

Avaliação da força muscular inspiratória (P_{Imáx}) durante o desmame da ventilação mecânica em pacientes neurológicos internados na unidade de terapia intensiva

Evaluation of Inspiratory Muscular Force (P_{Imax}) during Weaning from Mechanical Ventilation in Neurological Patients in the Intensive Care Unit

Rita de Cássia Vianna Passarelli¹, Rodrigo Marques Tonella², Hugo Celso Dutra de Souza³, Ada Clarice Gastaldi³

- ¹ Fisioterapeuta; Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicada ao Aparelho Locomotor, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
- ² Fisioterapeuta; Mestre em Pesquisa Experimental - FCM Unicamp / Docente da Anhanguera Educacional - FÁCIII Campinas / Supervisor do Programa de Aprimoramento Profissional e Especialização em Fisioterapia Respiratória em UTI adulto do HC da Unicamp / Fisioterapeuta da UTI do HC Unicamp.
- ³ Fisioterapeutas; Professores Doutores do Curso de Fisioterapia; Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

O estudo foi desenvolvido na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) Adulto da Unidade de Emergência (UE) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo HCFMRP - USP.

Estudo apresentado no X Congresso Paulista de Terapia Intensiva - COPAT em 2007, como tema livre.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP - USP, número do processo 10152/2006.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Rita de Cássia Vianna Passarelli
Rua: Amazonas, 948, CEP: 14080-270,
Ribeirão Preto, SP, Brasil.
(16) 3441-8921
ritacvpassarelli@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO:
mar. 2010

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO:
jun. 2010

RESUMO: A ventilação mecânica, freqüentemente necessária em pacientes em estado crítico, pode ser associada à perda de força muscular respiratória por diversos mecanismos. Nosso objetivo foi avaliar a progressão da força da musculatura respiratória durante o processo de desmame, por mensuração seriada da P_{Imáx} até a independência completa da ventilação mecânica em pacientes neurológicos. A P_{Imáx} foi avaliada evolutivamente, uma vez ao dia, durante todo o período de desmame, com auxílio de manovacuômetro e válvula unidirecional. Foram incluídos no estudo 31 pacientes neurológicos (pós acidente vascular ou trauma crânio-encefálico) em desmame ventilatório e os valores obtidos foram comparados aos previstos, segundo Black e Hyatt. A média de P_{Imáx} inicial (primeiro dia do desmame) foi - 40,0±20,0 cmH₂O (39% do previsto) (p < 0, 05); 50% no 5º e 60% no 10º dia de desmame. Houve um aumento de 21% (p < 0,05) do 1º ao 10º dia. Todos os pacientes foram completamente retirados da ventilação mecânica até o 13º dia de desmame. Sendo assim, a evolução ascendente da força muscular inspiratória, em pacientes em ventilação mecânica prolongada, demonstra que a independência completa do ventilador, em paciente neurológicos, é possível a partir de 72% dos valores previstos.

PALAVRAS-CHAVE: Músculos respiratórios; Desmame; Unidade de Terapia Intensiva.

ABSTRACT: Mechanical ventilation, often needed in critically ill patients, may be associated to loss of respiratory muscular force due to several mechanisms. The objective was to assess the progression of respiratory muscular force during weaning from mechanical ventilation by using serial measurement of maximum inspiratory pressure until complete discontinuation in neurological patients. The P_{Imax} was progressively assessed by using manovacuometer and unidirectional valve once a day during the whole period of mechanical ventilation weaning. Thirty-one neurological patients (after stroke or craniocerebral trauma) undergoing weaning from mechanical ventilation were included for study, and the values obtained were compared to those established by Black and Hyatt. The initial mean P_{Imax} (first day of weaning) was - 40.0±20.0 cmH₂O (39% of the expected value) (p < 0.05), reaching 50% at day 5 and 60% at day 10. It was observed an increase of 21% (p < 0.05) between the first and tenth days. On the 13th day, mechanical ventilation had been completely discontinued in all patients. Therefore a progressive evaluation of the inspiratory muscular force in patients undergoing prolonged mechanical ventilation shows that the complete discontinuation is possible in neurological patients with 72% of the established values.

KEY WORDS: Respiratory muscle; Weaning; Intensive Care Unit.

INTRODUÇÃO

O paciente grave internado na unidade de terapia intensiva (UTI) possui vários fatores que colaboram para a perda real da massa muscular, incluindo massa muscular respiratória, como oferta nutricional inadequada, diminuição do suprimento de oxigênio, acidose metabólica, alterações endócrinas ou eletrolíticas, utilização de medicamentos como corticóides, sedativo e/ou bloqueadores neuromusculares e suporte ventilatório artificial^{1,2}.

Pacientes com afecções neurológicas podem evoluir com diminuição da força muscular respiratória, e devido ao maior tempo de restrição ao leito, possuem alguns fatores agravantes ou responsáveis por vários acometimentos respiratórios, como risco aumentado de embolia pulmonar e broncoaspiração, diminuição de volumes e capacidades pulmonares e dificuldade para tosse, aumentando o risco de atelectasias e infecções pulmonares².

O acometimento muscular pode acontecer por uma diminuição do aporte de substratos energéticos necessários para um adequado funcionamento ou por uma alteração direta da fibra muscular, desde a condução do impulso neuromuscular até o intercâmbio gasoso, resultando em alterações funcionais e neurofisiológicas, com conseqüente diminuição de força e resistência^{2,3}. Os pacientes neurológicos em estado crítico estão propensos a apresentar desnutrição protéica calórica, que se agrava em situações onde a oferta nutricional não é feita da maneira adequada.

Diversos fatores, incluindo o comprometimento da musculatura respiratória podem dificultar o desmame da ventilação mecânica, que é o processo de transição da ventilação artificial para a espontânea nos pacientes que permanecem em ventilação mecânica invasiva por tempo superior a 24 horas^{3,4}.

A ventilação mecânica é uma intervenção comum nesses pacientes. O uso da ventilação mandatória controlada, geralmente associada à administração de sedativos em doses altas ou bloqueadores musculares, provoca redução de 40% a 50% da capacidade diafragmática. Portanto, a mudança da modalidade controlada para modalidade assistida ou

espontânea, pode significar a redução na perda de massa muscular por desuso, favorecendo e acelerando o processo de desmame da ventilação mecânica, reduzindo o tempo de internação^{3,5,6}.

Essa associação de fatores e o aumento do tempo de ventilação controlada dificultam o processo de desmame da ventilação mecânica, por uma diminuição da força muscular diafragmática principalmente e componentes musculares acessórios ao processo inspiratório^{3,5,6}.

Para orientar a tomada de decisões, diversos indicadores à função pulmonar, além da avaliação das condições não ventilatórias, como o estado nutricional, distúrbios eletrolíticos e doenças cardiovasculares, são utilizados^{3,6}. Entre os indicadores preditivos de sucesso, a avaliação da musculatura respiratória através da P_{Imax} é útil para orientar o início e desenvolvimento do desmame da prótese ventilatória, pois é um método convencional, não invasivo, de fácil acesso e rotineiramente utilizado^{3,6-8}.

Idealmente a medida deve ser realizada após uma expiração forçada máxima, mas em situações em que a participação do paciente está prejudicada, utiliza-se o método descrito por Marini *et al.* em 1986, com uma válvula unidirecional expiratória acoplada ao manovacuômetro. As recomendações indicam que pacientes que são capazes de gerar uma P_{Imax} maior que -30 centímetros de água (cmH₂O), são extubados com sucesso, ou seja, conseguem se manter em ventilação espontânea sem o uso da pressão positiva por mais de 24 horas^{1,3,4,6,9-14}. No entanto, em diversos pacientes, esse indicador falha em prever o sucesso, uma vez que o desmame depende de outros fatores^{7,12}.

Assim o objetivo desse estudo foi, avaliar a progressão da força da musculatura respiratória durante o processo de desmame, através da mensuração seriada da pressão inspiratória máxima até a independência completa da ventilação mecânica em pacientes neurológicos⁶.

MÉTODOS

Sujeitos

Foram incluídos nesse estudo 31 pacientes neurológicos (pós acidente vascu-

lar ou trauma crânio-encefálico) internados na UTI Adulto da UE do HCFMRP-USP, pertencentes a ambos os sexos na faixa etária acima de 18 anos, em ventilação mecânica invasiva com tubo endotraqueal ou traqueostomia, ventilando espontaneamente com pressão positiva, no modo PSV (ventilação por pressão de suporte), apresentando estabilidade hemodinâmica com ou sem uso de drogas vasoativas (DVAS), fazendo uso ou não de sedação, desde que o *drive* respiratório estivesse mantido o suficiente para a manutenção do volume minuto mínimo (valor normal 6-8 mililitros por quilo de peso).

Foram excluídos do estudo os pacientes que não estavam fazendo uso de tubos endotraqueais ou cânulas de traqueostomia e também os pacientes que apresentaram instabilidade hemodinâmica.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HC da FMRP-USP. Durante a realização, o procedimento foi previamente explicado aos familiares dos pacientes e após a autorização e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelo responsável, o protocolo foi iniciado.

Protocolo

A medida da P_{Imax} foi realizada uma vez ao dia, sempre no mesmo horário, pelo mesmo avaliador dentro da rotina diurna do Serviço de Fisioterapia (que incluiu avaliação e cuidados para remoção de secreção). A mensuração da P_{Imax} teve início assim que o paciente começou a ser ventilado em modalidade espontânea e foi interrompida se o paciente foi extubado ou traqueostomizado ou se permaneceu em ventilação espontânea sem a utilização de pressão positiva por mais de 13 dias. Durante a realização do procedimento, no caso de instabilidade hemodinâmica ou queda de saturação periférica de oxigênio para valores menores ou iguais a 90%, a aplicação do protocolo foi imediatamente interrompida e a técnica só foi novamente realizada após retorno a condições clínicas estáveis.

Monitorização dos dados

Durante a coleta dos dados foi utilizada uma ficha de monitorização específica para registro da P_{Imax}, em que foram

registrados dados referentes aos pacientes como: nome, registro, idade, sexo, diagnóstico clínico, data da internação na instituição e da admissão na UTI, dados relacionados a ventilação mecânica, utilização de medicamentos, o valor da P_{lmáx} avaliado e os valores percentuais de P_{lmáx} VR de acordo com a equação de referência proposta por Black & Hyatt em 1969¹⁵. O risco de óbito e a gravidade da doença foram estratificados através do cálculo do índice prognóstico APACHE II, no dia de admissão do paciente na UTI, constando também esse dado na ficha de avaliação¹⁶.

Medida da P_{lmáx}

Foi utilizado para a aferição, um manômetro analógico, portátil, da marca Gerar® devidamente calibrado, acoplado a uma válvula unidirecional através de peça em formato "T", ambos pertencentes à instituição.

O paciente foi posicionado em decúbito dorsal com cabeceira elevada em 45°, com a cabeça devidamente centralizada na linha média, sem utilização de travesseiro e previamente ventilado com uma fração inspirada de oxigênio de 1,0 durante um minuto, a fim de evitar queda de saturação durante o tempo de desconexão da ventilação mecânica para a realização o protocolo.

A técnica consistiu em conectar o dispositivo à via aérea do paciente e através da oclusão do fluxo inspiratório proporcionado pela válvula unidirecional, promover a aferição numérica do esforço inspiratório gerado pelo paciente. O paciente realizou sucessivos esforços, com volumes pulmonares cada vez mais próximos do volume residual (VR), gerando pressões inspiratórias cada vez mais negativas.

O valor de P_{lmáx} foi considerado aquele valor máximo atingido e mantido por três vezes durante a realização de dez incursões inspiratórias seguidas, mantendo um platô de pressão negativa, com um tempo máximo de oclusão de quarenta segundos¹⁴.

ESTATÍSTICA

Para testar a normalidade das distribuições utilizou-se o teste de Kolmogorov-

-Smirnov e o teste de Shapiro-Wilk. Como a distribuição dos dados seguiu a curva normal, os valores de P_{lmáx} obtidos no decorrer dos dias de desmame foram comparados pelo teste ANOVA, seguido do teste de comparações múltiplas Student-Newman-Keuls, utilizando-se *software* estatístico *Statistical Package for Social Science (SPSS)*. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$ ou 5%.

RESULTADOS

Foram avaliados 31 pacientes, sendo 25 homens (80,64%), com média de idade de 51,6 anos, todos com afecções neurológicas.

Para permanecerem estáveis hemodinamicamente 16 pacientes necessitaram de DVAS, 17 pacientes receberam corti-

cóides e 20 pacientes broncodilatador. Os pacientes utilizaram sedação em média durante 5 dias, sendo que 14 pacientes (45,16%) permaneceram intubados e 18 foram traqueostomizados durante o desmame. O tempo médio de ventilação controlada foi de 5,9 dias e 9,03 dias de ventilação espontânea. Durante o período de ventilação controlada 8 pacientes utilizaram bloqueadores neuromuscular.

A média de P_{lmáx} inicial (primeiro dia do desmame) foi de 39% (38,8±17,4) da P_{lmáx} ideal ($p < 0,05$); 50% (47,9±22,3) no 5º dia; 60% (57,6±20,5) no 10º dia; e 72% (71,6±32,8) no 13º dia. Quando os valores foram comparados com os obtidos no primeiro dia, não houve diferença no 5º dia e no 10º e 13º houve um aumento ($p < 0,05$). Ao se comparar o 1º e o 13º dia de medida houve um aumento de 21% da P_{lmáx} ($p < 0,05$).

Tabela 1 Dados demográficos, etiologia e avaliação da gravidade dos pacientes neurológicos (n=31).

Dados avaliados	Resultados
Média da idade (anos/ ±)	(51,60 ±18,93)
Sexo Masculino (%)	25 (80,64)
Diagnósticos neurológicos	Freqüência (%)
Acidente vascular encefálico hemorrágico	7 (22,58)
Acidente vascular encefálico isquêmico	8 (25,8)
Traumatismo crânio encefálico	10 (32,25)
Politraumatismo associado a trauma crânio encefálico	6 (19,35)
APACHE II (média/±)	(23,65 ±5,89)

Tabela 2 Dados sobre a ventilação mecânica dos pacientes neurológicos (n=31).

Dados avaliados	Resultados
Intubação orotraqueal (média em dias/±)	(10,16±3,39)
Ventilação mecânica controlada (média em dias/±)	(5,94 ± 3,35)
Desmame (média em dias/±)	(9,00 ± 4,82)
Freqüência de extubação (%)	(14 ± 45,16)

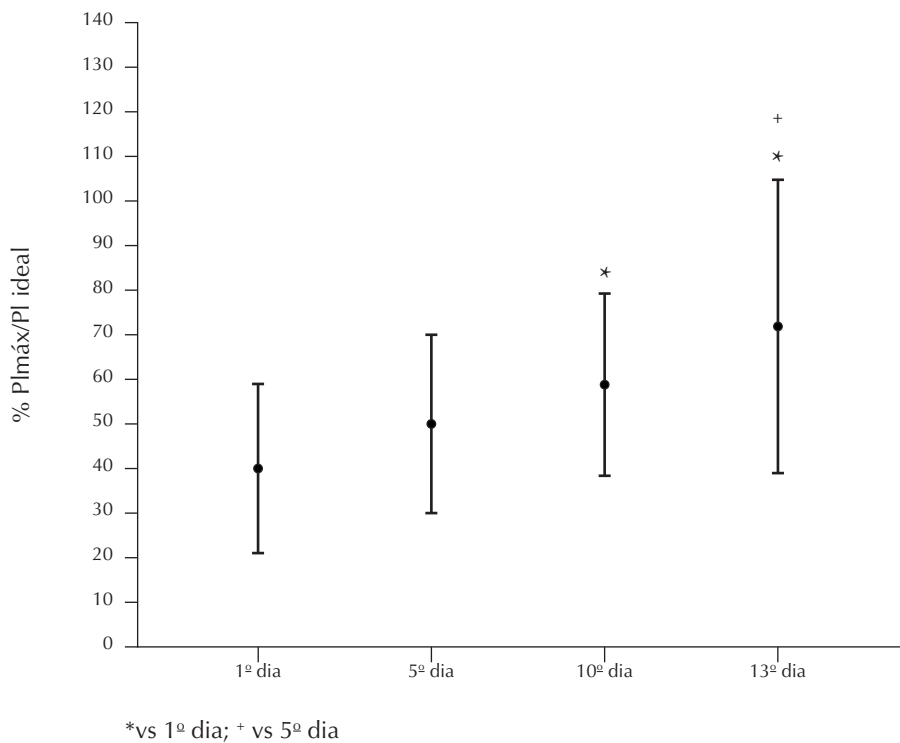


Figura 1 Comportamento da P_{lmáx} dos pacientes neurológicos no desmame da ventilação mecânica (n = 31).

Todos os pacientes foram completamente retirados da ventilação mecânica, sendo que no 10º dia, 19 pacientes (61,2% da amostra), estavam independentes do ventilador.

DISCUSSÃO

A ventilação e a oxigenação encefálica em neuroemergência são prioridades no atendimento de pacientes com afecções neurológicas para a manutenção de uma boa condição ventilatória na fase aguda da lesão ou trauma encefálico^{6,14}. A necessidade da assistência ventilatória artificial na presença de enfermidade neurológica aguda denota um quadro grave com elevada comorbidade e limitada recuperação funcional. Grande parte dos pacientes apresentam comprometimento do centro respiratório, com depressão ventilatória e hipoventilação. A ventilação mecânica reduz ou elimina a sobrecarga dos músculos respiratórios, porém também pode estar associada ao descondicionamento e disfunção muscular respiratória desses pacientes, se utilizada por períodos prolongados, o que pode comprometer o desmame².

Nesse estudo foi possível verificar que no primeiro dia de desmame da ventilação mecânica os pacientes neurológicos apresentaram em média 39% da P_{lmáx} ideal; a partir do quinto dia de desmame, eles começam a apresentar um ganho significativo de força muscular respiratória, atingindo 50% da P_{lmáx} ideal; e muitos pacientes foram capazes de respirar espontaneamente e de modo contínuo quando atingiram 60% da P_{lmáx}, isso ocorreu em torno do 10º dia. Os valores seguiram aumentando, atingindo no 13º dia 72% da P_{lmáx} ideal.

A avaliação da P_{lmáx} como índice preditor de sucesso no desmame da ventilação mecânica é um procedimento rotineiramente realizado. A maioria dos estudos relacionados demonstram 80% de sensibilidade, porém com 25% de especificidade, ou seja, é possível que pacientes que apresentam falha no desmame não tenham necessariamente uma P_{lmáx} reduzida. Além disso, a sua reprodutibilidade é questionável, devido à diversidade de métodos e dificuldade para a padronização da técnica, e ainda a maioria dos estudos não contempla populações homogêneas^{6,15}.

A utilidade da medida da P_{lmáx} em pacientes que necessitam de suporte ventilatório vem sendo demonstrada através de valores obtidos para prever o sucesso do desmame da ventilação mecânica^{3,6,7,8,14}. Em 1962, Wescotte & Bendixin avaliaram a P_{lmáx} de pacientes pós-cirúrgicos e verificaram que os pacientes eram capazes de retornar à sala de recuperação respirando espontaneamente com uma P_{lmáx} superior a -20cmH₂O¹⁷. Sahn & Laksminaraya em 1973, observaram que pacientes que apresentavam uma P_{lmáx} mais negativa que -30cmH₂O obtinham sucesso no desmame, enquanto que pacientes que apresentavam uma P_{lmáx} menos negativa que -20cmH₂O falhavam na tentativa de desmame¹.

Yang & Tobin em 1991, avaliaram a P_{lmáx} como índice preditor de desmame, através do método descrito por Marini *et al.* em 1986, em 100 pacientes e obtiveram -30cmH₂O como valor de referência^{9,10}. A ATS/ERS em 2002, recomenda que a P_{lmáx} mais negativa que -30cmH₂O é o valor ideal para obter sucesso no desmame da ventilação mecânica¹².

Em nosso estudo observamos que todos os pacientes, ao iniciar o processo de desmame da ventilação mecânica, apresentavam valores de P_{lmáx} superiores aos recomendados pela literatura como índice preditor de sucesso. Vale ressaltar que, embora esse nível de força muscular respiratória fosse suficiente para a respiração espontânea, o mesmo não foi suficiente para suprir completamente as necessidades dos pacientes neurológicos e possibilitar a total independência da assistência ventilatória mecânica. Isso pode estar associado com a falta de endurance dos músculos respiratórios^{3,6,7,8}, parâmetro que não foi avaliado em nosso grupo de pacientes, ou ainda devido a particularidades dos pacientes neurológicos, como rebaixamento do nível de consciência, presença de uma ventilação monótona e com baixo volume pulmonar, associados a pouca colaboração, diminuição da mobilidade global e restrição ao leito.

Marini *et al.* em 1986, mensuraram a P_{lmáx} de 20 pacientes com válvula unidirecional, em um período de 15 a 20 segundos e compararam com o método

da oclusão total do fluxo aéreo no fim da exalação, durante o mesmo tempo⁹. Os valores encontrados com o uso da válvula unidirecional foram superiores, diferença média de 34% ($p < 0,001$), o valor considerado como P_{lmáx} foi o atingido na proximidade do VR. Ou seja, volumes pulmonares menores promovem um maior esforço dos músculos inspiratórios.

Em outro estudo, Truwit & Marini em 1992, validaram a aplicação do método de avaliação da P_{lmáx} para pacientes pouco colaborativos. Os pacientes avaliados eram capazes de compreender simples comandos e apresentavam uma pressão de oclusão em 100ms (P_{0,1}) maior do que 2 cm de H₂O. Eles mensuraram a P_{lmáx} através da válvula unidirecional em 22 pacientes, realizando a oclusão ao fluxo inspiratório durante 20 segundos em dois grupos de pacientes, apenas um grupo foi orientado. Não houve diferença significativa entre os grupos, indicando que a avaliação da P_{lmáx} através da válvula unidirecional é um método eficaz para pacientes não colaborativos. Como a população que fez parte do presente estudo é composta ex-

clusivamente por pacientes neurológicos, foi optado pela utilização da válvula unidirecional para avaliar a força muscular respiratória através da P_{lmáx} durante o desmame da ventilação mecânica, com tempo oclusão de 40 segundos¹¹.

Em 2007, em estudo cruzado e randomizado com 30 pacientes, Guimarães *et al.* compararam duas formas de avaliação da P_{lmáx}, o método da oclusão e o da válvula unidirecional em tempos diferentes 20 e 40 segundos, adicionalmente durante as medições em 40 segundos, foram anotados os valores de P_{lmáx} em 30 segundos, sem a interrupção do teste. Em 40 segundos os valores de P_{lmáx} foram maiores do que em 20 segundos, para o método de oclusão e válvula unidirecional. Quando comparados os tempos 30 e 40 segundos do método válvula unidirecional, a P_{lmáx} foi maior em 40 segundos, $p < 0,001$ ¹⁴.

Nesse estudo comparamos os valores de P_{lmáx} avaliados com os valores calculados previstos na literatura através da fórmula de Black & Hyatt, 1969, ditos como valores ideais. Verificamos que no primeiro dia de desmame da ventilação mecânica os pacientes apresentaram

uma P_{lmáx} 39% da P_{lmáx} ideal, comprovando que realmente os pacientes neurológicos durante o período que utilizam suporte ventilatório artificial apresentam queda dos valores das pressões respiratórias, o que pode de maneira indireta inferir redução da força muscular respiratória^{9,15}.

Outros fatores como polineuropatia do paciente crítico, sepse, disfunção de múltiplos órgãos e sistemas, o uso de medicamentos miotóxico e sedativos e/ou bloqueadores neuromusculares, podem favorecer o comprometimento muscular³. Nesse estudo, todos os pacientes receberam sedação e antibioticoterapia, e alguns receberam corticóides e bloqueadores neuromusculares, porém não foi possível controlar a influência direta de tais medicações sobre os músculos respiratórios e conseqüentemente sobre o desmame da ventilação mecânica.

Assim sendo, os resultados deste estudo permitem concluir que a evolução ascendente da força muscular inspiratória, em pacientes neurológicos em processo de desmame, possibilita a independência completa do ventilador a partir de 60% dos valores preditos.

REFERÊNCIAS

- 1 Sahn AS, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest*. 1973;63:1002-5.
- 2 Norero E, Altschwager P, Romero C, Mellado P, Hernandez G, Castillo L, Buggedo G. Ventilacion mecânica em pacientes com patologias agudas del sistema nervoso central: sobrevida y pronostico funcional. *Rev Med Chile*. 2004;132:11-8.
- 3 Carlucci A, Ceriana P, Prinianakis G, Fanfulla F, Colombo R, Nava S. Determinants of weaning success in patients with prolonged mechanical ventilation. *Critical Care*. 2009 13 (3): R97. Disponível em < <http://ccforum.com/content/13/3/R97>>. Acesso em: 10 mai 2010. doi:10.1186/cc7927.
- 4 Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33 (Supl 2):128-136.
- 5 Mendonça Junior AA, Vendrame LS, Grava S. Complicações da ventilação mecânica. In: Sarmiento GJV: Fisioterapia respiratória no paciente crítico – rotinas clínicas. Barueri - SP: Manole. 2005;46:560-1.
- 6 Silva BAK da, Souza JKD, Pereira DM, Aydos RD, Carvalho P de TC de, Reis FA dos. Correlação entre pressão inspiratória máxima, ventilação pulmonar e tempo de ventilação em pacientes ventilados no modo de pressão de suporte. *ConScientiae*. 2008;7(3):379-84.
- 7 Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Guimarães B, Azeredo LM, Gago R, Souza PC. Evaluation of maximal inspiratory pressure, tracheal airway occlusion pressure, and its ratio in the weaning outcome. *J Crit Care*. 2009;24(3):441-6.
- 8 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.
- 9 Marini JJ, Smith TC, Lamb V. Estimation of inspiratory muscle strength in mechanically ventilated patients: the measurement of maximal inspiratory pressure. *J Crit Care*. 1986;1:32-8.
- 10 Yang K, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324:1445-50.