

ARTIGO DE REVISÃO

Parâmetros preditivos para o desmame da ventilação mecânica*

Predictive parameters for weaning from mechanical ventilation

Sérgio Nogueira Nemer, Carmen Sílvia Valente Barbas

Resumo

A utilização de parâmetros preditivos para o desmame da ventilação mecânica é um tema de grande polêmica, com estudos divergindo sobre esse assunto. Independentemente da utilização desses parâmetros preditivos, o teste de respiração espontânea (TRE) é recomendado. O objetivo do presente estudo foi revisar a utilidade dos parâmetros preditivos para o desmame em adultos. Para tanto, foram pesquisadas as bases de dados Medline, LILACS e PubMed e foram selecionados artigos publicados entre 1991 e 2009, em língua inglesa ou portuguesa, utilizando-se os seguintes termos: *weaning/desmame*; *extubation/extubação* e *weaning indexes/índices de desmame*. A utilização da impressão clínica é uma forma inexata para prever o desfecho do desmame. O parâmetro mais utilizado é a relação FR/volume corrente (V_T), embora essa apresente resultados heterogêneos em termos de acurácia. Outros parâmetros relevantes são $P_{Im\acute{a}x}$, pressão de oclusão nas vias aéreas ($P_{0,1}$), relação $P_{0,1}/P_{Im\acute{a}x}$, FR, V_T , volume minuto e o índice composto por complacência, FR, oxigenação e $P_{Im\acute{a}x}$. Criado no Brasil, o índice integrativo de desmame tem mostrado alta acurácia. Embora recomendado, o TRE não é acurado, não identificando aproximadamente 15% das falhas de extubação. As principais limitações dos índices de desmame são devidas ao seu uso em populações específicas, aos pontos de cortes selecionados e a variações nas formas de mensuração. Como o TRE e a impressão clínica não têm 100% de acurácia, os parâmetros de desmame podem ser úteis, principalmente em situações nas quais o processo de decisão para o desmame é difícil.

Descritores: Desmame; Unidades de terapia intensiva; Ventiladores mecânicos; Respiração artificial.

Abstract

The use of predictive parameters for weaning from mechanical ventilation is a rather polemic topic, and the results of studies on this topic are divergent. Regardless of the use of these predictive parameters, the spontaneous breathing trial (SBT) is recommended. The objective of the present study was to review the utility of predictive parameters for weaning in adults. To that end, we searched the Medline, LILACS, and PubMed databases in order to review articles published between 1991 and 2009, in English or in Portuguese, using the following search terms: *weaning/desmame*, *extubation/extubação*, and *weaning indexes/índices de desmame*. The use of clinical impression is an inexact means of predicting weaning outcomes. The most widely used weaning parameter is the RR/tidal volume (V_T) ratio, although this parameter presents heterogeneous results in terms of accuracy. Other relevant parameters are MIP, airway occlusion pressure ($P_{0,1}$), the $P_{0,1}/MIP$ ratio, RR, V_T , minute volume, and the index based on compliance, RR, oxygenation, and MIP. An index created in Brazil, the integrative weaning index, has shown high accuracy. Although recommended, the SBT is inaccurate, approximately 15% of extubation failures going unidentified in SBTs. The main limitations of the weaning indexes are related to their use in specific populations, the cut-off points selected, and variations in the types of measurement. Since the SBT and the clinical impression are not 100% accurate, the weaning parameters can be useful, especially in situations in which the decision as to weaning is difficult.

Keywords: Weaning; Intensive care units; Ventilators, mechanical; Respiration, artificial.

* Trabalho realizado no Hospital de Clínicas de Niterói, Niterói (RJ) Brasil e no Hospital de Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Sérgio Nogueira Nemer. Rua Miguel de Frias, 95, bloco B, apto. 101, Icaraí, CEP 24220-001, Niterói, RJ, Brasil.

Tel 55 21 2729-1070. E-mail: snnemer@gmail.com.br

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 4/2/2010. Aprovado, após revisão, em 31/8/2010.

Introdução

O desmame da ventilação mecânica (DVM) é geralmente bem sucedido para a maioria dos pacientes, embora, para 20% desses, haja falhas na primeira tentativa.⁽¹⁾ O DVM ocupa mais de 40% do tempo total da VM,⁽¹⁾ e esse percentual pode ainda variar dependendo da etiologia da insuficiência respiratória. A VM prolongada está associada a várias complicações, como pneumonia associada à VM,⁽²⁾ disfunção diafragmática induzida pela VM,^(3,4) polineuropatia do doente crítico,⁽⁵⁾ entre outras. Portanto, a fim de evitar essas e outras complicações, o DVM deve ser tentado o mais rápido possível. Os índices de DVM têm o objetivo de estabelecer um prognóstico para esse processo, o qual, ao contrário do que muitos pensam, não pode ser somente definido pela impressão clínica e pelo teste de respiração espontânea (TRE).⁽⁶⁾ Dessa forma, uma associação da impressão clínica com a avaliação dos índices de DVM e do TRE talvez possa proporcionar um prognóstico mais preciso para o DVM. Os índices de DVM são utilizados em várias UTI, sendo recomendados ou não descartados em várias revisões.^(1,6-11) Alguns índices de DVM mais conhecidos, como a relação FR/volume corrente (V_T) e a $P_{lm\acute{a}x}$, foram incorporados na rotina de várias UTI, sendo mensurados antes da extubação dos pacientes nesse processo. No entanto, a maioria dos índices não apresenta boa acurácia,⁽¹²⁾ havendo um estudo no qual não se recomenda sua utilização.⁽¹³⁾ O objetivo deste estudo foi revisar a utilidade dos índices de DVM em adultos de uma UTI geral, com foco nos índices que apresentam maior utilização e melhor acurácia.

Estratégia de pesquisa

A presente revisão foi realizada através da pesquisa nas bases de dados Medline, LILACS e PubMed e foram selecionados artigos publicados entre 1991 e 2009, em língua inglesa ou portuguesa, utilizando-se os seguintes termos: *weaning*/desmame, *extubation*/extubação e *weaning indexes*/índices de desmame (em adultos intubados). Prevaleram as revisões baseadas em evidências ou consensos, ou ainda aquelas de maior relevância, assim como os artigos originais de maior impacto, utilizados como referência nas mesmas revisões. Os

artigos rejeitados foram aqueles com ênfase na comparação entre modos de DVM, já que nesses não há ênfase aos índices de DVM, mas sim aos modos.

Definições essenciais

Define-se DVM como o processo de liberação do suporte ventilatório.⁽⁶⁾ O TRE é a avaliação da tolerância à respiração espontânea, entre 30 min e 2 h, em ventilação com suporte pressórico (VSP) de 7 cmH₂O, *continuous positive airway pressure* (CPAP, pressão positiva contínua nas vias aéreas) ou em respiração espontânea não assistida através do tubo T.⁽⁶⁾ O TRE é recomendado antes da extubação.^(7,8)

Sucesso no DVM constitui a extubação e a ausência de VM nas 48 h subsequentes.⁽⁹⁾ Para uma adequada distinção, falha no DVM é a intolerância ao TRE sem suporte ventilatório, enquanto falha de extubação é a intolerância à extubação.⁽¹⁴⁾

Índice ou parâmetro preditivo para o DVM constitui um critério que avalia alguma função fisiológica relacionada à respiração, objetivando identificar os pacientes que podem apresentar falha ou completar com sucesso o TRE.⁽¹⁵⁾ Os índices de DVM devem ser avaliados antes do TRE, o qual funciona como um teste diagnóstico para determinar a probabilidade do sucesso da extubação.⁽⁹⁾ Parâmetros integrativos são aqueles que avaliam mais de uma função fisiológica relacionada à respiração.

Define-se como VM prolongada a necessidade de VM por mais de 21 dias e por mais de 6 h/dia.⁽¹⁰⁾

Como avaliar a acurácia dos parâmetros preditivos para o DVM?

Os testes diagnósticos mais utilizados para avaliar a acurácia dos parâmetros de DVM são os seguintes: sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN), razão de verossimilhança (RV) para resultado positivo (RVP), RV para resultado negativo (RVN), probabilidade pós-teste para o sucesso e para a falha no DVM, através do teorema de Bayes,^(13,16-18) e o cálculo da área sob a curva (ASC) ROC, sendo que esse último é o mais utilizado.^(2,13,17-19)

A sensibilidade mensura a proporção do sucesso no DVM nos pacientes que

Quadro 1 – Testes diagnósticos acessíveis para avaliar a acurácia dos parâmetros preditivos para o desmame.

Teste	Fórmula
Sensibilidade	$VP/(VP + FN) = \text{frequência de VP} = [1 - \text{frequência de FN}]$
Especificidade	$VN/(VN + FP) = \text{frequência de VN} = [1 - \text{frequência de FP}]$
VPP	$VP/(VP + FP)$
VPN	$VN/(VN + FN)$
RVP	$\text{Frequência de VP}/\text{frequência de FP} = \text{sensibilidade}/(1 - \text{especificidade})$
RVN	$\text{Frequência de FN}/\text{frequência de VN} = (1 - \text{sensibilidade})/\text{especificidade}$

VP: verdadeiro-positivo; VN: verdadeiro-negativo; FP: falso-positivo; FN: falso-negativo; RVP: razão de verossimilhança positiva; e RVN: razão de verossimilhança negativa. Adaptado de várias fontes.^(13,15-19)

apresentam um índice positivo (por exemplo, relação $FR/V_T < 105 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$).⁽¹⁶⁾ A especificidade mensura a proporção da falha no DVM nos pacientes que apresentam um índice negativo (por exemplo, relação $FR/V_T > 105 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$).⁽¹⁶⁾ O VPP mensura a fração de pacientes com resultados de um índice positivo que foram desmamados, enquanto o VPN mensura a fração de pacientes com resultados de um índice negativo que falharam no DVM.⁽¹⁶⁾

O teste verdadeiro-positivo prediz o sucesso no DVM, sendo o paciente realmente desmamado.^(13,16) O teste verdadeiro-negativo prediz a falha no DVM, e o paciente realmente não é desmamado.^(13,16) O teste falso-positivo prediz o sucesso no DVM, mas o paciente não é desmamado.^(13,16) O teste falso-negativo prediz a falha no DVM, mas o paciente é desmamado.^(13,16)

A RVP avalia a probabilidade de um índice positivo resultar no sucesso do DVM dividido pela probabilidade do mesmo índice resultar em falha no DVM.⁽¹⁶⁾ Em outras palavras, a RVP expressa quantas vezes é mais provável encontrar um resultado de um índice positivo em pacientes desmamados comparados aos não desmamados.⁽¹⁶⁾ A RVN avalia a probabilidade de um índice negativo resultar no sucesso do DVM dividido pela probabilidade do mesmo índice resultar em falha no DVM.⁽¹⁶⁾ Em outras palavras, a RVN expressa quantas vezes é mais provável encontrar um resultado de um índice negativo em pacientes não desmamados comparados aos desmamados.⁽¹⁶⁾ Uma RV entre 0,5 e 2,0 indica que o parâmetro está associado à pequena probabilidade pós-teste para o sucesso ou para a falha. Uma RV de 2,0-5,0 ou de 0,3-0,5 está associada a pequenas, mas importantes mudanças na probabilidade. Uma RV de 5,0-10 ou de 0,1-0,3 está associada a mudanças mais importantes na probabilidade. Uma RV acima de

10 ou abaixo de 0,1 está associada a grandes mudanças na probabilidade.⁽¹³⁾ O Quadro 1 mostra os testes diagnósticos (os acessíveis) acima citados, com suas respectivas fórmulas.

O teorema de Bayes descreve a relação entre a probabilidade pré-teste e a probabilidade pós-teste.^(13,16) Dessa forma, o teorema de Bayes avalia a capacidade de um índice em prever o resultado do DVM em função da prevalência do sucesso ou da falha no DVM.^(13,16)

A análise da curva ROC avalia a capacidade de um índice discriminar entre dois grupos de pacientes (desmamados e não desmamados), com a vantagem de não depender do ponto de corte selecionado.^(13,16) De acordo com um autor,⁽²⁰⁾ segundo o cálculo da ASC, pode-se classificar o teste da seguinte forma: $ASC < 0,50$, teste não informativo; ASC entre 0,50 e 0,69, teste pouco acurado; ASC entre 0,70 e 0,89, teste moderadamente acurado; ASC entre 0,90 e 0,99, teste altamente acurado; e $ASC = 1,00$ teste perfeito.

Início do DVM: avaliação clínica e parâmetros preditivos

O paciente apto ao DVM deve apresentar ao menos os seguintes critérios: resolução ou estabilização da doença de base, adequada troca gasosa, estabilidade hemodinâmica e capacidade de respirar espontaneamente.⁽²¹⁾ Preenchendo esses critérios, é recomendado que o TRE seja realizado.^(1,7,8) Se a avaliação clínica não é favorável, os índices de DVM não apresentam utilidade.⁽²²⁾ Não há sentido em mensurar os parâmetros preditivos para o DVM caso o motivo de instituição da ventilação não tenha sido ao menos amenizado. No entanto, quando a avaliação clínica é favorável e os índices mostram um prognóstico positivo, as chances de sucesso são maiores.⁽²²⁾ A avaliação clínica isolada não prediz de forma acurada o

resultado do DVM,^(6,10) apresentando VPP e VPN de apenas 50% e 67%, respectivamente.^(6,23) A avaliação clínica isolada não inclui a análise da mecânica respiratória, da demanda ventilatória e da força muscular respiratória, que são critérios importantes, sobretudo quando avaliados em conjunto. Os índices de DVM auxiliam na tomada de decisão em pacientes com risco elevado de falha.⁽⁷⁾ Um determinado índice pode não ser muito acurado, mas em casos de valores extremamente desfavoráveis (por exemplo, P_{lmáx} > -15 ou -10 cmH₂O), geralmente esse tem sua acurácia elevada. Os índices ainda são úteis em guiar a avaliação e o tratamento dos pacientes que falharam no DVM, identificando as causas de intolerância.⁽⁷⁾ Mesmo que o fato de se completar o TRE possa predizer 85% da chance de sucesso no DVM,⁽⁶⁾ aproximadamente 15% dos pacientes não toleram as 48 h após a extubação. Em um estudo,⁽²⁴⁾ a falha de extubação ocorreu em 121 dos 900 pacientes (13,4%) que completaram o TRE. Os critérios clínicos para avaliar se o paciente se encontra pronto para o DVM estão descritos no Quadro 2.

Parâmetros preditivos para o DVM

Entre os inúmeros parâmetros, o mais conhecido e utilizado é o índice de respiração rápida e superficial, ou relação FR/V_T.^(25,26) A relação FR/V_T já foi avaliada em mais de 22 estudos,⁽²⁶⁾ sendo mencionada e frequentemente recomendada em grandes revisões sobre DVM.^(1,8,9) É raro existir algum estudo original ou de

revisão sobre DVM que não considere a relação FR/V_T. A relação FR/V_T avalia o desenvolvimento da respiração rápida e superficial. Apesar de não apresentar boa acurácia em alguns estudos,^(13,27,28) valores elevados (> 100-105 ciclos • min⁻¹ • L⁻¹) estão associados ao insucesso no DVM.^(1,8,9,16,25) A relação FR/V_T foi originalmente idealizada para ser mensurada em respiração espontânea, através de um ventilômetro conectado à via aérea artificial.⁽²⁵⁾ No entanto, há estudos que avaliaram a relação FR/V_T durante a CPAP⁽²⁷⁾ ou ainda em VSP.⁽¹⁶⁾ A mensuração da relação FR/V_T em CPAP de 5 cmH₂O revelou um resultado de 28-38% menor em comparação com aquele obtido durante a ventilometria.⁽¹⁶⁾ A mensuração da relação FR/V_T em pressão de suporte de 10 cmH₂O revelou um resultado de 46-82% menor em comparação com aquele obtido durante a ventilometria.⁽¹⁶⁾ Portanto, a relação FR/V_T deve ser mensurada em respiração espontânea, através de um ventilômetro, para que seu ponto de corte, geralmente situado entre 100 e 105 ciclos • min⁻¹ • L⁻¹, seja mantido. Caso a relação FR/V_T seja mensurada em CPAP ou em VSP, outro ponto de corte deveria ser validado, fato ainda não ocorrido.

Os principais parâmetros de acordo com as revisões publicadas até 2009 são os seguintes^(7,8,10): relação FR/V_T, P_{lmáx}, relação pressão de oclusão das vias aéreas em 0,1 s (P_{0,1})/P_{lmáx}, FR, V_T, volume minuto e avaliação integrada da Complacência dinâmica, FR, Oxigenação e P_{lmáx} (CROP). Outros importantes parâmetros são P_{0,1},^(11,17,19) P_{0,1} × relação FR/V_T,⁽¹⁷⁾ complacência estática do sistema respiratório (Cstat),^(25,29) relação PaO₂/FiO₂^(30,31) e CV.⁽¹³⁾

Recentemente, um grupo de autores idealizou um novo índice, denominado *integrative weaning index* (IWI), calculado pela seguinte fórmula⁽¹⁸⁾:

$$IWI = (Cstat \times SaO_2) \div \text{relação } FR/V_T$$

Esse índice avalia de forma integrativa a mecânica respiratória, a oxigenação e o padrão respiratório. Como a Cstat e a SaO₂ são diretamente proporcionais entre si e indiretamente proporcionais à relação FR/V_T, quanto maior o resultado do IWI, melhor será o prognóstico. A mensuração da Cstat foi considerada uma das limitações do estudo.⁽¹⁸⁾ Valores desse índice ≥ 25 predizem o sucesso no DVM.⁽¹⁸⁾ O IWI mostrou ser altamente acurado,⁽¹⁸⁾

Quadro 2 - Critérios clínicos para considerar o paciente apto ao desmame.

Critérios clínicos para o desmame
Motivo solucionado ou amenizado do início da ventilação mecânica
Paciente sem hipersecreção (definida como a necessidade de aspiração > 2 h)
Tosse eficaz (PFE > 160 L/min)
Hemoglobina > 8-10 g/dL
Adequada oxigenação
(PaO ₂ /FiO ₂ > 150 mmHg ou SaO ₂ > 90% com FiO ₂ < 0,5)
Temperatura corporal < 38,5-39,0°C
Sem dependência de sedativos
Sem dependência de agentes vasopressores (por ex: dopamina < 5 µg • kg ⁻¹ • min ⁻¹)
Ausência de acidose (pH entre 7,35 e 7,45)
Ausência de distúrbios eletrolíticos
Adequado balanço hídrico

Adaptado de várias fontes.^(1,8-11)

de acordo com a escala proposta por um autor.⁽²⁰⁾ Utilizando-se a curva ROC, a ASC da última análise do IWI foi maior que aquela obtida pela relação FR/V_T em 216 pacientes (0,96 vs. 0,85, respectivamente; $p = 0,003$) e também maior que as ASC dos outros índices avaliados ($p < 0,002$).⁽¹⁸⁾ Dos 216 pacientes avaliados de forma prospectiva, 33 apresentaram falha no DVM. A falha de extubação ocorreu em 6 dos 33 pacientes (18%) que completaram o TRE. O IWI foi acurado no prognóstico de 5 desses 6 pacientes. Assim como no estudo de Frutos-Vivar et al.,⁽²⁴⁾ esses resultados mostraram que o TRE não é sempre

suficiente para avaliar o prognóstico do DVM e que a avaliação de determinados índices de DVM torna-se necessária.⁽¹⁸⁾ Embora os resultados do IWI sejam bastante promissores, ainda se torna necessário que esse índice seja reproduzido em outros estudos para que sua acurácia possa ser comprovada.

O Quadro 3 mostra os principais parâmetros internacionais, além do IWI, com seus respectivos valores para indicar o sucesso no DVM, suas ASC (curva ROC) e/ou probabilidades.

Apesar de bastante utilizada, a P_{Imax} geralmente apresenta uma ASC pouco ou

Quadro 3 - Índices de desmame, autores, ano de publicação, razão de verossimilhança e área sob a curva ROC.

Índices	Autor, ano de publicação	RV	ASC
$FR/V_T < 105$ ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,89
$FR/V_T < 60$ ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Capdevilla et al., 1995 ⁽¹⁹⁾	NR	0,72
$FR/V_T < 100$ ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Sassoon & Mahutte, 1993 ⁽¹⁷⁾	NR	0,78
$FR/V_T < 100$ ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	0,69	0,70
$FR/V_T < 105$ ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	2,99	0,85
$P_{0,1} < 5,5$ cmH ₂ O	Sassoon & Mahutte, 1993 ⁽¹⁷⁾	NR	0,64
$P_{0,1} < 5,0$ cmH ₂ O	Capdevilla et al., 1995 ⁽¹⁹⁾	NR	0,93
$P_{0,1} < 4,0$ cmH ₂ O	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,17	0,47
$P_{0,1} < 3,1$ cmH ₂ O	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	2,52	0,73
$P_{Imax} < -15$ cmH ₂ O	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,61
$P_{Imax} < -50$ cmH ₂ O	Capdevilla et al., 1995 ⁽¹⁹⁾	NR	0,71
$P_{Imax} < -16$ cmH ₂ O	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	0,87	0,57
$P_{Imax} < -25$ cmH ₂ O	Nemer et al., 2009 ⁽²²⁾	NR	0,52
$P_{0,1}/P_{Imax} < 0,09$ cmH ₂ O	Capdevilla et al., 1995 ⁽¹⁹⁾	NR	0,99
$P_{0,1}/P_{Imax} < 0,15$ cmH ₂ O	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,87	0,71
$P_{0,1}/P_{Imax} < 0,14$ cmH ₂ O	Nemer et al., 2009 ⁽²²⁾	NR	0,78
$P_{0,1} \times FR/V_T < 300$ cmH ₂ O/ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	0,61	0,67
$P_{0,1} \times FR/V_T < 270$ cmH ₂ O/ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	2,81	0,81
$P_{0,1} \times FR/V_T < 450$ cmH ₂ O/ciclos \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Sassoon & Mahutte, 1993 ⁽¹⁷⁾	NR	0,80
Cstat > 33 mL/cmH ₂ O	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,68
Cstat > 30 mL/cmH ₂ O	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	3,40	0,83
FR < 38 ciclos/min	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,76
FR < 35 ciclos/min	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,17	0,52
FR < 30 ciclos/min	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	1,87	0,76
Volume minuto < 12 L	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,0	0,54
Volume minuto < 15 L	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,76
PaO_2/FiO_2	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	1,79	0,65
$IWI \geq 25$ mL \cdot cmH ₂ O ⁻¹ \cdot ciclos ⁻¹ \cdot min ⁻¹ \cdot L ⁻¹	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	16,05	0,96
CROP > 13 mL \cdot ciclos ⁻¹ \cdot min ⁻¹	Yang & Tobin, 1991 ⁽²⁵⁾	NR	0,78
CV > 11 mL/kg	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,3	0,71
$V_T > 5$ mL/kg	Conti et al., 2004 ⁽¹³⁾	1,54	0,67
$V_T > 315$ mL	Nemer et al., 2009 ⁽¹⁸⁾	2,81	0,81

V_T : volume corrente; $P_{0,1}$: pressão de oclusão das vias aéreas; Cstat: complacência estática do sistema respiratório; IWI: *integrative weaning index*; CROP: complacência, FR, oxigenação e P_{Imax} ; RV: razão de verossimilhança; ASC: área sob a curva; NR: não reportado.

moderadamente acurada,^(13,19,25) com valores entre 0,57 e 0,71. Apenas uma boa força muscular inspiratória não é suficiente para o DVM, já que a musculatura respiratória é predominantemente de resistência. Contudo, a $P_{\text{lmáx}}$ ainda tem seu valor, pois quando um paciente apresenta uma fraqueza extrema da musculatura inspiratória, com valores de $P_{\text{lmáx}} > -15$ ou -10 cmH_2O , muito dificilmente esse paciente apresentará condições de se manter em respiração espontânea.

Outro problema em relação à $P_{\text{lmáx}}$ é a grande variabilidade de formas pela qual essa é mensurada.⁽³²⁾ A $P_{\text{lmáx}}$ pode ser mensurada através de um manovacuômetro analógico ou digital ou ainda por *softwares* de ventiladores artificiais, que geralmente mensuram a $P_{\text{lmáx}}$ sem exalação, forma compatível com a mensuração realizada com um manovacuômetro sem válvula unidirecional. Com a utilização de uma válvula unidirecional, o paciente pode inspirar e expirar profundamente, atingindo tanto o volume de reserva inspiratório, quanto o volume de reserva expiratório, fato que pode gerar mais força em virtude da maior mobilidade diafragmática. Sem a utilização da válvula unidirecional, o paciente tem a $P_{\text{lmáx}}$ mensurada durante a respiração em nível de V_T , fato que pode gerar menor força em consequência da menor mobilidade diafragmática. Apesar de $P_{\text{lmáx}}$ ter sido tradicionalmente idealizada para ser mensurada com uma válvula unidirecional durante 20 s,⁽¹⁶⁾ há estudos que não mostram diferenças entre os resultados encontrados dessa medida com ou sem a válvula unidirecional,⁽²²⁾ além do fato de que períodos superiores a 20 s também tenham sido utilizados.⁽³²⁾ Há uma grande variação no tempo em que a $P_{\text{lmáx}}$ é mensurada, a partir de 1 s a mais de 20 s.⁽³²⁾ Ao contrário do próprio nome, valores da $P_{\text{lmáx}}$ ainda são considerados, em alguns hospitais, como a média dos valores obtidos em três ou mais medidas,⁽³²⁾ ou seja, embora a forma mais utilizada para a mensuração da $P_{\text{lmáx}}$ seja através de um manovacuômetro adaptado a uma válvula unidirecional, não há consenso sobre a forma ideal. Em indivíduos normais, a $P_{\text{lmáx}}$ é geralmente < -80 cmH_2O ,⁽³³⁾ enquanto os valores que predizem o sucesso no DVM devem ser < -20 ou -30 cmH_2O .⁽¹⁶⁾

Avaliando a atividade do centro respiratório, a $P_{0,1}$ é um importante parâmetro para o DVM, mas necessita da introdução de um balão esofágico

ou de ventiladores para sua determinação ($P_{0,1}$ traqueal, forma também considerada acurada).⁽³³⁾

Dentro dos parâmetros que avaliam a atividade do centro respiratório, provavelmente a $P_{0,1}$ traqueal seja o mais acessível na terapia intensiva. Os valores fisiológicos da $P_{0,1}$ variam entre 0,5 e 1,5 cmH_2O ,⁽³³⁾ enquanto valores abaixo de 4,0⁽¹³⁾ ou 4,2 cmH_2O ⁽¹⁶⁾ geralmente predizem o sucesso no DVM. A $P_{0,1}$ apresenta, para a curva ROC, valores da ASC geralmente entre 0,47⁽¹³⁾ e 0,93.⁽¹⁹⁾ Algumas limitações da $P_{0,1}$ que dificultam a sua elevação são a hiperinsuflação pulmonar e a redução da força muscular inspiratória por várias etiologias.⁽³³⁾ Dessa forma, pacientes com doenças neurológicas e neuromusculares, assim como aqueles com DPOC, podem apresentar uma atividade elevada do centro respiratório, mas não revelar $P_{0,1}$ com valores elevados. A $P_{0,1}$ ainda apresenta uma correlação com o trabalho da respiração (critério também utilizado para avaliar o prognóstico do DVM): um valor de $P_{0,1} = 3,5$ cmH_2O corresponde a um nível de trabalho da respiração de aproximadamente 0,75 J/L. Valores de trabalho da respiração abaixo de 0,75 J/L são usados para determinar o sucesso no DVM.⁽³³⁾ O trabalho da respiração é calculado automaticamente e monitorizado em alguns modernos ventiladores com microprocessadores.

A relação $P_{0,1}/P_{\text{lmáx}}$ é um índice integrativo que objetiva aumentar a acurácia dos seus componentes. A relação $P_{0,1}/P_{\text{lmáx}}$ apresentou a maior ASC (curva ROC) registrada entre os índices de DVM em um estudo ($0,99 \pm 0,01$).⁽¹⁹⁾ No entanto, resultados semelhantes não se repetiram em outros estudos, onde a ASC variou entre 0,71⁽¹³⁾ e 0,78.⁽²²⁾ Em outro estudo,⁽²²⁾ não houve uma diferença significativa entre a ASC da $P_{0,1}$ e a ASC da relação $P_{0,1}/P_{\text{lmáx}}$ ($0,76 \pm 0,06$ vs. $0,78 \pm 0,06$; $p = 0,69$). Por outro lado, tanto a $P_{0,1}$, quanto a relação $P_{0,1}/P_{\text{lmáx}}$ apresentaram uma ASC maior que a da $P_{\text{lmáx}}$ isoladamente ($0,76 \pm 0,06$ vs. $0,52 \pm 0,08$; $p = 0,004$; e $0,78 \pm 0,06$ vs. $0,52 \pm 0,08$; $p = 0,0006$).⁽²²⁾ Esses resultados mostraram que, em relação aos seus dois componentes ($P_{0,1}$ e $P_{\text{lmáx}}$), a integração desses parâmetros potencializou a acurácia apenas da $P_{\text{lmáx}}$, já que a ASC da $P_{0,1}$ e a da relação $P_{0,1}/P_{\text{lmáx}}$ foram semelhantes.⁽²²⁾

A relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, referência para a avaliação da oxigenação em pacientes com lesão pulmonar aguda e síndrome da angústia respiratória aguda,⁽³⁴⁾ não apresenta boa

acurácia para o DVM,^(30,35) além de apresentar uma grande variação nos valores que predizem o sucesso (valores > 150-200).⁽⁹⁾ Em um estudo,⁽³⁰⁾ 89% dos pacientes com relação PaO_2/FiO_2 de 120-200 foram extubados com sucesso. Em outro estudo,⁽³⁵⁾ a relação $PaO_2/FiO_2 = 238$ apresentou VPP = 90%, mas VPN = 10%. Portanto, a grande valorização da relação PaO_2/FiO_2 para o DVM não apresenta motivos que justifiquem seu uso rotineiro durante o DVM. Esse parâmetro deve continuar a ser referência para a avaliação de pacientes com síndrome da angústia respiratória aguda e lesão pulmonar aguda, mas nem sempre para o DVM.

Dos mais de 66 índices de DVM propostos, entre 5 e 7^(7,10) deles estão associados a mudanças clínicas significativas na probabilidade do resultado do DVM⁽⁷⁾ ou apresentam uma RV significativa para avaliar o resultado do DVM.⁽¹⁰⁾ Portanto, até 2009, apenas os seguintes índices de DVM eram recomendados para o uso rotineiro: relação FR/V_T , P_{Imax} , relação $P_{0,1}/P_{Imax}$, FR , V_T , volume minuto e CROP. Existe uma grande divergência entre a recomendação para o uso rotineiro dos índices de DVM. Para o grande especialista no assunto, Martin Tobin,^(15,16,25,26) ao menos alguns índices, sobretudo a relação FR/V_T , devem ser usados rotineiramente. Por outro lado, para outro especialista no mesmo assunto, Scott Epstein, dois consensos falharam em recomendar o uso rotineiro dos índices de DVM.⁽³⁶⁾ Recentemente, esse especialista questionou se essas recomendações poderiam ser modificadas caso a acurácia do IWI seja confirmada.⁽³⁶⁾

Fisiopatologia da falha do DVM e de extubação

O DVM depende de vários fatores, mas principalmente da força dos músculos respiratórios, da carga desses e da intensidade do estímulo respiratório.⁽¹⁾ Geralmente, a falha no DVM ocorre por um desequilíbrio entre a bomba muscular respiratória e a carga muscular respiratória.^(1,37) São causas de redução da eficiência da bomba muscular respiratória: inibição central, doenças medulares, lesões frênicas, neuropatias, comprometimento da junção neuromuscular, fraqueza muscular de várias origens, entre outras.^(8,37) São causas de elevação da demanda ventilatória: elevação do estímulo central da respiração, sepsis, febre, dor,

ventilação aumentada do espaço morto, carga elástica pulmonar e torácica, entre outras.^(8,37)

As principais causas de dependência da VM são causas neurológicas, por comprometimentos do sistema respiratório ou do sistema cardiovascular, e fatores psicológicos.^(1,8,10) Outras causas também consideradas são as causas metabólicas e endócrinas, assim como aquelas por distúrbios eletrolíticos, desnutrição, obesidade, anemia, etc.⁽⁸⁾

Identificar o motivo da falha no DVM é essencial na tentativa de uma nova abordagem com ênfase no fator desencadeante. O Quadro 4 mostra os critérios para a definição da falha do DVM.

Como a falha no DVM têm várias origens, índices integrativos geralmente possuem maior acurácia.^(10,18,25) A avaliação dos índices de DVM auxilia na identificação do fator relacionado à falha do DVM, servindo também como fonte para tratamento do respectivo fator.⁽⁷⁾

A falha de extubação tem etiologia distinta da falha do DVM, estando associada a comprometimentos das vias aéreas superiores, tais como laringoespasmos, secreções abundantes, tosse ineficaz, etc.^(1,11,14,30) Dessa forma, índices de DVM apresentam uma limitada acurácia em predizer a falha de extubação.⁽¹⁴⁾ Testes para avaliar a extubação, como o *cuff leak test* (avaliando a fuga aérea após a desinsuflação do balonete) geralmente não são recomendados para o uso rotineiro.^(10,11) A falha de extubação está associada ao aumento do tempo de VM, do tempo de internação e da mortalidade, principalmente se a reintubação for retardada.^(1,14)

Quadro 4 – Critérios para definir a falha no desmame.

Sinais de intolerância à respiração espontânea (falha de desmame)
$PaO_2 < 50-60$ mmHg com $FiO_2 > 0,5$
$SaO_2 < 88-90\%$ com $FiO_2 > 0,5$
$PaCO_2 > 50$ mmHg ou elevação em mais de 8 mmHg
$pH < 7,32$ ou redução em mais de 0,07
$FR > 35$ ciclos/min ou elevação em mais de 50%
$FC > 140$ bpm ou elevação em mais de 20%
$PAS > 180$ mmHg ou < 90 mmHg
Agitação psicomotora incontrolável
Redução do nível de consciência
Sudorese excessiva e cianose
Evidência de elevado esforço muscular respiratório

PAS: pressão arterial sistólica. Adaptado de Boles et al.⁽⁸⁾

Como citado previamente, a falha no DVM é definida como a intolerância ao TRE sem a presença de suporte ventilatório, e a falha de extubação é a intolerância à extubação.⁽¹⁴⁾ No entanto, para ser diagnosticada, a falha de extubação necessita da evidência de algum comprometimento relacionado às vias aéreas superiores, revelando a dependência do tubo orotraqueal.^(10,14) Nesse aspecto, tal definição pode não ser muito precisa, já que cerca de 15% dos pacientes toleram o TRE, mas precisam ser reintubados,⁽⁶⁾ e não necessariamente por motivos relacionados à dependência do tubo orotraqueal. Não há motivos para classificar como uma falha de extubação o caso de um paciente que tenha sido reintubado por motivos não relacionados às vias aéreas superiores. Alguns pacientes toleram o TRE por 2 h, são extubados sem intercorrências, mas posteriormente acabam desenvolvendo falência respiratória sem comprometimentos relacionados à dependência do tubo orotraqueal. Esses pacientes não deveriam ser classificados como com falha de extubação, pois a etiologia não foi relacionada à dependência do tubo orotraqueal. Se a definição de falha de extubação fosse utilizada para todos os pacientes reintubados, esses deveriam ser classificados como com falha de extubação e não com falha de DVM, como frequentemente são diagnosticados. Esperamos que um dia a definição de falha de extubação seja somente vinculada à dependência do tubo orotraqueal e não para todos os pacientes reintubados.

Aplicações e limitações dos índices de DVM em diferentes populações

Os índices de DVM apresentam algumas limitações, sendo que a variação na forma de sua mensuração parece ser a de maior importância. A mensuração desses índices varia de acordo com os diferentes hospitais e até entre profissionais do mesmo hospital.⁽³²⁾ Essa variação pode gerar grande diferença nos resultados obtidos. A $P_{\text{Imáx}}$ pode apresentar mais de dez variações em suas possíveis mensurações, dependendo do equipamento utilizado, do tempo de oclusão, do valor utilizado (média, mais negativo, mais reprodutível), etc.⁽³²⁾ A relação FR/V_T deve ser mensurada em respiração espontânea.⁽²⁵⁾ No entanto, há estudos que a mensuram em CPAP e até em VSP,^(16,27) sem que necessariamente o ponto de corte utilizado tenha sido modificado,

fato que modifica completamente seus resultados e prognósticos.⁽¹⁶⁾

Outra importante limitação é o diferente ponto de corte encontrado de acordo com diferentes populações, ou até mesmo em populações semelhantes. A relação FR/V_T tem seu ponto de corte original em 100-105 ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$, embora existam estudos que a reproduzam com um ponto de corte de até 60⁽¹⁹⁾ ou de 76⁽³⁸⁾ ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$, inclusive com melhor acurácia do que quando comparada ao ponto de corte original.⁽³⁸⁾

A utilização de índices preditivos em pacientes neurológicos parece não prever acuradamente a extubação.⁽³⁹⁾ Índices tradicionais, como a relação FR/V_T , $P_{\text{Imáx}}$ e relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, foram avaliados em uma análise retrospectiva⁽³⁹⁾ com 62 pacientes neurológicos, sem apresentar boa sensibilidade e/ou especificidade. Nesse estudo,⁽³⁹⁾ a relação FR/V_T apresentou uma alta especificidade, mas baixa sensibilidade (0,88 e 0,18, respectivamente). Até o TRE não se mostrou acurado na população estudada, revelando alta sensibilidade, mas baixa especificidade (0,90 e 0,20, respectivamente).⁽³⁹⁾ Em pacientes neurológicos, a avaliação da escala de coma de Glasgow, com valores ≥ 8 , parece ser mais acurada em prever o resultado do DVM do que os índices tradicionais.^(40,41)

Estudos que avaliaram índices de DVM em pacientes com DPOC mostraram que a relação FR/V_T ⁽⁴²⁾ e a $P_{0,1}$ ⁽⁴³⁾ podem ser capazes de identificar a falha no DVM. Em relação aos pontos de cortes utilizados, um grupo de autores⁽⁴⁴⁾ mostrou que esses geralmente são diferentes, com valores acima de 10% em pacientes com DPOC, quando comparados com populações heterogêneas. Tal estudo⁽⁴⁴⁾ revelou que, para a curva ROC, a ASC dos índices avaliados ($P_{\text{Imáx}}$, relação FR/V_T , Cstat, FR, CROP e relação $P_{0,1}/P_{\text{Imáx}}$) só foi maior que 0,9 para os índices CROP e $P_{0,1}$. Recentemente, um grupo de autores⁽⁴⁵⁾ avaliou 64 pacientes com DPOC e observou que a relação FR/V_T não foi acurada em prever o DVM mesmo com dois pontos de cortes utilizados: o tradicional 105 ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ e outro ponto de corte mais elevado, de 130 ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$. A especificidade e a sensibilidade da relação FR/V_T com o ponto de corte de 105 ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ foram de apenas 0,38 e 0,63, respectivamente, enquanto que, com o ponto de corte de 130 ciclos $\cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$,

essas foram de 0,66 e 0,54, respectivamente. A avaliação dos índices de DVM em pacientes com DPOC revela apenas uma moderada acurácia⁽¹²⁾ e parece não existir um índice padrão ouro para essa população.⁽⁴⁴⁾

Índices de DVM também são avaliados em pacientes sob VM prolongada.^(31,46,47) Um grupo de autores⁽³¹⁾ avaliou critérios clínicos e alguns índices de DVM de forma retrospectiva em 1.307 pacientes em VM prolongada. Dos índices de DVM avaliados (relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, relação FR/V_T e Plmáx), a relação FR/V_T foi o único índice que não apresentou uma diferença estatisticamente significativa entre os pacientes desmamados e não desmamados ($146,4 \pm 91,4$ vs. $154,5 \pm 106,2$ ciclos \bullet $\text{min}^{-1} \bullet \text{L}^{-1}$; $p = 0,262$).⁽³¹⁾ Outro grupo de autores⁽⁴⁷⁾ avaliou vários índices de DVM em 30 pacientes sob VM prolongada. Dos índices/critérios de DVM tradicionais avaliados (V_T , relação FR/V_T , complacência dinâmica do sistema respiratório e Plmáx), apenas a relação FR/V_T e a Plmáx apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os pacientes desmamados e não desmamados, respectivamente ($74,1 \pm 44,0$ vs. $148,2 \pm 121,4$ ciclos \bullet $\text{min}^{-1} \bullet \text{L}^{-1}$; $p = 0,03$; e $57,3 \pm 18,2$ vs. $38,6 \pm 13,5$ cmH_2O ; $p = 0,001$). Como a VM controlada afeta diretamente o diâmetro das fibras musculares do tipo I e II do diafragma, reduzindo-as em mais de 50% a partir de 18 h de uso contínuo de VM, índices de DVM que avaliam a força diafragmática, como Plmáx , podem ter uma boa aplicabilidade nessa população.^(4,48)

Há evidências de que o uso de protocolos de DVM estão associados à redução do tempo de ventilação mecânica, do tempo de internação e do tempo de DVM.⁽⁴⁹⁾ Os parâmetros preditivos para o DVM estão embutidos nos protocolos de DVM,^(8-10,49) sendo de grande valor para que tais protocolos tenham melhores resultados.

Considerações finais

Os índices de DVM apresentam limitações, principalmente de acordo com a população estudada, com os pontos de cortes utilizados e com as formas de mensuração. Os índices de DVM podem ser usados em populações homogêneas, embora a acurácia possa ser menor nessas do que em populações heterogêneas. A avaliação de índices de DVM em pacientes neurológicos

parece ser a menos indicada entre as que se referem às populações homogêneas.

Índices integrativos geralmente são mais acurados, embora também possam apresentar limitada acurácia em prever a extubação.

Como o TRE apresenta aproximadamente 85% de acurácia na avaliação do prognóstico do DVM e a avaliação clínica isolada também não é suficiente, índices acurados, como a relação FR/V_T e o recente IWI, podem ser necessários para tornar o desfecho do DVM mais seguro.

Os índices de DVM são úteis na identificação dos pacientes que provavelmente serão incapazes de tolerar o DVM por risco elevado de falha. Os índices de DVM são úteis também para a possível identificação de causas reversíveis de falha no DVM, servindo como um foco na abordagem de uma nova tentativa.

Embora a minoria dos índices seja acurada, compartilhamos da hipótese de que, ao menos, entre 5 e 8 deles devam ser recomendados para o uso rotineiro em uma população geral. Como o TRE e a impressão clínica não têm 100% de acurácia, os parâmetros de DVM podem ser úteis, principalmente em situações de difícil decisão para o DVM.

Referências

1. Eskandar N, Apostolakis MJ. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Clin.* 2007;23(2):263-74, x.
2. Ntoumenopoulos G, Presneill JJ, McElholum M, Cade JF. Chest physiotherapy for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med.* 2002;28(7):850-6.
3. Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004;169(3):336-41.
4. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med.* 2008;358(13):1327-35.
5. Frutos-Vivar F, Esteban A. Critical illness polyneuropathy: a new (or old?) reason for weaning failure. *Crit Care Med.* 2005;33(2):452-3.
6. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med.* 1996;335(25):1864-9.
7. Epstein SK. Weaning from ventilatory support. *Curr Opin Crit Care.* 2009;15(1):36-43.
8. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J.* 2007;29(5):1033-56.
9. Koch RL. Therapist driven protocols: a look back and moving into the future. *Crit Care Clin.* 2007;23(2):149-59, vii-viii.
10. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, et al. Evidence-based guidelines for weaning

- and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):375S-95S.
11. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. In: Carvalho CR, coordinator. III Congresso Brasileiro de Ventilação Mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Suppl 2S):S128-S136.
 12. Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):400S-24S.
 13. Conti G, Montini L, Pennisi MA, Cavaliere F, Arcangeli A, Bocci MG, et al. A prospective, blinded evaluation of indexes proposed to predict weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2004;30(5):830-6.
 14. Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med*. 2002;28(5):535-46.
 15. Tobin MJ, Alex CG. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw Hill; 1994. p. 1177-206.
 16. Tobin MJ, Jubran A. Weaning from mechanical ventilation. In: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw Hill; 2006. p. 1185-220.
 17. Sassoon CS, Mahutte CK. Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. *Am Rev Respir Dis*. 1993;148(4 Pt 1):860-6.
 18. Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Cárias TC, Santos RG, Almeida LC, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2009;13(5):R152.
 19. Capdevila XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JP, d'Athis F. Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial. *Chest*. 1995;108(2):482-9.
 20. Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*. 1988;240(4857):1285-93.
 21. MacIntyre N. Discontinuing mechanical ventilatory support. *Chest*. 2007;132(3):1049-56.
 22. Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Guimarães B, Azeredo LM, Gago R, et al. Evaluation of maximal inspiratory pressure, tracheal airway occlusion pressure, and its ratio in the weaning outcome. *J Crit Care*. 2009;24(3):441-6.
 23. Stroetz RW, Hubmayr RD. Tidal volume maintenance during weaning with pressure support. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152(3):1034-40.
 24. Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguía C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006;130(6):1664-71.
 25. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-50.
 26. Tobin MJ, Jubran A. Meta-analysis under the spotlight: focused on a meta-analysis of ventilator weaning. *Crit Care Med*. 2008;36(1):1-7.
 27. Shikora SA, Benotti PN, Johannigman JA. The oxygen cost of breathing may predict weaning from mechanical ventilation better than the respiratory rate to tidal volume ratio. *Arch Surg*. 1994;129(3):269-74.
 28. Lee KH, Hui KP, Chan TB, Tan WC, Lim TK. Rapid shallow breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest*. 1994;105(2):540-3.
 29. Aboussouan LS, Lattin CD, Anne VV. Determinants of time-to-weaning in a specialized respiratory care unit. *Chest*. 2005;128(5):3117-26.
 30. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest*. 2001;120(4):1262-70.
 31. Wu YK, Kao KC, Hsu KH, Hsieh MJ, Tsai YH. Predictors of successful weaning from prolonged mechanical ventilation in Taiwan. *Respir Med*. 2009;103(8):1189-95.
 32. Soo Hoo GW, Park L. Variations in the measurement of weaning parameters: a survey of respiratory therapists. *Chest*. 2002;121(6):1947-55.
 33. Laghi F. Assessment of respiratory output in mechanically ventilated patients. *Respir Care Clin N Am*. 2005;11(2):173-99.
 34. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(3 Pt 1):818-24.
 35. Krieger BP, Ershowsky PF, Becker DA, Gazeroglu HB. Evaluation of conventional criteria for predicting successful weaning from mechanical ventilatory support in elderly patients. *Crit Care Med*. 1989;17(9):858-61.
 36. Epstein SK. Routine use of weaning predictors: not so fast. *Crit Care*. 2009;13(5):197.
 37. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med*. 2008;34(7):1188-99.
 38. Danaga AR, Gut AL, Antunes LC, Ferreira AL, Yamaguti FA, Christovan JC, et al. Evaluation of the diagnostic performance and cut-off value for the rapid shallow breathing index in predicting extubation failure. *J Bras Pneumol*. 2009;35(6):541-7.
 39. Ko R, Ramos L, Chalela JA. Conventional weaning parameters do not predict extubation failure in neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2009;10(3):269-73.
 40. Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Sommariva M, Vesconi S, Baiardi P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-92.
 41. Namen AM, Ely EW, Tatter SB, Case LD, Lucia MA, Smith A, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(3 Pt 1):658-64.
 42. Jubran A, Tobin MJ. Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155(3):906-15.
 43. Hilbert G, Gruson D, Portel L, Vargas F, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP. Airway occlusion pressure at 0.1 s (PO.1) after extubation: an early indicator of postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. *Intensive Care Med*. 1998;24(12):1277-82.
 44. Alvisi R, Volta CA, Righini ER, Capuzzo M, Ragazzi R, Verri M, et al. Predictors of weaning outcome in chronic

- obstructive pulmonary disease patients. *Eur Respir J*. 2000;15(4):656-62.
45. Boutou AK, Abatzidou F, Tryfon S, Nakou C, Pitsiou G, Argyropoulou P, et al. Diagnostic accuracy of the rapid shallow breathing index to predict a successful spontaneous breathing trial outcome in mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung*. 2010 [Epub ahead of print].
46. Scheinhorn DJ, Hassenpflug M, Artinian BM, LaBree L, Catlin JL. Predictors of weaning after 6 weeks of mechanical ventilation. *Chest*. 1995;107(2):500-5.
47. Carlucci A, Ceriana P, Prinianakis G, Fanfulla F, Colombo R, Nava S. Determinants of weaning success in patients with prolonged mechanical ventilation. *Crit Care*. 2009;13(3):R97.
48. Powers SK, Kavazis AN, Levine S. Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function. *Crit Care Med*. 2009;37(10 Suppl):S347-53.
49. Blackwood B, Alderdice F, Burns K, Cardwell C, Lavery G, O'Halloran P. Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2011;342:c7237. doi: 10.1136/bmj.c7237.

Sobre os autores

Sérgio Nogueira Nemer

Coordenador Científico. Hospital de Clínicas de Niterói, Niterói (RJ) Brasil.

Carmen Sílvia Valente Barbas

Professora Livre-Docente. Disciplina de Pneumologia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP) Brasil.