

ARTIGO ORIGINAL**Avaliação da concordância entre as medidas da pressão inspiratória máxima em manovacômetros analógico e digital no serviço de terapia intensiva do Hospital Naval Marcílio Dias**CT(S) HEBE DE FARIA CORDEIRO *¹ADAUTO DUTRA MORAES BARBOSA *²JOCEMIR RONALDO LUGON *³LEONARDO CORDEIRO DE SOUZA *⁴**Resumo**

A pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) é uma medida quantitativa da função e da força dos músculos inspiratórios, obtida por meio da manovacuometria. Este estudo objetiva avaliar a concordância dos valores da P_{Imáx} no manovacômetro digital TieMeter em comparação com as medidas *in vitro* e *in vivo* realizadas no manovacômetro analógico Murenas e no digital MVD300. Trata-se de estudo transversal e prospectivo, com mensurações simultâneas da P_{Imáx} *in vitro* e *in vivo*, obtidas no manovacômetro digital TieMeter e nos manovacômetros analógico Murenas e digital MVD300. Na medida *in vitro*, a pressão negativa foi gerada com uma seringa de plástico. A medida *in vivo* foi realizada em uma amostra de conveniência em um serviço de terapia intensiva (STI), com pacientes intubados ou traqueostomizados. Para verificar a concordância dos valores da P_{Imáx} foram utilizados o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e o diagrama de Bland-Altman. Os valores *in vitro* do CCI no manovacômetro analógico e no digital MVD300 foram 0,999 (IC 95% 0,998 a 0,999); no manovacômetro analógico e no digital TieMeter, 0,999 (IC 95% 0,999 a 0,999); e nos manovacômetros digitais MVD300 e TieMeter, 1,000 (IC 95% 0,999 a 1,000). Já os valores *in vivo* (n=53) no manovacômetro analógico e no digital MVD300 foram 0,997 (IC95% 0,995 a 0,998), no manovacômetro analógico e no digital TieMeter, 0,998 (IC 95% 0,996 a 0,999) e nos manovacômetros digitais MVD300 e TieMeter, 0,999 (IC 95% 0,999 a 1,000). As análises demonstraram concordância entre as medidas da P_{Imáx} nos três equipamentos testados, e os resultados podem facilitar a disseminação do uso do TieMeter para medir a P_{Imáx} em ambientes clínicos e hospitalares com a finalidade assistencial e de pesquisa.

Palavras-chave: Testes de Função Respiratória; Pressões Respiratórias Máximas; Músculos Respiratórios; Debilidade Muscular.

Abstract

Maximal inspiratory pressure (MIP), obtained by manovacuometry, is a quantitative measurement of inspiratory muscle function and strength. This study aims to evaluate the agreement of the digital manovacuometer TieMeter MIP values with the analog Murenas and digital MVD300 manovacuometer, *in vitro* and *in vivo*, through comparative measurements. This is a cross-sectional and prospective study, with *in vitro* and *in vivo* MIP measurements obtained with the digital manovacuometer TieMeter and with the analog Murenas and digital MVD300 manovacuometers. *In vitro*, negative pressure was generated with a plastic syringe. *In vivo*, measurements were made on a convenience sample in an intensive care unit with intubated or tracheostomized patients. To verify the agreement of MIP values, the intraclass correlation coefficient (ICC) and the Bland-Altman diagram were used. For *in vitro* measures, the ICC between the values obtained with

Submetido em: 17/5/2023

Aprovado em: 31/8/2023

*¹ Fisioterapeuta. Mestre em Saúde Materno-infantil pela Universidade Federal Fluminense. Assistente do Serviço de Fisioterapia do Hospital Naval Marcílio Dias.

*² Médico. Pós-Doutorado em Pediatria (Neonatologia) pela University of Miami (Estados Unidos, USA). Diretor da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense.

*³ Médico. Pós-Doutorado na University of Texas Health Science Center-San Antonio, Texas (USA). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade Federal Fluminense.

*⁴ Fisioterapeuta. Doutor em Ciências Médicas pela Universidade Federal Fluminense. Coordenador da pós-graduação Lato sensu em Fisioterapia Intensiva da Universidade Estácio de Sá (UNESA) – Niterói / RJ.

the analog and digital MVD300 manovacuometer was 0.999 (95% CI 0.998 to 0.999); with the analog and digital TieMeter manovacuometer, 0.999 (95% CI 0.999 to 0.999); and with the MVD300 and digital TieMeter manovacuometer, 1.000 (95% CI 0.999 to 1.000). In vivo (n=53), the corresponding values were 0.997 (95% CI 0.995 to 0.998), 0.998 (95% CI 0.996 to 0.999), and 0.999 (95% CI 0.999 to 1.000). The analyses showed a strong agreement between the MIP measurements in the three tested devices, analog Murenas, digital MVD300, and TieMeter. The results contribute to facilitate the dissemination of the use of the TieMeter for MIP measurement in clinical and hospital environments for healthcare and research purposes.

Keywords: Respiratory Function Tests; Maximal Inspiratory Pressure; Respiratory Muscles; Muscle Weakness.

INTRODUÇÃO

O interesse por estudar a força muscular respiratória começou em 1969 com Black e Hyatt, e perpetua até os dias atuais¹. Os autores utilizaram um aferidor de pressão capaz de mensurar a pressão inspiratória máxima (Plmáx) e a pressão expiratória máxima (PEmáx) denominado manovacômetro², o que possibilitou a avaliação indireta das forças inspiratória e expiratória dos músculos respiratórios¹. Especificamente, a Plmáx é uma medida quantitativa da função e da força dos músculos respiratórios graduada em cmH₂O³.

A mensuração da Plmáx é um dos métodos mais amplamente utilizados para avaliar a força muscular inspiratória e tem a vantagem de ser uma avaliação não invasiva. Essa análise funcional dos músculos respiratórios possibilita ao fisioterapeuta identificar

e diagnosticar a fraqueza muscular respiratória e, dessa forma, prescrever um plano de tratamento adequado aos seus pacientes, como indicar o uso de ventilação mecânica não invasiva ou ventilação mecânica invasiva, prever sucesso no desmame da ventilação mecânica e calcular a carga de treinamento muscular inspiratório^{1,4-6}.

Em 1973, Sahn e Laksminarayan avaliaram pela primeira vez a Plmáx em pacientes sob ventilação mecânica como critério para a descontinuação da prótese ventilatória⁷. Dessa forma, a Plmáx é um índice preditivo de desmame bastante utilizado na prática clínica, incorporado na rotina da maioria das Unidades de Terapia Intensiva (UTI) e recomendado pela American Thoracic Society and European Respiratory Society (ATS/ERS)⁸.

Tendo em vista a importância da avaliação da Plmáx realizada pelo manovacômetro, é necessário que a coleta dos dados seja confiável, independente do equipamento utilizado pelo profissional, e realizada de forma criteriosa e padronizada.

A manovacuometria pode ser realizada tanto por equipamento analógico quanto por equipamento digital^{9,10}. Há diversos trabalhos na literatura que comparam manovacômetros analógicos e digitais^{4-6,10}, contudo, ainda são necessários estudos para compará-los com o manovacômetro TieMeter, disponibilizado recentemente para pesquisa.

Neste contexto, foi estabelecida como hipótese deste trabalho que a medida da Plmáx realizada pelo equipamento digital TieMeter tenha valor concordante àquela obtida pela mensuração com o equipamento analógico Murenas e o digital MVD300, já utilizados na prática clínica, para que dessa forma seja disponibilizado um

manovacômetro digital nacional para uso assistencial e o desenvolvimento de pesquisas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a concordância dos valores da Plmáx do manovacômetro digital TieMeter por meio de medidas comparativas realizadas com o manovacômetro analógico Murenas e o digital MVD300, *in vitro* e *in vivo*.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal e prospectivo, com mensurações *in vitro* e *in vivo*. As medidas *in vitro* foram realizadas no Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD) em maio de 2021, e as medidas *in vivo* foram feitas em pacientes internados no serviço de terapia intensiva (STI), no período de agosto de 2021 a julho de 2022, com uma amostra de conveniência. Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HNMD – Marinha do Brasil (Rio de Janeiro, Brasil), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número: 46662021.9.0000.5256.

Para este estudo, foram utilizados os seguintes manovacômetros: Murenas® (Juiz de Fora, MG, Brasil), analógico, que apresenta uma escala de -150 a +150 cmH₂O e incrementos de 5 cmH₂O; MVD300® (Globalmed, Porto Alegre, RS, Brasil), digital, que apresenta uma escala de valores absolutos de 0 a 300 cmH₂O, incrementos de 1cmH₂O e intervalos de tempo de 100 ms; e o protótipo do TieMeter (Magnamed, São Paulo, SP, Brasil), que foi disponibilizado pela empresa no ano de 2021 para ser utilizado em estudos clínicos no HNMD. Esse último aparelho apresenta uma escala de valores absolutos de 0 a 300 cmH₂O, incrementos de 0,1 cmH₂O e intervalos de tempo de 100 ms.

Destaca-se que os equipamentos estavam calibrados de acordo com o certificado de calibração emitido pelo fabricante.

As medidas *in vitro* foram realizadas de maneira experimental, com seringa de 5 ml, gerando pressão negativa^{11,12}. Os manovacômetros analógico Murenas, digital MVD300 e digital TieMeter estavam acoplados a um cateter triplo-lúmen e este a uma das vias do three-way (torneira com 3 vias). O acoplamento ao cateter triplo-lúmen permitiu que as três medidas da P_{lmáx} fossem realizadas ao mesmo tempo, ou seja, garantindo que exatamente a mesma pressão fosse medida por cada um dos aparelhos. A seringa que gerou a pressão negativa era conectada a uma segunda via do three-way, enquanto a terceira via era mantida ocluída por dispositivo próprio. O valor inicial foi de 10 cmH₂O e o final de 100 cmH₂O, utilizando o manovacômetro analógico Murenas como referência. Para cada 10 cmH₂O de nível de pressão, foram realizadas 10 medidas, totalizando 100 medidas e os valores tabulados em planilha Excel, Microsoft, versão 16.67.

Para as medidas *in vivo*, arrolamos 53 pacientes internados no serviço de terapia intensiva do HNMD, com idade maior que 18 e menor que 80 anos. Os objetivos e métodos do presente estudo foram explicados aos familiares e/ou pacientes que, após a instrução, foi obtido o consentimento mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os pacientes utilizavam tubo orotraqueal (TOT) ou cânula de traqueostomia (TQT) como via aérea artificial e estavam em ventilação mecânica com suporte pressórico (PSV). No caso da via aérea artificial ser uma traqueostomia, o paciente poderia

estar em suporte de oxigênio (O₂) ou ar ambiente. Foram excluídos casos com instabilidade hemodinâmica 24 horas antes da realização do procedimento (FC \geq 140 bpm, PAS < 90 ou > 160 mmHg), hemoglobina menor que 8 g/dL, evidência clínica ou laboratorial de infecção em atividade SaO₂ < 90%, FiO₂ > 40%, ou relação PaO₂/FiO₂ < 150 mmHg, PEEP > 8 cmH₂O, FR > 35 rpm, VC < 5 ml/kg, pH < 7,3), hipertensão intracraniana (PIC > 15 mmHg), uso de sedação, cirurgias abdominais com risco de evisceração, doença arterial coronariana aguda ou insuficiência cardíaca instável, sorologia positiva para o vírus da imunodeficiência humana (HIV), hepatite, swab positivo para SARS-CoV-2, outros estados de imunossupressão e doenças consumptivas intratáveis com expectativa de vida inferior a 12 meses, lesão medular acima de T8, qualquer doença esquelética (escoliose, tórax instável, instrumentação espinhal) que prejudica gravemente o movimento da parede torácica e costelas, e uso de ventilação mecânica domiciliar antes da hospitalização.¹³⁻¹⁵

Foram coletadas as variáveis gênero, data da coleta, data de nascimento, data da internação, nível de consciência, tipo de via aérea artificial (TOT ou TQT), tempo de intubação, tempo de traqueostomia, tempo de ventilação mecânica e tipo de desmame (simples, difícil ou prolongado), anotadas em ficha de avaliação própria.

Para medir a força muscular inspiratória de forma segura e correta, todos os participantes do estudo estavam sob vigilância contínua por meio de monitor multiparâmetro que registra o sinal do eletrocardiograma (ECG), da frequência cardíaca (FC), da saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e da PAS.

Para as medidas *in vivo*, a cabeceira do leito dos pacientes era posicionada a 45 graus e o cuff insuflado para evitar escape durante a mensuração. A via aérea superior era aspirada, sendo realizada pré-oxigenação até atingir uma saturação periférica acima de 90% por pelo menos 2 minutos, para minimizar os efeitos que a medida da P_{lmáx} impõe sobre o esforço respiratório.^{1,16} O método utilizado para medição da P_{lmáx} foi o de oclusão da via aérea com a válvula unidirecional, que possibilita a exalação enquanto a inspiração é bloqueada durante o exame^{1,9,17-21}.

Os manovacômetros estavam conectados a um triplo-lúmen e este, em sequência, a uma peça T com válvula unidirecional, um conector e um filtro bacteriano. Da mesma forma que no estudo *in vitro*, o acoplamento ao cateter triplo-lúmen no *in vivo* permitiu que as três medidas da P_{lmáx} fossem realizadas simultaneamente, garantindo que a mesma pressão fosse medida por cada um dos aparelhos.

Os manovacômetros analógico e digitais eram posicionados no leito, o ventilador mecânico desconectado e após 10 segundos de respiração espontânea, ao final de uma expiração, ao nível do volume residual, os manovacômetros eram acoplados ao TOT ou TQT por meio de um filtro bacteriano. A duração da medida da P_{lmáx} para os participantes com via aérea artificial poderia variar nas seguintes possibilidades: (i) até no máximo 60 segundos; (ii) até que um platô pressórico fosse alcançado após 30 segundos (seis a oito picos com variação menor que 12% em um intervalo de 12 segundos); (iii) até que o participante alcançasse a P_{lmáx} de referência para sexo e idade; ou (iv) até que

ARQUIVOS BRASILEIROS DE MEDICINA NAVAL

Avaliação da concordância entre as medidas da pressão inspiratória máxima em manovacômetros analógico e digital no serviço de terapia intensiva do Hospital Naval Marcílio Dias

o participante apresentasse alguma instabilidade hemodinâmica.^{1,22} Após o término da aferição da Plm_{ax}, o insuflamento do *cuff* do participante era recalibrado.

Ao final do exame, os manovacômetros digitais MVD300 e TieMeter disponibilizaram um relatório gráfico e numérico contendo os valores da Plm_{ax}. As medidas do manovacômetro analógico Murenas eram gravadas por vídeo para posterior anotação no formulário.

A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada com o teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis contínuas foram apresentadas como média ± desvio-padrão ou mediana e quartis internos, conforme apropriado. Para avaliar a concordância dos valores da Plm_{ax} foi utilizado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e o diagrama de Bland-Altman²³. A análise estatística foi realizada utilizando o programa MedCalc, versão 11.4.2.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica).

RESULTADOS

Foram realizadas 100 medidas *in vitro* e 53 medidas *in vivo*. Dos 53 participantes, 33 (62%) foram do sexo masculino e 20 (38%) do sexo feminino, com média de idade de 61±14 anos. Detalhes acerca das características dos 53 participantes do estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 2 – Valores obtidos para a Plm_{ax} (em cmH₂O).

Variáveis	Valores	
	<i>in vitro</i>	<i>in vivo</i>
Plm _{ax} manovacômetro analógico	55 (30-80) ^a	55 (35-70) ^a
Plm _{ax} manovacômetro digital MVD300	57 (31-84) ^a	55 (36-72) ^a
Plm _{ax} manovacômetro digital TieMeter	57 (31-83) ^a	55 (37-72) ^a

Fonte: Elaborado pelo autor.

^aMediana e quartis internos; Plm_{ax}: pressão inspiratória máxima.

Tabela 1 – Características dos participantes

Variáveis	Total
Amostra, n	53
Gênero (M/F), n (%)	33/20 (62%/38%)
Idade (anos)	61±14 ^a
Duração da VM, dias	20 (8-27) ^b
TOT, n (%)	22 (41,5%)
TQT, n (%)	31 (58,5%)
Alerta	32 (60,0%)
Não alerta	21 (40,0%)
Tipo de Desmame	
Simples	14 (26,4%)
Difícil	5 (9,4%)
Prolongado	34 (64,2%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

^aMédia ± Desvio-Padrão; ^bMediana e quartis internos; M/F: masculino/feminino; VM: ventilação mecânica; TOT: tubo orotraqueal;

TQT: traqueostomia.

A Tabela 2 mostra a mediana e os quartis internos dos valores da Plm_{ax} encontrados em cada manovacômetro nas medidas *in vitro* e *in vivo* do estudo.

De acordo com o CCI, as medidas da Plm_{ax} do manovacômetro analógico Murenas e dos dois manovacômetros digitais são concordantes entre si, e os valores apresentados são classificados como alta concordância, tanto nas medidas *in vitro* como *in vivo*²⁴ (Tabela 3).

Outra análise do nível de concordância das medidas *in vitro* e *in vivo* da Plm_{ax} dos três aparelhos foi avaliada por uma visualização a partir de um gráfico de dispersão entre a diferença de duas variáveis e a média das duas variáveis por meio do diagrama

de Bland-Altman²⁵. Os resultados *in vitro* mostram que entre as medidas dos manovacômetros analógico Murenas e o digital MVD300 encontramos uma média das diferenças igual a -2,1 cmH₂O (IC 95% -2,38 a -1,78 cmH₂O), com limite inferior de -5,0 cmH₂O e superior de 0,9 cmH₂O. Entre os manovacômetros analógico Murenas e o digital TieMeter, a média das diferenças foi igual a -1,9 cmH₂O (IC 95% -2,10 a -1,63 cmH₂O), com limite inferior de -4,2 cmH₂O e superior de 0,5 cmH₂O. Entre os manovacômetros digital MVD300 e o digital TieMeter, os valores correspondentes foram 0,22 cmH₂O (IC 95% 0,09 a 0,35 cmH₂O), -1,05 cmH₂O e 1,48 cmH₂O. Em relação aos resultados *in vivo* entre as medidas dos manovacômetros analógico Murenas e o digital MVD300 encontramos uma média das diferenças igual a -0,2 cmH₂O (IC 95% -0,75 a 0,29 cmH₂O), com limite inferior de -3,9 e superior de 3,5. Entre os manovacômetros analógico Murenas e o digital TieMeter, a média das diferenças foi -0,3 cmH₂O (IC 95% -0,81 a 0,15 cmH₂O), com limite inferior de -3,7 e superior de 3,1. Entre os manovacômetros digitais MVD300 e TieMeter, os valores correspondentes foram -0,1 cmH₂O (IC 95% -0,37 a 0,16 cmH₂O), -2,0 e 1,8. A concordância máxima foi obtida entre os dois equipamentos digitais, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, conforme Figura 1.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a concordância dos valores da P_{lmáx} obtidos no manovacômetro digital TieMeter, no manovacômetro analógico Murenas e no digital MVD300 *in vitro* e *in vivo*.

Observou-se alta concordância para os valores de P_{lmáx} obtidos

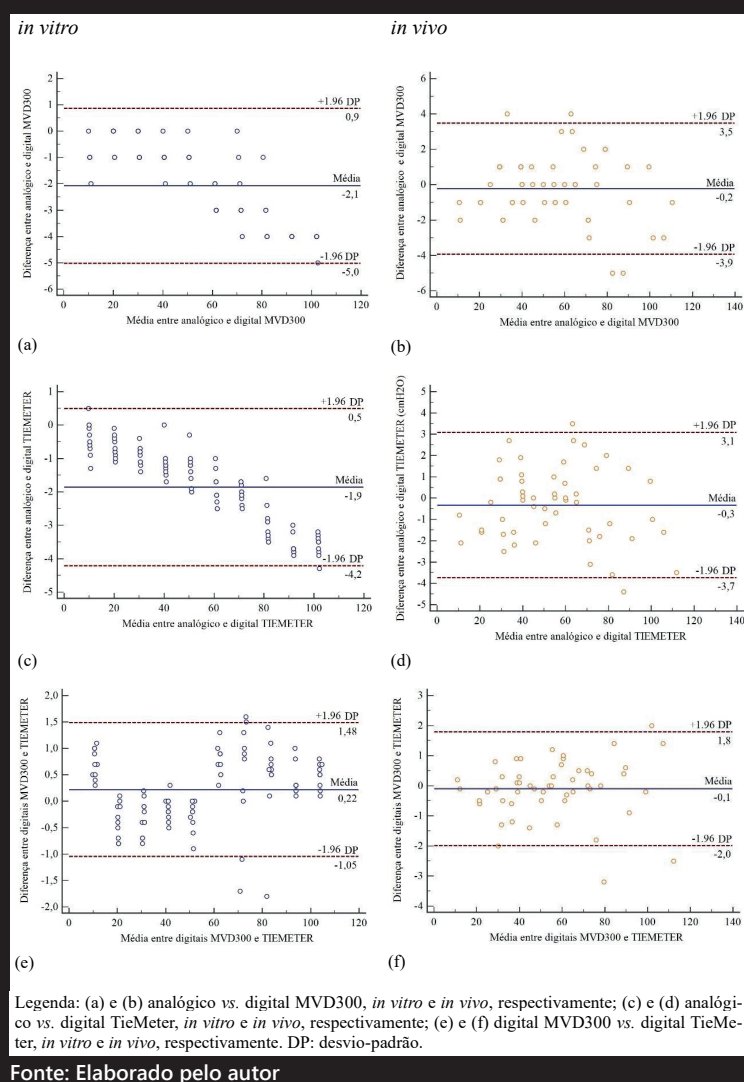
Tabela 3 – Coeficiente de correlação intraclassa entre as P_{lmáx} dos manovacômetros.

Tipo de Manovacômetro	CCI (IC 95%)	
	<i>in vitro</i>	<i>in vivo</i>
Analógico Murenas × Digital MVD300	0,999 (0,998 - 0,999)	0,997 (0,995 a 0,998)
Analógico Murenas × Digital TieMeter	0,999 (0,999 - 0,999)	0,998 (0,996 a 0,999)
Digital MVD300 × Digital TieMeter	1,000 (0,999 – 1,000)	0,999 (0,999 a 1,000)

Fonte: Elaborado pelo autor.

P_{lmáx}: pressão inspiratória máxima; CCI: coeficiente de correlação intraclassa; IC: intervalo de confiança.

Figura 1 – Diagramas de Bland-Altman comparando os valores da P_{lmáx} obtidos com os três manovacômetros



nos manovacômetros analógico Murenas e digitais, MVD300 e TieMeter, *in vitro* e *in vivo*.

Os valores do CCI observados no estudo foram superiores a 0,99, em todas as análises. Os resultados são concordantes entre si e classificados como uma ótima concordância²⁴. Os maiores valores do CCI foram entre os manovacômetros digitais, tanto *in vitro* quanto *in vivo*.

Na análise dos dados pelo diagrama de Bland-Altman podemos observar que: as médias das diferenças estão próximas a zero; e quanto maior são os valores de Plmáx, maiores são as diferenças. Na análise *in vitro*, a faixa dos valores medidos era mais extensa, e as maiores diferenças foram encontradas nos extremos. Na análise *in vivo*, as medidas estão distribuídas de maneira concentrada, na faixa de 40-60 cmH₂O.

Observa-se também que as maiores diferenças entre as medidas nos extremos, *in vitro* e *in vivo*, são constantes em termos percentuais. Em ambas as análises, *in vitro* e *in vivo*, o maior valor de concordância foi entre os manovacômetros digitais.

Alguns estudos foram descritos na literatura em relação à avaliação da concordância entre as medidas da Plmáx em manovacômetros analógicos e digitais. O trabalho de Lima²⁶ comparou as medidas da Plmáx com os manovacômetros analógico Gerar e digital MVD300 em 120 indivíduos saudáveis, numa faixa etária de 20 a 80 anos. Assim como os resultados do nosso estudo, Lima demonstrou que os valores registrados pelo manovacômetro digital foram predominantemente maiores que os fornecidos pelo analógico, porém, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$)²⁶.

Melo et al.⁴ compararam a medida da Plmáx nos manovacômetros analógico MV150 (Wika®, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e digital MVD300, em um estudo realizado em crianças saudáveis entre 7 e 10 anos. Os resultados demonstraram que não foram observadas diferenças significativas entre as medidas obtidas pelos dois dispositivos em uma amostra de crianças saudáveis. No entanto, diferente dos nossos resultados a concordância entre as medidas situou-se em uma faixa clinicamente inaceitável. Tal resultado pode estar associado ao fato de que apenas o manovacômetro digital estava conectado a um computador no qual o participante podia visualizar o teste por meio de biofeedback visual⁴. Logo, o procedimento realizado no manovacômetro digital foi diferente do analógico. Ao visualizar o seu desempenho no aparelho, hipoteticamente, o participante pode ter feito mais ou menos esforço, interferindo assim nos resultados.

O trabalho de Dassios et al.²⁷ comparou dois métodos de mensuração das pressões respiratórias máximas em indivíduos entre 6 e 34 anos, saudáveis e com fibrose cística. Para tanto, foi utilizado equipamento padrão de laboratório e manômetro portátil MicroRPM (Care Fusion, San Diego, Califórnia, EUA)²⁷. Os resultados sugeriram altos índices de correlação e concordância entre as medidas dos dois equipamentos, conforme os resultados obtidos no estudo.

Saad et al.^{5,28} realizaram um estudo em 120 pacientes com doença pulmonar para comparar as medidas das pressões respiratórias máximas obtidas pelos manovacômetros digital MVD 300 e analógico Comercial

Médica (fabricante não encontrado). Em conformidade com os resultados obtidos, o referido estudo demonstrou uma boa concordância entre os aparelhos.

O estudo de Magalhães et al.²⁹ comparou a Plmáx em pacientes com via aérea artificial, na UTI, por meio de manovacômetros analógico Gerar, digital MVD 300 e software do ventilador mecânico VELA® (Vyaire, CA, USA). Assim como o nosso estudo, concluíram por concordância entre os manovacômetros analógico e digital. Porém, a mensuração feita pelo ventilador VELA foi significativamente menor comparada à dos outros dois aparelhos²⁹. Na medida da Plmáx realizada pelo ventilador VELA o paciente não foi desconectado do ventilador, tendo que vencer toda a resistência do circuito do ventilador. Supõe-se então que tal fato pode ter corroborado para que os valores fossem subestimados.

Ferreira et al.⁶ realizaram a comparação entre a Plmáx aferida pelo manovacômetro digital MVD 300 e pelo dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório (POWERbreathe NCS, São Paulo, Brasil), em pacientes na UTI que utilizavam via aérea artificial. No entanto, diferente do estudo realizado, os valores da Plmáx entre os dois equipamentos apresentaram diferenças significativas. O valor considerado para análise de cada equipamento foi a média e não o maior valor da pressão inspiratória¹⁰. Por hipótese, tal escolha pode ter contribuído para que as medidas com o dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório fossem menores. Além disso, a análise da força muscular pelo dispositivo eletrônico POWERbreathe é dinâmica, enquanto a análise da força muscular pelo manovacômetro é estática.

A pesquisa conduzida por Castro et al.¹⁰ avaliou a concordância entre as pressões respiratórias máximas obtidas com um manovacômetro digital clínico MicroRPM e com um manovacômetro digital não clínico PCE-005 em voluntários saudáveis, de 18 a 40 anos. As medidas das pressões respiratórias máximas eram realizadas de maneira simultânea nos dois manovacômetros, em semelhança ao realizado na pesquisa. Em conformidade com nossos resultados, houve uma alta concordância nos valores obtidos para P_{Imáx} e P_{Emáx} entre manovacômetros digitais clínicos e não clínicos em voluntários saudáveis.¹⁰

Ribeiro et al.³⁰ analisaram a concordância entre dois métodos para medida da P_{Imáx} em pacientes em desmame da ventilação mecânica. Utilizaram o manovacômetro MDV 300 e o dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório POWERbreathe³⁰. Conforme os resultados do nosso estudo, os valores do CCI apresentaram uma boa correlação. Porém a análise pelo diagrama de Bland-Altman evidenciou uma grande discordância entre a P_{Imáx} e P_{Emáx}, tal fato deve-se as seguintes características: o manovacômetro MDV300 utiliza válvula unidirecional, método de oclusão manual, resistência isométrica e carga constante. Já o POWERbreathe utiliza sistema de válvula de orifício com duas placas estacionárias e rotativas, método de oclusão automática, resistência dinâmica e carga desacelerada.³⁰

Portanto, avaliar a concordância da medida da P_{Imáx} entre os manovacômetros analógico Murenas, digital MVD300 e digital TieMeter está respaldado pela comunidade científica como uma boa

prática de análise de medidas entre equipamentos. São necessários estudos futuros em uma população diferente da amostra avaliada, por exemplo, em crianças, para consolidar esses resultados.

CONCLUSÃO

Existe alta concordância entre as medidas da P_{Imáx} obtidas com os três equipamentos testados, analógico Murenas e os digitais MVD300 e TieMeter. Assim como o manovacômetro analógico Murenas e o digital MVD300, já utilizados na prática clínica, o manovacômetro digital TieMeter mede a P_{Imáx} de forma consistente.

Portanto, presume-se, com os dados de concordância apresentados, que o manovacômetro digital TieMeter é um equipamento preciso e confiável. Ressalta-se que este equipamento foi desenvolvido pela indústria nacional, o que pode facilitar a disseminação do seu uso para medir a força muscular respiratória em ambientes clínicos e hospitalares brasileiros com finalidade assistencial e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Souza LC, Godoy MDP, Melo PL, Silva JM. Exames cinesiológicos funcionais em terapia intensiva. In: de Souza LC, organizador. *Fisioterapia em Terapia Intensiva*. Rio de Janeiro: Rubio; 2019. p. 81-116.
2. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* [Internet]. 1969 May [cited 2023 Jun 29];99(5):696-702. Available from: doi: 10.1164/arrd.1969.99.5.696. PMID: 5772056.
3. Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population: corrections. *J Bras Pneumol*

[Internet]. 2010 Sep-Oct [cited 2023 Jun 29];36(5):306-312. Available from: doi: 10.1590/s1806-37132010000500021. PMID: 21085835.

4. Melo JBC, Campos TF, Freitas DA, Borja RO, Nascimento RA, Mendonça KMPP. Comparison between maximal respiratory pressures obtained from digital and analog manovacuumeter in healthy children. *J Resp Cardio Phys Ther* [Internet]. 2012 [cited 2023 Jun 29];1(2):44-50. Available from: <https://periodicos.ufrn.br/revistade-fisioterapia/article/view/3598/2884>

5. Saad IAB, Paganin C, Guidetti EL, da Silva YB, Santos BP, Zambon L. Is there consensus among the measures of maximal respiratory pressure in analog and digital manometer in patients with lung disease? *Unopar Cient Ciênc Biol Saúde*. 2015 May [cited 2023 Jun 29];17(2):113-118. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-759597>

6. Ferreira AG, Vicente F, Roceto Ratti L dos S, Tonella RM, Falcão ALE, dos Anjos APR, et al. Comparison between maximum inspiratory pressure measured by a digital manometer and by an electronic inspiratory muscle training device. *Sci Med* [Internet]. 2016 Mar [cited 2022 Jul 6];26(1):ID22678. Available from: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/scientiamedica/article/view/22678>.

7. Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest* [Internet]. 1973 Jun [cited 2023 Jun 29];63(6):1002-1005. Available from: doi: 10.1378/chest.63.6.1002. PMID: 4514488.

8. American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2002 Aug 15 [cited 2023 Jun 29];166(4):518-624. Available from: doi:10.1164/rccm.166.4.518. PMID: 12186831.

9. Caruso P, Albuquerque AL, Santana

- PV, Cardenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *J Bras Pneumol* [Internet]. 2015 Mar-Apr [cited 2023 Jun 29];41(2):110-123. Available from: doi: 10.1590/S1806-37132015000004474. PMID: 25972965.
10. Torres-Castro R, Sepúlveda-Cáceres N, Garrido-Baquedano R, Barros-Poblete M, Otto-Yáñez M, Vasconcello L, et al. Agreement between clinical and non-clinical digital manometer for assessing maximal respiratory pressures in healthy subjects. *PLoS One* [Internet]. 2019 Oct 24 [cited 2023 Jun 29];14(10):e0224357. Available from: doi: 10.1371/journal.pone.0224357. PMID: 31648267; PMCID: PMC6812781.
11. Noble PB, Jones RL, Needi ET, Cairncross A, Mitchell HW, James AL, et al. Responsiveness of the human airway in vitro during deep inspiration and tidal oscillation. *J Appl Physiol* (1985) [Internet]. 2011 Jun [cited 2023 Jun 29];110(6):1510-8. Available from: doi: 10.1152/jappphysiol.01226.2010. PMID: 21310892.
12. MacAskill W, Hoffman B, Johnson MA, Sharpe GR, Mills DE. Pressure measurement characteristics of a micro-transducer and balloon catheters. *Physiol Rep* [Internet]. 2021 Apr;9(8):e14831. doi: 10.14814/phy2.14831. Erratum in: *Physiol Rep*. 2022 Nov [cited 2023 Jun 29];10(21):e15500. Available from: PMID: 33938126; PMCID: PMC8090844.
13. Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Menezes SLS. Avaliação da pressão inspiratória máxima em pacientes críticos não-cooperativos: comparação entre dois métodos. *Braz J Phys Ther* [Internet]. 2007 [cited 2023 Jun 29];11(3):233-238. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000300010>.
14. Nemer SN, Barbas CSV. Índices de desmame: o que devemos saber? *Pulmão RJ* [Internet]. 2011 [cited 2023 Jun 29];20(3):24-28. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-619176>
15. Barbas CSV, Ísola AM, Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter* [Internet]. 2014 Apr-Jun [cited 2023 Jun 29];26(2):89-121. Available from: <https://www.scielo.br/rbti/a/Whwrm75h6MJwr5C6JmJg73Q/?format=pdf&lang=pt>
16. Silva Guimarães B, de Souza LC, Cordeiro HF, Regis TL, Leite CA, Puga FP, et al. Inspiratory muscle training with an electronic resistive loading device improves prolonged weaning outcomes in a randomized controlled trial. *Crit Care Med* [Internet]. 2021 Apr [cited 2023 Jun 29];49(4):589-597. Available from: doi: 10.1097/CCM.0000000000004787. PMID: 33332819.
17. 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.
18. Truwit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. *Chest*. 1992;102:1216-9.
19. Souza RB. Diretrizes para testes de função pulmonar: pressões respiratórias estáticas máximas. *J Bras Pneumol*. 2002;28(3):155-165.
20. Medrinal C, Prieur G, Combret Y, Quesada AR, Bonnevie T, Gravier FE, et al. Reliability of respiratory pressure measurements in ventilated and non-ventilated patients in ICU: an observational study. *Ann Intensive Care* [Internet]. 2018 Jan [cited 2023 Jun 29];8(1):1-5. Available from: <https://annalsofintensivecare.springeropen.com/articles/10.1186/s13613-018-0362-1>
21. Bureau C, Van Hollebeke M, Dres M. Managing respiratory muscle weakness during weaning from invasive ventilation. *Eur Respir Rev*. 2023 Apr 5 [cited 2023 Jun 29];32(168):220205. Available from: doi: 10.1183/16000617.0205-2022. PMID: 37019456; PMCID: PMC10074167.
22. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* [Internet]. 1999 Jun [cited 2023 Jun 29];32(6):719-727. Available from: <https://www.scielo.br/bjmb/a/qMMbSnRDPyXSGtNqJkpJSzz/>
23. Ranganathan P, Pramesh CS, Aggarwal R. Common pitfalls in statistical analysis: measures of agreement. *Perspect Clin Res*. 2017 Oct-Dec;8(4):187-191. Erratum In: *Perspect Clin Res* [Internet]. 2022 Apr-Jun [cited 2023 Jun 29];13(2):120. Available from: doi: 10.4103/2229-3485.3426556. PMID: 29109937.
24. Cortés-Reyes E, Rubio-Romero JA, Gaitán-Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Rev Colomb Obstet Ginecol* [Internet]. 2010 Sep [cited 2023 Jun 29];61(3):247-55. Available from: <https://revista.fecol-sog.org/index.php/rcog/article/view/271>.
25. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* [Internet]. 1986 Feb 8 [cited 2023 Jun 29];1(8476):307-310. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2868172/>. PMID: 2868172.
26. Lima LP. Mensuração das pressões respiratórias máximas com equipamentos analógico e digital. In: *Anais do 15th. Congresso de Iniciação Científica*; 2007 Out 23-25, Piracicaba, SP. Piracicaba: Unimep; 2007.
27. Dassios T, Katelari A, Doudounakis S, Dimitriou G. Comparison of two methods of measurement of maximal respiratory pressures in health and cystic fibrosis. *J Biom Science Engineer* [Internet]. 2013 [cited 2023 Jun 29];6(8):43-48. Available from: doi: 10.4236/jbise.2013.68A2006.
28. Saad IAB, Santos BP, Paganini C, Guidetti EL, Silva YB, Toro IFC, et al. Comparison between maximal respiratory pressures obtained from digital and analog

ARQUIVOS BRASILEIROS DE MEDICINA NAVAL

Avaliação da concordância entre as medidas da pressão inspiratória máxima em manovacômetros analógico e digital no serviço de terapia intensiva do Hospital Naval Marcílio Dias

manovacômetros in 120 Brazilian patients with lung disease. *Eur Respir J* [Internet]. 2014 Jan [cited 2023 Jun 29];44(Suppl 58):P4284. Available from: https://erj.ers-journals.com/content/44/Suppl_58/P4284

29. Magalhães IKF, Oliveira JS, Costa AKP, Fernandes BP, Silva PNC, Amaral TCN, et al. Comparação da pressão inspi-

ratória máxima avaliada na UTI através de diferentes dispositivos. *Assobrafir Ciência* [Internet]. 2016 Jun [cited 2023 Jun 29];7(Supl 1):29-94. Available from: <https://assobrafirciencia.org/article/5d530830e88254218c8fca6/pdf/assobrafir-7-Suplemento+1-1.pdf>

30. Ribeiro EOS, Gosselink R, Moura LEDS,

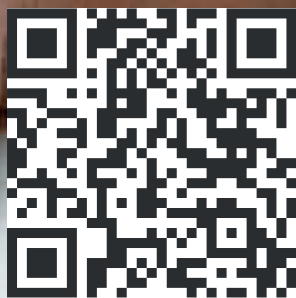
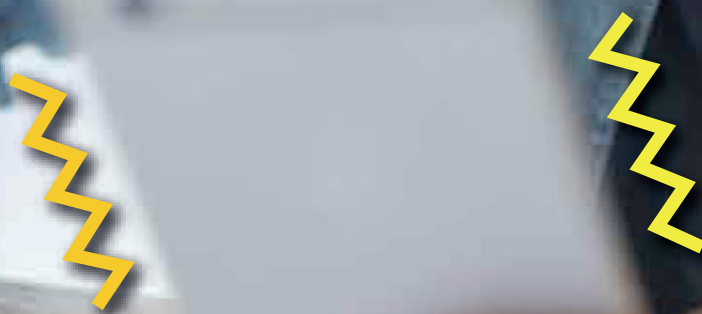
Correia RF, Leite WS, Araújo MDGR, et al. Agreement between two methods for assessment of maximal inspiratory pressure in patients weaning from mechanical ventilation. *Acute Crit Care* [Internet]. 2022 Nov [cited 2023 Jun 29];37(4):592-600. Available from: doi: 10.4266/acc.2022.00325. PMID: 36330731.



The logo for Masterlab comercial features the word "Masterlab" in a large, dark blue, rounded font. Above the letter "l" in "lab", there are three vertical bars of increasing height. Below "Masterlab", the word "comercial" is written in a smaller, dark blue, sans-serif font. The background of the page is a light blue grid with a network of lines and nodes, and a large, faint plus sign is visible in the lower right quadrant.

Faça o controle dos seus medicamentos.

Baixe o **Aplicativo do Saúde Naval**, cadastre a medicação, os horários de tomá-la e a quantidade. Você vai receber um lembrete para seguir o tratamento sem se preocupar.



Busque Saúde Naval na App Store, na Play Store ou acesse o QR Code.