enquanto El-Nawawy e colaboradores (2020) incluiu crianças de um mês a cinco anos (média de cinco meses). Em crianças parece haver boa identificação dos não respondedores por EPP, mas não significa que uma resposta positiva à manobra repercutiria em um verdadeiro respondedor, considerando a baixa sensibilidade.

A EPP pode ser usada tanto em pacientes com respiração espontânea quanto em ventilados (MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016). Dentre os critérios de exclusão para uso da EPP estão: choque que exige ressuscitação imediata, cardiopatias com repercussão hemodinâmica, aumento da pressão intracraniana e fraturas de membros inferiores (LUKITO *et al.*, 2012). Nos casos de pressão intra-abdominal (PIA) aumentada, o uso de EPP deve ser avaliado com cautela, uma vez que a PIA elevada tende a aumentar a resistência vascular sistêmica e, assim, tais pacientes poderiam falsamente não responder à manobra (BEURTON *et al.*, 2019; MININI; ABRAHAM; MALBRAIN, 2020). Ainda, pode haver limitação ao método em pacientes com trombose de veia cava inferior e com alta pressão intratorácica.

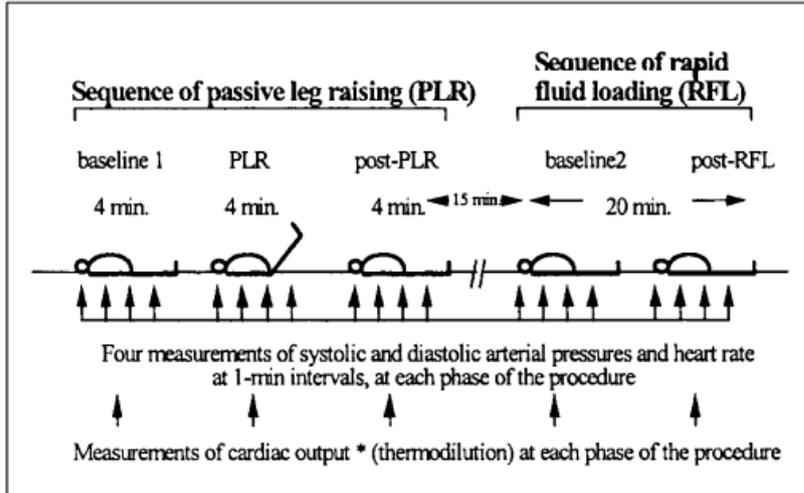
Cabe destacar que dor, tosse, desconforto e o simples despertar provocam estímulo adrenérgico e, portanto, aumentam o retorno venoso, resultando em uma interpretação equivocada da resposta à manobra (MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016). Normalmente a EPP não afeta a frequência cardíaca, sugerindo que a manobra, em si, não promove efeito catecolaminérgico (CHERPANATH *et al.*, 2016).

O método para a realização do exame encontra-se resumido abaixo:

- 1) **Posição basal:** o paciente encontra-se na posição supina, com a cabeceira em 45° ou em 0°. Em relação à posição basal inicial de 45°, tem-se que, quando o paciente passa desta posição para a EPP, este induziria uma transferência de um maior volume de sangue, quando comparada à posição inicial de decúbito dorsal 0°. Isso deve-se ao fato de o paciente recrutar não apenas sangue das pernas, mas também do compartimento esplâncnico (JABOT *et al.*, 2009), o que aumentaria a sensibilidade do teste. Metanálise subsequente não encontrou essa diferença entre as posições (CAVALLARO *et al.*, 2010).
- 2) **Realização da manobra:** ajustar as pernas em 45°, utilizando o dispositivo automático da cama. Deve haver cuidado na execução da EPP para evitar os estímulos adrenérgicos descritos acima, os quais são passíveis de causar viés de aferição.
- 3) **Avaliação do efeito da manobra:** idealmente, utiliza-se um método que estime o débito cardíaco com rapidez (MONNET; TEBOUL, 2015). Para tanto, meios ecográficos se mostraram superiores à avaliação clínica usual (WO *et al.*, 1993; MONNET; MARIK; TEBOUL, 2016). O efeito da EPP ocorre em 30-90 segundos após o início da manobra (CHERPANATH *et al.*, 2016).
- 4) **Avaliação após manobra:** o paciente deve ser avaliado após EPP – no caso, quando retorna para a condição basal de cabeceira em no mínimo 30° (MONNET; TEBOUL, 2015).
- 5) **Desafio hídrico:** consiste na comparação da EPP com o padrão ouro de fluidorresponsividade (LUKITO *et al.*, 2012; MONNET; TEBOUL, 2015).

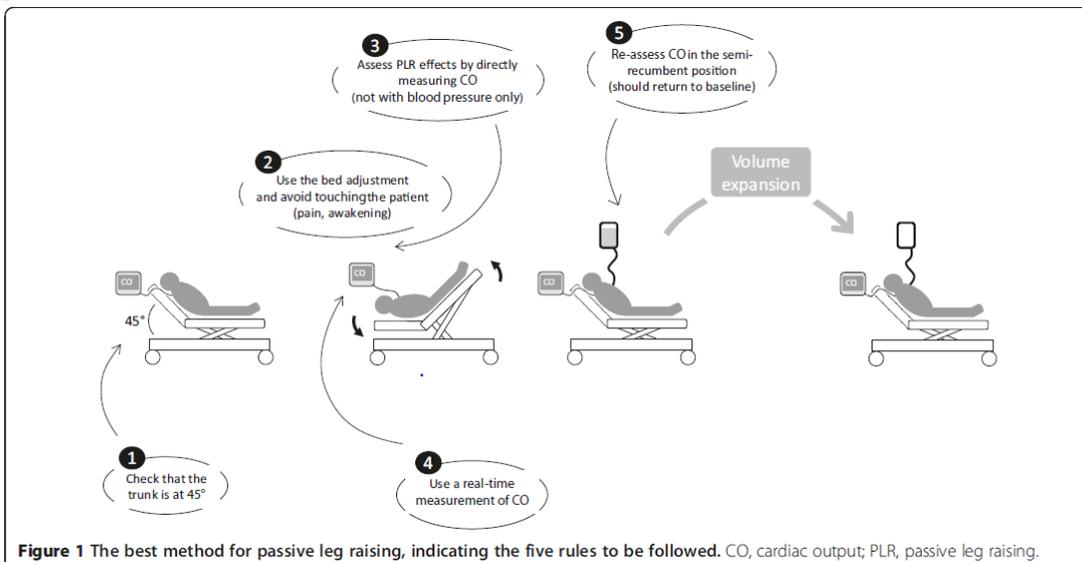
As figuras 4, 5 e 6 sintetizam os principais métodos utilizados para a execução da EPP:

Figura 4 - Primeiro protocolo desenvolvido para avaliação de EPP



Fonte: BOULAIN *et al.* (2002)

Figura 5 - Protocolos recente de EPP, enfatizando os métodos considerados mais acurados para realização do mesmo



Fonte: MONNET; TEBOUL (2015)

Figura 6 - Protocolo de EPP utilizado em população pediátrica

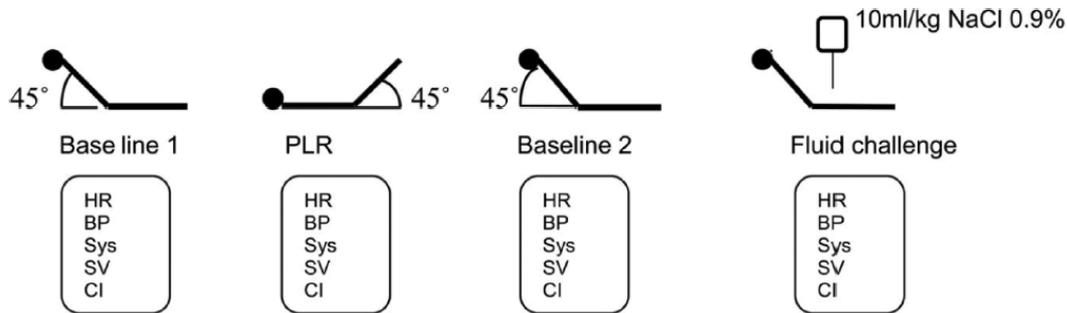


Figure 1. Research design. *PLR*, passive leg raising; *HR*, heart rate; *BP Sys*, systolic blood pressure; *SV*, stroke volume; *CI*, cardiac index.

Fonte: LUKITO *et al.* (2012)

2.4.3 Demais parâmetros para a avaliação de fluidorresponsividade

Um método amplamente conhecido e utilizado para predizer responsividade a volume é a medida do diâmetro da veia cava inferior (VCI), associado à sua variação durante um ciclo respiratório. Na respiração espontânea, o diâmetro da VCI diminui com o aumento do volume intratorácico e a redução da pressão intratorácica, a partir de tal medida determina-se índice caval de colapsidade da VCI (icVCI) (ORSO *et al.*, 2020). Já na ventilação mecânica invasiva, aplica-se uma pressão positiva no tórax, o que repercute em um aumento do diâmetro da VCI, resultando no índice caval de distensibilidade da VCI (idVCI) (ORSO *et al.*, 2020).

A fórmula utilizadas para os cálculos são as seguintes (BARBIER *et al.*, 2004):

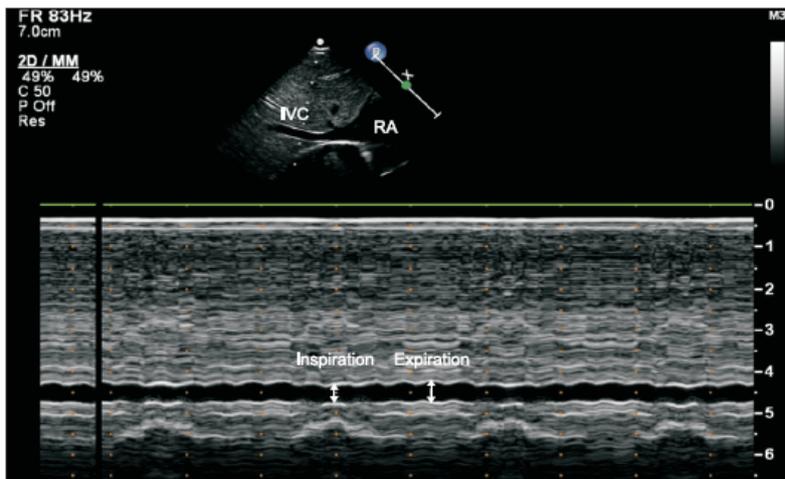
- $icVCI (\%) = \frac{VCI \text{ diâmetro máximo} - VCI \text{ diâmetro mínimo}}{VCI \text{ diâmetro máximo}} \times 100$
- $idVCI (\%) = \frac{VCI \text{ Diâmetro máximo} - VCI \text{ diâmetro mínimo}}{VCI \text{ diâmetro mínimo}} \times 100$

O paciente é considerado respondedor a volume quando o icVCI aumenta em 40-50% (MULLER *et al.*, 2012; AIRAPETIAN *et al.*, 2015) e o idVCI em 12-18% (BARBIER *et al.*, 2004; FEISSEL *et al.*, 2004). Há uma importante heterogeneidade nos estudos sobre o tema.

Os dados obtidos até o momento, tanto em crianças quanto em adultos, demonstram que tal método não parece ser um bom preditor de responsividade a volume (GAN *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2019; ORSO *et al.*, 2020).

Tipicamente, a VCI é identificada na janela subcostal, no eixo longitudinal, na entrada do átrio direito, por meio do modo 2D (Figura 7). Os diâmetros mínimo e máximo da VCI são obtidos a, aproximadamente, 2 cm da junção do VCI, com o átrio direito no modo M (Figura 7).

Figura 7 - Mudanças no diâmetro da VCI durante a ventilação mecânica. Acima se observa a VCI no modo 2D e abaixo no modo M.



*IVC – veia cava inferior e RA – átrio direito
Fonte: LEE *et al.* (2019)

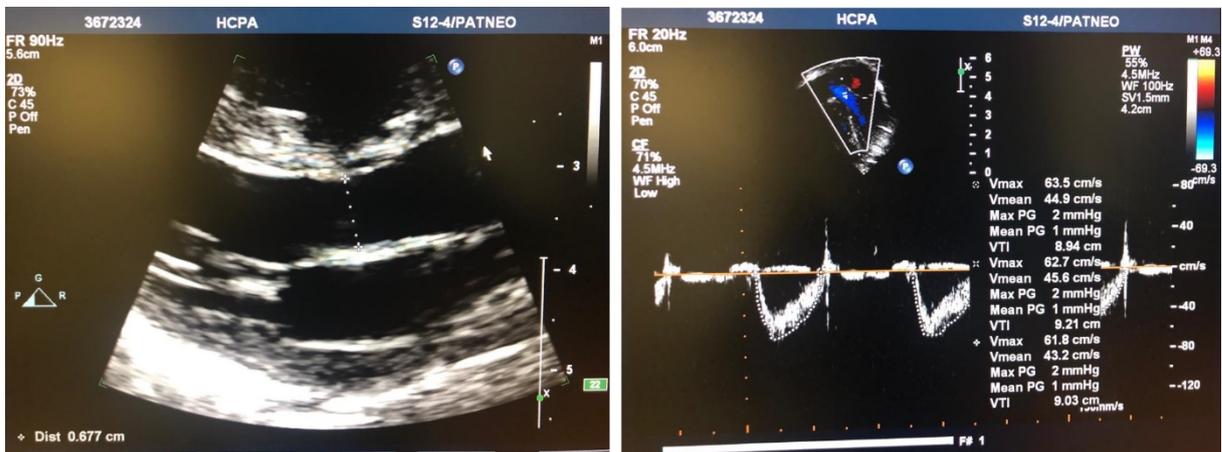
Em contrapartida, é bem documentada, principalmente na literatura de adultos e nas poucas pediátricas, que o aumento de 10-15% do débito cardíaco (DC) e do índice cardíaco (IC) identifica pacientes fluidorrespondedores (LUKITO *et al.*, 2012; CHERPANATH *et al.*, 2016).

Para tanto, utilizamos a medida velocidade integral tempo na via da saída do ventrículo esquerdo (VTI_{vsve}), a qual foi mensurada no corte apical de cinco câmaras, por meio do doppler pulsado, posicionado na via de saída do ventrículo esquerdo e congelado no modo *zoom*

na sístole (Figura 8). O diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo (DVSVE) foi obtido na janela paraesternal no eixo longitudinal, com sua imagem congelada em *zoom* na mesossístole. Esses dados foram aplicada as fórmulas descritas abaixo (DUBIN *et al.*, 1990):

- Volume Sistólico (L) = $0,785 \times VTI_{vsve} \times [\text{Diâmetro da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo (DVSVE)/2}]^2$;
- Débito Cardíaco (L/min) = Volume sistólico \times Frequência cardíaca / 1000;
- Índice Cardíaco (L/min/m²) = Débito cardíaco / Superfície corporal.

Figura 8. Avaliação da VTI_{vsve} por meio do doppler pulsado



Fonte: a autora

3 JUSTIFICATIVA

Embora a infusão de volume continue sendo a base da terapia inicial para crianças em choque, a sobrecarga de fluidos pode levar ao aumento da morbidade (PARIDON *et al.*, 2015; WEISS *et al.*, 2020). Apenas 40-69% das crianças responderão à expansão intravascular (GAN *et al.*, 2013). Neste contexto, é crescente o interesse no desenvolvimento de ferramentas diagnósticas não invasivas para prever qual paciente responderá à administração de volume no choque (TOPJIAN *et al.*, 2020; WEISS *et al.*, 2020).

Vem-se demonstrando que avaliações dinâmicas do choque, por meio da EPP e de variáveis ecográficas, na orientação do manejo de fluidos, poderia reduzir a mortalidade quando comparada ao uso apenas de métodos tradicionais (DOUGLAS *et al.*, 2020). Além disso, considerando os diferentes achados fisiológicos das crianças até quatro anos, na qual a fração do débito cardíaco atribuído às artérias cerebrais é duas vezes maior quando comparado a adultos (WU *et al.*, 2016), supomos que, ao realizar a manobra de elevação passiva da cabeça (EPC), da mesma forma que a EPP, poderíamos prever a resposta ao volume.

4 OBJETIVO

4.1 OBJETIVO GERAL

Comparar as respostas hemodinâmicas após Elevação Passiva das Pernas (EPP) e Elevação Passiva da Cabeceira (EPC), com vistas a predizer se tais manobras poderiam ser consideradas preditores de resposta a volume e pacientes pediátricos críticos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Testar a hipótese de que os parâmetros clínicos – pressão arterial sistólica/diastólica/média e frequência cardíaca – mostram comportamento diferente de acordo com o tipo de manobra (EPP ou EPC);
2. Testar a hipótese de que os parâmetros ecocardiográficos – colapsidade/distensibilidade da veia cava inferior, índice cardíaco e débito cardíaco – mostram comportamento diferente de acordo com o tipo de manobra (EPP ou EPC);
3. De acordo com o tipo de resposta observada, avaliar se tais manobras poderiam ser consideradas possíveis preditores de resposta a volume.

5 METODOLOGIA

5.1 DELINEAMENTO

Estudo piloto prospectivo experimental para avaliação de duas técnicas de responsividade a volume.

5.2 SELEÇÃO AMOSTRAL

5.2.1 População e local do estudo

Pacientes internados na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), no período que compreende maio a dezembro de 2019. Consiste em um hospital terciário com 13 leitos com rotatividade mensal média de 55 pacientes durante este período.

5.2.2 Critérios de inclusão

Inclui-se indivíduos com idade menor que 5 anos. Submetidos à ventilação mecânica invasiva (SERVO I System V12, Siemens, Sweden) ou em respiração espontânea. Estáveis hemodinamicamente ou com choque compensado caracterizado por presença clínica de taquicardia, alteração de pulsos ou perfusão, redução do débito urinário ($<1\text{ml/kg/dia}$), do nível de consciência, mas sem hipotensão, conforme parâmetros numéricos determinados pelo *Pediatric Advanced Life Support 2020* (TOPJIAN *et al.*, 2020), independentemente da etiologia do mesmo. Submetidos a sedação ou não, conforme escala Comfort-Behavior, a qual classifica como: ≤ 10 muito sedados; 10-22 sedados; e > 22 não sedados (ISTA *et al.*, 2005).

5.2.3 Critérios de exclusão

Dentre os critérios de exclusão estão: choque hipotensivo que exige ressuscitação imediata com fluidos ou inotrópicos, conforme parâmetros numéricos de hipotensão determinados pelo *Pediatric Advanced Life Support 2020* (TOPJIAN *et al.*, 2020), síndrome respiratória aguda grave, determinada por índice de saturação de oxigênio $> 12,3$ (ROTTA *et al.*, 2015); sinais ou suspeita clínica de hipertensão intracraniana; presença de fraturas de membros inferiores; cardiopatia cianótica ou acianótica; malformações ou trombozes evidenciadas ao exame ou já diagnosticadas a nível de veia cava inferior, superior ou jugulares; pressão intrabdominal aferida elevada definida (como uma PIA acima de 12 mmHg em duas mensurações consecutivas num intervalo de 4 a 6 horas); pacientes com ascite, distensão abdominal importante ou massas abdominais; pacientes com sinais de sobrecarga hídrica descrita na data do exame pela equipe assistencial; pacientes em cuidados paliativos. Também foram excluídos aqueles que já houvessem realizado o protocolo previamente em outra internação na UTIP.

5.3 MANOBRAS

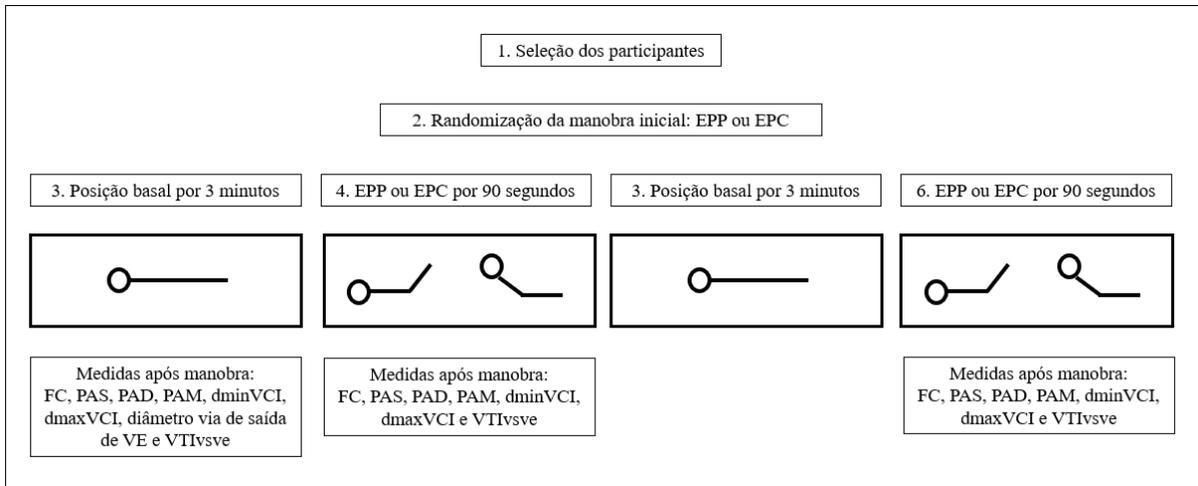
A execução do protocolo (ANEXO 1) compreende seis etapas, conforme descrição detalhada abaixo e na Figura 9.

- 1) **Seleção dos pacientes da UTIP:** a completa execução de um protocolo tem o tempo médio de duração de 30 minutos. Tínhamos disponíveis duas horas semanais para realização do protocolo. Desta forma, eram sorteados três pacientes por semana dentre os internados, os quais, se respeitassem os critérios de inclusão e exclusão, eram inseridos no estudo.
- 2) **Randomização dos pacientes em dois grupos:** todos os protocolos estavam impressos no início do estudo (maio/2019), já com a marcação da manobra inicial a ser realizada.

A cada novo paciente inserido, retirávamos aleatoriamente um dos protocolos do arquivo. Desta forma, metade dos pacientes iniciaram com a elevação passiva das pernas (EPC) e os demais com a elevação passiva das cabeceira (EPC). Portanto, todos os pacientes eram submetidos as duas manobras.

- 3) **Posição basal:** nesta etapa, colocamos o paciente em decúbito dorsal, cabeceira e pernas em 0° por um tempo de três minutos (BOULAIN *et al.*, 2002; CAVALLARO *et al.*, 2010). Após este período, foram avaliados sinais vitais (FC, PAS, PAD e PAM), sinais clínicos de sepse, diâmetro mínimo e máximo da VCI durante um ciclo respiratório, DSVE e a medida da VT_{Ivsve}. A avaliação foi feita em cinco minutos. No item 5.4 detalhamos cada variável e como foram avaliadas.
- 4) **Posição da manobra 1:** conforme a randomização, a cabeceira foi elevada a 45°, com as pernas permanecendo em 0° ou com as pernas elevadas a 45° e a cabeceira mantida em 0°. Após 90 segundos na posição, foram avaliados sinais vitais (FC, PAS, PAD e PAM), diâmetro mínimo e máximo da VCI durante um ciclo respiratório e a VT_{Ivsve}. A avaliação era feita em cerca de dois minutos.
- 5) **Retorno para a posição basal:** o paciente retorna à posição neutra – cabeceira e pernas em 0° por 3 minutos.
- 6) **Posição da manobra 2:** conforme a randomização, a cabeceira foi elevada a 45°, com as pernas permanecendo em 0° ou com as pernas elevadas a 45° e a cabeceira mantida em 0°. Após 90 segundos na posição, foram avaliados sinais vitais (FC, PAS, PAD e PAM), diâmetro mínimo e máximo da VCI durante um ciclo respiratório e três medidas da VT_{Ivsve}. A avaliação era feita em cerca de dois minutos.

Figura 9 - Síntese do protocolo de pesquisa



Fonte: a autora

Todos os exames ecográficos foram realizados com o mesmo aparelho (Philips Vascular HD7), por uma cardiologista pediátrica com mais de cinco anos de atuação e especialização em ultrassonografia cardíaca. Ainda, visando melhor adequação do método, desenvolvemos um dispositivo com ângulo fixo de 45° para a realização das manobras (Figura 10), o mesmo se adequava facilmente sobre o leito e era revestido por material passível de higienização após cada uso.

Figura 10 - Dispositivo utilizado para a realização das manobras



Fonte: a autora

É importante destacar que, na análise estatística preliminar, observou-se efeito residual nos parâmetros clínicos/ecográficos da primeira manobra executada sobre os resultados da segunda. Buscando minimizar quaisquer vieses, optou-se por avaliar, exclusivamente, os dados relativos à primeira manobra utilizada, apesar de todos os pacientes terem realizado as duas. Em resumo, foi como se o estudo tivesse sido interrompido após a etapa 4 (Figura 9).

5.4 VARIÁVEIS AVALIADAS

5.4.1 Variáveis demográficas

Variáveis demográficas foram extraídas do prontuário do pacientes e incluíram: idade, peso, altura, *Paediatric Index of Mortality 2* (PIM2) (SLATER; SHANN; PEARSON, 2003), escala *Comfort Behavior (Comfort-B)* (ISTA *et al.*, 2005), motivo da internação e sinais clínicos de sobrecarga hídrica definidos na avaliação da equipe assistencial naquele dia.

Após, realizou-se avaliação clínica da condição hemodinâmica e respiratória do paciente na beira do leito. A primeira caracterizada pela presença de taquicardia (TOPJIAN *et al.*, 2020), alteração de perfusão, alteração de pulso, diminuição de débito urinário (<1 ml/kg/h), alteração de consciência, hipotensão a partir da pressão sistólica (TOPJIAN *et al.*, 2020); presença ou ausência de choque; etiologia do choque (hipovolêmico, distributivo, cardiogênico ou obstrutivo) e uso de droga vasotiva. A segunda, descrevendo se ventilação espontânea ou mecânica invasiva (VMI). A VMI foi caracterizada como: mandatória intermitente sincronizada ciclada a tempo e limitada a pressão (SMIV PC) e ventilação mandatória intermitente sincronizada, pressão regulada e volume controlado (SMIV PRVC) e, de acordo com os respectivos parâmetros, os quais incluem pressão inspiratória positiva (PIP), pressão expiratória positiva final (PEEP), volume corrente (VC), frequência respiratória (FR) e fração inspirada de oxigênio (FiO₂).

5.4.2 Variáveis em estudo

Conforme detalhado no item 5.3, serão avaliadas antes e depois das manobras variáveis clínicas e ecográficas:

Clinicas: correspondem a FC, PAS, PAD e PAM. Todos os pacientes avaliados estavam em regime de UTIP monitorizados pelo mesmo aparelho (Philips Intellveue MP 60). Deste modo, as informações relativas às variáveis clínicas foram retiradas deste monitor padrão da unidade. A aferição da PAS, PAD e PAM foi realizada por método oscilométrico, o qual estima valores a partir de alterações na oscilação do pulso na medida em que o manguito é desinflado. O manguito utilizado foi o apropriado para o tamanho da criança, conforme recomendação da literatura que coloca que o comprimento da bolsa inflável deve ser de 80–100% da circunferência do braço e a largura de pelo menos 40% do mesmo (FLYNN *et al.*, 2017). Buscamos sempre realizar a medida no membro superior direito, exceto se houvesse alguma contraindicação.

Ecográficas:

- *Veia cava inferior (VCI):* a VCI foi identificada na janela subcostal, no eixo longitudinal, na entrada do átrio direito, por meio do modo 2D. Os diâmetros mínimo e máximo da VCI são obtidos a aproximadamente 2 cm da junção do VCI com o átrio direito, no modo M. A fórmula utilizada para avaliação do icVCI (não ventilados) foi $(\%) = \frac{VCI \text{ diâmetro máximo} - VCI \text{ diâmetro mínimo}}{VCI \text{ diâmetro máximo}} \times 100$ e de idVCI $(\%) = \frac{VCI \text{ Diâmetro máximo} - VCI \text{ diâmetro mínimo}}{VCI \text{ diâmetro mínimo}} \times 100$.
- *Índice cardíaco e débito cardíaco:* obtivemos uma medida da VTIVsve, sendo que o valor utilizado para o cálculo foi a média de três ciclos envelopados. A medida VTIVsve foi mensurada no corte apical de cinco câmaras, por meio do doppler pulsado,

posicionado na via de saída do ventrículo esquerdo e congelado no modo *zoom* na sístole (Figura 9). O DVSVE foi obtido na janela paraesternal no eixo longitudinal com sua imagem congelada em *zoom* na mesossístole (DUBIN *et al.*, 1990):

- Volume Sistólico (L) = $0,785 \times VT_{Ivsve} \times [Diâmetro da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo (DVSVE)/2]^2$;
- Débito Cardíaco (L/min) = $Volume\ sistólico \times Freqüência\ cardíaca / 1000$;
- Índice Cardíaco (L/min/m²) = $Débito\ cardíaco / Superfície\ corporal$.

5.4.3 Variáveis de desfecho

Mudanças em parâmetros clínicos (FC, PAS, PAD e PAM) e ecocardiográficos (icVCI/idVCI, VT_{Ivsve}, IC e DC) após a realização das manobras de EPP e EPC.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram armazenados no programa Excel, da Microsoft. Os cálculos estatísticos e a elaboração dos gráficos e das tabelas foram realizados pelo programa Statistical Package for Social Sciences versão 21.0 (SPSS).

Em relação às variáveis contínuas, os dados foram apresentados em média e desvio padrão, quando com distribuição normal; e, em mediana e intervalo interquartil, caso a distribuição não tenha sido normal. Variáveis categóricas foram expressadas em porcentagem e comparadas com o teste qui-quadrado de Pearson ou exato de Fisher.

A comparação intra e intergrupos, simultaneamente, foi realizada pelo modelo de equações de estimativas generalizadas (GEE), complementado pelo teste Least significant difference (LSD). O modelo linear foi aplicado para variáveis com distribuição normal e o gama para as distribuições assimétricas.

O nível de significância adotado foi o valor de $p < 0,05$ e intervalo de confiança de 95%.

5.6 TAMANHO AMOSTRAL

Como não há estudos prévios neste assunto, realizamos este piloto cujos os dados obtidos permitiram estimar o cálculo amostral para estudos futuros, que avaliem a diferença entre as duas intervenções. Em função disso, os resultados aqui obtidos foram analisados quanto ao seu poder discriminatório.

5.7 ASPECTOS ÉTICOS

Para o presente estudo, foram utilizados dados do prontuário eletrônico, os quais foram transcritos para um banco de dados específico. Os prontuários foram anonimizados e identificados por código numérico, preservando assim a identidade dos participantes para a análise posterior.

A todos os pacientes foi aplicado um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 2). Atendendo à Resolução CNS nº 510, de 07 de abril de 2016, que regulamenta a pesquisa com seres humanos no Brasil, o projeto foi submetido à Comissão de Ética e Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e aprovado sob o número CAAE 64779517.4.0000.5327.

REFERÊNCIAS

- AIRAPETIAN, N. *et al.* Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients?. **Critical Care**, v. 19, n. 400, p.1-8, 2015.
- ALBAIDI, R. *et al.* Association between fluid balance and outcomes in critically ill children: A systematic review and meta-analysis. **JAMA Pediatrics**, v. 172, n. 3, p. 257–268, 2018.
- AMBUEL, B. *et al.* Assessing distress in pediatric intensive care environments: the COMFORT Scale. **Journal of Pediatric Psychology**, v. 17, n. 1, p. 95–109, 1992.
- AMIN-HANJANI, S. *et al.* Effect of age and vascular anatomy on blood flow in major cerebral vessels. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 35, n. 2, p. 312–318, 2015.
- BARBIER, C. *et al.* Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. **Intensive Care Medicine** v. 30, p. 1740–1746, 2004.
- BEDNARCZYK, J. M. *et al.* Incorporating dynamic assessment of fluid responsiveness into goal-directed therapy: a systematic review and meta-Analysis. **Critical Care Medicine**, v. 45, n. 9, p. 1538–1545, 2017.
- BERLIN, D. A.; BAKKER, J. Understanding venous return. **Intensive Care Medicine**, v. 40, n. 10, p. 1564–1566, 2014.
- BEURTON, A. *et al.* Intra-abdominal hypertension is responsible for false negatives to the passive leg raising test. **Critical Care Medicine**, v. 47, n. 8, p. E639–E647, 2019.
- BOULAIN, T. *et al.* Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. **Chest**, v. 121, n. 4, p. 1245–1252, 2002.
- BOYD, J. H. *et al.* Fluid resuscitation in septic shock: A positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. **Critical Care Medicine**. v. 39, n. 2, p. 259–265, 2011.

BRANDFONBRENER, M.; LANDOWNE, M.; SHOCK, N. W. Changes in cardiac output with age. **Circulation**, v. 12, n. 4, p. 557–566, 1955.

CAVALLARO, F. *et al.* Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: Systematic review and meta-analysis of clinical studies. **Intensive Care Medicine**, v. 36, n. 9, p. 1475–1483, 2010.

CECCONI, M.; PINSKY, M. R. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. **Task force of the European Society of Intensive Care Medicine**, v. 40, p. 1795–1815, 2014.

CHERPANATH, T. Basic concepts of fluid responsiveness. **Netherlands Heart Journal**. v. 21, n. 12, p. 530-536, 2013.

CHERPANATH, T. G. V. Basic concepts of fluid responsiveness. **Netherlands Heart Journal**, v. 21, n. 12, p. 530–536, 2013.

CHERPANATH, T. G. V. *et al.* Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: a systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials. **Critical Care Medicine**, v. 44, n. 5, p. 981–991, 2016.

DALLAIRE, F.; SARKOLA, T. Growth of cardiovascular structures from the fetus to the young adult. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 1065, p. 347–360, 2018.

DAVIS A. L. *et al.* American college of critical care medicine clinical practice: parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. **Critical Care Medicine**, v. 45, n. 6, p. 1061-1093, 2017.

DOUGLAS, I. S. *et al.* Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial. **Chest**, v. 158, n. 4, p. 1431–1445, 2020.

DUBIN, J. *et al.* Comparative accuracy of Doppler echocardiographic methods for clinical stroke volume determination. **American Heart Journal**, v. 120, n. 1, p. 116–123, 1990.

EINLOFT, P. R. *et al.* Perfil epidemiológico de dezesseis anos de uma unidade de terapia intensiva pediátrica. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 6, p. 728–733, 2002.

EL-NAWAWY, A. A.; FARGHALY, P. M.; HASSOUNA, H. M. Accuracy of passive leg raising test in prediction of fluid responsiveness in children. **Indian Journal of Critical Care Medicine**, v. 24, n. 5, p. 344–349, 2020.

EL-NAWAWY, A. *et al.* Clinical outcomes associated with fluid overload in critically ill pediatric patients. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 66, n. 2, p. 152–162, 2020.

EMR, B. M. *et al.* Pediatric sepsis update: how are children different? **Surgical Infections**, v. 19, n. 2, p. 176–183, 2018.

FEISSEL, M. *et al.* The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. **Intensive Care Medicine**. v. 30, p. 1834–1837, 2004.

FLYNN, J. T. *et al.* Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents. **Pediatrics**, v. 140, n. 3, p. e20171904, 2017.

GAN, H. *et al.* Predicting fluid responsiveness in children: a systematic review. **Anesthesia and Analgesia**, v. 117, n. 6, p. 1380–1392, 2013.

GUYTON, A.; HALL, J (ed). *Tratado de Fisiologia Médica*. 11^a ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

HEART, T. N. Comparison of two fluid-management strategies in acute lung injury. **The New England Journal of Medicine**, v. 354, p. 2564-2575, 2006.

HOLTE, K.; KEHLET, H.; HON, F. Fluid therapy and surgical outcomes in elective surgery: a need for reassessment in fast-track surgery. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 202, n. 6, p. 971-989, 2006.

INWALD, D. P. *et al.* Restricted fluid bolus volume in early septic shock : results of the fluids in shock pilot trial. **Archive of Diseases in Childhood**. v. 104, n. 5, p. 1–6, 2018.

ISTA, E. *et al.* Assessment of sedation levels in pediatric intensive care patients can be improved by using the COMFORT "behavior" scale. **Pediatric Critical Care Medicine**. v. 6, n.1, p. 58-63, 2005.

JABOT, J. *et al.* Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: Importance of the postural change. **Intensive Care Medicine**, v. 35, n. 1, p. 85–90, 2009.

KERSON, A. G. *et al.* Validity of the Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS) in critically ill children. **Journal of Intensive Care**, v. 4, n. 1, p.1-6, 2016.

LEE, J. H. *et al.* Fluid responsiveness in the pediatric population. **Korean Journal of Anesthesiology**, v. 72, n. 5, p. 429–440, 2019.

LEX, D. J. *et al.* Fluid overload is associated with higher mortality and morbidity in pediatric patients undergoing cardiac surgery. **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 17, n. 4, p. 307–314, 2016.

LUKITO, V. *et al.* The role of passive leg raising to predict fluid responsiveness in pediatric intensive care unit patients. **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 13, n. 3, p. 155–160, 2012.

MARIK, P. E.; CAVALLAZZI, R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. **Critical Care Medicine**, v. 41, n. 7, p. 1774–1781, 2013.

MICHARD, F, TEBOUL J. L. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. **Chest**. v. 121, n. 6, p. 2000-2008, 2002.

MININI, A.; ABRAHAM, P.; MALBRAIN, M. L. N. G. Predicting fluid responsiveness with the passive leg raising test: don't be fooled by intra-abdominal hypertension! **Annals of Translational Medicine**, v. 8, n. 12, p. 799–799, 2020.

MITCHELL, C. *et al.* Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 32, n. 1, p. 1-64, 2019.

MONNET, X.; MARIK, P.; TEBOUL, J. L. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. **Intensive Care Medicine**, v. 42, n. 12, p. 1935–1947, 2016.

MONNET, X.; TEBOUL, J. Passive leg raising : five rules, not a drop of fluid! **Critical Care**, v. 19, n.1 p. 18–20, 2015.

MULLER, L. *et al.* Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. **Critical Care**, v. 16, n. R188, p. 1-7, 2012.

ODETOLA, F. O. *et al.* Do outcomes vary according to the source of admission to the pediatric intensive care unit? **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 9, n. 1, p. 20–25, 2008.

ORSO, D. *et al.* Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 35, n. 4, p. 354–363, 2020.

PARIDON, B. M. VAN *et al.* Timing of antibiotics, volume, and vasoactive infusions in children with sepsis admitted to intensive care. **Critical Care**, v. 19, n. 1, p. 1–9, 2015.

ROTTA, A. *et al.* Progressos e perspectivas na síndrome do desconforto respiratório agudo em pediatria. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 27, n. 3, p. 266-273, 2015.

SANKAR, J. *et al.* Fluid bolus over 15–20 versus 5–10 minutes each in the first hour of resuscitation in children with septic shock: a randomized controlled trial. **Pediatric Critical Care**, v. 18, n. 10, p. e435-e445, 2017.

SELEWSKI, D. T. *et al.* Weight-based determination of fluid overload status and mortality in pediatric intensive care unit patients requiring continuous renal replacement therapy. **Intensive Care Medicine**, v. 37, n. 7, p. 1166–1173, 2011.

SLATER, A. SHANN, F, PEARSON, G; Paediatric Index of Mortality (PIM) study group. PIM2: a revised version of the Paediatric Index of Mortality. **Intensive Care Medicine**, v. 29, n. 2, p. 278-285, 2003.

SLUYSMANS, T.; COLAN, S. D.; THEORETICAL, S. D. C. Theoretical and empirical derivation of cardiovascular allometric relationships in children. **Methods**. v. 1, p. 445–457, 2005.

TEASDALE, G.; JENNETT, B. Assessment of coma and impaired consciousness. **The Lancet**, v. 304, n. 7872, p. 81–84, 1974.

TOPJIAN, A. A. *et al.* Part 4: **Pediatric Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care**. v. 142.

WANG, X. *et al.* Value of respiratory variation of aortic peak velocity in predicting children receiving mechanical ventilation: A systematic review and meta-Analysis. **Critical Care**, v. 23, n. 1, p. 1–13, 2019.

WEISS, S. L. *et al.* Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children. **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 21, n.2, p.e52-e106, 2020.

WO, C. C. J. *et al.* Unreliability of blood pressure and heart rate to evaluate cardiac output in emergency resuscitation and critical illness. **Critical Care Medicine**, v. 21, n. 2, p. 218–223, 1993.

WU, C. et al. Age-related changes of normal cerebral and cardiac blood flow in children and adults aged 7 months to 61 years. **Journal of the American Heart Association**, v. 5, n. 1, p. 1–14, 2016.

6 ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS

Hemodynamic response to passive leg and head-up tilt maneuvers in critically ill children

Cecília Rotava Buratti, MD;¹ Jefferson Pedro Piva, MD, PhD;² Stelamaris Lucchese, MD;³ Tais Sica da Rocha, MD, PhD⁴ e Verônica Indicatti Fiamenghi, MD¹

¹Graduate Program in Child and Adolescent Health, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), R. Ramiro Barcelos, 2400, 90035-002, Porto Alegre, RS, Brazil.

²Full Professor, Department of Pediatrics, Graduate Program in Child and Adolescent Health, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Pediatric Service, Pediatric Intensive Care Unit, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), R. Ramiro Barcelos, 2400, 90035-002, Porto Alegre, RS, Brazil.

³Pediatric Cardiology Service, HCPA, Rua Ramiro Barcelos, 2350, 90035-903, Porto Alegre, RS, Brazil.

⁴Associate Professor, Department of Pediatrics, Graduate Program in Child and Adolescent Health, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Pediatric Service, Pediatric Intensive Care Unit, Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), R. Ramiro Barcelos, 2400, 90035-002, Porto Alegre, RS, Brazil.

Financial disclosure: The authors have no financial relationships relevant to this article to disclose.

Declarations of interest: none.

Corresponding author:

Cecília Rotava Buratti

Rua Felipe Camarão, 510/606

90035-140 - Porto Alegre, RS

Brazil

Phone: +55-54-96097017

ceciliaburatti@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate changes in hemodynamic parameters of pediatric patients when undergoing passive leg raising (PLR) and passive head-up tilt (PHUT).

Design: Prospective experimental pilot study.

Setting: Pediatric intensive care unit.

Participants: Patients under 5 years old.

Interventions: Patients remained in the supine position at 0° for 3 minutes and were subsequently randomized to PLR or PHUT at 45° for 90 seconds.

Main variables of interest: Heart rate (HR), blood pressure (BP) [systolic (SBP), diastolic (DBP), mean arterial pressure (MAP)], caval index, cardiac index (CI), and cardiac output (CO).

Results: Thirty-seven patients were included, 15 (40%) underwent PLR and 22 (60%) for PHUT. There were no significant differences between the groups regarding age, weight, height, sex, Pediatric Index of Mortality, or COMFORT Behavior Scale. Thirty-two (86%) were hemodynamically stable, and 30 (81%) were on mechanical ventilation. After PLR, there was a mean reduction of 8.7% in SBP ($p=0.02$), 14% in DBP ($p=0.016$), 13% in MAP ($p=0.004$), and a 26% increase in caval index ($p=0.04$); after PHUT, there was a mean increase of 9% in SBP ($p=0.003$), 14% in DBP ($p=0.003$), and 12% in MAP ($p=0.000$). Further, it was observed that, after PLR, 80% of those who had reduced BP also had reduced CI/CO ($p=0.03$) and, in the PHUT group, 50% of those who had increased BP also had increased CI/CO ($p=0.6$).

Conclusions: We observed an increase in pressure indices after PHUT and a decrease after PLR concomitant with a reduction in CI/CO in this group.

Keywords: fluid therapy, blood pressure, passive leg raising, head-up tilt, pediatrics.

INTRODUCTION

Optimizing cardiovascular function to ensure adequate oxygen distribution is essential for the management of critically ill patients.¹ In cases of circulatory failure, early administration of intravenous volume is proposed as the first measure.¹⁻³

Pediatric studies show that, on average, only 40-69% of children respond to intravascular expansion,^{4,5} which is similar to adult populations.⁶ In addition, excessive fluid administration is associated with a higher incidence of mechanical ventilation support, longer hospital stay, severe organ dysfunction, and increased mortality in both adults and children.⁶⁻⁸

Passive leg raising (PLR), a method for assessing fluid responsiveness, involves raising the legs to a 45° angle, which induces a rapid increase in biventricular preload by increasing systemic venous return, which mimics the administration of intravenous fluid.⁹ PLR has shown good accuracy in adults,¹⁰⁻¹² although pediatric studies are still scarce.^{13,14}

Hemodynamic parameters, such as total cerebral blood flow and cardiac index (CI) are related to age, particularly in the early stages of childhood.¹⁵⁻¹⁸ Total cerebral blood flow reaches its peak at the age of six and, until the age of four, the fraction of cardiac output attributed to the cerebral arteries is twice as high in children as in adults.¹⁵ Thus, we assume that, similar to PLR, the passive head-up tilt (PHUT) maneuver could predict volume response in the pediatric population.

The purpose of this study was to evaluate changes in clinical and/or ultrasonographic parameters after PLR and PHUT to determine whether these maneuvers can be considered predictors of volume response.

METHODS

This prospective experimental pilot study, which evaluated two volume responsiveness techniques, was conducted between May and December 2019 in a pediatric intensive care unit (PICU) in southern Brazil. The unit has 13 beds with an average of 660 annual admissions. This study was approved by the Ethics and Research Committee on April 25, 2019 (CAAE 64779517.4.0000.5327). Written parental consent was obtained from each study participant.

Children were included if they were between 1 month and 5 years of age and were hemodynamically stable or in compensated shock¹⁹ (regardless of etiology), presenting spontaneously breathing or submitted to invasive mechanical ventilation (SERVO I System V12 – Siemens).

The exclusion criteria were: hypotensive shock requiring immediate resuscitation with fluids or inotropes,¹⁹ severe acute respiratory syndrome (oxygen saturation index > 12.3),²¹ signs or clinical suspicion of intracranial hypertension, lower limb fractures, cyanotic or acyanotic heart disease, malformations or thromboses upon examination or previously diagnosed at the level of the inferior or superior vena cava or the jugular; high intra-abdominal pressure (defined as pressure > 12 mmHg in two consecutive measurements at an interval of 4 to 6 hours),²² ascites, abdominal distension or abdominal masses. Furthermore, patients were excluded if they were identified by the medical team as having signs of fluid overload, were receiving palliative care, or had already undergone the study protocol in a previous PICU admission.

Demographic variables were retrieved from the medical records and included: age, weight, height, Pediatric Index of Mortality 2 (PIM2)²³ and COMFORT-B²⁰ results, main indication for PICU admission, and clinical signs of fluid overload or dehydration, according

to the medical team's assessment that day. Afterwards, clinical evaluations of the patient's hemodynamic and respiratory conditions were performed at bedside. The former consists of assessment of tachycardia, altered perfusion, altered pulse, decreased urinary output (< 1 ml/kg/h), altered consciousness, hypotension from systolic blood pressure, the presence or absence of shock, shock etiology (hypovolemic, distributive, cardiogenic, or obstructive), and use of vasoactive drugs¹⁹. The latter described whether the patient was breathing spontaneously or required invasive mechanical ventilation, which was characterized as either pressure controlled synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV/PC) or synchronized intermittent mandatory ventilation plus pressure-regulated volume control (SIMV/PRVC), according to the positive inspiratory pressure parameters, positive end-expiratory pressure, tidal volume, respiratory rate, and inspired oxygen fraction.

The entire protocol, which consisted of four steps (Figure 1), was then implemented.

1) Patient selection: three hospitalized patients were selected. If they met the inclusion criteria, they were included in the study.

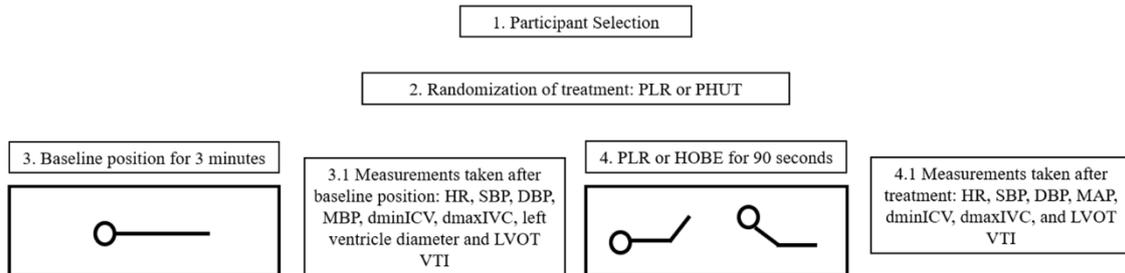
2) Patient randomization into two groups: patients were randomized by a sealed, blinded envelope method to receive either PLR (50%) or PHUT (50%).

3) Baseline position: the patient remained in the supine position (head and legs at 0°) for three minutes, followed by assessment of vital signs [heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP)], clinical signs of sepsis, minimum diameter of the inferior vena cava (dminIVC), maximum diameter of the inferior vena cava (dmaxIVC), left ventricular outflow tract diameter (LVOTd), and left ventricular outflow tract velocity time integral (LVOT VTI).

4) Maneuver intervention: depending on randomization, the head was raised to 45° with the legs at 0° , or the legs were raised to 45° with the head at 0° . After 90 seconds in this

position, the vital signs (HR, SBP, DBP, and MAP), dminIVC, dmaxIVC, and LVOT VTI were checked.

Figure 1. Summary of the Research Protocol.



PLR, passive leg raising; PHUT, passive head-up tilt; HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; dminIVC, minimum diameter of the inferior vena cava; dmaxIVC, maximum diameter of the inferior vena cava; LVOTd, left ventricular outflow tract diameter; LVOT VTI, left ventricular outflow tract velocity time integral.

All ultrasound examinations were performed with the same device (Philips HD15) by the same pediatric cardiologist with more than five years of clinical experience who specialized in cardiac ultrasound; she was not blinded for the maneuver. In order to better adapt the method, we developed a device with a fixed 45° angle to facilitate the maneuvers.

All patients were on a PICU regime and were monitored using the same device (Philips Intellvue MP 60). BP was measured using the oscillometric method; the cuff was appropriate for each child's size, and the measurement was always performed on the right arm.²⁴

The IVC was identified in the subcostal window on the longitudinal axis at the entrance of the right atrium using 2D mode.²⁵ The minimum and maximum IVC diameters were obtained approximately 2 cm from the junction of the IVC with the right atrium using M mode.²⁵ The formula used to evaluate the caval index in non-ventilated patients was: caval index (%) = IVC maximum diameter – IVC minimum diameter / IVC maximum diameter x 100.

The formula used to evaluate the caval index in ventilated patients was: caval index (%) = IVC maximum diameter – IVC minimum diameter / IVC minimum diameter x 100.²⁶⁻²⁸

To determine the CI and CO, LVOT VTI was measured in the apical section of five chambers with pulsed Doppler, which was positioned in the left ventricular outflow tract. The value used for calculation was the mean of three enveloped cycles.²⁵ LVOTd was measured in the parasternal window on the longitudinal axis and frozen in zoom mode in mid-systole.²⁵ These data were applied in the following formulas:

- Stroke volume (mL) = $0.785 \times \text{LVOT VTI} \times [\text{LVOTd}/2]^2$;
- Cardiac output (L/min) = stroke volume \times heart rate / 1000;
- Cardiac index (L/min/m²) = cardiac output / body surface.

All data were stored in Microsoft Excel. SPSS version 21.0 was used for the statistical analysis and graph and table production. Continuous variables were presented as mean and standard deviation when normally distributed and as median and interquartile range when non-normally distributed. Categorical variables were expressed as percentages and compared with Pearson's chi-square test or Fisher's exact test. The within-and-between-group comparison was performed with a generalized estimating equation model, complemented by the least significant difference test. The linear model was applied to variables with normal distribution, while or the gamma model was applied to those with non-normal distribution. The significance level was set at $p < 0.05$ with a 95% confidence interval.

RESULTS

A total of 43 potential candidates were identified, of whom six were excluded: three due to neuropsychomotor agitation (COMFORT-B > 22) and the others due to interatrial

communication (1), an unfavorable window (1) and limited lower limb mobility (1). The final sample included 37 patients, 15 (40%) undergoing PLR and 22 (60%) undergoing PHUT.

As described in Table 1, we did not observe differences between the two groups. The median age in the PLR group was 10 months [2-17], while in the PHUT group it was 6 months [3-9]. The most common underlying pathology was pneumopathy (76%; n = 28), which included bronchiolitis, pneumonia and chronic lung diseases requiring IMV.

Most of the patients were hemodynamically stable (86%; n = 32). Only 19% (n = 8) were using vasoactive drugs, which were indicated for clinical signs of sepsis. The CI/CO was similar between the groups and was within normal limits for the age range.^{29,30} No patient showed signs of fluid overload. A total of 81% (n = 30) of the sample were on IMV, with 27% (n = 8) on SIMV/PC and 73% (n = 22) on SIMV/PRVC.

Table 1 - Sample characteristics according to treatment group

Characteristics	PLR (n=15)	PHUT (n=22)	P
Age (months)	10 [2-17]	6 [3-9]	0.69
Weight (kg)	7 [3.8-9.3]	7 [4.6-8.6]	0.88
Height (cm)	65 (±18)	64 (±13)	0.71
PIM2 (%)	4.3 [0.8-7.5]	0.53 [0.2-4.9]	0.20
COMFORT-B	13 (±4)	13 (±4)	0.81
Sex n (%)			
Male	7 (47)	13 (59)	0.68
Diagnosis at admission n (%)			
Pneumopathy	10 (67)	18 (82)	
Sepsis	3 (20)	2 (9)	0.40
Other*	2 (13)	2 (9)	
Hemodynamic condition n (%)			

Characteristics	PLR (n=15)	PHUT (n=22)	P
Shock**	2 (13)	3 (14)	1
Use of vasoactive drugs	3 (20)	4 (18)	1
Cardiac index (L/min/m ²)	5.3 (\pm 1.8)	4.8 (\pm 1.8)	0.46
Cardiac output (L/min)	1.75 [1-2.6]	1.4 [1.1-1.9]	0.36
Mechanical ventilation (MV) n (%)			
Yes	13 (87)	17 (77)	0.68
MV mode n (%)			
SIMV-PC	5 (33)	3 (14)	0.44
SIMV-PRVC	8 (53)	14 (64)	
MV parameters			
PIP	24 (\pm 7)	28 (\pm 7)	0.12
PEEP	7 (\pm 2)	7 (\pm 2)	0.27
TV	10 (\pm 1)	9 (\pm 1)	0.39
RR	16 (\pm 4)	18 (\pm 5)	0.22
FiO ₂	0.35 (\pm 0.1)	0.4 (\pm 0.1)	0.6

PLR, passive leg raising; PHUT, passive head-up tilt; PIM2, Pediatric Index of Mortality 2; SIMV-PC, pressure controlled synchronized intermittent mandatory ventilation; SIMV-PRVC, synchronized intermittent mandatory ventilation plus pressure-regulated volume control; PIP, positive inspiratory pressure;

PEEP, positive end-expiratory pressure; TV, tidal volume; RR, respiratory rate; FiO₂, fraction of inspired oxygen.

COMFORT Behavior Scale (\leq 10 = very sedated, 10-22 = adequately sedated and $>$ 22 = not sedated)

* Sensory lowering (n = 2), liver failure (n = 1) and deep venous thrombosis (n = 1).

**Shock defined according to Pediatric Advanced Life Support (PALS) criteria.

The analysis of parameters after PLR, described in Table 2, showed reductions of 8.7% in SBP ($p = 0.02$), 14% in DBP ($p = 0.02$), and 13% in MAP ($p = 0.004$), as well as a 26% increase in caval index ($p = 0.04$). There was no significant difference in HR ($p = 0.47$), LVOT VTI ($p = 0.64$), CI ($p = 0.83$) or CO ($p = 0.71$).

Table 2 - Results of clinical and ultrasound variables after passive leg raising (PLR)

	Baseline	Post-PLR	P
HR	137±7.2	138±8.2	0.47
SBP	104±5.5	95±5.7	0.02
DBP	58± 4.8	50±5.3	0.02
MAP	71±4.6	62±5.3	0.004
Caval index	65±11.6	82±16.5	0.04
LVOT VTI	16.4±1.2	16.2 ±1.2	0.64
CI	5.3±0.46	5.3 ±0.50	0.83
CO	2.1±0.3	2.0±0.3	0.71

HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; LVOT VTI, left ventricular outflow tract velocity time integral; CI, cardiac index; CO, cardiac output.

As described in Table 3, after PHUT there was an increase of 9% in SBP ($p = 0.003$), 14% in DBP ($p = 0.003$), and 12% in MAP ($p = 0.000$). However, there was no difference in HR ($p = 0.68$), caval index ($p = 0.94$), LVOT VTI ($p = 0.85$), CI ($p = 0.98$), or CO ($p = 0.72$).

Table 3 -O Results of clinical and ultrasound variables after passive head-up tilt (PHUT)

	Baseline	Post-PHUT	P
HR	141±4.6	140±4.7	0.68
SBP	99±3.0	108±3.6	0.003
DBP	51±2.4	58±2.6	0.003
MAP	66±2.2	74±2.3	0.000
Caval index	83±16.6	83±18.6	0.94
LVOT VTI	14.2±0.65	14.3±0.57	0.85
CI	4.8±0.39	4.8±0.36	0.98
CO	1.8±0.26	1.7 ±0.24	0.72

HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; LVOT VTI, left ventricular outflow tract velocity time integral; CI, cardiac index; CO, cardiac output.

When analyzing the interaction of clinical parameters with echocardiography, we observed that after PLR 80% of the patients whose BP increased (n = 4) also had increased CO/CI (p = 0.03), while 80% of the patients whose BP decreased (n = 8) also had decreased CO/CI (p = 0.03). However, after PHUT, 50% of the patients whose BP increased (n = 7) also had increased CO/CI (p = 0.6), while 75% of those whose BP decreased (n = 3) also had decreased CO/CI (p = 0.6).

DISCUSSION

Contrary to what has been described in the literature^{13,14}, after PLR we observed a reduction in BP levels in a pediatric population with a stable hemodynamic condition. On the other hand, after PHUT, which is not described in the literature, we observed an elevation of

BP levels. These findings seem related to specific physiological characteristics of children in this age range.¹⁵⁻¹⁸

Hemodynamic characteristics in children are directly related to age.¹⁵⁻¹⁸ The apex of total cerebral blood flow is reached at six years of age and, until four years of age, the cardiac output attributed to the cerebral arteries is twice as high as in adults.¹⁵ Considering these peculiar findings as well as other pediatric characteristics (higher heart rate, lower proportion of blood volume in the legs), children respond differently to shock than adults,³¹ and, consequently, they could present other predictors of volume response.

Increased caval index ($p = 0.005$) concomitant with decreased BP after PLR is to be expected in circumstances of decreased venous return. This finding is contrary to the literature, which reports that PLR led to increased CO/CI in responders.⁹⁻¹⁴ In contrast, there was no change in caval index after PHUT ($p = 0.74$), which is in line with expectations, since the effects of PHUT are at the level of the superior vena cava and not the IVC.

Although assessing fluid responsiveness at bedside with echocardiography has broad support in the literature,³²⁻³⁴ its availability may be limited due to a lack of equipment and trained operators. When we assessed the interaction between the clinical variables and the ultrasound findings, we observed a good correspondence. After PLR, 80% ($n = 8$) of those with decreased BP also had decreased CO/IC ($p = 0.03$), while after PHUT, 50% ($n = 7$) of those with increased BP also had increased CO/IC ($p = 0.6$). These findings provide greater support for the use of traditional methods when ultrasound is not available.

Stimuli associated with pain, coughing, and simply awakening can cause adrenergic discharge, which can lead to increased BP and venous return. The literature demonstrates that PLR does not alter HR, which suggests the absence of a catecholaminergic effect.^{10,11} Likewise,

we observed no significant changes in HR after PLR ($p = 0.47$) or PHUT ($p = 0.68$). Thus, the changes observed in BP level seem to be due only to the maneuvers.

In addition, our sample consisted of mostly hemodynamically stable patients for better feasibility. When considering the dynamics of the Frank-Starling curve, which describes the relationship between venous return and cardiac capacity, we observe that increased stroke volume depends on the patient's position on the curve and not just circulating volume.³⁵ Therefore, even euvolemic patients should respond to fluids.

Due to the lack of data on these maneuvers in the pediatric literature, we considered it necessary to conduct this pilot study to verify the impact of PLR and PHUT on hemodynamic variables. The hemodynamic results of PHUT were better than those of PLR, promoting increased BP and CI/CO in 50% of the cases. Despite the favorable results in this population (ie, hemodynamically stable children < 5 years old), the clinical impact of PHUT in children with hypovolemia and shock, or even in older children, still needs to be properly evaluated. We believe that our pilot study is just the beginning of a new perspective: which maneuver would present better clinical outcome (PHUT or PLR) in the clinical setting to manage children with hypovolemia.

CONCLUSION

In this pilot study, the two maneuvers induced different hemodynamic responses. After PLR, there was a significant reduction in blood pressure levels, while, after PHUT, these values increased. Regarding the interaction between the maneuvers and the clinical variables: after PLR, 80% of those with reduced BP also had reduced HF/CO, while after PLR, 50% of those with increased BP also had increased HF/CO. These findings appear to have a strong correlation

with the specific physiological characteristics of children under 5 years of age. However, these results must be further evaluated in a larger sample with greater statistical power.

REFERENCES

1. Topjian AA, Raymond TT, Atkins D, Chan M, Duff JP, Joyner Jr BL, et al. Part 4: Pediatric basic and advanced life support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2020;142:S469-S523. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000901>.
2. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, Agus MSD, Flori HR, Inwald DP, et al. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children. *Intensive Care Med*. 2020;46:10-67. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05878-6>.
3. Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, Deymann AJ, Lin JC, Nguyen TC, et al. American College of Critical Care Medicine clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. *Crit Care Med*. 2017;45:1061-93. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002425>.
4. Gan H, Cannesson M, Chandler JR, Ansermino JM. Predicting fluid responsiveness in children: a systematic review. *Anesth Analg*. 2013;117:1380-92. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182a9557e>.
5. Inwald DP, Canter R, Woolfall K, Mouncey P, Zenasni Z, O'Hara C, et al. Restricted fluid bolus volume in early septic shock: results of the Fluids in Shock pilot trial. *Arch Dis Child*. 2019;104:426-31. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-314924>.
6. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest*. 2002;121:2000-8. <https://doi.org/10.1378/chest.121.6.2000>.

7. van Paridon BM, Sheppard C, G GG, Joffe AR, Alberta Sepsis N. Timing of antibiotics, volume, and vasoactive infusions in children with sepsis admitted to intensive care. *Crit Care*. 2015;19:293. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1010-x>.
8. Alobaidi R, Morgan C, Basu RK, Stenson E, Featherstone R, Majumdar SR, et al. Association between fluid balance and outcomes in critically ill children: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2018;172:257-68. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.4540>.
9. Boulain T, Achard JM, Teboul JL, Richard C, Perrotin D, Ginies G. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. *Chest*. 2002;121:1245-52. <https://doi.org/10.1378/chest.121.4.1245>.
10. Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016;42:1935-47. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4134-1>.
11. Cherpanath TG, Hirsch A, Geerts BF, Lagrand WK, Leeftang MM, Schultz MJ, et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: a systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials. *Crit Care Med*. 2016;44:981-91. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001556>.
12. Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, La Torre G, Mannocci A, De Waure C, et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med*. 2010;36:1475-83. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1929-y>.

13. Lukito V, Djer MM, Pudjiadi AH, Munasir Z. The role of passive leg raising to predict fluid responsiveness in pediatric intensive care unit patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13:e155-60. <https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e3182388ab3>.
14. El-Nawawy AA, Farghaly PM, Hassouna HM. Accuracy of passive leg raising test in prediction of fluid responsiveness in children. *Indian J Crit Care Med.* 2020;24:344-9. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23432>.
15. Wu C, Honarmand AR, Schnell S, Kuhn R, Schoeneman SE, Ansari SA, et al. Age-related changes of normal cerebral and cardiac blood flow in children and adults aged 7 months to 61 years. *J Am Heart Assoc.* 2016;5:<https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002657>.
16. Amin-Hanjani S, Du X, Pandey DK, Thulborn KR, Charbel FT. Effect of age and vascular anatomy on blood flow in major cerebral vessels. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2015;35:312-8. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2014.203>.
17. Brandfonbrener M, Landowne M, Shock NW. Changes in cardiac output with age. *Circulation.* 1955;12:557-66. <https://doi.org/10.1161/01.cir.12.4.557>.
18. Dallaire F, Sarkola T. Growth of Cardiovascular Structures from the Fetus to the Young Adult. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1065:347-60. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77932-4_22.
19. de Caen AR, Berg MD, Chameides L, Gooden CK, Hickey RW, Scott HF, et al. Part 12: Pediatric Advanced Life Support: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation.* 2015;132:S526-42. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000266>.
20. Ista E, van Dijk M, Tibboel D, de Hoog M. Assessment of sedation levels in pediatric intensive care patients can be improved by using the COMFORT "behavior" scale. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:58-63. <https://doi.org/10.1097/01.PCC.0000149318.40279.1A>.

21. Rotta AT, Piva JP, Andreolio C, De Carvalho WB, Garcia PCR. Progress and perspectives in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27:266-73. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20150035>.
22. Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain ML, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med*. 2013;39:1190-206. <https://doi.org/10.1007/s00134-013-2906-z>.
23. Slater A, Shann F, Pearson G, Paediatric Index of Mortality Study G. PIM2: a revised version of the Paediatric Index of Mortality. *Intensive Care Med*. 2003;29:278-85. <https://doi.org/10.1007/s00134-002-1601-2>.
24. Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, Blowey D, Carroll AE, Daniels SR, et al. Clinical Practice Guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*. 2017;140. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1904>.
25. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, Canaday B, Finstuen JA, Foster MC, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32:1-64. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>.
26. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med*. 2020;35:354-63. <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>.

27. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, Hayon J, Ricome JL, Jardin F, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med.* 2004;30:1740-6. <https://doi.org/10.1007/s00134-004-2259-8>.
28. Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonnet B, et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Crit Care.* 2012;16:R188. <https://doi.org/10.1186/cc11672>.
29. Wang X, Jiang L, Liu S, Ge Y, Gao J. Value of respiratory variation of aortic peak velocity in predicting children receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2019;23:372. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2647-7>.
30. Cattermole GN, Leung PY, Mak PS, Chan SS, Graham CA, Rainer TH. The normal ranges of cardiovascular parameters in children measured using the Ultrasonic Cardiac Output Monitor. *Crit Care Med.* 2010;38:1875-81. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181e8adee>.
31. Emr BM, Alcamo AM, Carcillo JA, Aneja RK, Mollen KP. Pediatric sepsis update: how are children different? *Surg Infect (Larchmt).* 2018;19:176-83. <https://doi.org/10.1089/sur.2017.316>.
32. Lee JH, Kim EH, Jang YE, Kim HS, Kim JT. Fluid responsiveness in the pediatric population. *Korean J Anesthesiol.* 2019;72:429-40. <https://doi.org/10.4097/kja.19305>.
33. Douglas IS, Alapat PM, Corl KA, Exline MC, Forni LG, Holder AL, et al. Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial. *Chest.* 2020;158:1431-45. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.04.025>.
34. Bednarczyk JM, Fridfinnson JA, Kumar A, Blanchard L, Rabbani R, Bell D, et al. Incorporating dynamic assessment of fluid responsiveness into goal-directed therapy: a

systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2017;45:1538-45.
<https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002554>.

35. Cherpanath TG, Geerts BF, Lagrand WK, Schultz MJ, Groeneveld AB. Basic concepts of fluid responsiveness. *Neth Heart J.* 2013;21:530-6. <https://doi.org/10.1007/s12471-013-0487-7>

7 CONCLUSÕES

Neste estudo piloto avaliamos mudanças de parâmetros clínicos e ecográficos após a realização das manobras de EPP e EPC e constatamos que:

- 1) Diferentes respostas foram observadas em relação à pressão arterial após as manobras, uma vez que a EPP reduziu a PAS, PAD e PAM, enquanto a EPC elevou a PAS, PAD e a PAM. Não houve diferença em relação a FC o respaldou o efeito exclusivamente da manobra
- 2) Do ponto de vista ecocardiográfico houve redução do icVCI/idVCI após EPP ao mesmo tempo em que houve decréscimo na PA, mas não evidenciou-se mudanças no icVCI/idVCI após EPC o que é bem compatível, uma vez que espera-se efeito da EPC a nível de veia cava superior e não inferior. Os demais parâmetros (VTI_{vsve}, IC e DC) não apresentam diferenças estatísticas em relação as suas médias.
- 3) Parece haver boa correspondência entre a PAM e as variáveis ecográficas, porém necessitamos ampliar a amostra para fazer outras ponderações; além disso como não utilizamos o padrão ouro de responsividade volume, no caso a administração de fluido, não podemos avaliar se nossa amostra corresponde a possíveis respondedores de acordo com a manobra.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo piloto, as duas manobras induziram respostas hemodinâmicas distintas. Após EPP, houve redução significativa nos níveis pressóricos, enquanto, após a EPC, observou-se aumento nestes valores. Tais achados parecem ter forte correlação com as características fisiológicas específicas das crianças menores de cinco anos. Além disso, partindo-se do pressuposto de que apenas metade dos pacientes críticos respondem a volume, apesar de não haver diferença estatística, observou-se uma boa correspondência entre a PA e os parâmetros ecocardiográficos analisados. Entretanto, os resultados encontrados ainda devem ser avaliados em uma amostra ampliada e com maior poder estatístico, com vistas a determinar se essas diferenças influenciam em desfechos clínicos no cenário prático de UTIP.

ANEXO A - PROTOCOLO DE PESQUISA

Data do exame: __/__/__ Data de nascimento: __/__/__ Prontuário: _____

Nome do paciente: _____

Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____ Superfície corporal: _____

Motivo da internação: _____

Glasgow/RASS: _____ Comfort: _____ Sedação: _____

Condição hemodinâmica:

() Taquicardia () Alteração perfusão () Alteração pulso () Diminuição de Volume Urinário
() Alteração consciência

Choque: () Hipovolêmico () Distributivo () Cardiogênico () Obstrutivo

Droga vasoativa: _____

Variáveis	Basal	() EPP () EPC Avaliação após 90 segundos	() EPP () EPC Avaliação após 90 segundos *Segunda manobra inicia minutos após a primeira
Frequência cardíaca			
Frequência respiratória			
Pressão arterial diastólica			
Pressão arterial sistólica			
Pressão arterial média			
Diâmetro mínimo da Veia Cava Inferior			
Diâmetro máximo da Veia Cava Inferior			
Índice de Colapsidade da Veia Cava Inferior			
Diâmetro da via de saída de ventrículo esquerdo			
VTIa na via de saída de VE (3 medidas)	1) 2) 3)	1) 2) 3)	
Cálculo do débito cardíaco e do índice cardíaco			

Suporte ventilatório: SIM () NÃO ()

Alto fluxo: SIM () NÃO ()

Ventilação mecânica não invasiva: SIM () NÃO ()

Ventilação mecânica invasiva: SIM () NÃO ()

Modo ventilatório: _____ / PIP _____ / PEEP _____ / FR _____ / FiO2 _____ /

Ti inspiratório _____ / Trigger _____ / Pressão suporte _____ / VTE _____ / VTla _____

ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nº do GPPG 170571 e CAAE 64779517.4.0000.5327

Título do Projeto: Elevação passiva das pernas e da cabeceira como preditor de responsividade a volume em pacientes pediátricos

A criança/adolescente pela qual você é responsável está sendo convidada a participar de uma pesquisa cujo objetivo é avaliar a utilidade da elevação das pernas e da cabeceira como uma forma de auxiliar na melhora da pressão sanguínea e da função do coração. Esta pesquisa está sendo realizada pelo serviço de Pediatria do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Se você concordar com a participação na pesquisa, os procedimentos envolvidos são os seguintes: seu filho será sorteado para iniciar o exame ou com elevação passiva das pernas ou com a elevação passiva da cabeceira. Na sequência, ele será colocado completamente deitado, isto é com a cabeceira e as pernas em 0°, então, será realizada pela primeira vez a ecografia do coração dele. Após, conforme o sorteio, será elevada a cabeceira ou as pernas do seu filho, por noventa segundos, após esse tempo, se realizará nova avaliação com ecografia do coração dele. Em seguida, novamente seu filho será colocado com cabeceira e pernas em 0° por três minutos. Por fim, conforme o sorteio, elevaremos as pernas ou cabeceira no final e novamente faremos uma ecografia do coração.

O exame será realizado por ecocardiografista pediátrica, sem haver prejuízos diagnósticos ou risco de danos para o paciente. O tempo total da ecografia é de 15 minutos.

Serão consultados os registros médicos no prontuário do paciente para verificar se há alguma doença em tratamento, medicação em uso ou se já realizou algum exame de ecocardiograma previamente. Por isso, solicitamos a sua autorização para realizar este acesso.

A participação dele (a) neste estudo não trará benefícios diretos ao participante, mas vai nos ajudar a oferecer melhor tratamento para crianças que tem problemas no coração ou pressão baixa por algum motivo. A participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não autorizar a participação, ou ainda, retirar a autorização após a assinatura desse Termo, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que o participante da pesquisa recebe ou possa vir a receber na instituição.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela participação na pesquisa e não haverá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos. Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante da pesquisa, o participante receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal. Os dados coletados durante a pesquisa serão sempre tratados confidencialmente. Os resultados serão apresentados de forma conjunta, sem a identificação dos participantes, ou seja, os nomes não aparecerão na publicação dos resultados.

Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável Taís Sica da Rocha pelo telefone (51) 33598000 com a pesquisadora Cecília Rotava Buratti, pelo telefone (51) 33598000 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), pelo telefone (51) 33597640, ou no 2º andar do HCPA, sala 2227, de segunda à sexta, das 8h às 17h.

Nome do responsável

Assinatura do responsável

Nome do pesquisador que aplicou o Termo

Assinatura do pesquisador que aplicou o Termo

Porto Alegre, ___ / ___ / ___

Rubrica do responsável _____

Rubrica do pesquisador _____

CEP Hospital de Clínicas de Porto Alegre (MR 05/11/2015)