

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
MESTRADO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE

FERNANDA DE OLIVEIRA CHIARADIA

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DA FUNÇÃO DE VENTRÍCULO DIREITO EM
PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Porto Alegre

2023

FERNANDA DE OLIVEIRA CHIARADIA

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DA FUNÇÃO DE VENTRÍCULO DIREITO EM
PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA**

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

Orientador: Professor Paulo Roberto Antonacci Carvalho

Coorientadora: Professora Taís Sica da Rocha

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Chiaradia, Fernanda de Oliveira
Avaliação ecocardiográfica da função de ventrículo
direito em pacientes em ventilação mecânica / Fernanda
de Oliveira Chiaradia. -- 2023.
47 f.
Orientador: Paulo Roberto Antonacci Carvalho.

Coorientadora: Taís 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, 2023.

1. Função ventricular direita. 2. Ecocardiografia.
3. Ventilação mecânica. 4. Pediatria. I. Carvalho,
Paulo Roberto Antonacci, orient. II. Rocha, Taís Sica
da, coorient. III. Título.

FERNANDA DE OLIVEIRA CHIARADIA

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DA FUNÇÃO DE VENTRÍCULO DIREITO EM
PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA**

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

Orientador: Professor Paulo Roberto Antonacci Carvalho

Coorientadora: Professora Taís Sica da Rocha

Porto Alegre, 16 de janeiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Francisco Bruno
Programa de Pós-graduação da saúde da criança e do adolescente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor Jefferson Pedro Piva
Programa De Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente - UFRGS

Professora Ana Paula Agostini
Universidade de Caxias do Sul (Caxias do Sul – RS)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Miguel e Silvia, que são minha fonte de afeto, inspiração e motivação para todos os desafios que a vida possa me levar. À minha irmã Débora, com quem sempre aprendo sobre determinação e coragem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família pelo amparo quando necessário, pelo apoio e entendimento dos momentos de ausência, bem como pelo carinho diário.

Às cardiologistas pediátricas maravilhosas, que desprenderam tempo de seu dia corrido para realizar as ecocardiografias de forma tão atenciosa para que fosse possível essa pesquisa: Stelamaris Luchese e Lívia da Rosa Pauletto.

Agradeço aos amigos que fiz durante todo o processo do mestrado, em especial aos que contribuíram de alguma forma com o projeto, seja por ter trocado plantões quando necessário em função das atividades acadêmicas, ou por ter tirado um tempo para ler este trabalho e dar contribuições, seja de cunho técnico, formatação ou mesmo língua portuguesa. Agradecimento especial à Marina Spricigo Crocetta e à Cecília Buratti.

Aos professores Paulo Roberto Antonacci Carvalho e Taís Sica da Rocha pela orientação e paciência, principalmente no momento de pandemia COVID, que culminou na prorrogação desta dissertação por quase dois anos.

RESUMO

Objetivos: A disfunção de ventrículo direito (VD) tem grande impacto na morbimortalidade de pacientes críticos e está associada a piores desfechos. Este trabalho objetiva analisar a frequência de alterações ecocardiográficas de VD em crianças em ventilação mecânica invasiva (VMI). **Métodos:** Estudo observacional de pacientes em ventilação mecânica em unidade de terapia intensiva pediátrica de maio de 2019 a junho de 2022. Foram realizados ecocardiogramas à beira do leito e avaliadas medidas da excursão sistólica do plano anular tricúspide (TAPSE), onda tecidual S' doppler e relação ventrículo direito/esquerdo (VD/VE). **Resultados:** Foram analisados 146 ecocardiogramas, a mediana de idade foi de 7 meses, 64,4% eram lactentes e 51,4% do sexo feminino. Observou-se que 24% (35) tiveram alteração de TAPSE, 14% (20) da onda S' doppler e 10,7% (15) da relação VD/VE. Considerando-se disfunção de VD qualquer desses parâmetros alterados, a frequência foi de 38,5% (55), sendo que o índice cardíaco apresentou fraca correlação com TAPSE ($r=0,171$; $p 0,048$) e onda s' doppler ($r=0,281$; $p 0,001$). Não houve associação significativa entre alterações ecocardiográficas e parâmetros respiratórios. Em relação ao estado hemodinâmico, a mediana do Vasoactive-inotropic Score foi maior no grupo com disfunção (7,5 vs 3; $p 0,048$), bem como a do lactato (1,74 vs 1,3; $p 0,015$). Nenhuma das variáveis foi associada à mortalidade, ao tempo de VM ou de internação. **Conclusões:** Alteração dos parâmetros ecocardiográficos do VD é frequente em crianças submetidas à VM. A ecografia é uma ferramenta não invasiva que auxilia na identificação desta situação, podendo impactar no manejo do paciente crítico.

Palavras-chave: Função ventricular direita. Ecocardiografia. Ventilação mecânica. Pediatria.

ABSTRACT

Objectives: Right ventricle (RV) dysfunction has a significant impact on the morbidity and mortality of critically ill patients and is associated with worse outcomes. This study aims to analyze the frequency of echocardiographic alterations of the RV in children undergoing invasive mechanical ventilation (IMV). **Methods:** An observational study was conducted on patients undergoing mechanical ventilation in a pediatric intensive care unit from May 2019 to June 2022. Bedside echocardiograms were performed, and measurements of tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), tissue Doppler S' wave, and right ventricle/left ventricle (RV/LV) ratio were evaluated. **Results:** A total of 146 echocardiograms were analyzed, with a median age of 7 months, 64.4% were infants, and 51.4% were female. It was observed that 24% (35) had TAPSE alterations, 14% (20) had alterations in the S' wave, and 10.7% (15) had alterations in the RV/LV ratio. Considering RV dysfunction as any of these altered parameters, the frequency was 38.5% (55), with cardiac index weakly correlated with TAPSE ($r=0.171$; $p<0.048$) and S' wave ($r=0.281$; $p<0.001$). There was no significant association between echocardiographic alterations and respiratory parameters. Regarding hemodynamic status, the median Vasoactive-inotropic Score was higher in the dysfunction group (7.5 vs. 3; $p<0.048$), as well as lactate levels (1.74 vs. 1.3; $p<0.015$). None of the variables were associated with mortality, duration of mechanical ventilation (MV), or length of hospital stay. **Conclusions:** Echocardiographic alterations of the RV are frequent in children undergoing MV. Echocardiography is a non-invasive tool that aids in identifying this condition, which can impact the management of critically ill patients.

Keywords: Right ventricular function. Echocardiography. Mechanical ventilation. Pediatrics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cdyn	Complacência dinâmica
CPA	Cor pulmonale agudo
Cstat	Complacência estática
DAVD	Disfunção aguda do ventrículo direito
DC	Débito cardíaco
DP	Driving pressure
DVA	Drogas vasoativa
ECG	Eletrocardiograma
FiO2	Fração inspiratória de oxigênio
FR	Frequência respiratória
PEEP	Pressão expiratória final positiva
PIP	Pico de pressão inspiratória
Pplat	Pressão de platô
PRVC	Pressão regulada volume controlado
PSAP	Pressão sistólica em artéria pulmonar
PVC	Pressão venosa eentral
Rexp	Resistência expiratória
Rinsp	Resistência inspiratória
RVP	Resistência vascular pulmonar
SDRA	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
SIV	Septo interventricular
SIMV	<i>Synchronized intermitente mechanical ventilation</i> - Ventilação Mandatória Intermitente Sincronizada
TAPSE	Excursão sistólica do plano anular tricúspide
TEP	Tromboembolismo pulmonar
UTIP	Unidade de Tratamento Intensivo Pediátrico
VAC	Volume corrente
VD	Ventrículo direito
VE	Ventrículo esquerdo
VIS	<i>Vasoactive-inotropic score</i>
VMI	Ventilação mecânica invasiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 DISFUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO	12
2.2 AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DO VENTRÍCULO DIREITO.....	13
2.3 IMPACTO DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NA FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO.....	14
3 JUSTIFICATIVA.....	16
4 OBJETIVOS.....	17
4.1 GERAL	17
4.2 ESPECÍFICOS	17
5 METODOLOGIA	18
5.1 TIPO E NATUREZA DO ESTUDO (DELINEAMENTO).....	18
5.2 LOCAL OU CENÁRIO	18
5.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	18
5.4 COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS	19
5.5 VARIÁVEIS UTILIZADAS.....	19
5.6 DEFINIÇÕES	20
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	22
5.8 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA.....	22
5.9 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	22
REFERÊNCIAS.....	24
ANEXO A – PROTOCOLO DE PESQUISA.....	27
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	29

1 INTRODUÇÃO

A disfunção do ventrículo direito (VD) tem grande impacto na morbimortalidade de pacientes em terapia intensiva; é comum na insuficiência respiratória aguda e está associada a piores desfechos.(ZOCHIOS et al., 2017) Porém sua avaliação ainda é pouco realizada na prática pediátrica de rotina.

A ecocardiografia é uma ferramenta não invasiva, amplamente disponível, que pode fornecer informações hemodinâmicas em tempo real, avaliar a função cardíaca, as condições de carga e o débito cardíaco.(SINGH, 2017) A avaliação ecocardiográfica do ventrículo direito é mais difícil devido à sua posição retroesternal e à sua forma geométrica complexa.(JESPER KJÆRGAARD; HVITFELDT POULSEN; PRESCOTT, 2012). Existem diversos parâmetros para avaliar a função do VD e cada um tem pontos fortes e limitações, entretanto a definição de disfunção e os métodos utilizados variam muito de um estudo para outro, ainda não existindo um consenso na literatura. (HUANG et al., 2018)

Sabe-se que a ventilação mecânica invasiva (VMI) gera aumento das pressões intratorácicas, interfere na circulação vascular pulmonar, tendo impacto na carga do VD. Em adultos se identificou que disfunção de VD é prevalente, mesmo quando submetidos a estratégias protetoras de ventilação. (GORDO-VIDAL; ENCISO-CALDERÓN, 2012)

Como há escassez de literatura sobre o tema na pediatria, o presente trabalho se propõe a avaliar a frequência de disfunção de ventrículo direito em crianças submetidas à ventilação mecânica invasiva através da realização de ecocardiografias na beira do leito, usando como parâmetros as medidas de TAPSE, relação ventrículo direito/ventrículo esquerdo e onda S' doppler.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DISFUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO

O papel do ventrículo esquerdo (VE) em pacientes internados em UTI com choque circulatório já é bem estabelecido. No entanto, embora menos estudado, já se sabe que a disfunção aguda do ventrículo direito (VD) causa e exacerba muitas doenças críticas comuns (GRIGNOLA; DOMINGO, 2017).

A disfunção aguda do ventrículo direito (DAVD) é definida como pelo menos um dos seguintes: a) ocorrência aguda de disfunção sistólica do VD por medidas ecográficas; b) aumento inexplicado de peptídeos natriuréticos na ausência de doença de VE ou doença renal; c) padrões de tensão do eletrocardiograma (ECG) (GRIGNOLA; DOMINGO, 2017).

A insuficiência de ventrículo direito é definida como DAVD somada a baixo débito cardíaco (DC) e hipoperfusão com a consequente disfunção ou insuficiência de múltiplos órgãos (GRIGNOLA; DOMINGO, 2017). Ocorre quando o VD não consegue fornecer fluxo sanguíneo adequado através circulação pulmonar a uma pressão venosa central (PVC) normal (ZOCHIOS et al., 2017). Ela é menos estudada do que a insuficiência do ventrículo esquerdo (VE) e para compreendê-la é necessário ter domínio de sua fisiopatologia. A insuficiência aguda do VD resulta em redução do fluxo da circulação pulmonar e pode ser causada por qualquer condição que leve ao aumento da pré ou pós-carga cardíaca ou diminuição da sua contratilidade (HRYMAK; STRUMPHER; JACOBSON, 2017).

O VD difere muito do VE em relação a anatomia e fisiologia. A sua forma é dependente da posição do septo interventricular (SIV); seu volume é maior e sua massa muscular é um sexto da correspondente à do VE, portanto sua fração de ejeção é menor. A sua função depende da alta pressão da cavidade do VE, porém atua contra baixa resistência do sistema pulmonar (HRYMAK; STRUMPHER; JACOBSON, 2017).

O VD tem papel importante na morbidade e mortalidade de pacientes com sinais e sintomas de doença cardiopulmonar (RUDSKI et al., 2002). O lado direito do coração recebe todo o débito cardíaco e o bombeia pela circulação pulmonar. Entretanto, devido às diferenças anatômicas e fisiológicas citadas anteriormente, o

VD é muito mais sensível a aumentos da pós-carga do que o VE, o que o torna vulnerável à falha sistólica em doenças que aumentem a pós-carga do VD, condição conhecida como cor pulmonale agudo (CPA) quando em contexto de doença pulmonar aguda com disfunção vascular pulmonar associada (HRYMAK; STRUMPHER; JACOBSON, 2017; ZOCHIOS et al., 2017). Portanto, a disfunção aguda do VD além de causar, também exacerba muitas doenças críticas comuns (HRYMAK; STRUMPHER; JACOBSON, 2017).

A disfunção aguda do VD é comum em pacientes críticos, principalmente nos casos associados com pós-carga aumentada, como Tromboembolismo pulmonar (TEP) massivo, Síndrome da Angústia Respiratória Aguda (SARA), infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca em pós-operatório. Embora pouco estudada na população pediátrica, por ter impacto no desfecho desses pacientes, a sua avaliação deve fazer parte do atendimento de rotina do paciente na unidade de terapia intensiva (UTI) (HUANG et al., 2018).

2.2 AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DO VENTRÍCULO DIREITO

Muitas doenças neonatais, pediátricas ou mesmo intervenções na UTI afetam a função cardíaca. O exame clínico, a monitorização de rotina em terapia intensiva e os parâmetros bioquímicos carecem de sensibilidade e especificidade para avaliar a função cardíaca, entretanto essa pode ser analisada facilmente por ecocardiografia (TISSOT; SINGH; SEKARSKI, 2018).

A ecocardiografia à beira do leito é uma ferramenta que permite, em tempo real, informação diagnóstica rápida e confiável, que pode auxiliar na tomada de decisão em recém-nascidos e crianças doentes. A avaliação da função ventricular sistólica e diastólica permite intervenções terapêuticas direcionadas, como introdução ou escalonamento de suporte inotrópico na presença de disfunção sistólica ou aumento da pressão de enchimento com terapia lusitrópica quando há disfunção diastólica (TISSOT; SINGH; SEKARSKI, 2018).

A mensuração das dimensões cardíacas é essencial na avaliação da função ventricular em recém-nascidos e crianças. Identificar uma medida anormal ajuda a determinar a repercussão hemodinâmica, estabelecer necessidade de intervenção e acompanhar a evolução (LOPEZ et al., 2010).

A avaliação ecocardiográfica do ventrículo direito é mais difícil devido à sua posição anterior atrás do esterno e à sua forma geométrica complexa. A excursão sistólica do plano anular tricúspide (TAPSE) e a velocidade “S” no Doppler tecidual são as medidas quantitativas mais utilizadas para avaliação da função sistólica do VD (LOPEZ et al., 2010; TISSOT; SINGH; SEKARSKI, 2018).

2.3 IMPACTO DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NA FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO

A falência do VD é extremamente sensível a mudanças nas condições de carga, como aquelas produzidas pela ventilação mecânica, fluidoterapia e infusão de drogas vasoativas. Alterações nas configurações do ventilador e nas outras terapias podem comprometer ainda mais a circulação, sugerindo que a orientação ecocardiográfica em tempo real levaria a uma terapia mais racional. Por exemplo, o aumento da pressão do átrio direito pode revelar um forame oval patente, desviando sangue venoso para o lado esquerdo e exacerbando a hipoxemia, e isso pode ser detectado ecocardiograficamente (KRISHNAN; SCHMIDT, 2015).

Estudos em adultos apontam que a incidência de falência aguda do ventrículo direito (aqui considerando a definição de dilatação do ventrículo direito com discinesia septal) é de cerca de 25% com ventilação mecânica protetora, embora possa ser muito maior, dependendo da gravidade da lesão pulmonar e da estratégia ventilatória escolhida (KRISHNAN; SCHMIDT, 2015).

As estratégias de ventilação mecânica que envolvem componentes como pressão expiratória final positiva (PEEP), pressão de platô (Pplat) e pressão parcial de CO₂ (PaCO₂) interferem, em conjunto ou isoladamente, sobre a função do VD (RUBENS C. COSTA FILHO; MURILLO SANTUCCI CESAR DE ASSUNÇÃO; HAGGÉAS FERNANDES, 2011). A pré-carga do VD é reduzida e a pós-carga aumentada e o impacto na pré-carga é proporcional ao aumento da pressão justacardiaca, dependendo do volume corrente, da PEEP, da complacência da parede torácica e da recrutabilidade pulmonar (KRISHNAN; SCHMIDT, 2015)

Em níveis ventilatórios moderados, especialmente quando a PEEP abre os alvéolos, a resistência vascular pulmonar (RVP) diminui. Em níveis elevados, a PEEP (ou volume corrente excessivo) comprime o leito vascular pulmonar, reduzindo o fluxo sanguíneo. A importância desse mecanismo foi revelada por meio de um estudo

ecocardiográfico, onde foi associado o aumento excessivo da PEEP com a queda do débito cardíaco ao elevar a carga ventricular direita e impedir a ejeção, não reduzindo a pré-carga. (KRISHNAN; SCHMIDT, 2015).

3 JUSTIFICATIVA

Embora a disfunção do ventrículo direito tenha grande impacto na morbimortalidade dos pacientes críticos, ainda há carência de estudos sobre sua prevalência e seus desfechos, principalmente em crianças, sendo sua avaliação pouco realizada na prática clínica pediátrica de rotina. Sabe-se que a função do VD pode ser influenciada por drogas vasoativas e ventilação mecânica, porém sua correlação precisa ser melhor estabelecida para que sejam realizadas intervenções adequadas.

Recentes consensos e revisões de especialistas inserem o ecocardiograma à beira do leito como opção para monitorização do paciente crítico, sendo o método de escolha para medida de débito cardíaco e avaliação de função cardíaca.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Analisar a frequência de alteração dos parâmetros ecocardiográficos que avaliam a função do ventrículo direito em pacientes pediátricos em ventilação mecânica

4.2 ESPECÍFICOS

Verificar a função do VD por 3 parâmetros ecocardiográficos (TAPSE, onda S' Doppler tecidual e Relação VD/VE) e associá-los com:

1. Parâmetros respiratórios em pacientes em ventilação mecânica
2. Choque, índice cardíaco
3. Diagnóstico pulmonar e parâmetros ventilatórios e mecânica pulmonar

5 METODOLOGIA

5.1 TIPO E NATUREZA DO ESTUDO (DELINEAMENTO)

Estudo de delineamento observacional; amostragem por interesse, onde foi avaliada a função do VD em pacientes em ventilação mecânica.

5.2 LOCAL OU CENÁRIO

Unidade de terapia intensiva pediátrica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

5.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, em Ventilação Mecânica, de maio de 2019 a agosto de 2020. Devido pandemia COVID-19 foi solicitada prorrogação da pesquisa, sendo a coleta de dados realizada até junho de 2022.

5.3.1 Critérios de Inclusão

Pacientes de até 18 anos de idade que estejam em Ventilação Mecânica.

5.3.2 Critérios de Exclusão

Pacientes instáveis do ponto de vista respiratório ou hemodinâmico, nos quais não fosse possível a realização das medidas ventilatórias e/ou ecográficas. Pacientes com cardiopatia prévia, com repercussão hemodinâmica.

5.3.3 Seleção de Pacientes

A amostragem foi selecionada por conveniência, de forma que eram realizados exames a partir da disponibilidade da cardiologista pediátrica, em horários aleatórios nos quais fosse possível sua realização em pacientes elegíveis.

5.4 COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS

Este projeto usou alguns dados que já haviam sido coletados para o projeto intitulado “Elevação passiva da cabeceira e das pernas como preditor de responsividade a fluidos em pacientes pediátricos”, CAAE 64779517.4.0000.5327, sob responsabilidade das pesquisadoras Taís Sica da Rocha e Cecília Buratti. Para tal, uma vez por semana eram realizadas ecocardiografias à beira do leito de pacientes internados na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), sendo o exame realizado por cardiologista pediátrica especializada em ecocardiograma.

No projeto supracitado já é realizada avaliação da função cardíaca através das medidas ecocardiográficas. Após o término deste, continuou-se o recrutamento de pacientes, que foram convidados a participar deste projeto. No presente trabalho foram utilizados apenas os dados dos pacientes submetidos à ventilação mecânica, para os quais foram avaliadas também as variáveis ventilatórias (através de pesquisa de prontuário) para comparação com a função do ventrículo direito.

5.5 VARIÁVEIS UTILIZADAS

- a) Doença de base
- b) Motivo de internação
- c) Tempo de VM
- d) Tempo de permanência na UTI
- e) Variáveis respiratórias medidas de rotina: complacência estática, complacência dinâmica; resistência inspiratória e expiratória; elastância;
- f) Modo e parâmetros ventilatórios no momento da realização do ecocardiograma (PIP, PEEP total; T_i ; $P_{platô}$; FR; FiO_2 ; VAC; auto-PEEP; Rins; R_{exp} e DP)*
- g) Variáveis do ecocardiograma: onda S' doppler, TAPSE e relação VD/VE
- h) Idade
- i) Peso (escore Z); superfície corporal

- j) presença de doenças crônicas complexas conforme definições de Feudtner e colaboradores (FEUDTNER et al., 2014)
- k) Sinais vitais (Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória, Temperatura; Pressão Arterial Média (PAM); Saturação de O₂)
- l) Saturação O₂/FiO₂
- m) Uso de drogas vasoativas (escore inotrópico / VIS);

* PIP (Pico de Pressão Inspiratória), PEEP total (Pressão expiratória final positiva) ; Ti (Tempo Inspiratório); Pplatô (Pressão de platô); FR (Frequência Respiratória); FiO₂ (Fração Inspiratória de Oxigênio); VAC (Volume corrente); auto-PEEP; R_{insp} (resistência inspiratória); R_{exp} (Resistência Expiratória) e DP (Driving Pressure).

5.6 DEFINIÇÕES

As ecocardiografias foram realizadas por duas cardiologistas pediátricas, no ambiente da UTI pediátrica, com aparelho Cx 50 - Philips, sendo utilizadas as seguintes janelas: apical 4 câmaras, apical 5 câmaras, paraesternal longitudinal, paraesternal eixo curto e subcostal.

Os valores de referência utilizados para definição de alteração dos parâmetros ecocardiográficos foram onda s' doppler tecidual $< 10 \text{ cm / s}$; (TISSOT; SINGH; SEKARSKI, 2018); e relação VD/VE < 1 . (KOESTENBERGER et al., 2016b).

Para TAPSE foram utilizados os critérios por faixa etária, conforme Koestenberger et al, sendo considerados alterados quando valores $< -2\text{DP}$ para cada idade, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Parâmetros de avaliação de TAPSE por faixa etária

Age	n	TAPSE (cm)				
		Mean	Bounds for z-score ranges			
			± 2 SD (95%)	± 3 SD (99%)		
0-30 d	41	0.91	0.68	1.15	0.56	1.26
1-3 mo	45	1.14	0.85	1.42	0.71	1.56
4-6 mo	20	1.31	1.01	1.65	0.86	1.77
7-12 mo	22	1.44	1.13	1.77	0.97	1.91
1 y	25	1.55	1.25	1.88	1.10	2.00
2 y	39	1.65	1.36	1.94	1.22	2.09
3 y	27	1.74	1.48	2.02	1.35	2.14
4 y	47	1.82	1.56	2.07	1.43	2.20
5 y	29	1.87	1.60	2.13	1.47	2.26
6 y	41	1.90	1.62	2.18	1.48	2.33
7 y	32	1.94	1.64	2.25	1.49	2.39
8 y	23	1.97	1.67	2.28	1.52	2.43
9 y	20	2.01	1.73	2.30	1.58	2.44
10 y	27	2.05	1.79	2.31	1.65	2.46
11 y	25	2.10	1.83	2.36	1.69	2.50
12 y	18	2.14	1.84	2.43	1.68	2.60
13 y	20	2.20	1.85	2.54	1.68	2.71
14 y	35	2.26	1.87	2.65	1.68	2.84
15 y	25	2.33	1.93	2.75	1.74	2.92
16 y	34	2.39	1.98	2.78	1.78	3.01
17 y	27	2.45	2.04	2.88	1.83	3.06
18 y	21	2.47	2.05	2.91	1.84	3.10

Fonte: Koestenberger 2009

O índice cardíaco (IC) foi calculado a partir de medidas ecocardiográficas da velocidade de tempo integral da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI) e da área de seção transversal (CSA) da via de saída, a partir de calculadora eletrônica que pode ser acessada a partir do link <https://www.omnicalculator.com/health/doppler-echo-cardiac-output>.

Todas as medidas respiratórias foram realizadas através dos recursos do ventilador Servo i. Para avaliar mecânica pulmonar era setado o ventilador em volume controlado e realizada pausa inspiratória, registrando-se as seguintes variáveis: pressão de pico (P_{pip}), pressão platô (P_{plat}), complacência dinâmica (C_{dyn}), complacência estática (C_{stat}); resistência inspiratória (R_{insp}); na pausa expiratória, avaliado autoPEEP e resistência expiratória (R_{exp}). Calculamos o driving pressure (DP) da seguinte forma: (DP= P_{plat} – PEEP total). Foi calculado o índice de saturação (IS) para todos os pacientes através da fórmula IS=100xMAPxFiO₂/SatO₂.

O cálculo do *Vasoactive-inotropic score* (VIS) foi realizado conforme proposto por Gaies e colaboradores em 2010, utilizando a soma das doses de DVA a partir da seguinte fórmula: VIS = dose de dopamina (µg/kg/min) + dose de dobutamina (µg/kg/min) + [10 x dose de milrinone (µg/kg/min)] + [100 x dose de adrenalina (µg/kg/min)] + [100 x dose de noradrenalina (µg/kg/min)] + [10.000 x dose de vasopressina (U/kg/min)].

5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão ou mediana e amplitude interquartílica. As variáveis categóricas foram descritas por frequências absolutas e relativas.

Para comparar médias, o teste t-student ou Análise de Variância complementada por Tukey foram aplicados. Em caso de assimetria, os testes de Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis complementado por Dunn foram utilizados. Para avaliar a associação entre as variáveis categóricas, os testes qui-quadrado de Pearson ou exato de Fisher foram utilizados. Correlação de Pearson ou Spearman para avaliar a associação entre as variáveis numéricas.

O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,050$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 27.0.

5.8 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

Seriam necessários 128 pacientes para que se obtenha uma prevalência de 25% de disfunção de VD, com nível de confiança de 95%.

5.9 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética do HCPA e a única intervenção realizada no paciente foi o ecocardiograma à beira do leito, não incluindo riscos adicionais significativos. Foi fornecido previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos responsáveis legais dos pacientes incluídos no estudo (Anexo 1). Para os pacientes que já tiveram seus dados coletados no projeto de CAAE 64779517.4.0000.5327, e que não foi possível contato para obtenção de consentimento, foi solicitada dispensa do mesmo junto ao CEP. Os pesquisadores se comprometeram com a confidencialidade dos dados coletados e assinaram o termo de compromisso para uso de dados.

Durante o transcorrer do estudo, solicitamos alteração do delineamento para incluir dados retrospectivos, considerando que houve modificação na prática assistencial da UTI pediátrica, tendo maior solicitação de ecocardiogramas. Diversos

pacientes realizaram o exame por motivos clínicos e não especificamente para a pesquisa, porém estes fechavam critérios de inclusão no estudo. Solicitamos alteração no termo de consentimento para autorização dos familiares para uso dos dados registrados no prontuário do paciente (laudo do exame e variáveis clínicas e de parâmetros ventilatórios), sem acarretar a realização de novas intervenções com o paciente. O que foi autorizado pela comissão de ética do hospital.

REFERÊNCIAS

ABDALAZIZ, F. A. et al. The use of bedside echocardiography for measuring cardiac index and systemic vascular resistance in pediatric patients with septic shock. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 30, n. 4, p. 460–470, 2018.

ARTHUR J. LABOVITZ et al. The effects of sampling site on the two-dimensional echo-Doppler determination of cardiac output. **American Heart Journal**, 1985.

ASLAN, N. et al. Comparison of cardiac output and cardiac index values measured by critical care echocardiography with the values measured by pulse index continuous cardiac output (PiCCO) in the pediatric intensive care unit: a preliminary study. **Italian Journal of Pediatrics**, v. 46, n. 1, 2020.

BLANCO, P. Rationale for using the velocity–time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. **Ultrasound Journal**, v. 12, n. 1, 2020.

DE BACKER, D. Ultrasonic evaluation of the heart. **Current Opinion in Critical Care**, v. 20, n. 3, p. 309–314, 2014.

FEUDTNER, C. et al. Pediatric complex chronic conditions classification system version 2: Updated for ICD-10 and complex medical technology dependence and transplantation. **BioMed Central Pediatrics**, v. 14, n. 1, 2014.

GORDO-VIDAL, F.; ENCISO-CALDERÓN, V. Síndrome de distrés respiratorio agudo, ventilación mecánica y función ventricular derecha. **Medicina Intensiva**, v. 36, n. 2, p. 138–142, 2012.

GRIGNOLA, J. C.; DOMINGO, E. Acute Right Ventricular Dysfunction in Intensive Care Unit. **BioMed Research International**, v. 2017, 2017.

HARJOLA, V. P. et al. Contemporary management of acute right ventricular failure: A statement from the Heart Failure Association and the Working Group on Pulmonary Circulation and Right Ventricular Function of the European Society of Cardiology. **European Journal of Heart Failure**, v. 18, n. 3, p. 226–241, 2016.

HIMEBAUCH, A. S. et al. New or persistent right ventricular systolic dysfunction is associated with worse outcomes in pediatric acute respiratory distress syndrome. **Pediatric Critical Care Medicine**, p. E121–E128, 2020.

HRYMAK, C.; STRUMPHER, J.; JACOBSON, E. Acute Right Ventricle Failure in the Intensive Care Unit: Assessment and Management. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 33, n. 1, p. 61–71, 2017.

HUANG, S. J. et al. The use of echocardiographic indices in defining and assessing right ventricular systolic function in critical care research. **Intensive Care Medicine**, v. 44, n. 6, p. 868–883, 2018.

JESPER KJÆRGAARD; HVITFELDT POULSEN, S.; PRESCOTT, E. Assessment of Right Ventricular Systolic Function by Tissue Doppler Echocardiography. **Danish Medical Journal**, 2012.

KALLEKKATTU, D. et al. Threshold of Inotropic Score and Vasoactive–Inotropic Score for Predicting Mortality in Pediatric Septic Shock. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 89, n. 5, p. 432–437, 2022.

KIM, J. S. et al. Association between right ventricle dysfunction and poor outcome in patients with septic shock. **Heart**, v. 106, n. 21, p. 1665–1671, 2020.

KOBR, J. et al. Repeated bedside echocardiography in children with respiratory failure. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 9, n. 1, 2011.

KOESTENBERGER, M. et al. Right Ventricular Function in Infants, Children and Adolescents: Reference Values of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) in 640 Healthy Patients and Calculation of z Score Values. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 22, n. 6, p. 715–719, 2009.

KOESTENBERGER, M. et al. Transthoracic echocardiography for the evaluation of children and adolescents with suspected or confirmed pulmonary hypertension. Expert consensus statement on the diagnosis and treatment of paediatric pulmonary hypertension. The European Paediatric Pulmonary Vascular Disease Network, endorsed by ISHLT and DGPK. **Heart**, v. 102, p. II14–II22, 2016b.

KRISHNAN, S.; SCHMIDT, G. A. Acute right ventricular dysfunction: Real-time management with echocardiography. **Chest**, v. 147, n. 3, p. 835–846, 1 mar. 2015.

LAMIA, B. et al. Relationship between the tricuspid annular plane systolic excursion and right and left ventricular function in critically ill patients. **Intensive Care Medicine**, v. 33, n. 12, p. 2143–2149, 2007.

LOPEZ, L. et al. Recommendations for Quantification Methods During the Performance of a Pediatric Echocardiogram: A Report From the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 23, n. 5, p. 465–495, 2010.

MCINTOSH, A. M. et al. Validation of the vasoactive-inotropic score in pediatric sepsis. **Pediatric Critical Care Medicine**, v. 18, n. 8, p. 750–757, 2017.

PRICE, L. C. et al. Pulmonary vascular and right ventricular dysfunction in adult critical care: Current and emerging options for management: A systematic literature review. **Critical Care**, v. 14, n. 5, 2010.

RODRIGUES, A. C. T. et al. Avaliação do ventrículo direito pelo ecocardiograma com doppler tecidual na embolia pulmonar aguda. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 100, n. 6, p. 524–530, 2013.

ROSSI, M. L. et al. Cardiac function in bronchiolitis: Not only a right ventricle matter. **Pediatric Pulmonology**, v. 58, n. 1, p. 288–296, 2023.

RUDSKI, L. G. et al. Diretrizes para Avaliação Ecocardiográfica do Coração Direito em Adultos: um Informe da Sociedade Americana de Ecocardiografia Aprovado pela Associação Européia de Ecocardiografia (registrada pela Sociedade Européia de Cardiologia), e pela Sociedade Canadense de Ecocardiografia Divulgação do autor. **Journal of the American Society of Echocardiography**, 2002.

RUBENS C. COSTA FILHO; MURILLO SANTUCCI CESAR DE ASSUNÇÃO; HAGGÉAS FERNANDES. A Importância de se Avaliar a Função dos Ventriculos Direito e Esquerdo na Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo. **Pulmão RJ**, p. 48–54, 2011.

SIMMONS, J. et al. Systolic Strain by Speckle-Tracking Echocardiography Is a Feasible and Sensitive Measure of Right Ventricular Dysfunction in Acute Respiratory Failure Patients on Mechanical Ventilation. **Critical Care Explorations**, v. 4, n. 1, p. e0619, 2022.

SINGH, Y. Echocardiographic evaluation of hemodynamics in neonates and children. **Frontiers in Pediatrics**, v. 5, 2017.

TISSOT, C.; SINGH, Y.; SEKARSKI, N. Echocardiographic evaluation of ventricular function-for the neonatologist and pediatric intensivist. **Frontiers in Pediatrics**, v. 6, 2018.

VALLABHAJOSYULA, S. et al. Impact of Right Ventricular Dysfunction on Short-term and Long-term Mortality in Sepsis: A Meta-analysis of 1,373 Patients. **Chest**, v. 159, n. 6, p. 2254–2263, 2021.

ZOCHIOS, V. et al. The Right Ventricle in ARDS. **Chest**, v. 152, n. 1, p. 181–193, 2017.

ANEXO A – PROTOCOLO DE PESQUISA

Data do exame: ___/___/___ horário:

Dados do paciente:

Data de nascimento: ___/___/___ Data de internação: ___/___/___

Prontuário: _____

Nome do paciente: _____

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

Motivo da internação: _____

Glasgow/RASS: _____ Comfort: _____ Sedação: _____

Condição hemodinâmica:

() Taquicardia () Alt perfusão () Alt pulso () Diminuição de vol urinário () Alt consciência

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

Droga vasoativa: _____

Doença crônica crítica: () sim () não /// Lactato: _____

Sinais vitais:

Freq cardíaca	
Freq respiratória	
TA / PAM	
Sat O2 // FiO2	

Dados ecográficos:

VE	
Diâmetro mín VCI (CAVA) - (cm)	
Diâmetro máx VCI - (cm)	
Relação VD/VE (cm)	
Diâmetro da saída de VE	
VTI na saída do VE - (cm)	1) 2) 3)
VD	
TAPSE (cm)	1) 2) 3)
Doppler tecidual de VD (onda S) - (cm/seg)	1) 2) 3)
Vel máx de regurg tricúspide - (m/seg)	
Vel máx de regurg pulmonar	
Cálculo de resist máx pulmonar	
PSAP (mmHg)	

Dados ventilação mecânica:

Data de início da VM: ___/___/___ / Tempo de VM e UTIP: ___ / ___
Relaxante muscular () / Sulfato de Mg () / Salbutamol () / BH cumulativo _____
Modo ventilatório: _____ PIP _____ / PEEP _____ / FR _____ / FiO2 _____ / Tempo inspiratório _____ Trigger _____ / Pressão suporte _____ / VTE _____ / VTI _____ / Escape: SIM () NÃO () porcentagem _____
Mecânica pulmonar: Ppico _____ / Platô _____ / Rinsp _____ / Rexp _____ / AutoPEEP _____ / Comp est _____ / Comp din _____

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - responsáveis

Nº do CAAE: 20309619.0.0000.5327

Título do Projeto: AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DA FUNÇÃO DE VENTRÍCULO DIREITO EM PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA

A criança/adolescente pela qual você é responsável está sendo convidada a participar de uma pesquisa cujo objetivo é verificar a função do ventrículo direito do coração através de ecocardiografia na beira do leito e a sua relação com as medidas das funções dos pulmões. Esta pesquisa está sendo realizada pelo Serviço de Pediatria do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Seu filho realizou a ecocardiografia por outros motivos e se você concordar com a participação na pesquisa, os procedimentos envolvidos são os seguintes:

Serão consultados os registros médicos e de enfermagem do paciente. Serão coletadas informações como dados do laudo do ecocardiograma já realizado, medidas das funções dos pulmões, sinais vitais (temperatura, pressão, frequência cardíaca e respiratória), peso e altura, uso de medicamentos, tempo de ventilação mecânica e tempo de internação na UTI. A participação na pesquisa não adiciona riscos ou desconfortos conhecidos.

A participação neste estudo não trará benefícios diretos ao participante, mas pode melhorar o tratamento futuro de outras crianças/adolescentes pelo fato de nos ajudar a aprimorar o diagnóstico e o tratamento de problemas no coração devido a diversas causas.

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.

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 as pesquisadoras Tais Sica da Rocha e Fernanda de Oliveira Chiaradia, pelo telefone (51) 3359-8399 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 2229, de segunda à sexta, das 8h às 17h.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma para o participante e seu responsável e outra para os pesquisadores.

Nome do participante da pesquisa

Nome do responsável

Assinatura

Nome do pesquisador que aplicou o Termo

Assinatura

Local e Data: _____

Rubrica do responsável _____

Rubrica do pesquisador _____

CEP Hospital de Clínicas de Porto Alegre