

# Falha de extubação em unidade de terapia intensiva pediátrica: estudo de coorte retrospectivo

*Extubation failure in pediatric intensive care unit: a retrospective cohort study*

*Fracaso de la extubación en una unidad de cuidados intensivos pediátrica: un estudio de cohorte retrospectivo*

Alessandro Domingues Heubel<sup>1</sup>, Renata Gonçalves Mendes<sup>2</sup>, Silvia Regina Barrile<sup>3</sup>, Camila Gimenes<sup>4</sup>, Bruno Martinelli<sup>5</sup>, Luciane Neves da Silva<sup>6</sup>, Célio Guilherme Lombardi Daibem<sup>7</sup>

**RESUMO** | Na unidade de terapia intensiva (UTI) pediátrica, a falha de extubação pode aumentar o risco de mortalidade. Este estudo objetivou: (1) verificar a taxa de falha de extubação na UTI pediátrica de um hospital público do município de Bauru (São Paulo, Brasil); (2) identificar a principal causa atribuída à falha de extubação; (3) avaliar se características como a idade e o tempo de ventilação mecânica invasiva (VMI) estão associadas à falha de extubação; (4) avaliar se o tempo de permanência na UTI e hospital é maior entre os pacientes que apresentaram falha de extubação. Foi realizado estudo de coorte retrospectivo com 89 pacientes internados de maio de 2017 até julho de 2018. Os resultados mostraram taxa de falha de extubação correspondente a 16%. A principal causa atribuída à falha de extubação foi o estridor laríngeo, totalizando 57% dos casos. A comparação intergrupos (sucesso vs. falha de extubação) não mostrou diferenças em relação à idade ( $p=0,294$ ) e ao tempo de VMI ( $p=0,228$ ). No entanto, observamos que o grupo falha de extubação apresentou maior tempo de UTI ( $p=0,000$ ) e hospital ( $p=0,010$ ). Desta forma, concluímos que a taxa de extubação está de acordo com a observada em outros estudos. O estridor laríngeo foi responsável por mais da metade dos casos de falha de extubação. Embora a idade e o tempo de VMI não tenham sido características

associadas à falha de extubação, esta contribuiu para o maior período de permanência na UTI e no hospital.

**Descritores** | Unidade de Terapia Intensiva; Pediatria; Ventilação Mecânica; Extubação.

**ABSTRACT** | In the pediatric intensive care unit (ICU), extubation failure may increase mortality risk. This study aimed: (1) to verify the rate of extubation failure in the pediatric ICU of a public hospital located in the city of Bauru (São Paulo, Brazil); (2) to identify the main cause attributed to extubation failure; (3) to evaluate whether age and time of invasive mechanical ventilation (IMV) are characteristics associated to extubation failure; (4) to evaluate whether the length of stay in the ICU/hospital is longer among patients who presented extubation failure. A retrospective study was performed with 89 hospitalized patients from May 2017 to July 2018. Results showed an extubation failure rate corresponding to 16%. The main cause attributed to extubation failure was laryngeal stridor, totaling 57% of the cases. Intergroup comparison (success vs. failure of extubation) showed no differences in relation to age ( $p=0.294$ ) and IMV time ( $p=0.228$ ). However, we observed that the extubation failure group had longer ICU ( $p=0.000$ ) and hospital time ( $p=0.010$ ). In this way, we conclude that the rate of extubation failure is in agreement with other studies. Laryngeal stridor was responsible for more than

Estudo realizado no Hospital Estadual de Bauru (HEB) Dr. Arnaldo Prado Curvêllo – Bauru (SP), Brasil.

<sup>1</sup>Hospital Estadual de Bauru (HEB) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: adheubel@yahoo.com.br. Orcid: 0000-0002-0681-3972

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos (SP), Brasil. E-mail: renatamendes@ufscar.br. Orcid: 0000-0003-4683-2657

<sup>3</sup>Universidade de Cuiabá (Unic) – Mato Grosso (MT), Brasil. E-mail: sbarrile@gmail.com. Orcid: 0000-0001-6091-9287

<sup>4</sup>Universidade do Sagrado Coração (USC) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: professoracamilagimenes@gmail.com. Orcid: 0000-0002-1092-1896

<sup>5</sup>Universidade do Sagrado Coração (USC) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: internetbruno@yahoo.com.br. Orcid: 0000-0002-8326-0419

<sup>6</sup>Hospital Estadual de Bauru (HEB) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: Insilva.heb@famesp.org.br. Orcid: 0000-0002-9908-5096

<sup>7</sup>Faculdades Integradas de Bauru (FIB) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: celiodaibem@yahoo.com.br. Orcid: 0000-0002-9302-9237

Endereço para correspondência: Alessandro Domingues Heubel – Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 1-100, Núcleo Presidente Geisel – Bauru (SP), Brasil – CEP: 17033-360 – E-mail: adheubel@yahoo.com.br – Fonte de financiamento: nada a declarar – Conflito de interesses: nada a declarar – Apresentação: 27 Nov. 2018 – Aceito para publicação: 31 Jan. 2019 – Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Bauru: parecer n. 2.857130, CAAE 91285518.4.0000.5423.

half of cases of extubation failure. Although IMV time and age were not associated with the extubation failure, they contributed to a longer stay in the ICU and in the hospital.

**Keywords** | Intensive Care Unit; Pediatrics; Mechanical Ventilation; Airway Extubation.

**RESUMEN** | En la unidad de cuidados intensivos (UCI) pediátrica, el fracaso de la extubación puede aumentar el riesgo de mortalidad. Este estudio tuvo el objetivo de: (1) verificar el índice de fracaso de la extubación en la UCI pediátrica de un hospital público en el municipio de Bauru (São Paulo, Brasil); (2) identificar la causa principal atribuida al fracaso de la extubación; (3) evaluar si las características edad y tiempo de ventilación mecánica invasiva (VMI) están asociadas al fracaso de la extubación; (4) evaluar si la duración en la UCI y el hospital es mayor entre los pacientes que experimentaron este fracaso. Se realizó un estudio de cohorte

retrospectivo con 89 pacientes hospitalizados desde mayo de 2017 hasta julio de 2018. Los índices del fracaso de la extubación fueron del 16%. El estridor laríngeo fue la causa principal atribuida al fracaso de la extubación, lo que totaliza el 57% de los casos. La comparación intergrupar (éxito versus fracaso de la extubación) no presentó diferencias en relación con la edad ( $p=0,294$ ) y el tiempo VMI ( $p=0,228$ ). Se observó que el grupo fracaso de la extubación estuvo más tiempo en la UCI ( $p=0,000$ ) y el hospital ( $p=0,010$ ). Se concluye que el índice de extubación está en consonancia con lo observado en otros estudios. El estridor laríngeo fue el responsable de más de la mitad de los casos de fracaso de la extubación. Las características edad y el tiempo de VMI no estuvieron asociadas al fracaso de la extubación, pero esta contribuyó a un período más prolongado en la UCI y en el hospital.

**Palabras clave** | Unidad de Cuidados Intensivos; Pediatría; Ventilación Mecánica; Extubación.

## INTRODUÇÃO

O processo de descontinuação da ventilação mecânica invasiva (VMI) é dividido em duas etapas: a remoção do suporte ventilatório, conhecido como desmame, e a retirada da via aérea artificial, definida como extubação<sup>1</sup>. A falha de extubação é caracterizada pela incapacidade do paciente em manter a respiração espontânea, com necessidade de retorno à VMI em até 48 horas após a extubação<sup>2</sup>.

Em pediatria, a taxa de falha de extubação pode variar de 2% a 20%, a depender do local de serviço e características da população<sup>3</sup>. Dentre as principais consequências negativas para o paciente pediátrico, a falha de extubação está associada a desfechos clínicos desfavoráveis, como o aumento do tempo de permanência na unidade de terapia intensiva (UTI), o maior tempo de VMI e, por consequência, a necessidade de traqueostomia<sup>4</sup>. Além disso, outros estudos associam a falha de extubação ao aumento do risco de mortalidade<sup>5,6</sup>.

Embora as causas sejam quase sempre multifatoriais, as falhas de extubação têm sido associadas a diversos fatores de risco. A idade e o tempo de VMI, por exemplo, são considerados importantes fatores de risco para a falha de extubação em crianças<sup>5,7</sup>. Estudos têm mostrado que quanto menor a idade da criança e/ou maior o tempo de VMI, há um aumento do risco para a falha de extubação<sup>5,7</sup>. Apesar disso, ainda existem estudos

contraditórios, nos quais não se observou influência da idade<sup>8</sup> ou tempo de VMI<sup>9</sup> na falha de extubação.

Diante do contexto exposto, e levando em consideração as repercussões negativas causadas pela falha de extubação, implicando, inclusive, em maior custo para o tratamento do paciente<sup>1</sup>, é fundamental que se conheça a ocorrência de tais eventos, suas causas e possíveis fatores de risco. Dessa forma, a partir de tal caracterização, torna-se possível o planejamento e elaboração de estratégias coordenadas, envolvendo a equipe multiprofissional, na tentativa de prevenir e/ou minimizar os fatores de risco associados à falha de extubação.

Assim, os objetivos deste estudo foram: (1) determinar a taxa de falha de extubação na UTI pediátrica de um hospital público localizado no município de Bauru (São Paulo, Brasil); (2) identificar a principal causa atribuída às falhas de extubação; (3) avaliar se características como a idade e o tempo de VMI estão associadas à falha de extubação; e (4) avaliar se o tempo de permanência na UTI e no hospital é maior entre os pacientes que apresentaram falha de extubação.

## METODOLOGIA

Este estudo foi aprovado pela Comissão Científica do Hospital Estadual de Bauru (HEB). Trata-se de um estudo de coorte retrospectivo, realizado com pacientes internados na UTI pediátrica do HEB (São Paulo,

Brasil), no período de maio de 2017 até julho de 2018. A UTI pediátrica do HEB é constituída por 11 leitos e conta com equipe multiprofissional formada por médicos intensivistas pediátricos, enfermeiros, técnicos de enfermagem, fisioterapeutas, psicólogos, nutricionistas, terapeutas ocupacionais e fonoaudiólogos.

Foram incluídos pacientes de ambos os sexos, idade de 28 dias a 17 anos, e com tempo de VMI maior que 24 horas. Foram considerados aptos para extubação somente os pacientes que apresentaram drive respiratório, estabilidade hemodinâmica, equilíbrio ácido-básico normal, pressão expiratória final positiva (PEEP)  $\leq 8$  e fração inspirada de oxigênio ( $FiO_2$ )  $\leq 50\%$ <sup>2,10</sup>. Os pacientes foram extubados após apresentarem sucesso no teste de respiração espontânea, o qual foi realizado de 30 minutos a duas horas, com ventilação em modo pressão de suporte, com pressão de suporte  $\leq 10$   $cmH_2O$ , PEEP de  $5cmH_2O$  e  $FiO_2 \leq 50\%$ <sup>10</sup>. Foram excluídos casos de extubações acidentais, pacientes transferidos de serviço, submetidos à traqueostomia ou que evoluíram a óbito antes da primeira extubação (Figura 1). Prontuários com dados

incompletos, que inviabilizaram a análise dos resultados, também foram excluídos.

Para a coleta de dados, foram consultados e revisados prontuários eletrônicos de pacientes internados no período, bem como planilhas específicas para controle e gerenciamento de extubações. Dessa forma, foram colhidas as seguintes informações: idade, sexo, hipótese médica no momento da internação, uso de corticoide antes da extubação, uso de ventilação não invasiva (VNI) pós-extubação, tempo de VMI até a primeira extubação, tempo de permanência na UTI e no hospital.

A falha de extubação foi caracterizada pela necessidade de nova intubação e retorno a VMI em até 48 horas após a remoção do tubo orotraqueal<sup>2,10</sup>. A decisão pela reintubação foi tomada quando o paciente apresentava dois ou mais critérios clínicos: aumento da frequência respiratória em mais de 40% do normal para a idade, apneia >20 segundos, tiragem subdiafragmática ou supraesternal, cianose e/ou rebaixamento do nível de consciência com esforço respiratório insuficiente<sup>10</sup>. A VNI nas 48 horas pós-extubação foi utilizada em casos específicos, respeitando as indicações e contraindicações da terapia<sup>11</sup>.

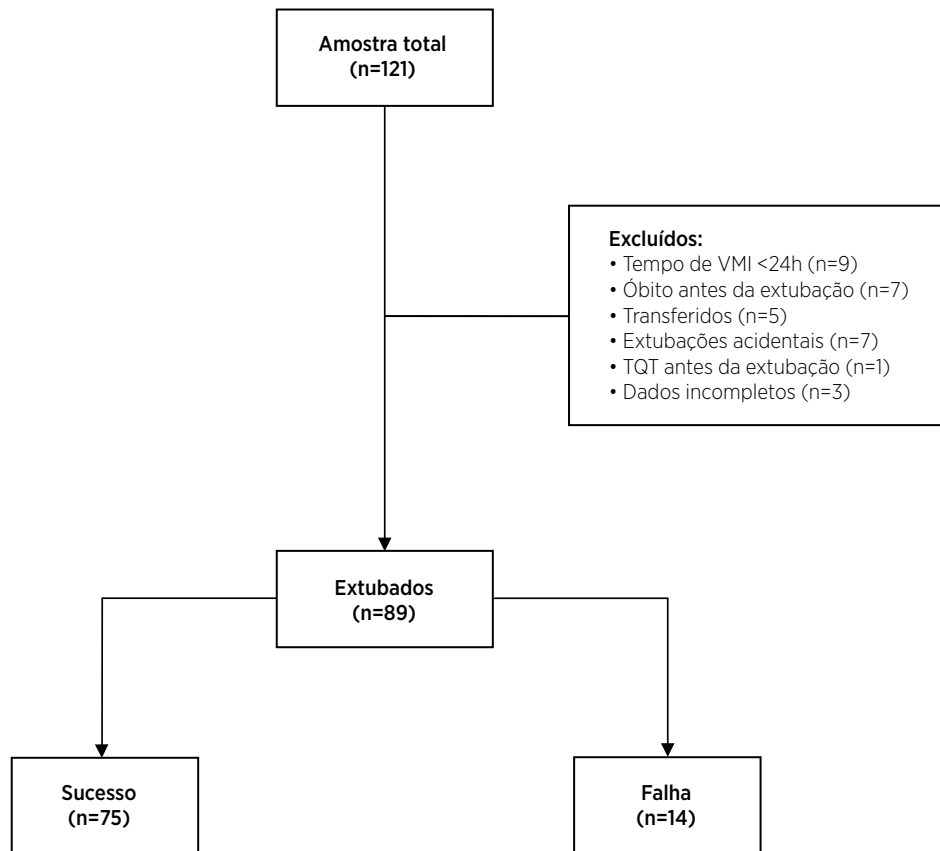


Figura 1. Diagrama de fluxo dos pacientes no estudo

VMI: ventilação mecânica invasiva; TQT: traqueostomia.

## Análise estatística

Os resultados foram analisados pelo programa Statistical Package for Social Sciences para Windows (IBM®, EUA), versão 20.0. As variáveis categóricas foram descritas em frequência absoluta e relativa. Para as variáveis quantitativas, a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados apresentaram distribuição não normal, foram descritos em mediana (intervalo interquartilico 25-75%). A comparação entre os grupos (sucesso vs. falha de extubação) foi realizada por meio do teste U de Mann-Whitney ou teste de qui-quadrado. Em todas as análises, o resultado foi considerado significativo quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

A amostra total foi constituída por 121 pacientes, dos quais 32 foram excluídos de acordo com os critérios previamente estabelecidos (Figura 1). Na amostra estudada ( $n=89$ ), a taxa de falha de extubação correspondeu a 16%. Dentre as causas atribuídas a falha de extubação, o estridor laríngeo foi a mais frequente, com registro em 57% ( $n=8$ ) dos casos. Na comparação intergrupos (Tabela 1), não verificamos diferença significativa para as variáveis distúrbio primário, idade, sexo, uso de corticoides, uso de VNI e tempo de VMI. Por outro lado, observamos que o grupo falha de extubação apresentou maior tempo de permanência na UTI ( $p=0,000$ ) e no hospital ( $p=0,010$ ).

Tabela 1. Características e desfechos dos grupos sucesso e falha de extubação

Variáveis	Sucesso de extubação (n=75)	Falha de extubação (n=14)	p
Distúrbio primário			
Respiratório, n (%)	49 (65)	11 (79)	0,332
Cardiovascular, n (%)	4 (5)	0 (0)	0,377
Neurológico, n (%)	6 (8)	1 (7)	0,913
Digestivo, n (%)	5 (7)	0 (0)	0,320
Endócrino, n (%)	5 (7)	1 (7)	0,948
Tegumentar, n (%)	6 (8)	1 (7)	0,913
Sexo masculino, n (%)	42 (56)	10 (71)	0,282
Idade (meses)	19 (4-89)	37 (10-65)	0,294
Grupos etários			
28 dias-2 anos, n (%)	41 (54)	6 (43)	0,416
>2-7 anos, n (%)	14 (19)	5 (36)	0,153
>7-17 anos, n (%)	20 (27)	3 (21)	0,681
Uso de corticoides, n (%)	31 (41)	2 (14)	0,054
Uso de VNI, n (%)	14 (19)	5 (36)	0,153
Tempo de VMI (horas)	119 (61-189)	141 (92-175)	0,228
Tempo de UTI (dias)	10 (6-13)	17 (14-23)	0,000
Tempo de hospital (dias)	16 (11-25)	24 (17-59)	0,010

Resultados expressos em frequência absoluta (%) ou mediana (intervalo interquartilico 25-75%). VNI: ventilação não invasiva; VMI: ventilação mecânica invasiva; UTI: unidade de terapia intensiva.

## DISCUSSÃO

Nossos resultados mostraram que a taxa de falha de extubação correspondeu a 16%, sendo o estridor laríngeo a causa mais frequentemente associada aos casos de insucesso. Contrariando nossas hipóteses iniciais, a idade e o tempo VMI não constituíram fatores de risco para a falha de extubação. Em contrapartida, confirmamos que a falha de extubação está associada ao maior tempo de internação na UTI e permanência no hospital.

Na população pediátrica, a taxa de falha de extubação pode variar de 2 a 20%<sup>3</sup>. Portanto, com base em nossos resultados, podemos afirmar que a taxa de falha de extubação (15,7%) corrobora o encontrado em outros ensaios. Apesar disso, a considerável variação dos resultados nos diversos estudos pode ser atribuída, sobretudo, aos diferentes critérios metodológicos adotados. Por exemplo, Khan, Brown e Venkataraman<sup>12</sup> estudaram uma população de 208 pacientes pediátricos e observaram uma taxa de falha de extubação equivalente a 16,3%. No entanto, no mesmo estudo, os pesquisadores excluíram os casos de

reintubação por obstrução de via aérea superior, o que pode ter contribuído para subestimação dos resultados.

Em outro exemplo, Edmunds, Weiss e Harrison<sup>7</sup> avaliaram uma população de 632 pacientes pediátricos e verificaram falha de extubação em 4,9% da amostra estudada. No mesmo estudo, os autores consideraram um tempo de até 72 horas para o evento. Apesar da baixa taxa de falha de extubação, tal critério pode ter colaborado para superestimação dos casos de falha de extubação, uma vez que, de forma óbvia, a chance de falha se torna maior em 72 horas quando comparada ao período de 48 horas.

Em nosso estudo, o estridor laríngeo foi a causa mais frequentemente associada à falha de extubação, correspondendo a aproximadamente 57% dos casos. Essa alta incidência de estridor pós-extubação também é observada em outros estudos com pacientes pediátricos. Edmunds, Weiss e Harrison<sup>7</sup>, Baisch et al.<sup>9</sup> e Kurachek et al.<sup>5</sup>, por exemplo, observaram que o estridor foi a causa mais comum para a falha de extubação, com uma frequência de 25%, 35% e 37%, respectivamente.

Infelizmente, como não há um método “padrão-ouro” para predição ou prevenção do estridor pós-extubação, o desfecho acaba se tornando de difícil controle. O *cuff leak test*, ou teste de permeabilidade das vias aéreas, com elevado grau de acurácia diagnóstica na população adulta<sup>13</sup>, não tem a mesma capacidade de predição na população pediátrica<sup>14</sup>, principalmente nas crianças com idade inferior a 7 anos<sup>15</sup>. Outros métodos menos comuns, como a ultrassonografia laríngea<sup>16</sup> e a pletismografia respiratória por indutância<sup>17</sup>, mesmo que tenham mostrado bons resultados na identificação do edema laríngeo, ainda são limitados na prática clínica, uma vez que são necessários equipamentos específicos e treinamento para seu manejo.

Somando-se à dificuldade na predição do estridor laríngeo, métodos preventivos ainda não se tornaram consenso na prática clínica. A administração profilática de corticoides, por exemplo, ainda que não possua efetividade comprovada, tem mostrado resultados consistentes e com tendências benéficas na prevenção do estridor laríngeo em crianças<sup>18</sup>. De forma interessante, tais tendências positivas convergem com o encontrado em nosso estudo, no qual observamos que o grupo sucesso de extubação apresentou maior quantidade de pacientes que faziam uso de corticoide no momento pré-extubação. Ainda que nosso resultado não tenha sido estatisticamente significativo ( $p=0,054$ ), ele pode ser considerado clinicamente relevante, uma vez que corrobora a tendência verificada na literatura.

No que diz respeito aos fatores de risco, observamos que a idade não foi associada à falha de extubação. Nossos

achados corroboram o constatado por Khemani et al.<sup>8</sup>; entretanto, contradizem vários outros estudos<sup>5,7,9,19</sup> nos quais se observou que as crianças do grupo falha de extubação possuíam menor idade quando comparadas àquelas do grupo sucesso. A hipótese que justificaria tal associação é atribuída, em grande parte, ao desenvolvimento anatômico e funcional do sistema respiratório da criança. A imaturidade do sistema de ventilação colateral, a alta complacência (e baixa elastância) da caixa torácica, o aumento da resistência das vias aéreas (principalmente até os 5 anos)<sup>20</sup>, e o menor predomínio de fibras diafragmáticas do tipo I<sup>21</sup> são alguns fatores que influenciam a capacidade da criança de respirar de forma espontânea e podem contribuir para a falha de extubação.

Em relação ao tempo de VMI, não verificamos sua influência na falha de extubação, uma vez que não houve diferença entre os grupos estudados. Embora nossos achados corroborem o verificado por Baisch et al.<sup>9</sup>, a maioria dos estudos<sup>5,7,8,19,22</sup> encontraram resultados opostos, isto é, o maior tempo de VMI foi associado aos casos de falha de extubação. Apesar disso, não se pode afirmar que há uma relação de causa e efeito entre o tempo de VMI e a falha de extubação, mesmo porque a maioria dos estudos apresentam outros fatores possivelmente confundidores.

Assim, e levando em consideração o fato de que a idade e o tempo de VMI não constituíram fatores de risco em nosso estudo, podemos supor que a falha de extubação foi influenciada por outros fenômenos não mensurados. Má nutrição<sup>3</sup>, fraqueza muscular respiratória<sup>8</sup>, altas concentrações de oxigênio<sup>22</sup>, distúrbios eletrolíticos<sup>23</sup>, uso de drogas vasoativas<sup>5</sup> e sedação prolongada<sup>22</sup> são alguns exemplos de fatores associados à falha de extubação, que, devido à falta de controle e registro exato de tais informações, não foram considerados neste estudo.

Quanto aos desfechos observados em nosso estudo, verificamos que a falha de extubação foi associada ao maior tempo de internação em UTI e permanência no hospital. Tais resultados estão de acordo com os encontrados em outros estudos<sup>5,9,19</sup>. Embora outros fatores possam influenciar o tempo de internação, entendemos que a falha de extubação está associada diretamente aos desfechos, visto que tais pacientes, na maioria das vezes, necessitam de retorno à sedação, novo processo de desmame ventilatório, além de estarem mais suscetíveis a complicações inerentes à VMI, como atelectasias e pneumonias<sup>24</sup>, as quais podem prolongar o tempo de tratamento. Além disso, assim como verificado por Laham, Breheny e Rush<sup>19</sup>, é provável que o maior tempo de internação, como efeito da falha de



extubação, tenha implicado maiores custos financeiros ao hospital, ainda que não tenhamos analisado tal desfecho.

Finalmente, devemos destacar algumas limitações do nosso trabalho. A primeira delas é inerente à natureza do estudo, em que o desenho retrospectivo impede o registro e controle de outros fatores que poderiam influenciar o fenômeno estudado. Além disso, consideramos a abrangência do estudo limitada, uma vez que foi realizado em apenas uma unidade, e, portanto, comparações com trabalhos conduzidos em outros locais devem ser feitas com cautela.

## CONCLUSÃO

Este estudo contribuiu para ampliar o conhecimento acerca da falha de extubação na população pediátrica. Na unidade estudada, verificamos uma taxa de falha de extubação equivalente a 16%, o que corresponde ao observado em outros serviços de referência. Adicionalmente, como o estridor laríngeo foi responsável por mais da metade dos casos de falha de extubação, consideramos fundamental a continuidade da busca por métodos acessíveis que auxiliem na predição e prevenção de tal condição. Em nossa amostra, a idade e o tempo de ventilação mecânica não constituíram fatores de risco para a falha de extubação, sugerindo o envolvimento de outras condições não mensuradas. Por fim, enfatizamos a importância da elaboração de estratégias que minimizem as falhas de extubação, uma vez que elas prolongam o tempo de internação hospitalar e, presumivelmente, elevam os custos com o tratamento do paciente.

## REFERÊNCIAS

- Epstein SK. Extubation failure: an outcome to be avoided. *Crit Care*. 2004;8(5):310-2. doi: 10.1186/cc2927
- Associação de Medicina Intensiva Brasileira. Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica [Internet]. São Paulo: Amib; 2013 [cited 2020 Feb 18]. Available from: [http://itarget.com.br/newclients/sbpt.org.br/2011/downloads/arquivos/Dir\\_VM\\_2013/Diretrizes\\_VM2013\\_SBPT\\_AMIB.pdf](http://itarget.com.br/newclients/sbpt.org.br/2011/downloads/arquivos/Dir_VM_2013/Diretrizes_VM2013_SBPT_AMIB.pdf)
- Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10(1):1-11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d
- Gupta P, Chow V, Gossett JM, Yeh JC, Roth SJ. Incidence, predictors, and outcomes of extubation failure in children after orthotopic heart transplantation: a single-center experience. *Pediatr Cardiol*. 2015;36(2):300-7. doi: 10.1007/s00246-014-1003-6
- Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med*. 2003;31(11):2657-64. doi: 10.1097/01.CCM.0000094228.90557.85
- Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Comparison of predictors of extubation from mechanical ventilation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2000;1(1):28-32. doi: 10.1097/00130478-200007000-00005
- Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large Pediatric ICU population. *Chest*. 2001;119(3):897-900. doi: 10.1378/chest.119.3.897
- Khemani RG, Sekayan T, Hotz J, Flink RC, Rafferty GF, Iyer N, et al. Risk factors for pediatric extubation failure: the importance of respiratory muscle strength. *Crit Care Med*. 2017;45(8):798-805. doi: 10.1097/CCM.0000000000002433
- Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC, Cornfield DN. Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6(3):312-8. doi: 10.1097/01.PCC.0000161119.05076.91
- Foronda FK, Troster EJ, Farias JA, Barbas CS, Ferraro AA, Faria LS, et al. The impact of daily evaluation and spontaneous breathing test on the duration of pediatric mechanical ventilation: a randomized controlled trial. *Crit Care Med*. 2011;39(11):2526-33. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182257520
- Fedor KL. Noninvasive respiratory support in infants and children. *Respir Care*. 2017;62(6):699-717. doi: 10.4187/respcare.05244
- Khan N, Brown A, Venkataraman ST. Predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med*. 1996;24(9):1568-79. doi: 10.1097/00003246-199609000-00023
- Ochoa ME, Marín Mdel C, Frutos-Vivar F, Gordo F, Latour-Pérez J, Calvo E, et al. Cuff-leak test for the diagnosis of upper airway obstruction in adults: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2009;35(7):1171-9. doi: 10.1007/s00134-009-1501-9
- Wratney AT, Benjamin DK Jr, Slonim AD, He J, Hamel DS, Cheifetz IM. The endotracheal tube air leak test does not predict extubation outcome in critically ill pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2008;9(5):490-6. doi: 10.1097/PCC.0b013e3181849901
- Mhanna MJ, Zamel YB, Tichy CM, Super DM. The "air leak" test around the endotracheal tube, as a predictor of postextubation stridor, is age dependent in children. *Crit Care Med*. 2002;30(12):2639-43. doi: 10.1097/01.CCM.0000034673.56952.91
- El Amrousy D, Elakashlan M, Elshmaa N, Ragab A. Ultrasound-guided laryngeal air column width difference as a new predictor for postextubation stridor in children. *Crit Care Med*. 2018;46(6):496-501. doi: 10.1097/CCM.0000000000003068
- Khemani RG, Hotz J, Morzov R, Flink R, Kamerkar A, Ross PA, et al. Evaluating risk factors for pediatric post-extubation upper airway

- obstruction using a physiology-based tool. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;193(2):198-209. doi: 10.1164/rccm.201506-1064OC
18. Khemani RG, Randolph A, Markovitz B. Corticosteroids for the prevention and treatment of post-extubation stridor in neonates, children and adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;1(3):1-34. doi: 10.1002/14651858.CD001000.pub3
  19. Laham JL, Breheny PJ, Rush A. Do clinical parameters predict first planned extubation outcome in the pediatric intensive care unit? *J Intensive Care Med.* 2015;30(2):89-96. doi: 10.1177/0885066613494338
  20. Hammer J, Eber E. The peculiarities of infant respiratory physiology. *Paediatric Pulmonary Function Testing.* 2005;33(1):2-7. doi: 10.1159/000083486
  21. Nichols DG. Respiratory muscle performance in infants and children. *J Pediatr.* 1991;118(4):493-502. doi: 10.1016/S0022-3476(05)83368-2
  22. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC, Bered PL, Zilles K. Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6(2):166-70. doi: 10.1097/01.PCC.0000154922.65189.48
  23. Alsumrain MH, Jawad SA, Imran NB, Riar S, DeBari VA, Adelman M. Association of hypophosphatemia with failure-to-wean from mechanical ventilation. *Ann Clin Lab Sci.* 2010;40(2):144-8.
  24. Kendirli T, Kavaz A, Yalaki Z, Oztürk Hişmi B, Derelli E, Ince E. Mechanical ventilation in children. *Turk J Pediatr.* 2006;48(4):323-7.