

Comparação das medidas de pressão inspiratória máxima entre ventilador mecânico e manovacuômetro no momento pré extubação em pacientes adultos

Comparison of maximum inspiratory pressure measurements between mechanical ventilator and manovacuometer in the pre-extubation moment in adult patients

Maxwell de Moraes Silva ¹  ; Edirlene de Melo Nogueira ²  , Magdaline Trindade Ladeira ³ 

1 Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais - Brasil
2 Hospital João XXII, Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais Hospital João XXIII, Belo Horizonte, Minas Gerais - Brasil
3 Universidade Federal de São Paulo, Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais Hospital João XXIII, Belo Horizonte, Minas Gerais - Brasil

Autor correspondente:
Maxwell de Moraes Silva.
E-mail: maxwell.silva@fhemig.mg.gov.br

RESUMO

INTRODUÇÃO: O uso da ventilação mecânica é primordial para a estabilização do doente crítico. Porém há complicações relacionadas ao seu uso prolongado, uma delas é a capacidade do doente se manter fora do suporte ventilatório. É sabido que a força da musculatura respiratória contribui para a manutenção da ventilação espontânea. Desta forma avaliar e quantificar métodos diferentes, mas que avaliam a mesma variável de força, pode facilitar o processo de retirada da prótese ventilatória e o sucesso da extubação.

OBJETIVO: Avaliar a correlação entre as medidas da PImáx realizadas com o manovacuômetro e ventilador mecânico no momento pré interrupção do suporte ventilatório. **MÉTODOS:** Trata-se de um estudo observacional prospectivo realizado na UTI Adulto de um hospital referência em trauma, entre maio de 2021 a novembro de 2022. A PImáx foi realizada com o manovacuômetro conectado a uma válvula unidirecional e no VM, no início do teste de respiração espontânea em pacientes eletivos para o desmame, e os mesmos foram acompanhados até 48 horas pós medidas. Os resultados foram apresentados com média $\pm$ erro padrão, sendo considerado o nível de significância ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no programa estatístico Graph Pad Prism 8.0. **RESULTADOS:** Foram incluídos 73 pacientes, a PImáx foi medida em 45 pacientes intubados e 28 traqueostomizados. A média no manovacuômetro foi de $-55,6 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($\pm 26,1$), a média no ventilador foi de $-44,9 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($\pm 24,4$). Houve uma correlação forte ($r = 0,75$) entre os dois métodos. Pacientes com medidas no manovacuômetro $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ tiveram 68% de sucesso e 16% de falha, no VM $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ teve taxa de 52% de sucesso e 15% insucesso no desmame.

CONCLUSÃO: Este estudo sugere uma forte correlação entre as medidas da PImáx realizadas pelo manovacuômetro e ventilador mecânico, levantando a possibilidade de maior utilização desta medida via VM, uma vez que isso otimiza o processo de avaliação da força da musculatura respiratória. Em relação ao sucesso no desmame, nossos achados corroboram com a literatura, a qual pacientes que tiveram valores de PImáx $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$, em ambos os métodos, obtiveram maior taxa de sucesso no desmame ventilatório.

Palavras-Chave: Pressão Inspiratória Máxima. Ventilação Mecânica. Treinamento Muscular Inspiratório.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The use of mechanical ventilation is essential for the stabilization of critically ill patients. However, there are complications related to its prolonged use, one of them is the patient's ability to stay off ventilatory support. It is known that the strength of the respiratory muscles contributes to the maintenance of spontaneous ventilation. Thus, evaluating and quantifying different methods, but evaluating the same strength variable, can facilitate the process of removing the ventilatory prosthesis and the success of extubation. **OBJECTIVE:** To evaluate the correlation between MIP measurements performed with the manovacuometer and mechanical ventilator at the time before interruption of ventilatory support. **METHODS:** This is a prospective observational study conducted in the Adult ICU of a trauma referral hospital in Belo Horizonte, between May 2021 and November 2022. A MIP was performed with the manovacuometer connected to a unidirectional valve and on MV at the beginning of the trial in elective weaning patients, and they were followed up to 48 hours after measurements. The results were presented with mean $\pm$ standard error, considering the significance level ($p < 0,05$). The analyses were performed using the statistical program Graph Pad Prism 8.0. **RESULTS:** We included 73 patients, and MIP was measured in 45 intubated and 28 tracheostomized patients. The mean on the manovacuometer was $-55.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ (± 26.1), the mean on the ventilator was $-44.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ (± 24.4). There was a strong correlation ($r = 0.75$) between the two methods. Patients with measurements in the manovacuometer $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ had 68% of success and 16% of failure, in MV $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ had a rate of 52% of success and 15% failure in weaning. **CONCLUSION:** This study suggests a strong correlation between the MIP measurements performed by the manovacuometer and mechanical ventilator, raising the possibility of greater use of this measurement via MV, since this optimizes the process of evaluation of respiratory muscle strength. Regarding the success in weaning, our findings corroborate the literature, which patients who had MIP values $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$, in both methods, obtained a higher success rate in ventilatory weaning.

Keywords: Maximal Inspiratory Pressure. Mechanical Ventilation. Inspiratory Muscle Training.

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica invasiva (VMI) tem papel importante na estabilização do doente crítico, isso se dá por meio de correção da hipoxemia, acidose respiratória por hipercapnia, na redução do trabalho ventilatório, quando há alta demanda metabólica ou quando há instabilidade de comando pelo centro respiratório.¹

Apesar dos benefícios do suporte ventilatório invasivo, sabe-se que a ventilação mecânica pode causar lesões pulmonares, exacerbar lesões parenquimatosas e induzir a patologias estruturais e clínicas como: pneumonia associada à ventilação mecânica, fraqueza muscular respiratória, sinusite, barotrauma, hemorragia gastrointestinal e a polineuropatia do doente crítico, que aumentam a mortalidade e retardam a retirada do suporte ventilatório.²

Cerca de 50% dos adultos internados nas unidades de terapia intensiva desenvolvem disfunções neuromusculares após uso de ventilação, entre essas disfunções, há perda de 50% da força de contração diafragmática comparado a indivíduos normais.³

O desmame é o processo de retirada da ventilação mecânica de forma abrupta ou gradual, deve começar de forma precoce para reduzir o tempo de exposição a ventilação invasiva e minimizar os prejuízos.⁴ O período de desmame corresponde a cerca de 40% do tempo de ventilação mecânica total, podendo ser ainda maior quando associado a comorbidades. Por esses motivos, após o controle da insuficiência respiratória ou causa necessária do suporte ventilatório, deve-se iniciar o processo de desmame o mais precocemente possível.⁵

O diafragma pode ser considerado como o principal músculo inspiratório⁶ e há evidências que 18 horas de ventilação controlada está associada à atrofia acentuada das suas fibras de contração lenta e rápida.⁷ Essa atrofia prolonga o tempo de desmame da ventilação mecânica e, com isso, aumenta o tempo de internação em uma unidade de terapia intensiva em 40% e acomete cerca de 20-25% de pacientes ventilados mecanicamente.⁸

O emprego de técnicas para mensurar alterações de força na musculatura respiratória faz-se necessário, uma vez que a fraqueza muscular pode interferir no processo do desmame ventilatório.⁹

A pressão inspiratória máxima ou (P_{imáx}) é a mensuração da força dos músculos inspiratórios contra um estímulo de oclusão das vias aéreas.¹⁰ As manobras inspiratórias máximas são amplamente utilizadas para testes específicos de força muscular respiratória. Os valores podem ser mensurados por um teste simples, capaz de avaliar a fraqueza da musculatura respiratória a beira leito.¹¹

O estudo de Sahn, 1973 demonstrou que pacientes com P_{imáx} superior a -30 cmH₂O apresentavam bom prognóstico no desmame, enquanto os pacientes com P_{imáx} inferior a -20 cmH₂O falharam no desmame¹² e desde então estudos tem sido realizados sobre valores de pressão inspiratória máxima e sua associação com o desmame.

A avaliação da pressão inspiratória máxima pode ser realizada por dois métodos com alta sensibilidade: o método de oclusão simples e o método de válvula unidirecional¹⁷. O estudo de Marini *et al.*¹³ encontrou melhor reprodutibilidade em pacientes críticos pelo método da válvula unidirecional.

Na medição convencional pelo método de válvula unidirecional, considerado o mais fidedigno, o paciente é posicionado e é eliminado escapes e secreção nas vias aéreas. O paciente fica conectado na ventilação mecânica para repouso e após o tempo determinado, o paciente é desconectado da ventilação mecânica e acoplado a uma válvula que só permite exalação, pacientes não comatosos são incentivados a fazer o maior esforço possível.¹⁴

Outra forma de realizar a medida é através do ventilador mecânico. Com o avanço da tecnologia, os ventiladores mecânicos

acoplaram diferentes formas de monitorização,¹⁵ entre essas formas está a pressão inspiratória máxima.

Na medição realizada na ventilação mecânica, o ventilador passa automaticamente para o modo de pressão de suporte ventilatório a 5 cmH₂O, o respirador passa a avaliar o ciclo respiratório – identificando inspiração e expiração. Em um dado momento, a válvula inspiratória é ocluída por um período, permitindo que o paciente possa exalar. O paciente é estimulado a fazer a máxima pressão inspiratória possível, sendo registrada a menor pressão encontrada durante a oclusão.¹⁵

A falta de manovacuômetros digitais e/ou analógicos ou mesmo a baixa manutenção nos aparelhos em alguns serviços, são uma barreira importante na monitorização desse importante parâmetro para o desmame. A possibilidade de mensurar a pressão inspiratória máxima pelo ventilador mecânico pode ser um facilitador para a medição nos serviços que dispõem de aparelhos que realizam a medida.

Entretanto, até o presente momento, foram encontrados poucos estudos que avaliaram a confiabilidade da medida realizada pelo ventilador mecânico e compararam com o ventilador mecânico. Também não foram encontrados estudos que avaliaram se o ponto de corte para desmame mantém-se o mesmo quando a medida é realizada pelo ventilador mecânico. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre as medidas da P_{imáx} realizadas com o manovacuômetro e ventilador mecânico no momento pré interrupção do suporte ventilatório.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional prospectivo realizado na Unidade de Terapia Intensiva Adulto de um Hospital. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) local, e teve a dispensa do Termo de consentimento livre esclarecido - TCLE.

O estudo foi realizado no período de maio a novembro de 2021, e um único avaliador treinado foi responsável pela mensuração da P_{imáx} dos pacientes com resolução da fase aguda, aptos para iniciar o desmame da VM. O avaliador era informado pelo fisioterapeuta do serviço, para avaliação dos critérios de inclusão, coleta dos dados e mensuração da P_{imáx}, conforme o protocolo estabelecido para o estudo.

Foram incluídos os pacientes com idade maior ou igual a 18 anos, em ventilação mecânica invasiva por um período maior ou igual a 24 horas, estáveis hemodinamicamente, intubados ou traqueostomizados, em modo ventilatório espontâneo, com pressão de suporte (PS) menor ou igual a 20 cmH₂O e PEEP menor ou igual a 8 cmH₂O, com SpO₂ maior ou igual a 90% e fração inspirada de oxigênio (FiO₂) menor ou igual a 40%.

Foram excluídos todos os pacientes que apresentaram instabilidade hemodinâmica, pontuação menor que -1 na escala de agitação e sedação de (RASS), temperatura $\geq$ 38,3°C, frequência respiratória (FR) igual ou superior a 35irpm, ou aqueles sintomáticos ou positivos para COVID-19, no pré-teste.

Os pacientes foram submetidos aos dois métodos de mensuração da P_{imáx}, a ordem do teste foi aleatória, por meio da seleção de uma das fichas nomeadas (A ou B), que estavam dentro de um envelope pardo, por um terceiro disponível no setor. Foi assegurado que o sorteador não identificasse o que estava escrito nas fichas e que não as retirasse ao mesmo tempo. Foi considerado como 'A' o método (VM) e 'B' o método do (manovacuômetro) com válvula unidirecional.

Para o método 'A' o VM utilizado foi do modelo DIXTAL DX3012[®], no qual o programa de P_{imáx} do ventilador analisa duas

respirações e no final da última expiração a válvula inspiratória é ocluída por 20 segundos¹⁵. Foi certificado que o VM estava dentro do período de manutenção e calibragem preconizado pela central de equipamentos respiratórios do Hospital e que o circuito não havia vazamento. E para o método 'B' foi utilizado um manovacuômetro analógico devidamente calibrado, da marca Comercial Médica ® série 224511 acoplado a uma válvula expiratória unidirecional que varia entre +120 cmH₂O a -120 cmH₂O.

Para o controle da metodologia e confiança nos resultados, foi realizado um estudo piloto por um período de 60 dias onde as medidas da PImáx foram realizadas por um único examinador. Registramos três medidas com intervalos de 1 minuto entre elas. Das 3 medidas, foram anotadas o maior valor da PImáx. Houve um intervalo de 15 minutos para repouso entre os métodos. Nos dois métodos, os pacientes foram estimulados verbalmente a realizar esforço inspiratório máximo por meio das palavras: "Puxa o ar, força, força, força, está acabando, força".

Caso o paciente apresentasse sinais de intolerância ao teste, como: esforço respiratório, hipoxemia (SpO₂ <92%), hipertensão arterial (PA >180x100 mmHg) ou hipotensão arterial (PA <90x60mmHg) e taquicardia (FC >160 bpm), o teste era interrompido imediatamente e providências eram tomadas, se necessário.

Após a mensuração das medidas, o paciente seguiu para a retirada do suporte ventilatório. Os pacientes foram acompanhados pelo prontuário eletrônico, formulário diário de registro de dados do serviço de fisioterapia e pelo checklist de extubação, por 48 horas para identificação do desfecho da interrupção do suporte ventilatório.

Análise estatística

O desfecho primário desse estudo foi a avaliação do grau de relação entre as medidas de PImáx realizadas no VM e com o manovacuômetro, no momento da interrupção do suporte ventilatório. O sucesso do desmame após 48 horas da retirada do suporte ventilatório foi considerado desfecho secundário. Os dados das variáveis categóricas estão apresentados por meio de frequências e porcentagens, as variáveis numéricas foram testadas sua normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk e estão apresentadas em médias e desvio-padrão. A associação entre as variáveis contínuas foi realizada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, conforme a normalidade e distribuição. A análise entre as medidas de desfecho ventilatório e métodos de avaliação da PImáx, foram feitas através do teste Two-way ANOVA. Todos os dados estatísticos foram analisados e gerados pelo programa Graph Pad Prism 8.0.

RESULTADOS

O estudo foi conduzido no período de maio de 2021 a novembro de 2022. Foram incluídos 78 pacientes, 5 foram excluídos devido à oscilação de sensorio ou instabilidade hemodinâmica durante o procedimento de medida da PImáx, como previsto nos critérios de exclusão, totalizando 73 pacientes avaliados.

A **tabela 1** consta os dados demográficos gerais dos indivíduos incluídos nesse estudo. Dos 73 pacientes, 50 (68,5%) eram do sexo masculino, com média de idade de 48,78 ± 17,22 anos, 23 (31,5%) eram do sexo feminino com média de idade de 54,30 ± 17,97 anos. Observamos que o tempo médio de ventilação mecânica foi 7,17 ± 4,48 dias. Os diagnósticos mais incidentes foram: Traumatismo cranioencefálico (TCE) em 35 (47,9%), tentativa de autoextermínio (TAE) em 5 pacientes (6,8%), politrauma em 5 pacientes (6,8%), traumatismo raquimedular (TRM) em

4 pacientes (5,4%), acidente vascular encefálico (AVE) em 4 pacientes (5,4%), e 20 pacientes (27,7%) com outros diagnósticos. Houve maior prevalência em pacientes em uso de tubo orotraqueal (TOT) 45 pacientes (61,6%), seguido de traqueostomia 28 pacientes (38,4%). Ao avaliarmos o sucesso no desmame, 59 pacientes (80,8%) obtiveram sucesso e 14 pacientes (19,2%) falharam no desmame ventilatório.

Tabela 1 - Características da amostra.

Sexo	Masculino	50 (68,5%)
	Feminino	23 (31,5%)
Idade (anos)	50,52 ± 17,41	
Tempo de VM (dias)	7,17 ± 4,48	
Diagnósticos	TCE	35 (47,9%)
	TAE	5 (6,8%)
	Politrauma	5 (6,8%)
	TRM	4 (5,4%)
	AVE	4 (5,4%)
	Outros	20 (27,7%)
Tipos de via aérea	Tubo orotraqueal	45 (61,6%)
	Traqueostomia	28 (38,4%)
Desfechos no desmame	Sucesso	59 (80,8%)
	Insucesso	14 (19,2%)

Resultados expressos em n (%), ± Desvio Padrão (idade, tempo de VM) e média (Tempo de VM).

Todos estavam hemodinamicamente estáveis, porém 16 (21,9%) dos pacientes estavam em uso de doses <10 ml/hr de aminas. A maior parte dos indivíduos 59 (80,8%), estavam sem sedação na bomba de infusão e 14 (19,2%) ainda faziam uso de sedação venosa no ato da avaliação. Avaliamos a resposta aos comandos verbais e observamos que 61 (83,5%) responderam e 12 (16,5%) não, a média da escala de coma de Glasgow foi 9,6 ± 2,3.

A média da PImáx no manovacuômetro foi de -55,6 ± 26,1 cmH₂O comparado a média de -44,4 ± 24,4 cmH₂O no ventilador, a diferença entre as médias foi de 11,2 cmH₂O, valor de p= 0,001; isto é, a média das medidas no VM é 80% do valor das medidas realizadas pelo manovacuômetro, instrumento proposto para medida da PImáx na literatura veja **gráfico 1**.

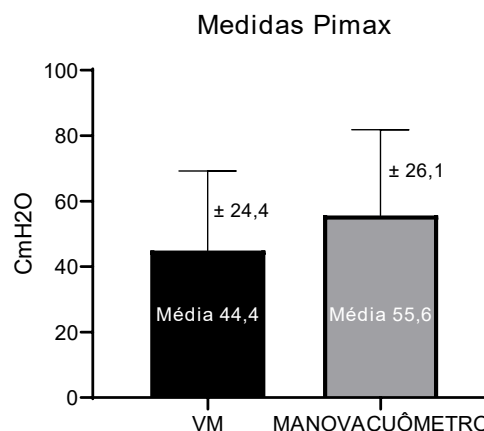


Gráfico1 – Diferenças das médias de pressão inspiratória máxima medida através do Manovacuômetro e Ventilador Mecânico. * $p < 0,001$

Ao analisar a equiparação das medidas pela correlação de Pearson houve correlação estatisticamente significativa ($r = 0,75$; $p < 0,0001$) quando os maiores valores das três medidas da PImáx pelos dois métodos foram avaliados. Veja o **gráfico 2**.

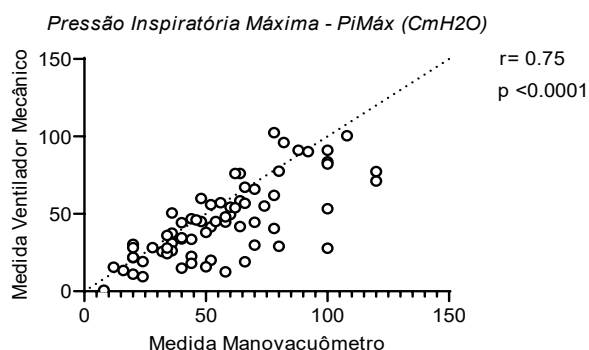


Gráfico 2 - Correlação de Pearson entre pressão inspiratória máxima medida através do Manovacuômetro e Ventilador Mecânico.

Ao analisar se os valores de corte da PImáx para predição de sucesso e insucesso estavam associados aos desfechos, os pacientes que apresentaram valores ≤ -30 cmH₂O tiveram maior índice de sucesso no desmame. Esses achados corroboram positivamente com base no que foi proposto na literatura quando se relaciona a PImáx com o desfecho no desmame. A tabela 2 mostra os índices de sucesso e falha na interrupção do suporte ventilatório.

PRESSÃO INSPIRATÓRIA MÁXIMA (n=73)	SUCESSO	INSUCESSO
Manovacuômetro ≤ -30 cmH ₂ O	50 (68%)	12 (16%)
Manovacuômetro > -30 cmH ₂ O	9 (12%)	2 (2,7%)
VM ≤ -30 cmH ₂ O	38 (52%)	11 (15%)
VM > -30 cmH ₂ O	21 (28%)	3 (4,1%)

Tabela 2: Comparação da PImáx versus Sucesso no desmame ventilatório.

As causas de falhas na interrupção do suporte ventilatório foram multifatoriais, sendo respectivamente as mais prevalentes: estridor laríngeo (4), despertar pouco efetivo (3), piora do padrão respiratório (3), instabilidade hemodinâmica (3) e provável fraqueza muscular (1).

Quando estratificamos os dados e comparamos todos os valores de medidas da PImáx obtidas pelo manovacuômetro e VM, versus desfecho no desmame ventilatório, observamos que não houve diferença estatisticamente significativa entre a medida e o desfecho no desmame, ($p = 0,93$), porém ao analisar as medidas de sucesso e insucesso do manovacuômetro e compara-las entre si, observamos que apresentou valor estatisticamente significativa ($p = 0,03$), não observamos o mesmo fenômeno quando avaliamos os dados de sucesso e falha do ventilador mecânico ($p = 0,61$). Isso pode ser visto na comparação das medidas no **gráfico 3**.

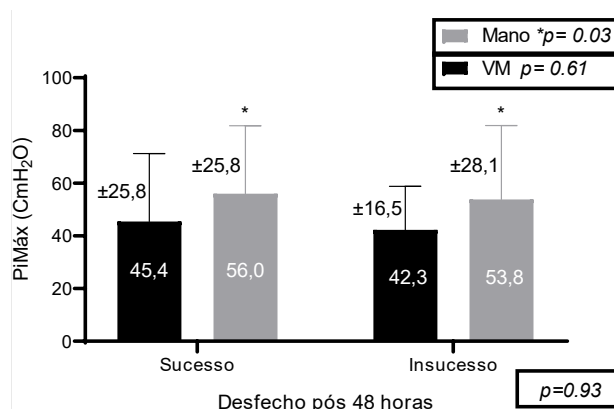


Gráfico 3: Análise das medidas de PImáx do VM e Manovacuômetro versus o sucesso no desmame ventilatório após 48 horas. Valores estatisticamente significativos ao comparar medidas de sucesso e insucesso do manovacuômetro (* $p = 0,03$). Não houve correlação estatisticamente significativa ao avaliarmos as medias de sucesso e insucesso do VM ($p = 0,61$), assim como quando comparamos os dois grupos com as duas formas de medidas ($p = 0,93$).

DISCUSSÃO

É sabido que os índices de desmame sofrem influência de variáveis como a população avaliada, os valores de pontos de cortes utilizados e os padrões de forma de avaliação. Eles são úteis na identificação dos pacientes que provavelmente serão incapazes de tolerar o desmame por risco elevado de falha, também tem um bom emprego para identificar possíveis causas reversíveis de falha no desmame.¹⁶

A medida da PImáx, foi utilizada durante muito tempo como índice preditor de sucesso no desmame ventilatório e como método de avaliação da resposta do treinamento muscular respiratório. O estudo clássico de Sahn e Lakshminarayan (1973), avaliou 100 indivíduos em ventilação mecânica invasiva, e observaram que pacientes com PImáx menor -30 cmH₂O obtiveram sucesso no desmame, enquanto que quem apresentou PImáx maior que -20 cmH₂O falharam no desmame ventilatório. De um modo geral, a literatura já tem consolidado os pontos de corte para valores de PImáx que se associam à desfecho positivo na interrupção do suporte ventilatório, sendo o valor de -30 cmH₂O o mais prevalente em sucesso de desmame.^{17,18}

Em nosso estudo, utilizamos dois métodos para a avaliação da PImáx, sendo um, o ventilador mecânico e o outro, o manovacuômetro analógico com válvula unidirecional com o tempo de oclusão de 20 segundos. A literatura já respalda o uso da válvula unidirecional para pacientes não cooperativos, entretanto, recomenda que o tempo de oclusão seja de 40 segundos para objetivar o maior valor de PImáx.¹⁹ Optamos pelo tempo de mensuração de 20 segundos pela válvula unidirecional, para mantermos o padrão de tempo feito pelo ventilador mecânico DIXTAL 3012, o mesmo, analisa três respirações, e a partir disso oclui a válvula inspiratória por 20 segundos e analisa o valor de PImáx nesse período.

Spadaro *et al*, (2015) compararam as medidas de PImáx pelo manovacuômetro com válvula unidirecional com tempo de oclusão de 20 segundos, com o ventilador mecânico (Servo I), onde a medida era dada pela inspeção visual e os registros gráficos. Concluíram que a PImáx pode ser usada pelo método do VM, porém relatam algumas diferenças das medidas que podem sofrer quando são medidas pelo VM.²⁰ Para minimizar as variáveis externas à

medição, nos certificamos que os ventiladores utilizados no estudo, estavam dentro do prazo de calibração recomendado pela central de equipamentos respiratórios do hospital e pela empresa fabricante do mesmo, ambas recomendam que o tempo de calibragem seja semestral. O circuito do VM sempre é testado previamente antes de iniciar o suporte ventilatório aos pacientes, utilizamos sempre o padrão utilizado no serviço, quatro traqueias unidas pelo conector, além disso, verificamos as medidas de resistência e complacência do circuito do VM.

Nosso estudo foi realizado em uma UTI de trauma, 73 pacientes foram incluídos, sendo a maioria (47,9%) com o diagnóstico principal de TCE, tivemos 14 pacientes que falharam no desmame ventilatório, 7 pacientes (50%) tinham o diagnóstico de TCE e apenas dois pacientes tinham medidas de PImáx >-30 cmH₂O no VM e no manovacuômetro. Isso justifica que a maioria das causas de insucesso no desmame dos pacientes com PImáx > -30cmH₂O não estão associados diretamente à fraqueza muscular. Outros fatores relacionados aos pacientes parecem ter influenciado na medida da PImáx do que propriamente a fraqueza da musculatura respiratória, como fratura de arcos costais, dor, delirium e distensão abdominal.

Segundo Guimarães (2007) o sucesso do desmame é multifatorial, depende diretamente do nível de consciência e de capacidade de proteção de via aérea, isso nos mostra que não necessariamente os pacientes que falharam no desmame vão apresentar fraqueza muscular na avaliação da PImáx, pois, apesar de bastante utilizada na literatura para diagnosticar fraqueza muscular respiratória, quando se observa a correlação com desmame, esta variável apresenta baixa acurácia com curva ROC pouco acima de 0,5.²¹ Os pacientes não necessitam somente de força muscular, mas resistência para se manterem em ventilação espontânea.

Quando avaliamos os fatores externos, como o tipo de válvula unidirecional, o tempo de oclusão e o tamanho do circuito do VM, podemos encontrar possíveis explicações que justifiquem que a maior parte dos pacientes avaliados com PImáx >-30 cmH₂O no VM ainda sim obtiveram sucesso no desmame. O valor real da força da musculatura inspiratória quando medido pelo software do ventilador pode sofrer influência direta do tamanho do circuito, visto que a medida é registrada pelo sensor do pneumotacógrafo na parte proximal do aparelho, além de que cada circuito tem uma resistência e complacência de acordo com seu tamanho, e isso pode oferecer maior dificuldade para que o VM registre com precisão a medida da força do paciente, e assim subestimar o valor da PImáx.

Ao avançarmos para o processo do desmame ventilatório faz-se necessário utilizarmos de índices preditivos de desmame que torne seguro a interrupção do suporte ventilatório. Há algum tempo se fala em preditores mais precisos, como a ultrassonografia diafragmática que avalia a taxa de espessura do diafragma ($\Delta tdi\%$), entre o final da expiração e o início da inspiração, os valores de referência na literatura variam de >20%, 30% e 34% ($\Delta tdi\%$) com sensibilidade que variam de 84% a 88% e especificidade de 50% a 79%.^{22,23}

Encontramos algumas barreiras que influenciaram no desenvolvimento do estudo. O fisioterapeuta responsável pela unidade de terapia intensiva identificava o paciente elegível para extubação, entretanto não havia tempo hábil do pesquisador ser acionado para avaliação das medidas. Outro ponto importante é que a população deste estudo, na maioria das vezes, tinha menos de 24 horas de ventilação mecânica, devido ao perfil de pós-operatório imediato e já cursavam para a extubação, ou em algumas vezes não tinham o despertar organizado, ou seja, passavam por oscilação de sensorio e no momento da medida descompensavam por agitação, entretanto o esforço respiratório durante essas medidas, não gerou

evento adverso durante o período de estudo.

Outra observação importante sobre o público dessa pesquisa, é que os pacientes com politraumatismo, por diversas vezes necessitam de um tempo maior de internação na terapia intensiva, devido ao tempo maior com sedoanalgesia para manter a neuroproteção ventilatória, oscilação de sensorio e infecções sistêmicas, com isso, o tempo de ventilação mecânica tende a aumentar, podendo aumentar a taxa de traqueostomia e a consequentemente o eleva a chances de desmame prolongado.^{24,25,26}

Vale ressaltar que as medidas no manovacuômetro analógico são valores inteiros, que normalmente vão de 4 em 4 cmH₂O, e é necessário arredondar para mais ou para menos durante a medição, diferente disso, o ventilador mecânico registra valores de PImáx com decimais, dessa forma a medida do VM se torna mais fidedigna, pois não é influenciada pelo avaliador.

CONCLUSÃO

Observamos que houve uma forte correlação entre os dois métodos, levantando a possibilidade de maior utilização desta medida via VM, uma vez que isso otimiza o processo logístico de avaliação da força da musculatura respiratória, pois não necessitará do empenho para aquisição do manovacuômetro analógico para avaliação da PImáx para os pacientes intubados ou TQT em ventiladores microprocessados. Em relação ao sucesso no desmame, nossos achados corroboram com a literatura vigente, a qual pacientes que tiveram valores de PImáx $\leq$ -30 cmH₂O, em ambos os métodos, obtiveram maior taxa de sucesso no desmame ventilatório, porém ao avaliarmos todos os valores de PImáx do ventilador e do manovacuômetro, o método não mostrou diferenças significativamente estatística ao correlacionarmos com o desfecho no desmame ventilatório. Isso traduz que a PImáx pode ser utilizada em nossa prática clínica, para identificação da fraqueza muscular respiratória em pacientes com doenças neuromusculares e demais fatores que predispõe a fraqueza muscular, além de servir como parâmetros para prescrição de treinamento muscular inspiratório, entretanto, quando avaliada para desfecho de desmame isoladamente, apresenta baixa acurácia como preditor para o sucesso de interrupção do suporte ventilatório, necessitando assim de índices que integram outras variáveis, não somente a força da musculatura inspiratória.

REFERÊNCIAS

1. Carvalho CRR, Toufen Junior C, Franca SA. Ventilação mecânica: Princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. J Bras Pneumol. 2007; 33(Supl 2): S54-S70.
2. Meade M, Guyatt G, Sinuff T, Griffith L, Hand L, Toprani G, *et al.* Trials comparing alternative weaning modes and discontinuation assessments. Chest. 2001;120(6 Suppl):425S-437S. doi:10.1378/chest.120.6_suppl.425S.
3. Stevens RD, Dowdy DW, Michaels RK, Mendez-Tellez PA, Pronovost PJ, Needham DM. Neuromuscular dysfunction acquired in critical illness: A systematic review. Intensive Care Med. 2007;33(11):1876-91.
4. Ladeira MT, Vital FMR, Andriolo RB, Andriolo BNG, Atallah AN, Peccin MS. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2014;(5):CD006056
5. Tavares GS, Teixeira APA, Faria ID. Desmame prolongado

- da ventilação mecânica: revisão sistemática e proposição de um fluxograma de condução. *Fisioterapia Brasil*. 2018;19(5):711-22.
6. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, *et al*. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl Med*. 2008;358(13):1327-1335.
7. Cavalcante JGT, Silva RD, Souza HCM, Moraes NHL. Análise da força muscular expiratória e respiração espontânea de indivíduos em ventilação mecânica: estudo transversal. *Fisioter e Pesqui*. 2018;25(3):251-259.
8. Scanlan CL, Wilkins RL, Stoller JK, editors. *Fundamentos da terapia respiratória de Egan*. 7. ed. São Paulo: Manole; 2000.
9. Black LF, Hyatt RE. Maximal static respiratory pressures in generalized neuromuscular disease. *Am Rev Respir Dis*. 1971;103(5):641-50.
10. American Thoracic Society, European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624.
11. Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest*. 1973;63(6):1002-5.
12. Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Menezes SLS. Avaliação da pressão inspiratória máxima em pacientes críticos não-cooperativos: comparação entre dois métodos. *Ver bras fisioter*. 2007;11(3):233-238.
13. 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(1):32-38.
14. Barbas CSV, Ísola AM, De Carvalho Farias AM, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, *et al*. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2014; 26(2): 89-121.
15. Dixtal Biomédica Indústria e Comércio Ltda. DX 3010: manual de operação [Internet]. Rev. D. Manaus: Dixtal Biomédica; [s.d.] [citado 2026 Jul 17]. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/>.
16. Nemer SN, Barbas CSV. Índices de desmame: o que devemos saber?. *Pulmão RJ*. 2011;20(3):24-28.
17. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-50.
18. Fiastro JF, Habib MP, Shon BY, Campbell SC. Comparison of standard weaning parameters and the mechanical work of breathing in mechanically ventilated patients. *Chest*. 1988;94(2):232-8.
19. Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Menezes SLS. Avaliação da pressão inspiratória máxima em pacientes críticos não-cooperativos: comparação entre dois métodos. *Rev Bras Fisioter*. 2007;11(3):233-8.
20. Spadaro S, Marangoni E, Ragazzi R, Mojoli F, Verri M, Longo L, *et al*. A methodological approach for determination of maximal inspiratory pressure in patients undergoing invasive mechanical ventilation. *Minerva Anesthesiol*. 2015;81(1):33-8.
21. Nemer SN, Barbas CSV, Caldeira JB, Guimaraes B, Azeredo LM, Gago R, *et al*. Evaluation of maximal inspiratory pressure, tracheal airway occlusion pressure, and its ratio in the weaning outcome. *J Crit Care*. 2009; 24(3): 441-446.
22. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, McCool FD, Mora J. Change in Diaphragmatic Thickness During the Respiratory Cycle Predicts Extubation Success at Various Levels of Pressure Support Ventilation. *Lung*. 2016; 194(4): 519-25.
23. Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care*. 2017;30(1):37-43.
24. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014 May;69(5):423-7.
25. Okabe Y. Risk factors for prolonged mechanical ventilation in patients with severe multiple injuries and blunt chest trauma: a single center retrospective case-control study. *Acute Med Surg*. 2018;5(2):166-172.
26. Rognes IN, Pischke SE, Ottestad W, Røislien J, Berg JP, Johnson C, *et al*. Increased complement activation 3 to 6 h after trauma is a predictor of prolonged mechanical ventilation and multiple organ dysfunction syndrome: a prospective observational study. *Mol Med*. 2021;27(1):35.