

ALINE ROBERTA DANAGA

Papel dos Índices de Pressões Inspiratórias e de
Respiração Rápida e Superficial na Predição da
Reintubação em Terapia Intensiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia em Clínica Médica da Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Danaga, Aline Roberta.

Papel dos índices de pressões inspiratórias e de respiração rápida e superficial na predição da reintubação em terapia intensiva / Aline Roberta Danaga. – Botucatu : [s.n.], 2008

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu, 2008.

Orientador: Luis Cuadrado Martin

Co-orientadora: Ana Lúcia Gut

Assunto CAPES: 40101002

1. Medicina Intensiva 2. Músculos Respiratórios 3. Respiração artificial

CDD 616.029

Palavras-chave: Desmame da ventilação mecânica; Extubação; Índice de respiração rápida e superficial; Pressão inspiratória; Reintubação

Orientador: Prof. Dr. Luis Cuadrado Martin

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Gut

Estudo realizado na Unidade de Terapia Intensiva de Adultos
do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de
Botucatu – Departamento de Clínica Médica

“Foi o tempo que perdeste com tua rosa que fez tua rosa tão importante”.

Saint-Exupéry

Dedico este trabalho:

À minha mãe Maria Tereza, pelo imenso esforço e todo amor com que educou a mim e meus irmãos.

Ao meu pai Luiz, que mesmo de muito longe sempre se preocupou em transmitir o valor de luta e de honestidade.

E aos meus queridos irmãos, Alan e Amanda, pelo apoio e compreensão em mais esta etapa.

Agradecimento Especial:

Ao Prof. Dr. Luis Cuadrado Martin, agradeço pela orientação exemplar e pela paciência, sabedoria e criatividade com que conduziu nossos “alfarrábios”. Minha sincera admiração e muito obrigada pela dedicação.

À Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Gut pela co-orientação, seu olhar intensivista e por tantas vezes disponibilizar seu espaço de trabalho para a elaboração desta dissertação. Obrigada pela confiança e atenção.

Agradecimentos:

À equipe da Unidade de Terapia Intensiva de Adultos do HC-FMB, Dr. Fábio Akio Yamaguti, Dr. José Carlos Christovan e Dr. Ubirajara Teixeira, pelo aprendizado valioso e pela confiança.

Aos funcionários e aprimorandos da Seção Técnica de Reabilitação, em especial à fisioterapeuta Dr^a. Letícia Cláudia de Oliveira Antunes que me recebeu nesta instituição, me apoiou e incentivou sempre, em cada fase desta caminhada, obrigada pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Médica, Alexandre L. Loureiro, Ana Maria Mengue, Bruno César Gomes, Bruno José Fagiali, Elizangela A. da Silva, Laura C. Andrade, Mário A. Dallaqua e Renato Borges Pereira, pela atenção e paciência com que sempre me auxiliaram.

À Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia dos Anjos Ferreira e à Prof^a. Dr^a. Irma de Godoy pela importante participação na qualidade de banca de qualificação desta dissertação.

Aos funcionários da Pós-Graduação: Janete H. Nunes, Lílian C. B. Nunes, Nathanael P. Salles e Regina Célia Spadín, pela educação e prontidão com que sempre atenderam.

À equipe da Biblioteca do Campus pelos serviços prestados.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Corrente do Grupo de Apoio à Pesquisa (GAP), pela colaboração com a análise estatística.

As funcionárias do Laboratório de Informática e à Dr^a. Denise de Cássia M. Zornoff pela colaboração.

Ao Conselho de Pós-Graduação do Programa de Fisiopatologia em Clínica Médica, no nome da Dr^a. Célia Regina Nogueira, por disponibilizar recursos para execução da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro sob a forma de bolsa de mestrado.

Agradecimentos:

À minha família, meus pais Luiz e Maria Tereza, meus irmãos Alan e Amanda, meu sobrinho Pedro Luiz e minha cunhada Elisângela, por compreenderem minha ausência e meu nervosismo em diversos momentos. Obrigada também por cuidarem do Amim meu filhote.

À minha avó Alice que mesmo não estando mais conosco certamente está torcendo por todos. Espero que esteja orgulhosa.

À minha avó Hermínia, à Madrinha, tia Clair, tia Nilce, meus primos, Salvatti e Guga, que também participaram desta conquista tão importante. Agradeço pela paciência e pelo apoio.

À família Villa Albieri, pela imensa ajuda e torcida durante todos os momentos desde o início. Minha sincera gratidão.

As enfermeiras Gabriela e Natália, minha família em Botucatu, meu muito obrigado pela paciência, pela convivência e pelos bons e divertidos momentos juntas.

Aos amigos que entenderam minha ansiedade ou minha ausência em alguns finais de semana. À grande amiga Aline Traldi pela imensa ajuda e amizade por tantos anos. Aos amigos Aline Fava, Cybele, Bruna, Lê, Lú, Tatá e Wláuķia pelo carinho e pela amizade. Ao Shira pela paciência, pelo apoio e companhia durante a fase mais complicada do trabalho. E a todos aqueles que torceram por mim.

A Deus pela vida e por colocar em meu caminho uma família maravilhosa, grandes amigos, profissionais brilhantes e pessoas especiais com as quais eu pude contar.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A: ACURÁCIA

ANOVA: Análise de Variância

APACHE: Acute Physiology and Chronical Health Evaluation

ASC: Área Sob a Curva

Cir.: Cirúrgico

Clin.: Clínico

CO₂: Dióxido de Carbono

CPAP: Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas

CROP: Índice Integrado de Complacência, Resistência, Oxigenação e Pressão

CV: Capacidade Vital

DPOC: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Especif.: Especificidade

F: Feminino

FC: Frequência Cardíaca

FiO₂: Fração Inspirada de Oxigênio

FN: Falso Negativo

FP: Falso Positivo

FR/VC: Frequência Respiratória/Volume Corrente

FR: Frequência Respiratória

Hb: Hemoglobina

IC: Intervalo de Confiança

IMC: Índice de Massa Corporal

IRRS: Índice de Respiração Rápida e Superficial

M: Masculino

P 0.1/PI_{max}: Pressão de Oclusão de 1 segundo/Pressão Inspiratória Máxima

P 0.1: Pressão de Oclusão nas Vias Aéreas

PaCO₂: Pressão Pacial Arterial de Gás Carbônico

PaO₂/FiO₂: Índice de Oxigenação

PaO₂: Pressão Parcial Arterial de Oxigênio

PAS: Pressão Arterial Sistólica

PEEP: Pressão Expiratória Positiva Final

PE_{max}: Pressão Expiratória Máxima

PI/PI_{max}: Pressão Inspiratória/Pressão Inspiratória Máxima

PI: Pressão Inspiratória

PI_{max}: Pressão Inspiratória Máxima

QEI: Quociente de Esforço Inspiratório

ROC: Receiver-Operating-Characteristic

RV: Razão de Verossimilhança

Sens.: Sensibilidade

SpO₂: Saturação Periférica de Oxigênio

TRVE: Tempo de Recuperação do Volume Minuto

UTI: Unidade de Terapia Intensiva

VC: Volume Corrente

VE: Volume Minuto

VMI: Ventilação Mecânica Invasiva

VN: Verdadeiro Negativo

VP: Verdadeiro Positivo

VPN: Valor Preditivo Negativo

VPP: Valor Preditivo Positivo

VPS: Ventilação com Pressão de Suporte

bpm: batimentos por minuto

cm H₂O: Centímetros de Água

mm Hg: Milímetros de Mercúrio

mg/dl: Miligrama por Decilitro

r/min/l: Respirações/Minuto/Litro

LISTA DE QUADROS E TABELAS

ESTUDO DE REVISÃO:

QUADRO 1. Índice de reintubação (%) associada à extubação planejada..... .07

QUADRO 2. Sumário dos resultados de estudos que avaliaram o FR/VC na predição do desmame e extubação de pacientes adultos em terapia intensiva.....15

ESTUDO PROSPECTIVO:

TABELA 1. Caracterização da casuística.....58

TABELA 2. Resultados do teste diagnóstico para os índices FR/VC, PI/PI_{max} e combinações, de acordo com os valores de corte clássicos e com os melhores valores obtidos.....59

TABELA 3. Probabilidades pós-teste esperada e observada, para o desfecho reintubação de acordo com alteração dos índices FR/VC e PI/PI_{max}.....60

TABELA 4. Resultados da análise de variância de acordo com a alteração dos índices.....61

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO DE REVISÃO:

FIGURA 1. Representação gráfica esquemática das pressões negativas inspiratórias geradas durante 20 segundos de oclusão da ventilação em seres humanos, com indicação da pressão inspiratória (PI) e da pressão inspiratória máxima (PI_{max}).....22

ESTUDO PROSPECTIVO:

FIGURA 2. Curva ROC para o índice FR/VC e indicações dos valores de corte.....62

FIGURA 3. Curva ROC para o índice PI/PI_{max} e indicações dos valores de corte.....63

FIGURA 4. Implicação clínica das alterações dos índices FR/VC e PI/PI_{max} de acordo com as probabilidades pós-teste esperada e observada na casuística estudada.....64

SUMÁRIO

Estudo de Revisão: Predição da Reintubação em Terapia Intensiva

Resumo	02
Abstract	03
1. Introdução.....	04
2. Incidência da Reintubação.....	06
3. Causas e Fatores de Risco de Insucesso da Extubação.....	08
4. Impacto da Reintubação.....	10
5. Predição do Desfecho da Extubação.....	12
Considerações Finais.....	24
Referências.....	25

Estudo Prospectivo: Papel dos Índices de Pressões Inspiratórias e de Respiração Rápida e Superficial na Predição da Reintubação em Terapia Intensiva

Resumo	33
Abstract.....	34
1. Introdução.....	35
2. Objetivo.....	37
3. Casuística e Métodos.....	38
4. Resultados	43
5. Discussão	47
Considerações Finais.....	51
Referências.....	52
Tabelas.....	58
Figuras.....	62
Anexos	65

Predição da Reintubação em Terapia Intensiva: Estudo de Revisão.

RESUMO

A ventilação mecânica invasiva é recurso fundamental em unidades de terapia intensiva. Sua aplicação ocorre em quase metade dos pacientes dessas unidades. Entretanto, a VMI associa-se a várias complicações, especialmente quando utilizada por período prolongado. Desse modo, preconiza-se que a interrupção do suporte ventilatório seja realizada assim que possível. A intempestividade em realizar tanto o desmame como a extubação pode gerar graves conseqüências ao paciente, incluindo a necessidade de reintubação. Esta, por sua vez, está relacionada à elevada incidência de pneumonia hospitalar, o que leva ao maior tempo de ventilação mecânica, de permanência na terapia intensiva, aumento no custo hospitalar e da mortalidade. Visto que tanto a ventilação mecânica prolongada como sua retirada prematura podem ser prejudiciais, faz-se necessário o reconhecimento do momento ideal do desmame e extubação. Vários índices fisiológicos foram propostos com o intuito de identificar os pacientes capazes de reassumir a ventilação espontânea. Poucos ofereceram poder preditivo satisfatório e o índice de respiração rápida e superficial parece ser o mais útil devido sua simplicidade e confiabilidade. No entanto, o melhor ponto de corte dos índices fisiológicos raramente foi estabelecido por curva ROC, evidenciando a necessidade de novos estudos. Neste trabalho, foram revisados os estudos que demonstraram a importância da utilização de protocolos de desmame e extubação e avaliaram o papel preditivo dos índices propostos.

ABSTRACT

Invasive mechanical ventilation is crucial in intensive care units and its application becomes necessary in almost half of the patients. However it has been associated to several complications especially under prolonged use. Therefore it is recommended that the discontinuation of ventilator support must be attempted as soon as possible. The premature weaning or extubation also can generate negative consequences to the patient, including the need of reintubation. This is most related to higher incidence of nosocomial pneumonia, increased IMV use and ICU length of stay, hospital costs and elevated mortality rates. Because of both, prolonged IMV and its premature discontinuation can be harmful, it is necessary to recognize the optimal moment for weaning and extubation. Many physiological indexes were proposed to distinguish patients ready to breathe spontaneously, but fewness demonstrated satisfactory predictive power. Rapid shallow breathing index seems to be the most useful parameter because of its simplicity and reliability. However, in rare studies the best threshold for these indexes was established by ROC curve, making evident the need of further investigations. The present study reviewed articles that demonstrated importance of weaning and extubation protocols utilization and that assessed the predictive role of physiological indexes.

INTRODUÇÃO

Várias doenças que levavam inexoravelmente à morte puderam ser tratadas com sucesso após o advento da terapia intensiva. Um dos recursos mais emblemáticos das unidades de terapia intensiva (UTI) é a ventilação mecânica invasiva (VMI), que é necessária em 46% desses pacientes¹.

Por outro lado, a VMI que é recurso fundamental no tratamento do paciente crítico, está associada a várias complicações potencialmente graves, principalmente se seu uso for por período prolongado²⁻⁴.

A pneumonia é a complicação mais comum da ventilação mecânica com prevalência de nove a 24 casos em cada 100 pacientes e quanto maior a duração da exposição ao suporte mecânico, maior o risco deste evento⁵. Além disso, a ventilação mecânica e a intubação também representam riscos de lesão traqueal, lesão pulmonar inerente à própria VMI, aumento da dependência do ventilador e óbito³. Portanto, preconiza-se que a ventilação artificial seja descontinuada assim que possível, tão logo seja resolvido o fator desencadeante da insuficiência respiratória^{2,6-8}.

Ao mesmo tempo em que a VMI pode prejudicar o paciente, a retirada prematura do suporte ventilatório artificial (desmame) e do tubo orotraqueal (extubação) também pode levar a instabilidade cardiovascular e/ou fadiga muscular com consequências adversas ao paciente⁹ incluindo aumento da mortalidade^{8,10}.

Assim, o desmame e a extubação não devem ser nem postergados desnecessariamente, nem realizados de maneira prematura¹¹. A melhor forma de condução do desmame e extubação tem sido foco de estudos há quase quatro décadas¹², porém, ainda não foi bem estabelecida^{2,13,14}.

Muitos índices fisiológicos foram descritos na literatura, no entanto, poucos obtiveram poder preditivo satisfatório¹⁵. Apesar da gama de publicações sobre o assunto, são freqüentes as seguintes questões: qual é o melhor índice preditivo do desfecho do desmame e da extubação? Qual o melhor valor de corte para esses índices? Qual o melhor momento de aplicação e qual a exeqüibilidade desses índices?

O objetivo deste estudo foi rever trabalhos sobre o emprego de índices preditivos no desmame e extubação de pacientes adultos de terapia intensiva, bem como sobre a incidência da reintubação, seus fatores de risco, causas e conseqüências atribuídas a esse evento.

Incidência da reintubação

A maioria dos pacientes pode ser desconectada da VMI sem dificuldades, porém, este processo torna-se mais difícil que o esperado em cerca de 20 a 30% dos casos¹⁶. O insucesso da extubação caracterizado pela necessidade de reintubação e reinstituição da ventilação mecânica ocorre em aproximadamente 20% dos casos, podendo sofrer influência do estado clínico do paciente, idade, tempo prolongado sob sedação e duração da VMI anterior a extubação¹⁰.

O quadro 01 apresenta as taxas de reintubação em trabalhos que avaliaram o desfecho do desmame e da extubação de pacientes críticos adultos. A taxa de reintubação nesses artigos variou de 9% a 30% com média de 19,2% e mediana de 18,0%^{8,9,17-25}. Esses estudos avaliaram um total de 1705 pacientes com 255 reintubações resultando em média ponderada de 15,7% de reintubações.

Quadro 1. Índice de reintubação (%) associada à extubação planejada

Estudo	n	Reintubação (%)
Gandia F., 1992	40	30%
Lee K. H., 1994	52	17%
Epstein S. K., 1995	94	19%
Capdevilla X. J., 1995	67	18%
Krieger B. P., 1997	59	22,5%
Esteban A., 1997	484	15%
Jacob B., 1997	183	9%
Esteban A., 1999	526	13,5%
Cohen J. D., 2002	43	28%
Martinez A., 2003	69	14,5%
Seymour S., 2005	88	25%
Média		19,2%
Mediana		18%
Média ponderada		15,7%

Causas e fatores de risco de insucesso da extubação

A interrupção da VMI consiste na transição da ventilação artificial para a respiração espontânea²⁶. Este processo ainda nos dias atuais é considerado um desafio aos profissionais envolvidos no tratamento do paciente grave^{1,24,27}.

A causa do insucesso do desmame e extubação pode ser entendida como desequilíbrio entre a capacidade ventilatória diminuída e a demanda ventilatória aumentada, gerando insuficiência respiratória²⁸. Esta também pode ser atribuída à obstrução das vias aéreas (por edema, inflamação, ulceração ou granulação tecidual), excesso de secreção respiratória, incapacidade de proteção da via aérea, insuficiência ou isquemia cardíaca, encefalopatia, sepse, sangramento gastrointestinal, necessidade de cirurgia e convulsões³. A falência muscular é causa freqüente de reintubação e pode ocorrer por problemas neuromusculares, diminuição da força ou resistência muscular, aumento do trabalho ventilatório ou por alterações do centro respiratório⁶.

Segundo Rothar³ são fatores de risco para a reintubação: idade avançada, maior tempo de ventilação mecânica, anemia, gravidade da doença no momento da extubação, uso contínuo de sedação intravenosa, necessidade de transporte fora da unidade e extubações não planejadas³. Outros fatores identificados são a presença de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)²⁹; índice de massa corporal aumentado (IMC)³⁰; balanço hídrico positivo³¹, bem como o comprometimento da função renal^{32,33}.

A idade foi associada ao risco de reintubação de maneira independente de outros cofatores em estudo prospectivo com 175 pacientes idosos consecutivos³⁴.

Entre pacientes de cirurgia cardíaca, a presença de DPOC, além de outros fatores, foi considerada como preditiva de insucesso da extubação²⁹. Estudo realizado com 198 pacientes

em período pós-operatório de revascularização miocárdica observou que indivíduos obesos (IMC > 30), tiveram menor probabilidade de estarem aptos a extubação precoce (< 6 horas). Além disso, o tempo de VMI foi maior entre esses pacientes, sendo identificados como fatores de risco para a necessidade de ventilação prolongada (> 6 horas): a obesidade, maior tempo de cirurgia e o nível de creatinina pós-operatório³⁰.

O balanço hídrico de 24 horas anterior a extubação, bem como o balanço cumulativo de 87 pacientes de uma UTI clínica, foram avaliados e identificados como preditores do insucesso do desmame da VMI. De maneira que os pacientes extubados com sucesso apresentaram valores significativamente mais negativos para balanço hídrico cumulativo e das últimas 24 horas, comparados aos pacientes do grupo insucesso³¹.

O valor de creatinina superior a 1,3 mg/dl foi associado ao insucesso do desmame em estudo com 167 pacientes sob VMI prolongada de uma UTI geral³². Estudo realizado com pacientes críticos oncológicos corrobora essa observação³³.

A identificação dos fatores de risco da reintubação faz-se importante para a prevenção deste evento e de seus efeitos deletérios que são abordados a seguir.

Impacto da reintubação

A necessidade de reintubação é relacionada ao risco de pneumonia hospitalar, maior tempo de permanência na UTI e tempo sob VMI, além de maiores índices de mortalidade e chances de traqueostomia^{15,35,36}.

Esteban et al. (1997), identificaram mortalidade significativamente maior entre os indivíduos que necessitaram de reintubação, comparados aos que foram desmamados e extubados com sucesso em estudo com 484 pacientes adultos (27,0% entre os reintubados versus 2,6% entre os extubados com sucesso)⁸.

Torres et al. (1995), acompanharam 40 pacientes que necessitaram de reintubação e observaram que 19 desses pacientes desenvolveram pneumonia hospitalar (47%), além de apresentarem maior taxa de mortalidade e tempo superior de permanência na unidade de terapia intensiva comparados com indivíduos extubados com sucesso³⁶.

Ainda, entre os efeitos associados à reintubação, um aumento de 20% no custo hospitalar total foi constatado em estudo com 2296 pacientes de cirurgia aórtica abdominal e relacionado ao insucesso da extubação³⁷.

Em algumas situações específicas a reintubação foi associada apenas ao aumento de pneumonia sem aumento da mortalidade. Em pacientes que foram reintubados após extubação acidental (com exclusão de auto-extubação) o risco de pneumonia hospitalar foi aumentado, entretanto, a taxa de mortalidade não se elevou em relação a um grupo que foi extubado com sucesso³⁵. Esse fato também ocorreu em estudo com pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, onde o insucesso da extubação associou-se a maior tempo de permanência na UTI e de uso de VMI sem influenciar a mortalidade²⁹. A VMI após trauma é uma situação clínica específica, na qual o insucesso da extubação não se associou ao aumento de mortalidade³⁸.

Assim, a maioria dos trabalhos aponta para os efeitos maléficos da reintubação em pacientes críticos, de maneira que, sua frequência e impacto adverso indicam a importância de uma previsão acurada do desfecho da extubação¹⁰. Para que esta seja realizada com segurança os protocolos e índices preditivos se fazem necessários.

Predição do desfecho da extubação

É fato que a decisão de extubação quando baseada no empirismo pode prolongar o tempo da VMI²². Orientar o desmame por evidências científicas pode fornecer melhores resultados. Portanto, preconiza-se o uso de protocolos baseados na avaliação clínica diária e no teste de respiração espontânea e parâmetros fisiológicos³⁹.

A avaliação clínica diária é considerada critério simples e necessário antes da tentativa de desmame, parece ser útil em prever seu resultado e é baseada nos seguintes parâmetros: índice de oxigenação (dado pela relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; $PaO_2/FiO_2 > 200$ mmHg), valor de pressão expiratória positiva final (PEEP) < 5 cm H₂O, ausência de padrão respiratório rápido e superficial identificado pela relação $FR/VC \leq 105$ r/min/l, e desmame de drogas vasopressoras ou sedativos⁴⁰. Porém, outros estudos sugerem que somente essa avaliação e a experiência clínica, não são suficientes para prever o desfecho da extubação^{22,28,41}.

Stroetz & Hubmayr, acompanharam o desmame de 31 pacientes, conduzido apenas com base na experiência da equipe médica sem seguir quaisquer protocolos e observaram que de 22 indivíduos considerados inaptos para a extubação, 11 reassumiram a respiração espontânea com sucesso. Três de nove pacientes considerados prontos para desmame e extubação tiveram insucesso⁴¹.

Tendo em vista que a experiência clínica por si só não parece ser suficiente para a tomada de decisão do desmame e extubação, atualmente tem se enfatizado a aplicação de protocolos com o intuito de melhorar a qualidade na condução deste processo. O emprego desse recurso visa beneficiar e liberar eficientemente os pacientes da ventilação mecânica⁴².

Apesar de ser questionada¹³ a utilização do protocolo de desmame foi associada a menor duração da ventilação mecânica e menor risco de pneumonia associada à ventilação por estudo com 335 pacientes de UTI⁴. Outros autores ainda acrescentaram a esses benefícios uma redução de custos do tratamento intensivo^{43,44} e diminuição da necessidade de traqueostomia⁴³.

Os índices fisiológicos, inseridos na maioria dos protocolos, têm intuito de diferenciar os pacientes capazes dos incapazes de reassumir a respiração espontânea após a extubação, evitando assim tanto a descontinuação prematura como os períodos prolongados desnecessários da VMI⁴⁵. Tais índices são baseados em variáveis hemodinâmicas, sinais vitais, medidas de mecânica pulmonar, valores de gasometria arterial, classe diagnóstica, variáveis bioquímicas, nível de suporte ventilatório de outros suportes vitais. Mais de 50 índices são descritos, porém, nem todos são de fácil aplicabilidade e muitos são questionados quanto ao poder prognóstico. Parâmetros como a frequência respiratória (FR), volume corrente (VC), capacidade vital (CV), volume minuto (VE), pressão inspiratória máxima (PI_{max}) e índice respiratório rápido e superficial (IRRS) são os índices preditivos mais utilizados¹⁵.

Yang & Tobin (1991), em coorte de 100 pacientes, avaliaram dois índices tradicionais. Os índices avaliados foram a PI_{max} e VE e propuseram dois novos índices: o quociente entre frequência respiratória e volume corrente (FR/VC) ou IRRS e o índice que integra valores de complacência dinâmica, frequência respiratória, oxigenação arterial e pressão inspiratória máxima (CROP). A área sob a curva ROC obtida para o FR/VC foi de 0,89. Com um ponto de corte de 105 r/min/l, o índice mostrou bom poder preditivo do sucesso do desmame⁴⁶.

Em revisão sistemática de Mead et al., foram avaliados 65 estudos sobre aplicação de preditores do desmame da VMI e poucos apresentaram resultados para estimativa de poder preditivo ou foram testados em casuísticas com mais de cinquenta pacientes. Baseado nas

áreas sob as curvas ROC obtidas para os índices, foi possível concluir que nenhum deles possuía mais do que modesta acurácia em prever o desfecho do desmame e que de todos os índices estudados, somente três mostraram-se promissores em prever o sucesso da extubação: FR, FR/VC e o escore APACHE de admissão (acute physiologic and chronical health evaluation)¹⁵.

O FR/VC ou IRRS é o índice mais utilizado e amplamente estudado. Contudo, muitos autores questionam seu poder preditivo de desfecho do desmame e extubação. Os principais resultados desses estudos estão sumarizados no quadro 02.

Quadro 2. Sumário dos resultados de estudos que avaliaram o FR/VC na predição do desmame e extubação de pacientes adultos em terapia intensiva.

Autor / Ano	N	Ponto de Corte	Desfecho	Sens.	Esp.	% de reintubação
Yang e Tobin 1991	64	105*	D ou E	97	64	44%
Gandia e Blanco 1992	40	96*	D ou E	86	80	30
Lee et al. 1994	52	105	E	72	11	17
Epstein et al. 1995	94	100	E	92	22	19
Capdevilla et al. 1995	67	60**	E	73	75	18
Krieger et al. 1997	59	130*	D	93	89	22,5
Esteban et al. 1997	484	105	E	NA	NA	15
Jacob et al. 1997	183	100	D ou E	97	33	9
Vallverdú et al. 1998	217	100	D	90	36	10
Cohen et al. 2002	43	105	E	NA	NA	28
Martinez 2003	69	105	E	NA	NA	14,5
Frutos-Vivar et al. 2006	900	57*	E	NA	NA	13,4

* Estudos que utilizaram algum método para obter melhor ponto de corte para o FR/VC; ** Estudo que utilizou curva ROC para obter melhor ponto de corte para o FR/VC; Sens: sensibilidade; Esp: especificidade; D: desmame; E: extubação; NA: não avaliado.

Jacob et al. (1997), avaliaram três índices preditivos (VE, P_Imax e FR/VC), durante o desmame de 183 pacientes pós-cirúrgicos. Obtiveram valores elevados de sensibilidade e baixos valores de especificidade para todos os índices avaliados. Com um ponto de corte de 100 r/min/l o índice FR/VC apresentou sensibilidade de 97%, com especificidade de 33%, ou seja, com essa especificidade, 67% dos pacientes que apresentaram risco de insucesso da extubação não foram detectados. Este estudo não verificou a adequação do ponto de corte para o índice FR/VC²¹.

Em outra casuística com 52 pacientes, a performance diagnóstica do FR/VC foi analisada e o índice mostrou baixo poder preditivo para o sucesso do desmame (sensibilidade de 72% e especificidade de 11% com valor de corte de ≤ 105 r/min/l)¹⁸. Nesse trabalho, também não foi calculado um novo ponto de corte para o FR/VC e o método de obtenção do índice não correspondeu ao estabelecido como correto pela literatura. Esses resultados coincidem com estudo realizado em nossa instituição (dados próprios não publicados: página 73 desta dissertação).

Epstein (1995) avaliou 94 pacientes e conseguiu prever o insucesso da extubação em apenas quatro dos 18 pacientes reintubados. Apesar de aferir o índice FR/VC de maneira correta, também não determinou adequadamente o ponto de corte para a casuística estudada, utilizando empiricamente um valor ≤ 100 r/min/l para prever o sucesso, obteve sensibilidade de 92% com apenas 22% de especificidade⁹. Resultados que também se assemelham muito com os obtidos em nosso estudo (dados próprios não publicados: página 73 desta dissertação).

O índice FR/VC não foi discriminativo entre os grupos insucesso e sucesso em estudo com 484 pacientes extubados após duas horas de teste sob respiração espontânea. Setenta e quatro pacientes foram reintubados. O estudo não forneceu valores de teste diagnóstico,

portanto não permitiu inferir sobre o poder preditivo das variáveis estudadas (P_Imax, PaO₂/FiO₂, FR, VC e FR/VC), além disso, também não adequou o valor de corte dos índices; contudo apontou para maior mortalidade entre os pacientes que necessitaram de reintubação ($p < 0,001$)⁸; tal fato reforça a necessidade de identificação de pacientes com risco de insucesso da extubação.

Vallverdú et al. (1998), avaliaram as variáveis: FR/VC; P_Imax; P 0.1 (pressão de oclusão nas vias aéreas); P_Emax (pressão expiratória máxima); CV; e dias de VMI anteriores ao desmame; com intuito de verificar qual a relação desses parâmetros com o desfecho. Os índices foram aferidos pouco antes dos pacientes iniciarem o teste de respiração espontânea de duas horas. A análise dos resultados foi realizada para a casuística geral (n=217) e subgrupos definidos conforme a doença de base (DPOC, neurológica ou insuficiência respiratória aguda). Os dados apresentados incluíram os valores de teste diagnóstico apenas para os índices P 0.1 e FR/VC, que tiveram valores razoáveis de acúrcia somente entre os pacientes do grupo DPOC (76% e 79%, respectivamente). Apresentaram sensibilidades e especificidades de 77% e 80% para P 0.1 e de 92% e 65% para o FR/VC. Os autores concluíram que quase 75% dos pacientes puderam ser acuradamente selecionados para os desfechos sucesso ou insucesso do desmame⁴⁵. Contudo, os pontos de corte dos índices não foram adequados para a casuística estudada.

Ao comparar o valor preditivo do índice FR/VC com e sem auxílio da compensação automática do tubo (auxílio realizado com oferta adicional de pressão), um grupo de autores observou que o FR/VC com compensação do tubo, obtido ao final de uma hora de teste sob respiração espontânea, apresentou ASC de 0,81, e que associando-se o FR/VC ao valor da pressão máxima de via aérea (pressão de pico) a ASC aumentou ligeiramente para 0,84.

Outros parâmetros foram avaliados (P 0.1 e VE), mas, não apresentaram valores preditivos significantes. Os pontos de corte dos índices foram baseados nos valores clássicos da literatura²³.

Martinez et al., avaliaram os índices VE, FR, VC e o FR/VC em três momentos diferentes (antes do teste de respiração espontânea, logo após o teste e 25 minutos após o retorno a VMI). O tempo de recuperação do volume minuto (TRVE) foi proposto como novo parâmetro de predição do desfecho da extubação e apresentou ASC de 0,85. A análise de regressão logística indicou o FR/VC do primeiro momento, VE do segundo momento e o TRVE como fatores independentemente associados com o desfecho da extubação ($p < 0,01$). Os resultados do desempenho diagnóstico dos índices não foram disponibilizados e o ponto de corte para o FR/VC não foi calculado para a casuística específica. Apenas dois de dez pacientes reintubados, apresentaram $\text{FR/VC} > 105 \text{ r/min/l}^{24}$.

Poucos estudos determinaram o melhor ponto de corte para os índices preditivos avaliados em suas casuísticas.

Baseado em revisão sistemática de Mead et al. já citada anteriormente, o FR/VC foi considerado preditor mais promissor do desfecho do desmame. Entretanto o melhor valor de corte estabelecido nessa revisão foi o de 65 r/l/min^{15} .

Krieger et al. (1997), avaliaram o FR/VC em quatro momentos entre 59 pacientes idosos e obtiveram ótimos resultados prognósticos para o índice (sensibilidade 93% e especificidade de 89%). Indicaram valores maiores de 130 r/min/l como preditivos de insucesso da extubação. No entanto, esse novo valor de corte foi determinado de forma empírica, os pacientes selecionados para a extubação permaneceram sob respiração

espontânea por três horas e a técnica de obtenção do índice foi realizada sob suporte mecânico com pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP)²⁰.

El Khatib (2002), constatou que o FR/VC quando obtido sob suporte ventilatório (modo CPAP), pode ter seu resultado superestimado⁴⁷.

Outro estudo que verificou melhor ponto de corte para o FR/VC e obteve bons resultados de sensibilidade (86%) e de especificidade (80%) para o sucesso, indicou valor > 96 r/min/l como preditivo do insucesso da extubação. Também foram avaliados: $P_{0.1}$; $P_{0.1}/P_{I\max}$ e o quociente de esforço inspiratório (QEI). As melhores performances obtidas foram dos índices $P_{0.1}/P_{I\max}$, QEI e FR/VC, considerados acurados e melhores preditores do desfecho do desmame (variação da acurácia de 82,5% a 87,5%). Apesar dos resultados satisfatórios, os autores não explicaram de que forma determinaram o novo valor de corte, e os melhores valores de sensibilidade ou de especificidade corresponderam aos momentos uma ou duas horas após o teste de respiração espontânea, quando os pacientes foram selecionados para a extubação e obtenção dos índices. Ainda, a presença de DPOC foi fator de exclusão nesse estudo¹⁷.

Em estudo multicêntrico com 900 pacientes, foram avaliados parâmetros pré-extubação, de maneira isolada e conjunta, quanto aos seus papéis como fatores de risco de insucesso da extubação. O FR/VC > 57 r/min/l, balanço hídrico positivo e pneumonia como causa de VMI, foram discriminantes entre os grupos sucesso e insucesso da extubação associando-se com necessidade de reintubação. Todos os valores foram obtidos sob respiração espontânea, duas horas antes dos pacientes serem avaliados e extubados. O valor de corte proposto para o FR/VC não foi obtido com base em curva ROC⁴⁸.

Especula-se que o período pré-teste em que os pacientes permanecem sob respiração espontânea represente uma seleção dos pacientes que apresentarão bons valores para os índices, uma vez que já suportaram a interrupção do suporte artificial por duas ou até três horas como citado nos estudos acima.

Somente um estudo (n=67), determinou com base nos melhores valores de sensibilidade e especificidade à curva ROC, o melhor valor de corte para os índices avaliados (P 0.1; PImax, P 0.1/PImax e FR/VC). O valor de 60 r/min/l foi encontrado para o FR/VC, com ASC de 0,72, sensibilidade de 73% e especificidade de 75%. Nesse estudo, os pacientes foram mantidos sob teste de respiração espontânea por apenas 20 minutos e a técnica de obtenção dos índices foi adequada¹⁹. Os valores considerados razoáveis para predizer o desfecho da extubação assemelham-se aos obtidos em estudo realizado por nós (dados próprios não publicados: página 73 desta dissertação).

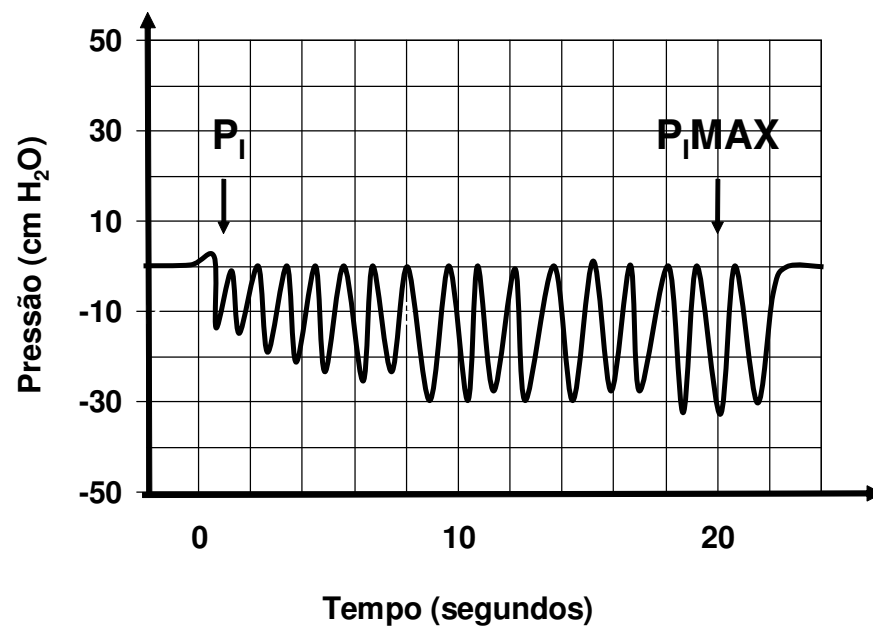
Outro parâmetro de fácil aplicabilidade, utilizado na predição do desmame e extubação é a pressão negativa realizada durante a inspiração: PImax. A pressão inspiratória máxima reflete a força muscular respiratória e foi aferida primeiramente em indivíduos saudáveis sob respiração espontânea, por Black & Hyatt em 1969. O índice é baseado na máxima pressão negativa deslocada durante uma inspiração sob oclusão ventilatória, aferida com auxílio de um manômetro⁴⁹.

Para pacientes adultos sob ventilação mecânica, valores de – 30 cm H₂O ou mais negativos, foram indicados como preditivos de sucesso do desmame, ao passo que valores de – 20 cm H₂O ou menos negativos, foram indicativos de insucesso em reassumir a respiração espontânea¹².

A técnica realizada para aferir a P_Imax em pacientes intubados foi padronizada por Marini et al.,⁵⁰ e é recomendada pelos critérios de avaliação da ATS/ERS, (2002)⁵¹. Essa técnica utiliza-se do método de válvula unidirecional, no qual a exalação do ar é permitida durante a oclusão da ventilação. Muitos estudos utilizam o método de oclusão convencional ou total, onde a exalação do ar é bloqueada. Alguns autores apontam para resultados mais acurados quando obtidos pela oclusão com válvula unidirecional ou questionam o tempo de duração da oclusão^{52,53}. No entanto, seus estudos representam casuísticas limitadas e o melhor método ainda não é bem estabelecido. Ainda assim, por sua fácil aplicabilidade e baixo custo, a P_Imax encontra-se inserida na maioria dos protocolos e foi considerada em revisão sistemática como parâmetro útil na predição do desfecho do desmame, com valor de corte de -20 cm H₂O ou maiores, predizendo o insucesso¹⁵.

Baseado na P_Imax, Yang (1993), propôs o índice preditivo PI/P_Imax, onde o primeiro esforço respiratório negativo realizado pelo paciente durante uma inspiração sob oclusão ventilatória representa a pressão inspiratória (PI) e o máximo esforço atingido sob essa mesma oclusão representa a P_Imax (figura 1). Em seu estudo com 31 pacientes, o valor de 0,3 para essa relação foi o que melhor discriminou os pacientes extubados com sucesso, sendo que valores > 0,3 foram considerados preditivos da necessidade de reintubação. Quando o PI/P_Imax foi avaliado em conjunto com FR/VC o poder prognóstico do teste aumentou significativamente⁵⁴.

Figura 1. Representação gráfica esquemática das pressões negativas inspiratórias geradas durante 20 segundos de oclusão da ventilação em seres humanos, com indicação da pressão inspiratória (PI) e da pressão inspiratória máxima (P_Imax).



O PI/PI_{max}, apesar de apresentar resultados promissores, foi re-aplicado em casuística diferente do estudo pioneiro em apenas dois trabalhos, sendo um com 50 pacientes pediátricos⁵⁵ e outro estudo com 100 recém nascidos de nossa instituição⁵⁶, no entanto, esses trabalhos não obtiveram resultados satisfatórios para o índice de maneira isolada. A ação conjunta do PI/PI_{max} com FR/VC também não foi testada em nenhuma outra casuística. Ademais, os pontos de corte estabelecidos tanto para o FR/VC como para PI/PI_{max}, raramente foram avaliados com auxílio de curva ROC^{19,56}.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços em terapia intensiva a incidência da reintubação continua elevada, o que causa acréscimo significativo nos custos, na morbidade e na mortalidade em UTI. Vários fatores de risco para reintubação foram identificados como relevantes e devem ser levados em conta no momento da extubação, evidenciando a importância do conhecimento acerca de suas causas, consequências e principalmente sobre as formas de predição desse evento.

Considerando-se os estudos sobre índices preditivos do desfecho do desmame e extubação, foi possível verificar que esses apresentavam casuísticas limitadas e diferenças entre as técnicas, momentos de avaliação dos índices e análise estatística utilizada. Não há um índice preditivo do desfecho do desmame e da extubação que seja ideal considerando sua confiabilidade e exequibilidade. O FR/VC é o parâmetro que mais se aproxima de um índice adequado. O PI/PI_{max} parece preencher critérios de exequibilidade e de confiabilidade, entretanto poucos estudos o validaram em casuística independente. O melhor valor de corte para esses índices poucas vezes foi avaliado. Dessa maneira, segue-se a esta revisão, trabalho original para verificar o melhor ponto de corte para o PI/PI_{max} e para o FR/VC com o traçado das respectivas curvas ROC e para avaliar o desempenho diagnóstico destes índices isolados e combinados.

REFERÊNCIAS

1. Esteban A, Aliá I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. *Chest*. 1994; 106: 1188.
2. Tanios MA, Nevins ML, Hendra KP, Cardinal P, Allan JE, Naumova EN, et al. A randomized, controlled trial of the role of weaning predictors in clinical decision making. *Crit Care Med*. 2006; 34: 2530-35.
3. Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes and prevention. *Curr Opin. Crit. Care*. 2003; 9: 59-66.
4. Marelich GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, Vierra T, Roby M. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses. *Chest* 2000; 118: 459-67.
5. Dries DJ, Mc Gonigal MD, Malian MS; Bor BJ; Sullivan C. Protocol-driven ventilator weaning reduces use of mechanical ventilation, rate of early reintubation, and ventilator-associated pneumonia. *J. Trauma*. 2004; 56: 943-52.
6. Dries D. Weaning from mechanical ventilation. *J. Trauma*. 1997; 43: 372-84.
7. Gil B, Frutos Vivar F, Esteban A. Delleterious effects of reintubation of mechanically ventilated patients. *Clin. Pulm. Med*. 2003; 10: 226.
8. Esteban A, Aliá I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Resp Crit Care Med* 1997; 156:459-65.
9. Epstein SK Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing index. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995; 152: 226-30.

- 10.** Epstein SK. Prediction extubation failure – Is it on cards? *Chest*. 2001; 120:1061-63.
- 11.** Mac Intyre NRC; Ely, E.W.; Epstein, S.K.; 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 (Suppl) : 375S- 95S.
- 12.** Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside Criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest*. 1973; 63: 1002-5.
- 13.** Walsh TS, Dodds S, Mc Ardle F. Evaluation of simple criteria to predict successful weaning from mechanical ventilation in intensive care unite. *Br. J. Anaesth*. 2004; 92:793-4.
- 14.** Mead M, Guyatt G, Griffith L, Booker L, Randall J, Cook DJ. Introduction to a series of systematic reviews of weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120 (Suppl) 396S-399S.
- 15.** Mead M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting successes in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120: 400-424.
- 16.** Azeredo Cac. Técnicas para o desmame no ventilador mecânico. Ed. Manole, 2002; Capítulo 10: 219-235.
- 17.** Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med*. 1992; 18: 327-33.
- 18.** Lee K H, Hui K P, Chan T B, Tan WC, Lim TK. Rapid shallow breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest*. 1994; 105: 540-3.

19. Capdevilla XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JPA, 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; 108:482-9.
20. Krieger BP, Isber J, Breitenbucher A, Throop G, Ershowsky P. Serial measurements of the rapid- shallow-breathing index as a predictor of weaning outcome in elderly medical patients *Chest*. 1997; 112: 1029-34.
21. Jacob B, Chatila W, Manthous CA The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients *Crit Care Med*. 1997; 25:253-7.
22. Esteban A, Aliá I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Vallverdú I, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 159: 512-8.
23. Cohen JD, Shapiro M, Grozovski E, Singer P. Automatic tube compensation-assisted respiratory rate to tidal volume ratio improves the prediction of weaning outcome *Chest*. 2002; 122: 980-4.
24. Martinez A, Seynour C, Nam M. Minute ventilation recovery time: a predictor of extubation outcome. *Chest*. 2003; 123: 1214-21.
25. Seymour CW, Christie JD, Fuchs BD. Minute ventilation recovery time measured using a new, more practical methodology predicts extubation outcome (Abstract Suppl): *Crit Care Med*. 2005; 33: A113.
26. Esteban A, Aliá I, Gordo F Weaning: what the recent studies have shown us *Clin Pulm Med*. 1996; 3: 91-100.

27. Kupfer Y, Tessler S. Weaning the difficult patient “The evolution from art to science”. *Chest*. 2001; 119: 7-9.
28. Epstein S K. Decision to extubate. *Intensive Care Med*. 2002; 28: 535-46.
29. Rady MY, Ryan T. Perioperative predictors of extubation failure and the effect on clinical outcome after cardiac surgery. *Crit Care Med*. 1999; 27: 340-47.
30. Parlow J L, Ahn R, Milne B. Obesity is a risk factor for failure of “fast track” extubation following coronary artery bypass surgery. *Can J Anesth*. 2006; 53: 288-294.
31. Upadya A, Tilluckdharry L, Muralidharan V, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Fluid balance and weaning outcomes. *Intensive Care Med*. 2004; 31: 1643-47.
32. Datta D, Scalise P. Renal Function and weaning from prolonged mechanical ventilation. *Chest*. 2004; 126: 897S-8S.
33. Vieira JM, Castro I, Curvello-Neto A, Demarzo S, Caruso P, Pastore Jr L, et al. Effect of acute kidney injury on weaning from mechanical ventilation in critically ill patients *Crit Care Med*. 2007; 35: 184-91.
34. El Sohl A A, Bhat A, Gunen H, Berbary E. Extubation failure in elderly. *Respir. Med*. 2004; 98: 661-8.
35. de Lassence A, Alberti C, Azoulay E, Le Miere E, Cheval C, Vincent F, et al. Impact of unplanned extubation and reintubation after weaning on nosocomial pneumonia risk in the intensive care unit. *Anesthesiology*. 2002; 97: 148-56.
36. Torres A, Gatell JM, Aznar E, El Ebiary, de la Bellacasa JP, Gonzalles J, et al. Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Respir Crit Care Med*. 1995; 152: 137-41.

37. Pronovost P, Garret E, Dorman T, et al. Variations in complication rates and opportunities for improvement quality of care for patients having abdominal aortic surgery. *Lagenbecks Arch Surg.* 2001; 386: 249-56.
38. Daley B F, Garcia-Perez F, Ross S E. Reintubation as na outcome predictor in trauma patients. *Chest.* 1996; 110: 1577-80.
39. Ramachandram V, Grap MJ, Sessler CN. Protocol-directed weaning: a process of continuous performance improvement. *Crit Care* 2005; 9:138-140.
40. Tabuena R, Atienza TC, Dalisay CS. Daily screen as a parameter in weaning patients from mechanical ventilation. *Chest.* 2001; 120 (Suppl): 192-3.
41. Stroetz RW, Hubmayr R. Tidal volume maintenance during weaning with pressure support *Am J Respir Crit Care Med.* 1995; 152: 1034-40.
42. Ely EW, Mead MO, Haponik EF, Kollef MM, et al. Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals. *Chest.* 2001; 120 (Suppl): 454S-63S.
43. Smyrnios NA, Connolly A, Wilson MM, Curley FJ, French CT, Heard SO, et al. Effects of a multifaceted, multidisciplinary, hospital-wide quality improvement program on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 2002; 30: 1224-30.
44. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Méd.* 1996; 335: 1864-69.
45. Vallverdú I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of two-hour t-piece trial

- in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158:1855-62.
- 46.** Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Méd*. 1991; 324: 1445-50.
- 47.** El-Khatib MF, Jamaledine GW, Khoury AR, Obeid MY. Effect of continuous positive airway pressure on the rapid shallow breathing index in patients following cardiac surgery *Chest*. 2002; 121 (1): 475-9.
- 48.** Frutos Vivar F, Fergusson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguia C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006; 130: 1664-71.
- 49.** Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969; 99: 697-702.
- 50.** Marini JJ. Breathing patterns as integrative weaning predictors: variations on a theme. *Crit Care Med* 2006; 34: 2241-43.
- 51.** ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing, *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 518-624.
- 52.** Caruso P, Friedrich C, Denari SDC, Ruiz SAL, Deheinzelin D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest*. 1999; 115: 1096-1101.
- 53.** Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Mnezes SLS. Avaliação da pressão inspiratória máxima em pacientes críticos não-colaborativos: comparação entre dois métodos. *Rev Bras Fisiot* 2007; 11; 233-8.

- 54.** Yang KL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure ratio: a predictive index of weaning outcome Intensive Care Med. 1993; 19: 204-8.
- 55.** El-Khatib MF, Baumeister B, Smith PG, Chatburn RL, Blumer JL. Inspiratory Pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critical ill infants and children? Intensive Care Med. 1996; 22: 264-8.
- 56.** Antunes, LCO. Pressões inspiratórias como preditores de sucesso na extubação em prematuros de muito baixo peso [Tese]. Botucatu: Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista; 2007.

Papel dos Índices de Pressões Inspiratórias e de
Respiração Rápida e Superficial na Predição da Reintubação
em Terapia Intensiva: Estudo Prospectivo.

RESUMO

O índice de respiração rápida e superficial tem sido o mais utilizado na predição do desfecho da extubação, entretanto, poucos estudos o avaliaram utilizando a curva ROC. O índice pressão inspiratória / pressão inspiratória máxima, parâmetro preditivo promissor, apresentou melhores resultados quando combinado com o índice de respiração rápida e superficial e não foi reavaliado em casuística independente de seu estudo original com pacientes adultos. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho diagnóstico da combinação desses índices na predição do risco de reintubação em terapia intensiva e verificar a adequação dos seus valores de corte. Foi realizado estudo prospectivo na UTI do HC-FMB com 46 pacientes intubados e sob ventilação mecânica invasiva, prontos para a extubação. Os índices foram obtidos até duas horas antes da extubação. De 46 pacientes, 11 necessitaram de reintubação em até 48 horas após a extubação. Utilizando-se curva ROC, o valor clássico estabelecido para o índice de respiração rápida e superficial (105 r/min/l) mostrou-se inadequado e o melhor valor identificado foi 78 r/min/l. Obteve-se aumento de sensibilidade de 18% (valor da literatura) para 64% (novo ponto de corte). A ocorrência obtida de reintubação com os dois índices abaixo do ponto de corte (n=26) foi de 7,7%. Com os dois índices indicando insucesso (n=6) a ocorrência de reintubação foi de 83,0%. Quando apenas um dos índices indicava insucesso (n=14) a ocorrência de reintubação foi de 28,5%. Assim, em 32 pacientes (70%), foi possível determinar o alto ou baixo risco de reintubação com segurança satisfatória. O presente estudo obteve pontos de corte para os índices estudados diferentes do proposto pela literatura. A combinação destes dois índices forneceu melhor poder preditivo do que utilização isolada de cada um, identificando um grupo de pacientes de alto risco de reintubação e outro de baixo risco.

ABSTRACT

Rapid shallow breathing index has been the most applied index to predict extubation outcome however fewness studies have assessed it by means of ROC curve. Inspiratory pressure / maximal inspiratory pressure ratio seems to be a good predictor and provided better results when associated with rapid shallow breathing index but this association was not evaluated in another casuistic different from former study with adult patients. The aim of this study was to assess the diagnostic performance of these indexes in predict need of reintubation in critical care patients and verify the best threshold for them. A prospective study was developed in an intensive care unit of Botucatu Medical School. Forty-six adults patients, with endotracheal tube under invasive mechanical ventilation were evaluated when regarded clinically able to be extubated. The indexes were obtained approximately two hours before the tube withdraw. Of forty-six patients extubated, eleven were reintubated in 48 hours. The ROC curve provided a different threshold for rapid shallow breathing index of 78 r/min/l in our casuistic. Sensibility increased from 18% (classical threshold: 105 r/min/l) to 64% (new threshold). The reintubation occurred in 7,7% of patients (n=26), when both indexes were under the threshold value. When both indexes indicated extubation failure (n=6), reintubation occurred in 83% of patients. Reintubation occurred in 14 patients (28,5%), with only one index predicting extubation failure. Thus, it was possible to detect the risk of reintubation in 32 patients (70%) with satisfactory security. This study found different thresholds from the literature for the evaluated indexes. The combined utilization of these indexes presented more predictive power than isolated use and distinguish patients whit high and low risk of reintubation.

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica invasiva (VMI) é recurso freqüente em unidades de terapia intensiva (UTI), no entanto, está associada a várias complicações potencialmente graves, principalmente se utilizada por período prolongado¹⁻³. A retirada prematura do suporte ventilatório artificial (desmame), bem como da prótese orotraqueal (extubação), também podem levar a instabilidade cardiovascular e fadiga muscular com reflexos negativos no prognóstico do paciente⁴. A reintubação aumenta o risco de pneumonia hospitalar e de morte, além de aumentar o tempo de permanência na UTI, o tempo sob VMI e a necessidade de traqueostomia⁵⁻⁷. O insucesso da extubação, caracterizado pela necessidade de reinstituir a ventilação mecânica, ocorre em cerca de 20% dos casos, e sofre influência do estado clínico do paciente, idade, tempo de sedação e duração da VMI anterior a extubação⁸.

A freqüência elevada da necessidade de reintubação e seu impacto adverso indicam a importância da previsão acurada do desfecho da extubação antes de realizá-la⁸. Estudos comprovaram que a decisão de extubação quando baseada no empirismo não é adequada⁹⁻¹¹. Orientar o desmame por evidências científicas pode fornecer melhores resultados. Neste sentido preconiza-se o uso de protocolos, baseados na avaliação clínica diária, no teste de respiração espontânea e em parâmetros ou índices fisiológicos^{3,10,12-15}.

Na literatura são descritos mais de 50 índices fisiológicos utilizados na predição do desfecho do desmame e da extubação, porém nem todos são de fácil aplicabilidade e muitos não oferecem poder diagnóstico satisfatório^{16,17}.

Apesar de questionado por alguns autores¹⁸⁻²³, o índice de respiração rápida e superficial (IRRS) tem sido o mais utilizado desde sua criação, devido a sua simplicidade e

confiabilidade^{24,25}. É calculado pela divisão da frequência respiratória pelo volume corrente (FR/VC) e valores maiores que 105 para essa relação, são considerados preditivos de insucesso da extubação²⁶. A baixa acurácia diagnóstica obtida em alguns estudos para este índice pode ser atribuída à metodologia diferente da aplicada no estudo original e a possível inadequação do ponto de corte desse índice. Poucos trabalhos verificaram a adequação do valor de corte para o FR/VC^{27,28,29} e somente um estudo determinou o melhor valor com uso da curva ROC³⁰.

Outro parâmetro muito utilizado, a Pressão Inspiratória Máxima (PI_{max}), reflete a capacidade de força muscular respiratória e quanto mais negativo seus valores maior a força³¹. Yang³² propôs um índice baseado na relação entre a primeira pressão inspiratória (PI) e a pressão inspiratória máxima (PI_{max}) e estabeleceu como preditivo de insucesso da extubação valores superiores a 0,3 para esta relação. Em seu estudo com 31 pacientes adultos, os resultados obtidos foram mais significativos quando a relação PI/PI_{max} foi testada em combinação com o índice FR/VC³².

Apesar do desempenho prognóstico promissor, o índice PI/PI_{max} e sua combinação com o FR/VC, foram avaliados em apenas outros dois estudos com casuística independente da do estudo original, sendo um realizado com pacientes pediátricos³³ e um realizado com pacientes da UTI neonatal de nossa instituição³⁴. O que se faz necessário para validar quaisquer instrumentos diagnósticos³⁵. Ademais, os pontos de corte estabelecidos pelos estudos iniciais, tanto para o FR/VC como para o PI/PI_{max}, raramente foram reavaliados com uso da curva ROC^{30,34}.

OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram avaliar, em casuística de pacientes adultos de nossa instituição, o desempenho da combinação dos índices FR/VC e PI/PI_{max} na predição do risco de reintubação em terapia intensiva, além de verificar a adequação dos pontos de corte destes índices.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Realizou-se estudo prospectivo para avaliar o desempenho diagnóstico dos índices FR/VC e PI/PI_{max} para o insucesso da retirada do suporte ventilatório. A coleta dos dados ocorreu na Unidade de Terapia Intensiva de Adultos do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. Foram incluídos 46 pacientes consecutivos, com mais de dezoito anos, independente da causa de admissão na unidade e que foram submetidos à intubação orotraqueal e ventilação mecânica invasiva (VMI). Não foram incluídos os pacientes traqueostomizados. A avaliação dos índices foi realizada somente quando os pacientes estavam prontos para extubação. Os critérios para considerar o paciente pronto para extubação foram os seguintes:

- Solução do evento desencadeante do uso de VMI.
- Redução dos parâmetros ventilatórios artificiais para: PEEP $\leq$ 5 cm H₂O, FiO₂ $\leq$ 0,4 obtendo-se SpO₂ $>$ 90, FR $\leq$ 10 r/min e VPS $\leq$ 10 para obter VC $\geq$ 5 ml/Kg e VE $\leq$ 10 litros.
- Estabilidade hemodinâmica: FC $\leq$ 120 bpm, PAS 90-180 mm Hg .
- Integridade de estímulo respiratório (*drive*).
- Balanço hídrico negativo e níveis normais de eletrólitos (Ca, Mg, K, Na, P).
- Ausência de sedação e droga vasoativa.
- Ausência de febre.

- Gasometria sangüínea arterial adequada: pH 7,30 – 7,40 e PaCO₂ 35 - 45 mm Hg.
- Índice de oxigenação (PaO₂/FiO₂) ≥ 200 mm Hg.
- Ausculta pulmonar e imagem radiológica não sugestivas de doença pulmonar aguda.
- Hb ≥ 8 mg/dl.
- Reflexo de tosse presente.
- Tolerância ao teste de respiração espontânea de 30 a 120 minutos (VPS em modo espontâneo ou teste em tubo T).
- P_Imax ≤ -20 cm H₂O.
- Ausência de necessidade próxima de intervenção cirúrgica.

A obtenção do índice FR/VC foi realizada com auxílio de ventilômetro digital (marca OHMEDA, modelo 5410), de acordo com técnica descrita previamente²⁶ e seguiu os padrões da ATS-ERS (2002)³⁶. O paciente foi desconectado do respirador e seu tubo orotraqueal acoplado ao ventilômetro por um minuto. Neste período em que respirou espontaneamente foram registrados a frequência respiratória e os volumes expiratórios. Ao término deste período o paciente foi re-conectado ao respirador. A soma de todos os volumes exalados, ou volume minuto, dividida pela frequência respiratória representou o volume corrente médio espontâneo. A frequência respiratória dividida por este volume corrente obtido (FR/VC), forneceu o valor do índice.

As pressões inspiratórias (PI e P_Imax) foram obtidas com auxílio de manovacuômetro analógico (marca SUPORTE com escala operacional de -150 a 150 cm H₂O) após uma

expiração completa do paciente, ou seja, a partir da capacidade residual funcional. Nesse momento, a ventilação espontânea foi ocluída por 20 segundos. Durante a oclusão total da ventilação, vários esforços negativos são gerados pelo paciente (pressões inspiratórias): a primeira pressão gerada representa a PI e a máxima pressão gerada pelo paciente corresponde a PImax³². Esta medida foi realizada por três vezes. Para constituir o índice PI/PImax foram consideradas a primeira medida de PI e a maior medida da PImax.

Os pacientes foram avaliados aproximadamente duas horas antes da extubação, após higiene brônquica; em decúbito dorsal com elevação de 30° e sob monitorização dos sinais vitais. A extubação foi decidida pela equipe da unidade que não conhecia os valores obtidos para os índices. O insucesso da extubação foi caracterizado pela necessidade de reintubação em até 48 horas após a extubação, independentemente da sua causa.

As variáveis: gênero, idade, tempo de VMI, tempo de permanência na UTI, e escore APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation) no momento da admissão na UTI foram registradas.

Análise Estatística

As variáveis com distribuição normal foram expressas em média $\pm$ desvio padrão e as variáveis de distribuição não normal foram expressas em mediana (primeiro e terceiro quartis). O gênero foi descrito em números absolutos.

A fim de determinar o melhor ponto de corte para cada um dos índices, foram traçadas as respectivas curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) e calculadas as áreas sob a curva, bem como o intervalo de confiança para 95%. As áreas sob a curva cujo intervalo de confiança não abrangeu valor de 0,5 foram consideradas estatisticamente significantes. A

curva ROC fornece uma relação de sensibilidade e especificidade para cada ponto de corte de um índice. Foi estabelecido como melhor ponto de corte aquele que apresentava a maior soma de sensibilidade à especificidade³⁸.

Foram calculados sensibilidade (S), especificidade (E), valor preditivo positivo (VPP) e o negativo (VPN), a razão de verossimilhança positiva (RV+) e a negativa (RV-), acurácia (A) e a probabilidade pós-teste (PPT) para os parâmetros de maneira isolada, considerando-se preditivo de reintubação quando pelo menos um dos parâmetros estava alterado ou quando os dois parâmetros estavam alterados concomitantemente. Esses parâmetros foram calculados para os melhores pontos de corte obtidos pelas curvas ROC, bem como para os valores classicamente estabelecidos pela literatura que para o FR/VC é de 105 r/min/l²⁶ e de 0,3 para o índice PI/PI_{max}³².

Equações utilizadas na avaliação do desempenho prognóstico dos índices³⁵:

$$S = VP / (VP + FN)$$

$$E = VN / (VN + FP)$$

$$RV+ = S / (1 - E)$$

$$RV- = (1 - S) / E$$

$$VPP = VP / (VP + FP)$$

$$VPN = VN / (VN + FN)$$

$$A = VP + VN / (VP + VN + FP + FN)$$

$$\text{Chance pré-teste} = \text{prevalência} / (1 - \text{prevalência})$$

$$\text{Chance pós-teste} = \text{chance pré-teste} \times RV$$

$$PPT = \text{chance pós-teste} / (\text{chance pós-teste} + 1)$$

(VP: verdadeiro positivo; VN: verdadeiro negativo; FP: falso positivo; FN: falso negativo).

Os pacientes foram divididos de acordo com alteração dos índices: nenhum índice alterado, apenas um índice alterado, e os dois índices alterados. Esses três conjuntos de pacientes foram comparados por ANOVA ou ANOVA para dados não paramétricos quando adequado, para as variáveis: idade, dias de ventilação mecânica, escore APACHE II e risco de óbito. O gênero e o diagnóstico foram comparados por χ^2 .

RESULTADOS

Dos quarenta e seis pacientes avaliados, vinte e oito eram homens e dezoito mulheres. A idade foi de $51 \pm 17,2$ anos, o tempo sob ventilação mecânica foi de 4 dias (1-8), tempo de permanência na UTI foi de 8 dias (3-12), e escore APACHE II de $13 \pm 8,2$. O valor médio encontrado para o índice FR/VC foi de $63 \pm 33,0$; e para o índice PI/PI_{max} a mediana foi de 0,20 (0,17-0,29).

Trinta e sete pacientes foram admitidos à UTI por motivos cirúrgicos (80,4%), enquanto nove (19,6%) apresentaram diagnósticos clínicos: sepse em três casos, politrauma sem intervenção cirúrgica em um caso, asma em um caso, além de quatro casos de insuficiência respiratória aguda por causas diversas (acidente ofídico, queimadura de 3º grau, parada cardio-respiratória e insuficiência renal aguda: tabela 1).

Nenhum paciente apresentou sinal de instabilidade ou qualquer tipo de intercorrência durante os testes. Quatro pacientes foram a óbito durante o período de internação na UTI, sendo que três desses evoluíram com insucesso da extubação. A frequência de reintubação neste estudo foi de 23,9% (11 de 46 pacientes), sendo que todos os casos de reintubação ocorreram antes do período de 48 horas após a extubação. As causas de insucesso da extubação foram insuficiência cardíaca congestiva em três casos, sepse em dois casos, obstrução de via aérea em dois casos, trombo embolismo pulmonar (TEP) em um caso, fadiga em um caso e aspiração do conteúdo gástrico em um caso. A causa não pôde ser determinada em um caso.

Entre onze pacientes que necessitaram de reintubação, apenas dois tiveram valores maiores que 105 para o índice FR/VC, e nove apresentaram valores menores ou iguais a 105 (preditivo de sucesso conforme a literatura²⁶). Entre os 35 pacientes extubados com sucesso,

34 apresentaram índices menores ou iguais a 105, e apenas um teve valor maior que 105 para o FR/VC.

Os valores do índice PI/PI_{max} para os onze indivíduos reintubados foram maiores que 0,3 em seis pacientes e menores ou iguais a 0,3 em cinco pacientes; ao passo que entre os 35 pacientes extubados com sucesso, 32 apresentaram valores menores ou iguais a 0,3 e três exibiam valores maiores que 0,3 para o índice.

Os valores de sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo, e razões de verossimilhança positiva e negativa bem como da acurácia diagnóstica para o índice FR/VC (> 105) e para o índice PI/PI_{max} (> 0,3) predizendo a reintubação, estão apresentados na tabela 2. Os valores desses parâmetros para os índices de forma combinada, ou seja, quando pelo menos um dos índices ou quando os dois índices prediziam o insucesso, também encontram-se na tabela 2.

Utilizando-se o método de maior soma de sensibilidade e especificidade para estabelecer o melhor ponto de corte³⁸, foi obtido um valor maior ou igual a 78 r/min/l como melhor ponto de corte para o índice FR/VC, com área sob a curva igual a 0,717 (95% IC: 0,54-0,89); (figura 1). Com o novo valor de corte, de 11 pacientes reintubados, sete apresentavam valor ≥ 78 r/min/l (considerado preditivo de reintubação) e quatro apresentaram valores menores de 78 para o índice FR/VC. De 35 pacientes extubados com sucesso, 27 apresentaram valores < 78 r/min/l e oito pacientes tinham valores maiores ou iguais a 78 r/min/l para o FR/VC. Os valores para sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo, razão de verossimilhança positiva e negativa bem como acurácia para tal ponto de corte estão expressos na tabela 2.

Na literatura valores maiores que 0,3 foram estabelecidos como preditivos de insucesso da extubação, no entanto, nesta casuística, a partir do método de maior soma de especificidade e sensibilidade³⁸, valores maiores ou iguais a 0,3 foram determinados como indicativos de insucesso. A área sob a curva ROC para o índice PI/PI_{max} forneceu um valor igual a 0,74 (95% IC: 0,56-0,92) (figura 2). Os valores do teste diagnóstico para o PI/PI_{max} $\geq$ 0,3 são apresentados na Tabela 2. Sete de onze pacientes reintubados, apresentaram valor $\geq$ 0,3 para o PI/PI_{max} e quatro tiveram valor $<$ 0,3 para o índice. De 35 pacientes extubados com sucesso, 31 apresentaram valor $<$ 0,3 e quatro pacientes tinham valor $\geq$ 0,3 para o PI/PI_{max}.

A combinação dos índices também foi avaliada para os novos valores de corte (FR/VC $\geq$ 78 r/min/l e de PI/PI_{max} $\geq$ 0,3). Considerando-se prognóstico de insucesso da extubação a presença de pelo menos um índice alterado a sensibilidade foi de 82 %, a especificidade foi de 69 %, os valores preditivos positivo e negativo foram de 45% e 92% e as razões de verossimilhança positiva e negativa foram de 2,65 e 0,26, a acurácia foi de 72% (tabela 2). Considerando-se prognóstico de insucesso da extubação a presença dos dois índices alterados a sensibilidade foi de 45 %, a especificidade foi de 97 %, os valores preditivos positivo e negativo foram de 83 % e 85 % e as razões de verossimilhança positiva e negativa foram de 15 e 0,57, a acurácia foi de 85%.

Considerando-se a prevalência média de 15,7% para a reintubação^{18-22,24,27-28,30,39,40}, a probabilidades pós-teste esperada, baseada nas razões de verossimilhança positiva e negativa³⁵, foi calculada para a presença ou ausência do critério pelo menos um dos índices alterado e do critério os dois índices alterados concomitantemente. Para o critério de pelo menos um índice alterado a probabilidade pós-teste quando este critério é normal é de 5% (nessa situação os dois índices se encontram dentro do normal), quando este critério é atingido

a probabilidade pós-teste é de 33% (nessa situação pelo menos um dos índices se encontra alterado: inclui os pacientes com os dois índices alterados). Para o critério de os dois índices alterados a probabilidade pós-teste quando este critério é normal é de 9 % (nessa situação pelo menos um índice está normal: inclui os pacientes com os dois índices normais), quando este critério é atingido a probabilidade pós-teste é de 74%. Esses dados estão apresentados na tabela 3.

A presença dos dois índices alterados ocorreu em 6 pacientes (13%); a ausência de alteração dos dois índices ocorreu em 26 pacientes (57%). Portanto a somatória dos pacientes que se encontravam nestas duas situações resulta em 70% da casuística. Dentre os 26 pacientes sem alteração dos índices, dois pacientes (7,7%) necessitaram reintubação. Dentre os 14 pacientes com um dos índices alterado, quatro pacientes (28,5%) necessitaram reintubação. Cinco (83%) de seis pacientes com os dois índices alterados, necessitaram reintubação (Tabela 3). As variáveis: idade, gênero, diagnóstico, tempo de VMI e escore APACHE II com risco de óbito não diferiram de maneira estatisticamente significativa entre essas três situações (tabela 4).

DISCUSSÃO

O insucesso do desmame da ventilação mecânica é considerado resultado principalmente do desequilíbrio entre a capacidade muscular respiratória e a demanda respiratória aumentada. Tanto a fraqueza muscular como a fadiga, especialmente quando combinadas à carga respiratória aumentada, estão associadas a padrão respiratório rápido e superficial¹⁹. Portanto, faz sentido, que o índice FR/VC durante a respiração espontânea tenha predito o desfecho do desmame da VMI no presente estudo. Da mesma forma, o índice PI/PI_{max}, demonstrou ser indicativo de redução da capacidade de esforço inspiratório do paciente, tendo ainda maior poder preditivo quando combinado ao índice FR/VC³².

Exceto por estudo realizado com pacientes pediátricos³³, e outro com recém-nascidos³⁴, não há na literatura validação para essa combinação em casuística independente do trabalho pioneiro. No presente estudo, a combinação desses dois índices preditivos foi reaplicada em uma nova casuística, com o objetivo de confirmar sua validação. Verificou-se que o PI/PI_{max} discriminou pacientes que seriam ou não reintubados e que a combinação do PI/PI_{max} com o FR/VC acrescentou poder preditivo com relação à análise isolada de cada um deles, sem entretanto validar os resultados anteriores, tendo em vista a alteração do ponto de corte.

Apesar de questionado por alguns autores o índice FR/VC continua sendo o mais utilizado desde sua criação^{16,25}. Os resultados menos satisfatórios obtidos por alguns estudos podem ter sido influenciados pela metodologia não homogênea aplicada por eles na obtenção de seus dados, a qual também difere da utilizada pelos criadores do índice que é a aceita pela ATS/ERS³⁶. Além disso, poucos estudos referentes ao FR/VC estabeleceram ponto de corte adequado para seus grupos estudados²⁷⁻²⁹, e somente um o determinou com base nas melhores

sensibilidade e especificidade à curva ROC³⁰. A grande maioria dos trabalhos foi conduzida com base no valor proposto pela literatura (105 r/min/l), o qual se mostrou inadequado à nossa casuística.

Visto que o valor de corte difere conforme o tipo de casuística estudada e a reprodução incorreta da técnica podem levar a resultados equivocados dos testes diagnósticos³⁷, a preocupação deste estudo foi verificar a necessidade de se estabelecer novos pontos de corte à casuística, respeitando-se as técnicas de obtenção desses índices.

Utilizando-se a maior somatória de sensibilidade e especificidade³⁸ foi possível determinar um novo *cut-off* para o índice FR/VC. O mesmo cálculo foi realizado para o índice PI/PI_{max}, onde o valor maior que 0,3 estabelecido pela literatura³², foi muito semelhante ao obtido e adotado neste estudo como melhor ponto de corte ($\geq 0,3$). Portanto, foram definidos como preditores do risco da reintubação o $FR/VC \geq 78$ r/min/l e $PI/PI_{max} \geq 0,3$ e especialmente se os dois predizerem a reintubação. Neste caso a frequência esperada da reintubação pode aumentar de 15,7% (dados da literatura), para 74% (PPT predita em nosso trabalho quando os dois índices estavam alterados), o que nos permite inferir que a conduta de extubação oferece grande risco de insucesso nesta situação específica. Quando nenhum dos índices estudados indicou insucesso, a frequência esperada teve seu valor reduzido de 15,7% para 5% (PPT), o que implicou numa ampliação da margem de segurança para realização da conduta. Tendo em vista que a presença dos dois índices alterados ocorreu em 6 pacientes (13%) e a ausência de alteração dos dois índices ocorreu em 26 pacientes (57%), esses índices determinariam a conduta em 32 pacientes de maneira razoavelmente segura, ou seja, em 70%

dos pacientes ocorreram resultados que previam ou a alta taxa de reintubação ou uma reduzida taxa.

Neste estudo, para caracterização de insucesso da extubação foi considerada a necessidade e reintubação no período de 48 horas. Esse protocolo difere de estudos que utilizam período de 24 ou de 72 horas^{19,22}, contudo, o protocolo adotado condiz com a maioria dos autores^{21,28,30,39}, além disso, nesta casuística nenhum caso de reintubação ocorreu acima de 48 horas após a extubação.

É descrito que a determinação do momento ideal para a extubação deve ser baseada em vários parâmetros além da avaliação clínica diária. Esta avaliação clínica isolada, já se mostrou insuficiente em prever o desfecho da extubação^{12,39,41}. O uso dos índices preditivos tem papel auxiliar na tomada de decisão, fornecendo mais informações acerca da condição clínica do paciente. Tanto o índice FR/VC como o PI/PI_{max}, são de fácil interpretação e rápida obtenção, fatores que são imprescindíveis na unidade de terapia intensiva, além disso são de baixo custo e suas aferições independem da cooperação do paciente ou de seu diagnóstico, o que permite sua utilização em grande gama de pacientes. Desde que medidos corretamente (condições adequadas dos aparelhos de medida e conhecimento da técnica para obtenção dos índices, além de precisão no registro dos dados), sua aplicação poderá desempenhar papel coadjuvante na decisão da retirada da sonda orotraqueal do paciente crítico, evitando todo o impacto negativo da necessidade da reintubação (principalmente risco de pneumonia e aumento da taxa de mortalidade)⁸.

A exclusão de pacientes traqueostomizados e o diagnóstico predominantemente cirúrgico da casuística podem representar limitações deste estudo por reduzirem sua validade

externa. Alguns trabalhos apontam que medidas mais fidedignas de pressões inspiratórias podem ser obtidas quando realizadas pelo método de oclusão com válvula unidirecional (que permite expiração), neste estudo o método utilizado foi o de oclusão convencional ou total, também muito utilizado, mas, questionado por possivelmente subestimar os valores de pressão^{42,43}. Contudo os trabalhos que compararam os dois métodos de oclusão da ventilação apresentaram resultados divergentes e limitados, não havendo ainda evidências sobre o melhor método, além disso, a utilização do método convencional representa de fato a prática clínica de nossa instituição que dispõe apenas de aparelhos com válvula simples. A cronicidade de alguns pacientes é um fator a ser considerado, pois estes provavelmente apresentarão alteração dos índices FR/VC e PImax^{31,44}. Alguns resultados sugerem diferenças dos dados segundo a idade ou o tempo de permanência sob ventilação mecânica²⁸. No presente estudo, este aspecto não foi acessado, pois não houve número suficiente de pacientes para tal. Pretende-se realizar esta análise posteriormente com a ampliação da casuística. Entretanto, idade, tempo de ventilação mecânica e escore APACHE II foram semelhantes entre pacientes: com nenhum índice alterado, apenas um índice alterado ou com os dois índices alterados; o que sugere que seu valor prognóstico independe das variáveis apontadas acima. O método de uso combinado dos índices FR/VC e PI/PImax foi pouco discriminativo em 30% da casuística estudada (14 pacientes que apresentaram apenas um dos índices indicativos de insucesso), porém, produziu resultados que definiriam a conduta com relativa segurança em 70% da casuística (32 pacientes que apresentaram alteração concomitante dos índices predizendo a reintubação ou o sucesso da extubação).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo não permitiram validar os índices avaliados com os pontos de corte propostos pela literatura, pois os melhores pontos de corte obtidos no presente estudo não coincidiram com os previamente estabelecidos. Com adequação do valor de corte realizada neste estudo, o valor de sensibilidade para o FR/VC sofreu acréscimo substancial.

A interpretação conjunta dos índices forneceu melhor poder preditivo. Neste sentido, para sua aplicação clínica, deve-se considerar que quando os dois índices estão alterados o paciente não deve ser extubado, pois o risco de reintubação é alto, ao passo que se os dois índices estiverem normais existe uma margem de segurança razoável para a extubação. No caso de apenas um dos índices se apresentar alterado, este método proposto não forneceu grande acréscimo na predição da reintubação, o que ocorreu na minoria dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. Tanios MA, Nevins ML, Hendra KP, Cardinal P, Allan JE, Naumova EN, et al. A randomized, controlled trial of the role of weaning predictors in clinical decision making. *Crit Care Med* 2006; 34: 2530-35.
2. Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes and prevention. *Current Opin in Crit Care*. 2003; 9: 59-66.
3. Marelich GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, Vierra T, Roby M. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses. *Chest*. 2000; 118: 459-467.
4. Epstein SK Preventing extubation respiratory failure. 2006; 34: 1547-48.
5. Lassence A de, Alberti C, Azoulay E, Le Miere E, Cheval C, Vincent F, et al. Impact of unplanned extubation and reintubation after weaning on nosocomial pneumonia risk in the intensive care unit. *Anesthesiology*. 2002; 97: 148-156.
6. Mead M, Guyatt G, Griffith L, Booker L, Randall J, Cook DJ. Introduction to a series of systematic reviews of weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120 (Suppl): 396-9.
7. Torres A, Gatell JM, Aznar E, El Ebiary M, de la Bellacasa JP, Gonzalles J, et al. Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Respiratory Crit Care Med*. 1995; 152:137-141.
8. Epstein SK. Prediction extubation failure – Is it on cards? *Chest*. 2001; 120: 1061-1063.

9. Kollef MH, Shapiro SD, Silver P et al. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997;25: 567-574.
10. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med*. 1996; 335: 1864-69.
11. Stroetz RW, Hubmayr R. Tidal volume maintenance during weaning with pressure support *Am J Respir Crit Care Med*. 1995; 152: 1034-40.
12. Smyrnios NA, Connolly A, Wilson MM, Curley FJ, French CT, Heard SO, et al. Effects of a multifaceted, multidisciplinary, hospital-wide quality improvement program on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2002; 30: 1224-30.
13. Tabuena R, Atienza TC, Dalisay CS. Daily screen as a parameter in weaning patients from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120 (Suppl): 192-3.
14. Ely EW, Bennett PA, Bowton DL, et al. Large Scale Implementation of a Respiratory Therapist- driven Protocol for Ventilator Weaning *Am. J. Respir. Crit Care Med*. 1999; 159: 439-446.
15. Ely EW. The utility of weaning protocols to expedite liberation from mechanical ventilation. *Respir Care Clin N Am*. 2000; 6: 303-319.
16. Mead M, Guyatt G, Cook D, Griffit L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting successes in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120: 400-424.
17. Macintyre NRC, Ely, E.W.; Epstein, S.K.; Fink, J.B.; Heffner, J.E.; Hess, D.; Hubmayr, R.D.; Scheinhorn, D.J. 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 (Suppl): 375-395S.
18. Martinez A, Seymour C, Nam M. Minute ventilation recovery time: a predictor of extubation outcome. *Chest*. 2003; 123: 1214-21.
 19. Epstein SK Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing index. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995; 152: 545-9.
 20. Jacob B, Chatila W, Manthous CA The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients *Crit Care Med*. 1997; 25:253-7.
 21. Cohen JD, Shapiro M, Grozovski E, Singer P. Automatic tube compensation-assisted respiratory rate to tidal volume ratio improves the prediction of weaning outcome *Chest*. 2002; 122: 980-4.
 22. Lee KH, Hui KP, Chan TB, Tam WC, Lim TK. Rapid shallow breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest*. 1994; 105: 540-3.
 23. 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: 269-274.
 24. Esteban A, Aliá I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997; 156: 459-465.
 25. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Desmame e interrupção da ventilação mecânica IN: III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica; *J Bras Pneumol*. 2007; 33 (supl 2): 128-136.

26. 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: 1445-50.
27. Krieger BP, Isber J, Breitenbucher A, Throop G, Ershowsky P. Serial measurements of the rapid-shallow-breathing index as a predictor of weaning outcome in elderly medical patients. *Chest*. 1997; 112: 1029-1034.
28. Gandia F, Blanco J Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med*. 1992; 18: 327-333.
29. Frutos-Vivar F, Fergusson N D, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguia C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006; 130: 1664-71.
30. Capdevilla XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JPA, 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: 482-9.
31. Hautmann H, Hefele S, Schotten K, et al. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects- what is the lower limit of normal? *Respir Med*. 2000; 94: 689-693.
32. Yang KL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure ratio: a predictive index of weaning outcome *Intensive Care Med*. 1993; 19: 204-208.
33. El-Khatib MF, Baumeister B, Smith PG, Chatburn RL, Blumer JL. Inspiratory Pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critical ill infants and children? *Intensive Care Med*. 1996; 22: 264-8.

34. Antunes L C O. Pressões inspiratórias como preditores de sucesso na extubação em prematuros de muito baixo peso. [Tese]. Botucatu: Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista; 2007.
35. Sackett D, Straus SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes RB. Medicina baseada em evidências 2003; 2ª ed. P89 Ed. ArtMed.
36. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing Am J Respir Crit Care Med 2002; 166: 518-524.
37. EL-Khatib MF, Jamaledine GW, Khoury AR, Obeid MY. Effect of continuous positive airway pressure on the rapid shallow breathing index in patients following cardiac surgery Chest. 2002; 121: 475-9.
38. Zou KL, O'Malley JA, Mauri L. Receiver Operating characteristic analysis for evaluating diagnostic tests and predictive models. Circulation. 2007; 115: 654-665.
39. Esteban A, Aliá I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Vallverdú I, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Am J Resp Crit Care Med. 1999; 159: 512-8.
40. Seymour CW, Christie JD, Fuchs BD. Minute ventilation recovery time measured using a new, more practical methodology predicts extubation outcome (Abstract Suppl) Crit Care Med 2005; 33: A113.
41. Epstein S K. Decision to extubate. Intensive Care Med. 2002; 28: 535-546.
42. Caruzo P, Friedrich C, Denari D C, Ruiz SAL, Deheinzeln D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. Chest. 1999; 115: 1096-1101.

43. Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Menezes SLS. Avaliação da pressão inspiratória máxima em pacientes críticos não-colaborativos: comparação entre dois métodos Rev Bras Fisioter. 2007; 11(3); 233-238.
44. Kupfer Y, Tessler S. Weaning the difficult patient “The evolution from art to science”. Chest. 2001; 119: 7-9.

Tabela 1. Caracterização da casuística (n=46)

Idade (anos)	50,7 ± 17,2
Gênero **	28 M e 18 F
VMI (dias) *	4 (1-8)
UTI (dias) *	8 (3-12)
APACHE II	13 ± 8,21
Diagnóstico	
Cirúrgico (%)**	80,4 (n=37)
Clínico (%)**	19,6% (n=9)

Dados expressos por média ± desvio padrão; * dados expressos por mediana e 1º e 3º quartis; **dados expressos por valores absolutos. VMI: ventilação mecânica invasiva; UTI: unidade de terapia intensiva; APACHE: *acute physiology and chronic health evaluation*.

Tabela 2. Resultados do teste diagnóstico para os índices FR/VC, PI/PI_{max} e combinações, de acordo com os valores de corte clássicos e com os melhores valores obtidos.

	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	RV (+)	RV (-)	Acurácia
FR/VC > 105	18	97	67	79	6	0,84	78
PI/PI _{max} > 0,3	54	91	66	86	6,3	0,5	83
Pelo menos um índice alterado	72	91	72	91	8	0,31	87
Dois índices alterados	0	97	0	75	0	0,01	74
FR/VC ≥ 78	64	77	44	87	1,75	0,47	74
PI/PI _{max} ≥ 0,3	64	89	64	89	5,53	0,4	83
Pelo menos um índice alterado	82	69	45	92	2,65	0,26	72
Dois índices alterados	45	97	83	85	15	0,57	85

VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo; RV: razão de verossimilhança.

Tabela 3. Probabilidades pós-teste esperada e observada, para o desfecho reintubação de acordo com alteração dos índices FR/VC e PI/PI_{max}.

Probabilidade pós-teste	Nenhum índice alterado n=26	Pelo menos um índice alterado n=14	Dois índices Alterados n=6
Esperada	5%	9%* - 33%**	74%
Observada	7,7%	28,5%	83%

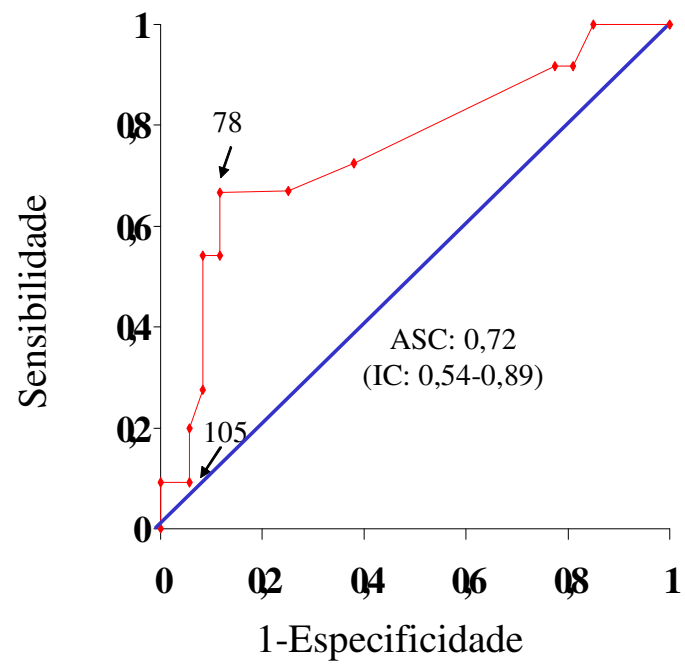
* pelo menos um índice dentro de valores normais; ** pelo menos um índice positivo.

Tabela 4. Resultados da análise de variância de acordo com a alteração dos índices

	Nenhum índice Alterado n=26	Apenas um índice alterado n=14	Dois índices Alterados n=6	p
Idade (anos)	49,8 ± 15,1	54,7 ± 25,9	45,5 ± 17,9	0,512
Gênero (M/F)	17/9	7/7	4/2	0,606
Diagnóstico (C/CL)	5/1	10/4	22/4	0,594
VMI (dias) *	2 (1-8)	5 (3,5-7,2)	5,5 (3-8)	0,262
APACHE II	11,7 ± 7,08	16,4 ± 10,38	13,0 ± 6,07	0,234
Risco de óbito*(%)	9,4 (2,5-30,5)	14,9 (3,5-24,3)	11,9 (8,6-15,4)	0,956

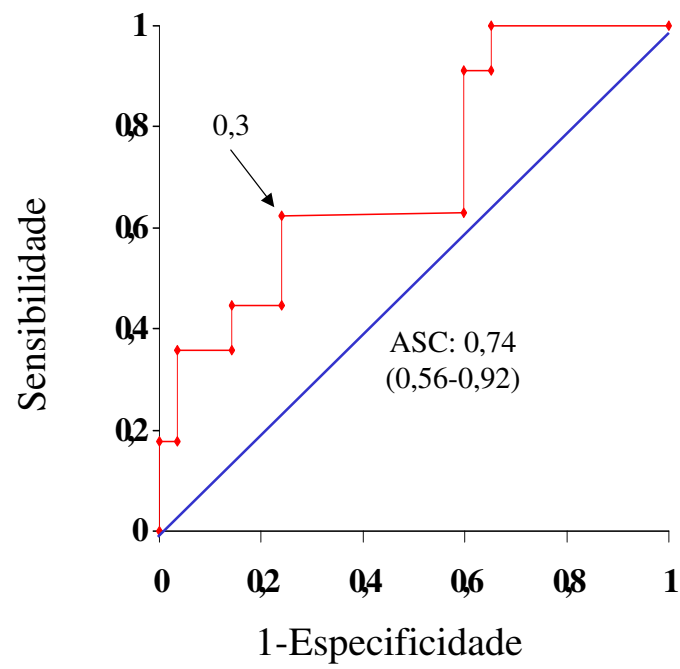
Dados expressos por: média e desvio-padrão; *mediana (1º e 3º quartis); M: masculino; F: feminino; C: cirúrgico; CL: clínico; VMI: ventilação mecânica invasiva; APACHE: *acute physiology and chronic health evaluation*.

Figura 2. Curva ROC para o índice FR/VC e indicações dos valores de corte



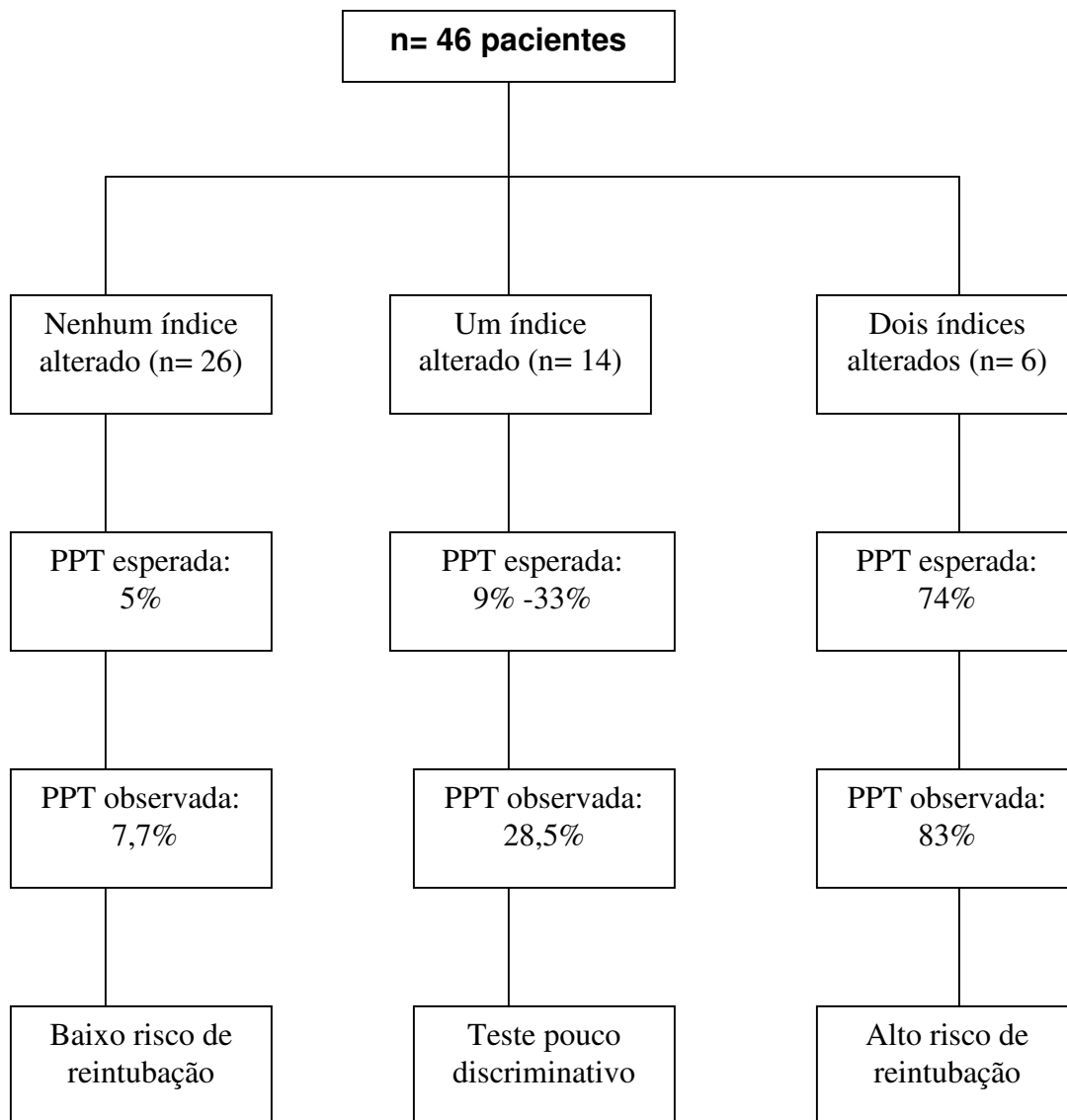
ASC: área sob a curva

Figura 3. Curva ROC para o índice PI/PI_{max} e indicação dos valores de corte



ASC: área sob a curva

Figura 4. Implicação clínica das alterações dos índices FR/VC e PI/PI_{max} de acordo com as probabilidades pós-teste esperadas na casuística estudada.



PPT: Probabilidade Pós-Teste

ANEXOS

VARIÁVEIS INDIVIDUAIS

Paciente	Desfecho	Idade	APACHE	Risco óbito	Gênero	Dias UTI	Dias IOT	PI	PImax	PI/Pimax	FR/VC	Diagnóstico
1	S	18	6	2,21	M	14	13	10	40	0,25	91,95	cir
2	S	22	2	1,24	F	2	1	18	36	0,50	61,3	cir
3	S	23	7	14,44	F	4	3	8	20	0,40	128	cir
4	S	23	4	2,81	M	2	1	12	48	0,25	85	cir
5	I	27	10	6,48	M	12	7	12	30	0,40	104	cir
6	S	29	7	2,32	F	12	9	5	72	0,07	13,78	cir
7	S	30	21	20,73	M	30	15	12	72	0,17	36,88	clin
8	S	31	16	25,58	F	13	1	8	40	0,20	66,66	clin
9	S	32	17	36,08	F	17	10	6	30	0,20	40,29	cir
10	S	36	0	2,55	M	10	9	12	60	0,20	54,7	cir
11	S	36	17	42,09	M	2	1	8	76	0,11	18,75	cir
12	S	36	4	2,8	M	2	1	10	90	0,11	24,72	cir
13	S	38	8	4,93	F	1	1	6	36	0,17	72,84	cir
14	S	42	3	1,44	F	3	1	5	64	0,08	69,84	cir
15	S	43	11	10,35	M	2	1	5	30	0,17	26,87	cir
16	I	43	14	8,6	M	8	1	18	30	0,60	78,31	clin
17	S	44	6	3,96	M	3	2	16	62	0,26	10,52	cir
18	S	44	18	19,22	M	9	1	6	36	0,17	38,55	cir
19	S	47	6	2,21	F	2	1	6	42	0,14	77,9	cir
20	S	47	8	5,24	M	3	2	10	42	0,24	27,1	cir
21	S	49	0	2,55	F	3	2	4	52	0,08	60,6	cir
22	I	51	9	15,42	M	11	4	12	38	0,32	89,1	cir
23	S	53	17	4,14	F	22	19	12	42	0,29	100,5	clin
24	I	53	18	31,52	M	20	6	6	54	0,11	44,83	clin
25	S	54	19	27,07	F	3	2	16	52	0,31	41,7	cir
26	I	54	22	60,3	F	8		20	52	0,38	40	clin
27	I	55	20	38,13	M	10	4	20	52	0,38	42,8	clin
28	S	56	15	17,15	M	7	6	6	24	0,25	85,17	cir
29	S	56	10	5,49	F	6	5	6	36	0,17	97,4	cir
30	I	57	25	56,12	M	19	19	5	30	0,17	45,65	clin
31	S	58	8	4,93	M	2	1	6	60	0,10	28,69	cir
32	S	59	12	8,51	F	7	5	4	20	0,20	65,57	cir
33	S	60	15	35,53	M	3	3	12	60	0,20	76	cir
34	S	60	5	1,81	M	3	1	6	54	0,11	32,87	cir
35	S	63	7	2,55	F	5	4	20	68	0,29	33,07	cir
36	S	64	14	24,64	M	8	3	12	42	0,29	59,3	cir
37	S	64	11	12,78	F	8	7	12	24	0,50	59,82	cir
38	I	64	14	9,36	M	9	8	18	60	0,30	143,5	cir
39	I	65	24	19,96	F	37	12	10	24	0,42	80,35	cir
40	I	75	30	72,63	M	7	6	6	24	0,25	101	cir
41	S	76	15	10,68	M	20	1	6	30	0,20	30	cir
42	S	77	24	34,91	M	9	8	10	60	0,17	46	cir
43	S	78	13	18,15	M	11	8	8	28	0,29	84,08	clin
44	S	78	19	21,59	M	23	5	6	30	0,20	98,1	cir
45	I	80	41	90,11	F	8	5	4	20	0,20	150,6	cir
46	S	83	19	30,53	M	14	9	12	48	0,25	56,16	cir

S: sucesso; I: insucesso; S: sucesso; I: insucesso; UTI: unidade de terapia intensiva; IOT: intubação orotraqueal; PI: pressão inspiratória; PImax: pressão inspiratória máxima; FR/VC: frequência respiratória / volume corrente; Cir: cirúrgico; Clin: Clínico.