

Jéssica Cristina da Silva Moura¹ , Lívea Gianfrancesco¹, Tiago Henrique de Souza¹, Taís Daiene Russo Hortencio^{1,2}, Roberto José Negrão Nogueira^{1,2}

1.Universidade Estadual de Campinas - Campinas (SP), Brasil.

2.Faculdade de Medicina São Leopoldo Mandic - Campinas (SP), Brasil.

Extubação em unidade de terapia intensiva pediátrica: métodos preditores. Uma revisão integrativa da literatura

Extubation in the pediatric intensive care unit: predictive methods. An integrative literature review

RESUMO

Para a extubação orotraqueal em pacientes pediátricos, é fortemente recomendada a avaliação de sua prontidão. No entanto, a utilização de um dispositivo ou prática que fosse superior ao julgamento clínico ainda não foi determinada com exatidão. Assim, é importante realizar uma revisão sobre as técnicas preditoras de escolha na prática clínica para prever a falha de extubação orotraqueal em pacientes pediátricos. A partir de uma busca nas bases de dados PubMed®, Biblioteca Virtual em Saúde, *Cochrane Library* e Scopus, realizamos um

levantamento das variáveis preditoras de falha de extubação orotraqueal mais comumente utilizadas na prática clínica em pacientes pediátricos. Dos oito preditores descritos, observamos três mais usados: teste de respiração espontânea, índice de respiração rápida e superficial e pressão inspiratória máxima. Embora a disparidade dos dados apresentados nos estudos tenha inviabilizado um tratamento estatístico, foi possível, a partir desse meio, descrever e analisar o desempenho desses testes.

Descritores: Desmame do respirador; Respiração artificial; Extubação; Criança

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 55% das crianças internadas em unidade de terapia intensiva (UTI) pediátrica necessitam de ventilação mecânica (VM),^(1,2) e os procedimentos de intubação orotraqueal e extubação orotraqueal (EOT) desses pacientes apresentam alto risco e podem estar associados com aumento de morbidade e mortalidade.⁽³⁾ Vários fatores estão relacionados a isso, como as variáveis ventilatórias necessárias e o tempo de VM.⁽⁴⁾ Apesar dos benefícios da VM, quando adequadamente indicada, sua utilização prolongada pode ocasionar lesões das vias aéreas, infecções pulmonares, instabilidade cardiovascular e complicações resultantes do imobilismo.^(5,6) Da mesma maneira, a EOT prematura também pode ser prejudicial, uma vez que a falha e a necessidade de reintubação estão associadas a maior tempo de internação e comprometimentos cardiorrespiratórios e/ou neurológicos, que podem resultar em incapacidade a longo prazo.⁽⁷⁻⁹⁾

Conforme a última atualização das Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica,⁽¹⁰⁾ a falha de EOT é definida como a necessidade de reintubação em até 48 horas após a retirada da via aérea artificial. Na população pediátrica, estima-se que a taxa de falha varie entre 16% e 22%.⁽¹¹⁾

A escolha do momento ideal para a EOT é um desafio e ocorre normalmente por julgamento clínico, de acordo com o estado cardiorrespiratório, neurológico e hemodinâmico do paciente.⁽¹²⁾ Por isso, a utilização de um protocolo de aptidão da EOT bem definido é fundamental.⁽¹³⁾ O *Pediatric Acute Respiratory Distress*

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 19 de agosto de 2020

Aceito em 4 de outubro de 2020

Autor correspondente:

Jéssica Cristina da Silva Moura
Departamento de Pediatria
Faculdade de Ciências Médicas
Universidade Estadual de Campinas
P.O. Box: 6.111
CEP: 13081-970 - Campinas (SP), Brasil
E-mail: jcrystina.ft@gmail.com

Editor responsável: Arnaldo Prata-Barbosa

DOI: 10.5935/0103-507X.20210039



Syndrome: Consensus (PARDS)⁽¹⁴⁾ recomenda fortemente a realização de avaliações diárias de prontidão para EOT em pacientes pediátricos, e seus benefícios já são comprovados na literatura.^(1,15,16)

Até 2017, as *Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference* não possuíam dados consistentes que indicassem o uso de um dispositivo ou teste preditor de falha que fosse superior à avaliação clínica. Assim, não havia recomendação de nenhum método em específico para prontidão de EOT.⁽¹⁷⁾

O objetivo deste estudo foi identificar os preditores de escolha na prática clínica para prever sucesso ou falha de EOT em pacientes pediátricos.

MÉTODOS

Trata-se de revisão integrativa da literatura, pois inclui a análise de pesquisas relevantes que dão suporte para a tomada de decisão e a melhoria da prática clínica. Dessa forma, possibilita a síntese do estado da arte do assunto, além de apontar as lacunas do conhecimento que precisam ser preenchidas com a realização de novos estudos.⁽¹⁸⁾

Desse modo, a condução do presente estudo percorreu as seguintes etapas: elaboração da pergunta norteadora da pesquisa, busca, extração de dados, análise e síntese dos resultados e apresentação dos dados.⁽¹⁹⁾

A pergunta norteadora para a condução da presente revisão foi: “Quais são os métodos preditores de escolha na prática clínica para prever sucesso ou falha de EOT em pacientes pediátricos?”. Para responder a essa questão, foi realizada busca nas bases de dados PubMed®, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Cochrane Library* e Scopus, no período de 1º de outubro de 2018 a 31 de outubro de 2018. Foram utilizados os descritores do *Medical Subject Headings* (MeSH) “desmame do respirador”, “respiração artificial”, “extubação” e “pediatria”, além de seus sinônimos em português, seus correspondentes no idioma inglês (“*ventilator weaning*”, “*respiration, artificial*”, “*extubation*”, “*pediatrics*”) e seus respectivos sinônimos, combinados com os operadores booleanos *AND* e *OR* (Material suplementar). O presente estudo foi cadastrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO), sob identificação CRD42019122207.

Foram incluídos ensaios clínicos (randomizados ou não), de desenho longitudinal, que comparassem diferentes técnicas de avaliação de indicação de EOT na população pediátrica. Excluíram-se artigos em outros idiomas que não fossem o português ou o inglês, que não apresentassem um protocolo de EOT bem definido e trabalhos realizados exclusivamente em neonatologia. Além disso, foram excluídos os estudos que não estavam de acordo com a definição de falha orientada pelas Diretrizes

Brasileiras de Ventilação Mecânica,⁽¹⁰⁾ que a estabelece como reintubação em 48 horas.

Dois revisores avaliaram independentemente todos os artigos encontrados na busca e realizaram a exclusão de referências duplicadas pelo *software* Mendeley (Mendeley Desktop®, Version 1.19.4, 2008 Glyph&Cog, LLC). Em seguida, foram excluídos os artigos que não preenchessem os critérios de elegibilidade. Nessa etapa, ao comparar os resultados da busca, quaisquer divergências entre os revisores foram resolvidas com a opinião de um terceiro autor. Foi realizada também a busca manual nas referências bibliográficas dos artigos incluídos.

Para melhor compreensão da natureza das publicações, elaborou-se um instrumento de coleta de dados, no qual foram registrados título, periódico de publicação, ano de publicação, autores, características da amostra (tamanho da amostra, idade, diagnóstico), desenho de estudo, técnicas de desmame, taxa de falha de EOT e objetivos.

Após a busca, 10.036 artigos foram encontrados e, destes, 8.833 foram excluídos por duplicata, 1.136 por análise do título e 49 por leitura do resumo. Após a leitura, foram excluídos sete por serem estudos descritivos, um relato de caso, dois por serem revisões e três por não contemplarem a definição de falha de EOT estabelecida em nosso trabalho. Subsequentemente à leitura dos artigos completos e à análise das referências bibliográficas, um novo estudo, que se enquadrava em nossos critérios, foi incluído. Com isso, seis estudos compuseram esta revisão. As fases do processo de seleção foram sumarizadas e apresentadas no fluxograma (Figura 1), como recomendado pelo grupo PRISMA.⁽²⁰⁾ Após leitura de cada um dos artigos selecionados, foram sintetizados os seguintes aspectos: autores, país onde o estudo foi realizado, desenho do estudo, número de participantes, idade, causa de intubação, preditor escolhido e objetivo do estudo.

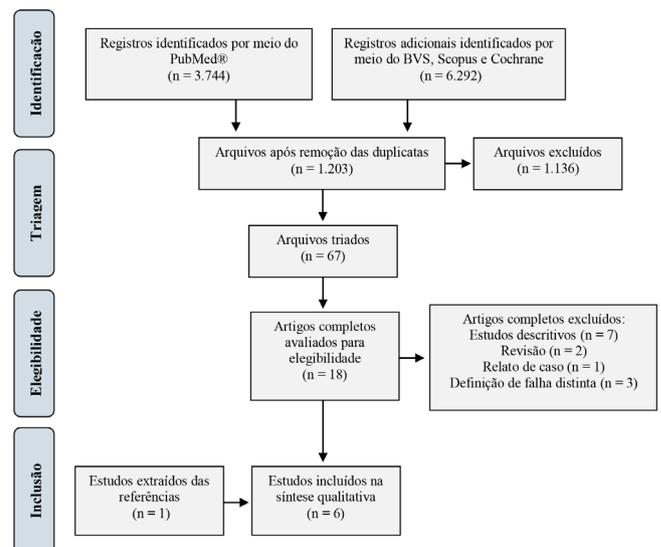


Figura 1 - Fluxograma, segundo PRISMA, para seleção dos estudos. BVS - Biblioteca Virtual de Saúde.

RESULTADOS

Em relação ao desenho dos estudos incluídos nesta revisão, dois eram coortes prospectivas,^(21,22) dois ensaios clínicos^(23,24) e dois ensaios clínicos randomizados.^(25,26)

A tabela 1 apresenta um resumo destes artigos, com informações a respeito das características gerais dos estudos: desenho do estudo, tamanho da amostra, causa de intubação e o objetivo do estudo. A tabela 2 apresenta os preditores utilizados em cada estudo e seus resultados mais relevantes.

Tabela 1 - Resumo das publicações incluídas na revisão integrativa

Referências	País	Desenho do estudo	Número de participantes	Idade	Causa da intubação	Objetivo
Laham et al. ⁽²¹⁾	Estados Unidos	Coorte prospectivo	319	Não especificado	42% clínico 58% cirúrgico	Avaliar prática de determinar a prontidão para EOT com base no julgamento médico pré-EOT
Khemani et al. ⁽²²⁾	Estados Unidos	Coorte prospectivo	409	< 18 anos	48,9% clínico 49,1% cirúrgico 2% outro	Identificar fatores de risco para falha de EOT pediátrica
Riou et al. ⁽²³⁾	França	Ensaio clínico	42	1 mês a 15,9 anos	83,3% clínico 14,2% cirúrgico 2,3% trauma	Avaliar VD/VC como preditor de falha de EOT
Johnston et al. ⁽²⁴⁾	Brasil	Ensaio clínico	40	≤ 12 meses	100% clínico	Avaliar o desempenho de um teste de prontidão para EOT baseado em TRE usando PS
Foronda et al. ⁽²⁵⁾	Brasil	Ensaio clínico randomizado	294	28 dias a 15 anos	100% clínico	Avaliar se a combinação entre avaliação diária e uso de TRE poderia encurtar a duração da VM em comparação com o desmame baseado em um padrão de cuidado
Jouvet et al. ⁽²⁶⁾	Canadá	Ensaio clínico randomizado	30	2 a 18 anos	40% clínico 40% cirúrgico 20% trauma	Comparar a duração do desmame automatizado da VM versus desmame usual

EOT - extubação orotraqueal; VD/VC - volume de espaço morto/volume corrente; TRE - teste de respiração espontânea; VM - ventilação mecânica.

Tabela 2 - Preditores utilizados e principais resultados dos estudos incluídos na revisão integrativa

Referências	Preditores utilizados	Principais resultados
Laham et al. ⁽²¹⁾	TRE	A taxa de sucesso na primeira tentativa de EOT foi de 91%. Os fatores de risco associados à falha foram: tempo em VM (RC = 2,20; $p < 0,0001$), corticoides pré-EOT (RC = 2,4; $p = 0,04$) e estridor pós-EOT (RC = 3,4; $p < 0,01$). Índice de ventilação ≤ 8 foi associado à falha em paciente com 1 dia de VM. A falha de EOT associou-se com maior tempo de UTI e aumento nos custos hospitalares, em que os pacientes que falharam permaneceram 14 dias a mais ($p < 0,0001$), com custo 3,2 vezes maior ($p < 0,0001$) do que os pacientes que tiveram a EOT bem-sucedida
Khemani et al. ⁽²²⁾	PiMax, PI/PiMax, IRRS, ITT	Dentro de 48 horas após a EOT, 8,3% dos pacientes foram reintubado. Os fatores de risco para reintubação incluíram menor PiMax, maior tempo de VM, OVAS pós-EOT, alto esforço respiratório pós-EOT (PRP e) e alto ângulo de fase pós-EOT. Aproximadamente 35% das crianças apresentaram PiMax $< 30\text{cmH}_2\text{O}$ no momento da EOT e tiveram quase três vezes mais chances de serem reintubadas do que aquelas com PiMax $> 30\text{cmH}_2\text{O}$ ($p = 0,006$). A taxa de reintubação foi maior nas crianças com PiMax $< 30\text{cmH}_2\text{O}$ e com PRP > 1.000 . Nas crianças que desenvolveram OVAS, a taxa de reintubação foi maior nas que obtiveram PiMax $< 30\text{cmH}_2\text{O}$, comparada com aquelas com PiMax $> 30\text{cmH}_2\text{O}$ (47% versus 15,4%; $p = 0,02$).
Riou et al. ⁽²³⁾	VD/VC	Foi utilizada VNI em quatro pacientes que desenvolveram IRp após a EOT; não houve reintubação. As crianças que necessitaram de VNI tiveram VD/VC significativamente maior do que as que não utilizaram VNI ($p < 0,001$). O valor de corte da razão VD/VC foi 0,55, e a área sob a curva COR foi 0,86
Johnston et al. ⁽²⁴⁾	PiMax, IRRS, equilíbrio de carga/força	Ocorreu falha de EOT em 15% das crianças extubadas. Não houve diferenças significativas nos valores gasométricos ou nos parâmetros de VM entre os grupos de sucesso e falha na EOT. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos para dois fatores de risco: peso $< 4\text{ kg}$ e VC $< 4\text{mL/kg}$. As variáveis com grande área sobre a curva foram volume minuto $< 0,8\text{mL/kg/minuto}$ e PiMax $< 50\text{cmH}_2\text{O}$. As variáveis com pequena área sob a curva foram: equilíbrio de carga/força > 5 e IRRS $> 6,7$
Foronda et al. ⁽²⁵⁾	TRE	O tempo em VM foi menor no grupo teste (3,5 dias) em comparação ao controle (4,6 dias), em que $p = 0,0127$ (IC95%). Essa redução significativa no grupo teste não se associou com aumento na taxa de falha de EOT ou uso de VNI pós-EOT. Representa uma redução de 30% no risco de permanecer em VM (taxa de risco de 0,7)
Jouvet et al. ⁽²⁶⁾	SmartCare™	A mediana de duração do desmame foi de 21 horas (variação 3 - 142 horas) no grupo SmartCare™ e 90 horas (variação 4 - 552 horas) no grupo de desmame usual ($p = 0,007$). A taxa de reintubação e a utilização de VNI pós-EOT com SmartCare™ e no grupo de desmame usual foram 2/15 versus 1/15 e 2/15 versus 2/15, respectivamente

TRE - teste de respiração espontânea; EOT - extubação orotraqueal; VM - ventilação mecânica; RC - razão de chance; UTI - unidade de terapia intensiva; PiMax - pressão inspiratória máxima; PI - pressão esofágica; IRRS - índice de respiração rápida e superficial; ITT - índice tensão-tempo; OVAS - obstrução de via aérea superior; PRP - produto da razão de pressão; VD/VC - volume de espaço morto/volume corrente; VNI - ventilação não invasiva; IRp - insuficiência respiratória; COR - Característica de Operação do Receptor; VC - volume corrente; IC95% - intervalo de confiança de 95%.

No total, 1.134 crianças foram avaliadas, sendo 405 (35,7%) do sexo masculino. Apenas um estudo⁽²²⁾ não descreveu o sexo dos participantes. Houve grande variação no tamanho das amostras estudadas ($n = 30 - 409$). A idade dos pacientes incluídos nos estudos variou de 28 dias até 18 anos, porém não foi possível mensurá-la em uma variável comum, por conta das diferentes apresentações dos dados de cada trabalho.

Nos seis estudos, foram identificados oito meios de prever EOT: teste de respiração espontânea (TRE),^(21,25) relação entre volume de espaço morto e volume corrente (VD/VC),⁽²³⁾ índice de respiração rápida e superficial (IRRS),^(22,24) pressão inspiratória máxima (PiMax),^(22,24) relação da pressão esofágica e PiMax (PI/PiMax),⁽²²⁾ índice tensão-tempo (ITT),⁽²²⁾ relação carga/força⁽²⁴⁾ e um protocolo de desmame automatizado.⁽²⁶⁾ Os métodos mais comumente usados para prever falha de EOT foram TRE (2/6), IRRS (2/6) e PiMax (2/6).

A causa de intubação, em sua maioria, foi clínica. Dos 1.134 pacientes incluídos na revisão, 129 foram reintubados, ou seja, apresentaram falha da EOT. O sucesso foi observado em 91,2% e a falha em 8,7% (Figura 2).



Figura 2 - Sucesso e falha de extubação dos estudos incluídos na revisão integrativa.

DISCUSSÃO

O presente estudo resultou em oito meios preditores de EOT, dos quais os mais frequentemente utilizados para prever falha foram TRE, IRRS e PiMax. Os métodos menos utilizados foram PI/PiMax, VD/VC, ITT, relação carga/força e desmame automatizado.

Teste de respiração espontânea

O TRE, antes utilizado tradicionalmente em adultos, tem sido aplicado nos pacientes pediátricos, sem adaptações específicas para essa população.⁽²⁷⁾ Ele avalia a capacidade do paciente em manter a ventilação espontânea por meio de ventilação com pressão de suporte (PS), ou pressão

positiva contínua das vias aéreas (CPAP), ou conectado em uma peça em formato de “T”, com uma fonte de oxigênio, entre 30 minutos a 2 horas.⁽²⁶⁾ Nesta revisão, dois trabalhos associaram sua realização com o desfecho de EOT e seus resultados são distintos.

Foronda et al.,⁽²⁵⁾ ao implementarem um protocolo de TRE diário em seus pacientes, PS de 10cmH₂O por 2 horas, observaram uma redução no tempo de VM em crianças, sem aumento da taxa de falha de EOT ou necessidade de ventilação não invasiva (VNI), assim como descrito, previamente, em adultos. Entretanto, o TRE é realizado com algumas ressalvas na prática clínica pediátrica. Especula-se que o menor diâmetro do tubo orotraqueal (TOT) utilizado nesses pacientes aumente o trabalho respiratório, devido ao aumento da resistência de vias aéreas. No entanto, a criança, fisiologicamente, já respira mediante a alta resistência de vias aéreas (cerca de 80 - 90cmH₂O/L/minuto), enquanto com TOT a resistência é incorporada aos fluxos altos já existentes (cerca de 15 - 20cmH₂O/L/minuto), ou seja, a resistência do TOT se torna irrelevante.⁽⁶⁾ Além disso, existe uma nova geração de VM que é programada para automaticamente realizar a compensação da resistência do TOT.

No estudo desenvolvido por Laham et al.,⁽²¹⁾ o TRE foi conduzido com PS ou CPAP que mantivesse o VC entre 5 - 7cm³/kg. Sua realização ocorreu a critério médico em 70% dos pacientes. Nesse caso, o julgamento clínico na tomada de decisão apresentou taxa de 90% de sucesso de EOT sem a realização do TRE, contra 91% para aqueles que o realizaram, ou seja, sua utilização não teve impacto no desfecho da EOT.

Essa discrepância de resultados pode ser atribuída ao fato de que o trabalho desenvolvido por Foronda et al.⁽²⁵⁾ aplicou um protocolo diariamente em todos os pacientes do grupo teste, diferentemente do estudo de Laham et al.,⁽²¹⁾ no qual não houve padronização para realização do TRE.

Com base nesses achados, o protocolo desenvolvido por Foronda et al.⁽²⁵⁾ se mostra consistente, e seus resultados se destacam em nosso estudo.

Índice de respiração rápida e superficial

O IRRS é a razão da frequência respiratória (FR) pelo VC ajustado, pelo peso em kg para a população pediátrica (IRRS = (FR/VC)/peso).⁽⁴⁾ É de fácil aplicabilidade e interpretação, sendo um dos índices mais utilizados e aceitos na prática clínica mundial, quando se avaliam pacientes adultos.^(28,29) O VC deve ser medido em ventilação espontânea por 60 segundos, por meio de um ventilômetro conectado à via aérea artificial, assim, valores < 105 ciclos/L preveem sucesso de desmame em

adultos.⁽¹⁰⁾ Sua utilização em pediatria não está muito bem estabelecida, por não haver um valor de corte que seria capaz de prever desfecho de EOT. Esse foi um dos índices incluídos em nosso trabalho, avaliado por Khemani et al.,⁽²²⁾ cujo aumento nos valores de IRRS foi associado apenas ao uso de VNI eletiva ou não planejada. Entretanto, não foi apresentado um valor de corte que definisse tal aumento como preditor de falha. Já para Johnston et al.,⁽²⁴⁾ valores $\geq 6,7$ ciclos/minuto/mL/kg foram apresentados como fator de risco para falha de EOT, porém, o teste apresentou baixa sensibilidade e especificidade.

Pressão inspiratória máxima

A medida de PiMax indica a força dos músculos inspiratórios, sendo um recurso simples, não invasivo e de fácil aplicação. Pode ser mensurado por um *software* disponível no ventilador mecânico ou pela manovacuometria.⁽³⁰⁾ Sua avaliação ocorre no pico máximo da inspiração, entre três a cinco ciclos respiratórios, o qual considera o maior valor obtido nas mensurações.⁽²³⁾ Na população pediátrica, tem sido utilizada com frequência como teste preditor. De fato, em diversos estudos, há o desenvolvimento de equações para valores de normalidade da PiMax baseado na idade e no sexo.⁽³¹⁻³³⁾ Na terapia intensiva, valores $< 50\text{cmH}_2\text{O}$ têm sido associados à falha de EOT na população pediátrica.^(15,34)

Khemani et al.⁽²²⁾ mensuraram a PiMax por meio de manovacuometria em pacientes pediátricos, no qual valores $\leq 30\text{cmH}_2\text{O}$ foram associados à reintubação. Esses valores foram semelhantes a outros estudos que desenvolveram um ponto de corte em $< 30\text{cmH}_2\text{O}$ ⁽³³⁾ e $< 32\text{cmH}_2\text{O}$ ⁽³⁴⁾ como preditor de falha de EOT em pacientes pediátricos.

Johnston et al.⁽²⁴⁾ foram os primeiros a avaliar a acurácia da PiMax com o ponto de corte de $\leq 50\text{cmH}_2\text{O}$ como preditor de falha de EOT em pacientes pediátricos hospitalizado por bronquiolite viral aguda. Essa medida também foi realizada por meio do manovacuômetro, e seus resultados apresentaram alta sensibilidade e especificidade nessa população.

Pressão esofágica/pressão inspiratória máxima

A PI/PiMax é uma medida pouco descrita na literatura. Está relacionada à ocorrência de fadiga muscular respiratória e é comumente associada a outros índices em estudos mais antigos.^(35,36) Foi utilizada por Khemani et al.⁽²²⁾ para caracterizar possíveis fatores de risco para falha de EOT pediátrica. Foi possível observar que esse índice apresentou forte capacidade de discriminação, pois, a partir da combinação das variáveis de esforço respiratório, capacidade respiratória e resistência da musculatura

envolvida na respiração ao longo do tempo, seus resultados se relacionam com o desfecho de EOT.

Volume espaço morto/volume corrente

A medida de espaço morto fisiológico pode ser utilizada no manejo da VM, como teste prognóstico da doença pulmonar, visto que são fornecidos parâmetros acerca da gravidade da doença e da perfusão pulmonar.^(37,38) Porém, no estudo aqui relatado, Riou et al.⁽²³⁾ a utilizaram como preditor de EOT. Nesse caso, utilizou-se um aparelho específico (*CO₂MO Plus Respiratory Profile Monitor*) que calculava VD/VC a partir da onda de capnografia, no qual valores $< 0,55$ foram associados ao sucesso de EOT na população pediátrica.

Índice tensão-tempo

O ITT é uma medida invasiva da carga e capacidade do diafragma por meio de cateter esofágico, com a finalidade de obter pressão transdiafragmática.⁽³⁹⁾ Segundo a *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society*,⁽⁴⁰⁾ o ITT é uma variável fisiológica “ideal”, pois inclui medidas relevantes, como energética muscular e fluxo sanguíneo. Porém, a mensuração da tensão muscular em pressões respiratórias não é simples. Seu resultado pode ser obtido pela seguinte fórmula: $\text{ITT} = (\text{PI}/\text{PiMax}) \times (\text{Tins}/\text{Ttot})$.

Khemani et al.⁽²²⁾ hipotetizaram que crianças com fraqueza muscular respiratória, no momento da extubação seriam mais propensas a serem reintubadas. A partir disso, foram utilizadas medidas de carga e esforço respiratório antes e após a extubação, como o ITT, para caracterizar os possíveis fatores de risco. Os autores concluíram que há associação entre o ITT pós-extubação e reintubação. No entanto, tal associação não foi observada em relação aos valores obtidos antes da extubação.

Carga/força

Carga/força, que avalia a associação entre a carga imposta ao sistema ventilatório e a capacidade dos músculos inspiratórios de vencerem essa carga, foi descrito pela primeira vez em 2006 por Vassilakopoulos et al.⁽⁴¹⁾ para pacientes adultos. Para eles, valor da carga/força = 1 foi definido como o ponto de corte para EOT bem-sucedida. Esse índice utiliza valores de pressão média de vias aéreas, durante a VM controlada e valores de PiMax, sendo obtido pela fórmula: $\text{carga/força} = 15 \times \text{pressão média de vias aéreas}/\text{PiMax} + 0,03 \times \text{IRRS} - 5$.

Johnston et al.⁽²⁴⁾ foram os primeiros a realizar a medida da carga/força para prever falha de extubação em pacientes pediátricos e encontraram valores significativamente menores no grupo de sucesso em relação ao grupo com

falha, demonstrando que, por serem incorporadas medidas tanto da carga imposta, quanto da resposta do paciente à essa carga, pode ser um índice preditor de falha adequado para pacientes pediátricos.

Desmame automatizado

Nos últimos anos, têm sido difundidas as estratégias de desmame automatizado. Com a modernização dos ventiladores mecânicos, o suporte ventilatório é adaptado às necessidades do paciente. Com isso, são reduzidos o tempo de VM e os atrasos no desmame de forma segura.^(42,43)

Jouvet et al.⁽²⁶⁾ compararam a duração do desmame automatizado da VM com o SmartCare™ PS (DrägerMedical, Lübeck, Alemanha) em relação ao desmame tradicional, e seus achados corroboram a literatura já existente, em que há uma redução no tempo de desmame em pacientes em VM.^(42,43) A ventilação adaptativa divide o desmame em três fases, a saber: conforto respiratório na VM; redução da PS mantendo o conforto respiratório e teste de prontidão para extubação em um nível mais baixo de PS.⁽⁴³⁾

Dessa forma, embora seja possível descrever os métodos preditores mais utilizados em pediatria, não há consenso sobre sua aplicabilidade nesses pacientes. Trata-se de um assunto de extrema importância, mas existe heterogeneidade nas metodologias aplicadas.

Algumas limitações merecem ser citadas, como a não utilização de um instrumento para análise da qualidade dos artigos. Esta revisão também sofreu com algumas limitações relacionadas aos estudos que a compuseram. Ao iniciar a análise qualitativa dos artigos, observam-se grande heterogeneidade nas metodologias utilizadas nos estudos e nas definições de falha de EOT, além de disparidade nos dados coletados: idade, sexo, tempo de protocolo, diagnóstico das crianças incluídas e variedade dos aparelhos de VM utilizados, o que dificultou a comparação estatística dos estudos.

CONCLUSÃO

Com base nos achados desta revisão, tem-se que o teste de respiração espontânea, a pressão inspiratória máxima e o índice de respiração rápida e superficial foram os métodos preditores de escolha para determinar prontidão de extubação orotraqueal em pacientes pediátricos. Porém, falta padronização de medidas e pontos de corte para pacientes pediátricos. Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas nessa população, com uso de protocolos delimitados, com a finalidade de elucidar questões levantadas pelo *Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference*, e, assim, proporcionar discussão científica para padronização desses métodos na prática clínica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) - Código de Financiamento 1742959.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

JCS Moura: elaboração da ideia inicial, planejamento metodológico, pesquisa, análise e interpretação de dados, escrita do texto e aprovação do escopo final do artigo; L Gianfrancesco: planejamento metodológico, pesquisa, análise, interpretação de dados e aprovação do escopo final do artigo; TH Souza: análise, interpretação dos resultados finais e aprovação do escopo final do artigo; TDR Hortencio: planejamento metodológico, análise e interpretação dos resultados finais, escrita do texto e aprovação do escopo final do artigo; RJN Nogueira: elaboração da ideia inicial, planejamento metodológico, pesquisa, análise e interpretação de dados, escrita do texto e aprovação do escopo final do artigo.

ABSTRACT

For extubation in pediatric patients, the evaluation of readiness is strongly recommended. However, a device or practice that is superior to clinical judgment has not yet been accurately determined. Thus, it is important to conduct a review on the techniques of choice in clinical practice to predict extubation failure in pediatric patients. Based on a search in the PubMed®, *Biblioteca Virtual em Saúde*, Cochrane Library and Scopus databases, we conducted a survey of the predictive variables of extubation failure most commonly

used in clinical practice in pediatric patients. Of the eight predictors described, the three most commonly used were the spontaneous breathing test, the rapid shallow breathing index and maximum inspiratory pressure. Although the disparity of the data presented in the studies prevented statistical treatment, it was still possible to describe and analyze the performance of these tests.

Keywords: Weaning respirator; Respiration, artificial; Airway extubation; Child

REFERÊNCIAS

- Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: state of the art. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(9):1382-400.
- Jordan J, Rose L, Dainty KN, Noyes J, Blackwood B. Factors that impact on the use of mechanical ventilation weaning protocols in critically ill adults and children: a qualitative evidence-synthesis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;10(10):CD011812.
- Quintard H, l'Her E, Pottecher J, Adnet F, Constantin JM, De Jong A, et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF): In collaboration with the pediatric Association of French-speaking Anaesthetists and Intensivists (ADARPEF), French-speaking Group of Intensive Care and Paediatric emergencies (GFRUP) and Intensive Care physiotherapy society (SKR). *Ann Intensive Care.* 2019;9(1):13.
- Johnston C, Piva JP, Carvalho WB, Garcia PC, Fonseca MC, Hommerding PX. Preditores de falha da extubação em crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca submetidas à ventilação pulmonar mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2008;20(1):57-62.
- Mhanna MJ, Anderson IM, Iyer NP, Baumann A. The use of extubation readiness parameters: a survey of pediatric critical care physicians. *Respir Care.* 2014;59(3):334-9.
- Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, Pollack M, Zimmerman J, Anand KJ, Carcillo JA, Nicholson CE; Eunice Shriver Kennedy National Institute of Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10(1):1-11.
- Jaber S, Quintard H, Cinotti R, Asehnoune K, Arnal JM, Guitton C, et al. Risk factors and outcomes for airway failure versus non-airway failure in the intensive care unit: a multicenter observational study of 1514 extubation procedures. *Crit Care.* 2018;22(1):236.
- Chawla S, Natarajan G, Shankaran S, Carper B, Brion LP, Keszler M, Carlo WA, Ambalavanan N, Gantz MG, Das A, Finer N, Goldberg RN, Cotten CM, Higgins RD; Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network. Markers of successful extubation in extremely preterm infants, and morbidity after failed extubation. *J Pediatr.* 2017;189:113-119.e2.
- Shalish W, Kanbar LJ, Rao S, Robles-Rubio CA, Kovacs L, Chawla S, et al. Prediction of extubation readiness in extremely preterm infants by the automated analysis of cardiorespiratory behavior: study protocol. *BMC Pediatr.* 2017;17(1):167.
- Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB), Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT). Diretrizes brasileiras de ventilação mecânica 2013. São Paulo: AMIB; 2013. 140p.
- Nascimento MS, Rebello CM, Vale LA, Santos E, Prado C. Teste de respiração espontânea na previsão de falha de extubação em população pediátrica. *Einstein.* 2017;15(2):162-6.
- Nardi N, Mortamet G, Ducharme-Crevier L, Emeriaud G, Jouviet P. Recent advances in pediatric ventilatory assistance. *F1000Res.* 2017;6:290.
- Valenzuela J, Araneda P, Cruces P. Weaning from mechanical ventilation in paediatrics. State of the art. *Arch Bronconeumol.* 2014;50(3):105-12.
- Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2015;16(5):428-39.
- Faustino EV, Gedeit R, Schwarz AJ, Asaro LA, Wypij D, Curley MA; Randomized Evaluation of Sedation Titration for Respiratory Failure (RESTORE) Study Investigators. Accuracy of an extubation readiness test in predicting successful extubation in children with acute respiratory failure from lower respiratory tract disease. *Crit Care Med.* 2017;45(1):94-102.
- Saikia B, Kumar N, Sreenivas V. Prediction of extubation failure in newborns, infants and children: brief report of a prospective (blinded) cohort study at a tertiary care paediatric centre in India. *Springerplus.* 2015;4:827.
- Kneyber MC, de Luca D, Calderini E, Jarreau PH, Javouhey E, Lopez-Herce J, Hammer J, Macrae D, Markhorst DG, Medina A, Pons-Odena M, Racca F, Wolf G, Biban P, Brierley J, Rimensberger PC; section Respiratory Failure of the European Society for Paediatric and Neonatal Intensive Care. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). *Intensive Care Med.* 2017;43(12):1764-80.
- Mendes KD, Silveira RC, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm.* 2008;17(4):758-64.
- Melnyk BM, Fineout-Overholt E. Making the case for evidence-based practice. In: Melnyk BM, Fineout-Overholt E. *Evidence-based practice in nursing & healthcare: a guide to best practice.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 3-24.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. The PRISMA Group 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097.
- 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.
- 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):e798-e805.
- Riou Y, Chauri W, Leteurtre S, Leclerc F. Predictive value of the physiological deadspace/tidal volume ratio in the weaning process of mechanical ventilation in children. *J Pediatr (Rio J).* 2012;88(3):217-21.
- Johnston C, de Carvalho WB, Piva J, Garcia PC, Fonseca MC. Risk factors for extubation failure in infants with severe acute bronchiolitis. *Resp Care.* 2010;55(3):328-33.
- 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.
- Jouviet PA, Payen V, Gauvin F, Emeriaud G, Lacroix J. Weaning children from mechanical ventilation with a computer-driven protocol: a pilot trial. *Intensive Care Med.* 2013;39(5):919-25.
- Leclerc F, Noizet O, Botte A, Binoche A, Chauri W, Sadik A, et al. [Weaning from invasive mechanical ventilation in pediatric patients (excluding premature neonates)]. *Arch Pediatr.* 2010;17(4):399-406. French.
- Nemer SN, Barbas CS. Parâmetros preditivos para o desmame da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol.* 2011;37(5):669-79.
- Souza LC, Lugon JR. Índice de respiração rápida e superficial como predictor de sucesso de desmame da ventilação mecânica: utilidade clínica quando mensurado a partir de dados do ventilador. *J Bras Pneumol.* 2015;41(6):530-5.
- Cox DW, Verheggen MM, Stick SM, Hall GL. Characterization of maximal respiratory pressures in health children. *Respiration.* 2012;84(6):485-91.
- Gomes EL, Peixoto-Souza FS, Carvalho EF, Nascimento ES, Sampaio LM, Eloi JS, et al. Maximum respiratory pressures: values found and predicted in children. *J Lung Pulm Respir Res.* 2014;1(3):1-7.
- Mendes RF, Campos TF, Macêdo TM, Borja RO, Parreira VF, Mendonça KM. Prediction equations for maximal respiratory pressures of Brazilian adolescents. *Braz J Phys Ther.* 2013;17(3):218-26.
- Heinzmann-Filho JP, Vasconcellos Vidal PC, Jones MH, Donadio MV. Normal values for respiratory muscle strength in healthy preschoolers and school children. *Respir Med.* 2012;106(12):1639-46.
- Harikumar G, Egberongbe Y, Nadel S, Wheatley E, Moxham J, Greenough A, et al. Tension-time index as a predictor of extubation outcome in ventilated children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009;180(10):982-8.
- Yang KL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure ratio: a predictive index of weaning outcome. *Intensive Care Med.* 1993;19(4):204-8.
- Hahn A, Ankermann T, Claass A, Mann M, Lindemann H, Neubauer BA. Non-invasive tension time index in relation to severity of disease in children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol.* 2008;43(10):973-81.

37. Bourgoin P, Baudin F, Brossier D, Emeriaud G, Wysocki M, Jouvét P. Assessment of Bohr and Enghoff dead space equations in mechanically ventilated children. *Respir Care*. 2017;62(4):468-74.
38. Bhalla AK, Rubin S, Newth CJ, Ross P, Morzov R, Soto-Campos G, et al. Monitoring dead space in mechanically ventilated children: volumetric capnography versus time-based capnography. *Respir Care*. 2015;60(11):1548-55.
39. Currie A, Patel DS, Rafferty GF, Greenough A. Prediction of extubation outcome in infants using the tension time index. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2011;96(4):F265-9.
40. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624.
41. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C, Bitsakou C, Stanopoulos I, Roussos C, et al. The combination of the load/force balance and the frequency/tidal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med*. 2006;32(5):684-91.
42. Aguilar Arzápalo MF, Escalante Castillo AE, Góngora Mukul JJ, López Avendaño VG, Cetina Cámara MA, Magdaleno Lara GA. Eficacia del protocolo automático de destete (SmartCare®) comparado con protocolos no automatizados en la desconexión de la ventilación mecánica en pacientes adultos de la unidad de cuidados intensivos. *Rev Asoc Mex Med Crít Ter Intensiva*. 2016;30(4):222-9.
43. Rose L, Schultz MJ, Cardwell CR, Jouvét P, McAuley DF, Blackwood B. Automated versus non-automated weaning for reducing the duration of mechanical ventilation for critically ill adults and children: a cochrane systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2015;19(1):48.