

Manômetros artesanais não medem com precisão a pressão de balão dos tubos endotraqueais

Handcrafted cuff manometers do not accurately measure endotracheal tube cuff pressure

1. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências Médicas de Pouso Alegre, Universidade do Vale do Sapucaí - Pouso Alegre (MG), Brasil.

RESUMO

Objetivo: Testar a concordância entre dispositivos artesanais e um manômetro especificamente projetado para esse fim.

Métodos: Testamos em 79 sujeitos a concordância entre as mensurações realizadas com 2 dispositivos artesanamente adaptados para medir a pressão de balão dos tubos endotraqueais e as obtidas com uso de um manômetro específico para esse fim. A pressão de balão foi medida com um manômetro comercial e com dois dispositivos artesanais montados a partir de esfigmomanômetro aneróides. Os dados foram comparados utilizando os testes de Wilcoxon e Spearman, o coeficiente de correlação intraclasse e a análise do limite de concordância.

Resultados: As pressões do balão medidas com os dispositivos artesanais foram significativamente diferentes das medidas obtidas com o dispositivo comercial (as pressões foram mais elevadas

nas mensurações obtidas com o dispositivo artesanal 1 e mais baixas nas avaliações realizadas com o dispositivo artesanal 2). O coeficiente de correlação intraclasse entre o dispositivo comercial e os dispositivos 1 e 2 foi excelente (0,8; $p < 0,001$) e bom (0,66; $p < 0,001$), respectivamente. No entanto, os gráficos de Bland-Altman demonstraram limites amplos de concordância entre os dispositivos 1 e 2 e o dispositivo comercial.

Conclusão: Os manômetros artesanais não proporcionam mensurações precisas da pressão do balão, quando comparados a um dispositivo específico para esse fim e, portanto, não devem ser utilizados na avaliação de pacientes mecanicamente ventilados em substituição aos manômetros comerciais específicos para avaliação da pressão do balão.

Descritores: Intubação intratraqueal/instrumentação; Traqueostomia/métodos; Transdutores de pressão; Reprodutibilidade dos testes

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 25 de fevereiro de 2015

Aceito em 1º de agosto de 2015

Autor correspondente:

Raquel Annoni

Universidade do Vale do Sapucaí

Av. Cel. Alfredo Custódio de Paula, 320

CEP: 37550-000 - Pouso Alegre (MG), Brasil

E-mail: rannoni@usp.br

Editor responsável: Carmen Valente Barbas

DOI: 10.5935/0103-507X.20150037

INTRODUÇÃO

A pressão de balão do tubo traqueal é avaliada rotineiramente em pacientes internados nas unidades de terapia intensiva (UTI) e com tubos endotraqueais. O alvo principal é a prevenção de aspiração de secreções colonizadas das vias aéreas superiores e de lesões da mucosa traqueal.^(1,2) Dessa forma, diversos autores recomendam que as pressões de balão se situem entre 20 e 30cmH₂O;⁽³⁻⁶⁾ contudo, na prática clínica, pode ser um desafio manter a pressão de balão dentro desses limites.

A estabilidade da pressão de balão depende de diversos fatores, como a complacência da traqueia e do balão,^(7,8) a posição do paciente e do balão,⁽⁹⁻¹¹⁾ o volume do balão⁽⁶⁾ e a temperatura corpórea.⁽¹²⁾ Como esses valores variam continuamente durante o tempo de permanência na UTI, a pressão do balão deve ser rotineiramente monitorada e ajustada.

Um pequeno excesso de pressão de balão, mesmo que por um curto período de tempo, é suficiente para comprometer o fluxo sanguíneo local, e provocar hiperemia e hemorragia da parede traqueal na área de contato do balão.⁽¹³⁾ Castilho et al. analisaram os efeitos da utilização de pressão mínima de balão para ocluir as vias aéreas de cães (cerca de 12cmH₂O) por 60, 120 e 180 minutos. Os autores demonstraram que baixas pressões de balão não eram suficientes para prevenir perda e ruptura do epitélio traqueal, perda ciliar, inflamação ou infiltração de células sanguíneas na área de contato do balão.⁽¹⁴⁾ Nseir et al. também verificaram em leitões lesões traqueais justapostas à área do balão, como ulceração profunda da mucosa, metaplasia escamosa e intensa inflamação da mucosa após 48 horas de intubação.⁽¹³⁾

Contudo, a manutenção da pressão de balão do tubo traqueal acima de 20cmH₂O é fundamental para prevenir que secreções supraglóticas contaminadas ultrapassem o balão. Há diversos fatores relacionados à pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV), como comprometimento da defesa do hospedeiro e da depuração mucociliar, colonização gástrica e do trato respiratório superior, e virulência dos microrganismos;^(15,16) entretanto, alguns autores afirmam que a ultrapassagem de secreções contaminadas para além do balão é o principal fator etiológico da PAV.^(17,18) A PAV é uma das mais frequentes infecções em pacientes de UTI,⁽¹⁹⁾ com prevalência entre 10 e 27%.⁽²⁰⁻²²⁾ A prevenção da aspiração de secreções respiratórias presentes no espaço supraglótico e o monitoramento da pressão do balão são técnicas bem comprovadas para prevenção da PAV.⁽²³⁾

Tradicionalmente utilizado na prática clínica, o manômetro para avaliar a pressão de balão é o dispositivo recomendado para monitorar as pressões de balão do tubo endotraqueal. No entanto, em razão dos custos, alguns hospitais com recursos mais escassos não podem dispor desse equipamento. Por esse motivo, algumas técnicas e equipamentos alternativos têm sido explorados para substituir o manômetro específico para a função.⁽²⁴⁾ Como opção econômica, Godoy e Vieira⁽²⁵⁾ propuseram o uso de um dispositivo artesanal para medir a pressão do balão, utilizando esfigmomanômetro de mercúrio, uma torneira de três vias e uma seringa de 5mL.

Esses novos dispositivos se tornaram populares entre as equipes hospitalares, tendo em vista seu baixo custo e sua portabilidade. Todavia, com o declínio do uso dos esfigmomanômetros de mercúrio, os dispositivos artesanais precisaram passar a ser produzidos a partir de esfigmomanômetros aneroides, como os originalmente fabricados para medir a pressão arterial. Embora, por ambos

utilizarem sistemas aneroides, acreditar-se que esses dispositivos sejam equivalentes aos manômetros específicos para medir a pressão de balão dos tubos endotraqueais, sua concordância não foi ainda estabelecida.

A concordância entre um novo dispositivo e o equipamento padrão deve ser testada antes que o novo possa ser clinicamente utilizado. Concordância se refere ao quanto concordam as leituras obtidas com dois diferentes instrumentos. É muito improvável que equipamentos diferentes concordem perfeitamente ao medir exatamente os mesmos valores. No entanto, se os limites de concordância (LC) entre o dispositivo padrão e o novo aparelho forem clinicamente aceitáveis, os equipamentos podem ser considerados intercambiáveis.⁽²⁶⁾

Como manômetros artesanais são amplamente utilizados na prática clínica brasileira, é essencial assegurar sua equivalência a equipamentos especificamente projetados para medir a pressão de balão dos tubos endotraqueais. Ao que sabemos, não existe, até aqui, qualquer estudo comparativo relativo a estes dispositivos. Assim, nosso objetivo foi testar a concordância entre dois manômetros artesanais e um manômetro especificamente projetado para avaliar a pressão de balão dos tubos endotraqueais. Os resultados parciais deste estudo foram previamente publicados na forma de resumo.⁽²⁷⁾

MÉTODOS

Este estudo transversal foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Sapucaí, em Pouso Alegre, Estado de Minas Gerais (documento número 1700/11). Antes que se obtivesse qualquer dado dos sujeitos, obteve-se a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido diretamente pelos sujeitos de pesquisa ou por um parente próximo.

Analisou-se, prospectivamente, uma amostra de conveniência constituída de pacientes adultos internados entre setembro de 2011 e fevereiro de 2012. Incluíram-se todos os pacientes com idade acima de 18 anos, intubados por via orotraqueal ou com um tubo de traqueostomia há no mínimo 24 horas. Os sujeitos da pesquisa foram recrutados a partir de pacientes internados na UTI ou em enfermarias clínicas do Hospital das Clínicas Samuel Libânio, em Pouso Alegre. Os critérios de exclusão para este estudo foram: intubação por mais de 24 horas antes da hospitalização atual; cirurgia de cabeça ou pescoço; história prévia de estenose traqueal ou traqueomalácia; alto risco de aspiração pulmonar; febre (> 38°C) ou pressão expiratória final superior a 12cmH₂O. Os dados demográficos e clínicos foram coletados a partir dos prontuários clínicos.

As mensurações da pressão de balão dos tubos endotraqueais foram obtidas utilizando três instrumentos: um dispositivo específico para esse fim e dois manômetros artesanais. Como técnica padrão, utilizou-se neste estudo um manômetro manual (JT Posey Company, Arcadia, Califórnia), denominado dispositivo comercial, conforme mostra a figura 1. As pressões de balão foram verificadas ao conectar a extensão do manômetro comercial ao piloto do balão por meio de uma torneira de três vias. Os dispositivos artesanais 1 e 2 (DA1 e DA2, respectivamente) foram montados a partir de manômetros aneroides retirados de esfigmomanômetros [DA1 (Solidor®, Lamedid, China); e DA2 (BD®, Sphygmanometer, Alemanha)] e conectados a uma torneira de três vias.⁽²⁵⁾ A pressão de balão foi registrada pela conexão da terceira saída da torneira ao piloto do balão. Antes da coleta dos dados, todos os instrumentos foram calibrados.

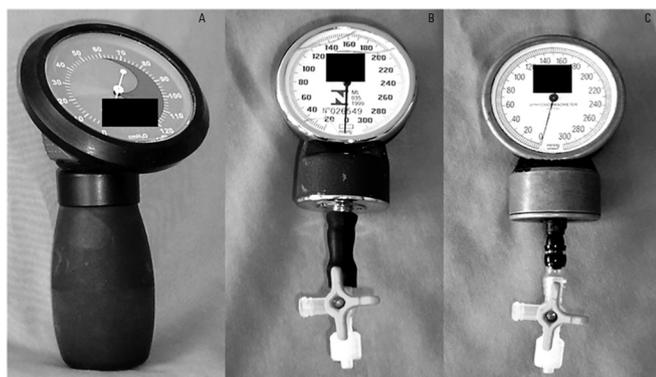


Figura 1 - Manômetro comercial (A); dispositivos artesanais 1 (B) e 2 (C).

Para as mensurações de pressão do balão, os sujeitos foram colocados em posição supina com cabeça elevada a 30°. As mensurações da pressão de balão foram obtidas por paciente com os três dispositivos de forma sucessiva em ordem randomizada (uma mensuração por aparelho), sempre realizadas pelo mesmo avaliador. As pressões de balão foram registradas no final da expiração e todos os dados foram coletados durante o turno das 13 às 19h.

No primeiro mês do estudo, as mensurações foram realizadas utilizando apenas o dispositivo comercial e o DA1. Entretanto, observamos que o DA1 era impreciso para pressões abaixo de 20mmHg, uma vez que seu mostrador não dispunha de graduação entre zero e 20mmHg. Por este motivo, incluiu-se no estudo outro dispositivo artesanal (DA2), cujo mostrador apresenta intervalos de 2mmHg.

Para as mensurações abaixo de 20mmHg obtidas com o DA1, consideramos os valores a seguir: se o ponteiro do mostrador estivesse exatamente entre zero e 20mmHg, registramos 10mmHg. Se o ponteiro estivesse entre o que

consideramos 10mmHg e zero, registramos 5mmHg; e se estivesse entre 10 e 20mmHg, registramos 15mmHg.

Análise estatística

A distribuição dos dados foi avaliada utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Como os dados tinham uma distribuição não paramétrica, utilizaram-se os testes de Wilcoxon. Apresentamos os dados como mediana (IQR [faixa]) ou média \pm desvio padrão (DP), a não ser que especificado de forma diferente. As pressões de balão obtidas com o DA1 e DA2 foram comparadas com as obtidas com o dispositivo comercial. Como os manômetros apresentavam diferentes unidades de medida (mmHg e cmH₂O), convertimos os valores obtidos com o DA1 e o DA2 para cmH₂O (1mmHg = 1,36cmH₂O). A correlação entre as pressões obtidas com o dispositivo comercial e os equipamentos DA1 e DA2 foi testada utilizando o coeficiente de Spearman.

Para determinar o grau de concordância entre as pressões de balão medidas por dois diferentes instrumentos (dispositivo comercial comparado com DA1 e dispositivo comercial comparado com DA2), calculamos o índice de correlação intraclassa (ICC) com intervalos de confiança de 95% (IC95%). O ICC foi interpretado segundo Fleiss.⁽²⁸⁾ Utilizamos o LC 95% de Bland-Altman 95% para avaliar a concordância entre dois dispositivos (dispositivo comercial comparado ao DA1 e dispositivo comercial comparado ao DA2). Utilizamos o teste exato de Fisher para comparar as características dos sujeitos cuja pressão de balão foi medida com os três dispositivos com os dos sujeitos nos quais só se utilizaram os dispositivos comercial e DA1.

O poder estatístico do tamanho da amostra foi de 89% (1- β , IC95%, bicaudal).⁽²⁹⁾ Consideramos como significativo valor de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os programas *Statistical Package for Social Science* 15.0 (SPSS, SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos) e *GraphPad Prism* 5 (GraphPad, San Diego, Califórnia, Estados Unidos).

RESULTADOS

Apresentamos as características dos sujeitos da pesquisa na tabela 1. O estudo incluiu um total de 79 sujeitos [mediana de idade (IQR) de 53 (41 - 66) anos; 65% do sexo masculino]. Tiveram a pressão de balão avaliada apenas com o dispositivo comercial e o DA1 35 sujeitos (mediana de idade (IQR) de 54 (48 - 67) anos, 66% do sexo masculino), e 44 pacientes [mediana de idade (IQR) de 52 (36 - 66) anos; 64% do sexo masculino) foram avaliados utilizando os três dispositivos. Ambos os grupos tinham características similares, exceto quanto ao tipo de tubo endotraqueal utilizado e o uso de ventilação mecânica.

Tabela 1 - Características dos sujeitos da pesquisa

| | Total (N = 79) | DA1 apenas* (N = 35) | DA1 + DA2† (N = 44) | Valor de p‡ |
|---|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|
| Masculino | 51 (65) | 23 (66) | 28 (64) | 0,52 |
| Idade (anos) | 53 (41 - 66 [18 - 88]) | 54 (48 - 67 [24 - 82]) | 52 (36 - 66 [18 - 88]) | 0,49 |
| TOT/TTQ | 74 (94)/5 (6) | 30 (86)/5 (14) | 44 (100)/0 | 0,01 |
| Tempo de uso do tubo traqueal (dias) | 3 (2 - 5 [1 - 72]) | 3 (2 - 5 [1 - 72]) | 4 (2 - 6 [1 - 16]) | 0,74 |
| Uso de ventilação mecânica durante a coleta dos dados | 74 (94) | 30 (86) | 44 (100) | 0,01 |
| Sedação durante a coleta dos dados | 41(52) | 19 (54) | 22 (50) | 0,44 |

DA - dispositivos artesanais; TOT - tubo orotraqueal; TTQ - tubo de traqueostomia. Os valores são o número (proporção) ou mediana (IQR [faixa]). * Coluna correspondente aos sujeitos de pesquisa que tiveram sua pressão de balão avaliada apenas com o DA1 e o dispositivo comercial; † coluna correspondente aos sujeitos de pesquisa cuja pressão de balão foi mensurada com todos os dispositivos (DA1, DA2 e dispositivo comercial); ‡ comparação entre os sujeitos que tiveram sua pressão de balão medida com todos os dispositivos e os avaliados apenas com o DA1 e dispositivo comercial. Foi utilizado o teste exato de Fisher.

Em comparação ao dispositivo comercial (mediana (IQR) 20 (14 - 26) cmH₂O), os valores pressóricos do balão obtidos com o DA1 foram mais elevados [mediana (IQR) 20,4 (20,4 - 27,2) cmH₂O; p < 0,001], enquanto o DA2 demonstrou pressões mais baixas [mediana (IQR) 13,6 (13,6 - 27,6) cmH₂O; p = 0,02] (Figura 2).

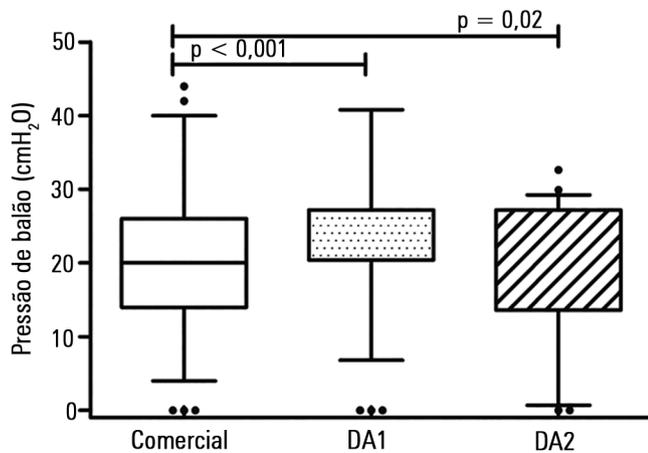


Figura 2 - Pressões do tubo traqueal (cmH₂O) medidas com um manômetro comercial, o dispositivo artesanal 1 e o dispositivo artesanal 2. As caixas indicam a mediana e a faixa de IQR; as barras indicam os percentis de 5 - 95 e os pontos indicam pontos fora da curva. DA - dispositivos artesanais.

Observou-se uma correlação positiva entre as pressões de balão medidas com o dispositivo comercial e o DA1 e o DA2 ($r = 0,66$; $p < 0,001$ e $r = 0,49$; $p = 0,01$, respectivamente) (Figura 3). Não houve qualquer correlação entre as pressões de balão e idade ou duração de uso do tubo traqueal.

Os valores do ICC indicaram excelente concordância entre o dispositivo comercial e o DA1 (ICC = 0,8; IC95% 0,68 - 0,87; $p < 0,001$) e boa concordância com o DA2 (ICC = 0,66; IC95% 0,38 - 0,82; $p < 0,001$). Entretanto,

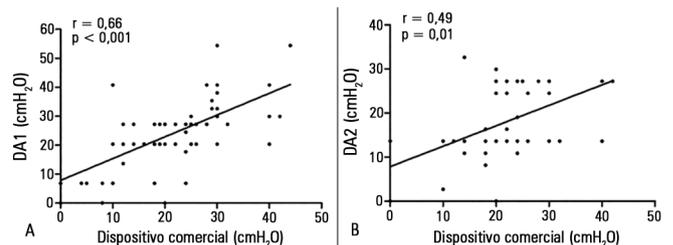


Figura 3 - Correlação entre as pressões de balão (cmH₂O) medidas com o manômetro comercial e os dispositivos artesanais 1 (A) e 2 (B). DA - dispositivos artesanais.

os gráficos de Bland-Altman revelaram grande diferença média (DP) entre o dispositivo comercial e tanto o DA1 quanto o DA2 ($-2,8 \pm 8,1$ cmH₂O e $4 \pm 8,6$ cmH₂O, respectivamente). Além disso, ocorreram amplos valores de LC 95% para o DA1 ($-18,6$ a 13 cmH₂O) e o DA2 ($-12,8$ a $20,9$ cmH₂O) em comparação ao dispositivo comercial (Figura 4). Analisando apenas os valores localizados entre 20 e 30 cmH₂O (alvo da pressão de balão), as diferenças médias (DP) e a variabilidade entre o dispositivo comercial e dispositivos DA1 e DA2 foram de $-3,4 \pm 7,5$ e $-18,1$ a $11,3$; e $3,6 \pm 8,5$ e $-13,1$ a $20,3$, respectivamente.

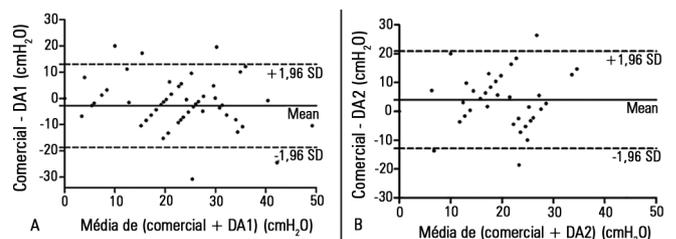


Figura 4 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre as pressões de balão com o manômetro comercial e os dispositivos artesanais 1 (A) e 2 (B), lançados contra sua média, por sujeito. A diferença média é mostrada como a linha contínua e o nível de 95% de concordância com linhas tracejadas. DA - dispositivos artesanais.

DISCUSSÃO

As mensurações obtidas com diferentes instrumentos podem ser consideradas intercambiáveis quando a diferença média entre elas é pequena, e a variabilidade se encontra dentro de limites aceitáveis.⁽³⁰⁾ Demonstramos que as pressões de balão de tubos endotraqueais medidas com dispositivos artesanais foram mais elevadas com o DA1 e mais baixas com o DA2 do que as pressões medidas com o dispositivo comercial. Embora o ICC tenha revelado concordâncias excelente e boa respectivamente com os manômetros DA1 e DA2, os gráficos de Bland-Altman revelaram grandes diferenças médias e variabilidade. Estes resultados sugerem que estes manômetros artesanais não podem substituir um dispositivo comercial.

Ao que sabemos, este é o primeiro estudo a avaliar a concordância entre dois manômetros artesanais, montados a partir de esfigmomanômetros, e um manômetro específico para medir a pressão do balão de tubos endotraqueais. A substituição de um instrumento bem estabelecido por outro só é possível se os valores medidos pelo novo equipamento forem equivalentes aos obtidos com o instrumento já estabelecido.

A Associação para Avanço da Instrumentação Médica declara que um esfigmomanômetro pode ser substituído por outro quando as diferenças forem inferiores a 5mmHg e a variabilidade for menor que 8mmHg,⁽³¹⁾ o que representa 5 - 10% da pressão arterial média de um adulto. Até aqui, não existe qualquer recomendação relativa à diferença e a variabilidade entre manômetros para mensuração da pressão de balão. O dispositivo comercial utilizado neste estudo teve uma precisão especificada de $\pm 2\text{cmH}_2\text{O}$, segundo o fabricante.⁽³²⁾ Como as diferenças médias entre os dispositivos DA1 e DA2 observadas com os gráficos de Bland-Altman foram de $-2,8\text{cmH}_2\text{O}$ e $4\text{cmH}_2\text{O}$, respectivamente, ou seja, além dos limites de precisão, a substituição do dispositivo comercial por instrumentos artesanais pode não ser segura.

Além do mais, embora as concordâncias entre o dispositivo comercial e os dispositivos DA1 e DA2 tenham sido respectivamente excelente e boa na análise do ICC, a variabilidade observada no método de Bland-Altman deve ser levada em conta ao decidir quanto à substituição do dispositivo comercial por dispositivos artesanais. Variações superiores a 10% da faixa recomendada como segura representam ausência de confiabilidade e podem esconder hiperinsuflação ou deflação do balão, levando a perigosas complicações. Bland e Altman argumentaram que quanto menor a variabilidade, melhor a concordância entre dois

instrumentos,⁽²⁶⁾ contudo o quanto esta faixa deveria ser estreita, dependerá da interpretação clínica. Se a variabilidade entre dois métodos é clinicamente aceitável, eles podem ser intercambiáveis.^(26,33) Como a faixa para a pressão de balão recomendada é muito estreita (20 a $30\text{cmH}_2\text{O}$), concluímos que a variabilidade não deve ser muito grande.

Este estudo mostrou um LC entre $-18,6$ e $13\text{cmH}_2\text{O}$ para o DA1 e $-12,8$ e $20,9\text{cmH}_2\text{O}$ para o DA2, ambos em comparação ao dispositivo comercial. Estes resultados indicaram uma variação sistemática (tanto para cima quanto para baixo) entre os instrumentos comercial e artesanais. Considerando que os erros são mais perceptíveis com pressões de balão mais elevadas,^(34,35) analisamos o LC dos dispositivos utilizando apenas os valores entre 20 e $30\text{cmH}_2\text{O}$. Mesmo assim, as variações sistemáticas continuaram elevadas.

Blanch avaliou a variabilidade de quatro marcas de infladores de balão e observou LC 95% mais altos e mais baixos entre -2 e $3\text{cmH}_2\text{O}$, respectivamente. O estudo, contudo, comparou apenas manômetros específicos para balão de tubos endotraqueais, e os testes foram conduzidos em um modelo de traqueia, o que pode ser limitado em comparação à traqueia humana.⁽³⁴⁾

A variabilidade do DA1 e do DA2 pode ser explicada não apenas pela variação dos dispositivos artesanais, mas também pela reprodutibilidade do dispositivo comercial. Em seu estudo, Blanch testou o dispositivo comercial e observou que sua variabilidade ($0,7 \pm 1,9\text{cm}_2\text{O}$) tendeu a ter vieses tanto para cima quanto para baixo.⁽³⁴⁾ Assim, o grande LC entre os instrumentos demonstrado neste estudo pode ser explicado pela soma das variabilidades do dispositivo comercial e dos artesanais.

O espaço morto dos manômetros também pode contribuir para a variação sistemática. Manômetros aneróides contêm um volume de ar, mesmo quando não pressurizados.⁽³⁴⁾ Como a pressão dentro do balão é mais alta do que a atmosférica, ao conectar-se o manômetro ao balão, as pressões se equalizarão, principalmente às custas do volume e da pressão do balão. Assim, a precisão da mensuração da pressão de balão depende do tamanho do espaço morto de cada manômetro e, conseqüentemente, de seu volume e sua pressão antes da avaliação.^(34,35) Como os manômetros utilizados em nosso estudo foram produzidos por diferentes fabricantes, é possível que seus espaços mortos sejam diferentes, influenciando na variabilidade entre eles.

Nosso estudo teve algumas limitações. O DA1 foi impreciso para medidas abaixo de $20\text{cmH}_2\text{O}$. Além disso, alguns autores declaram que até $2\text{cmH}_2\text{O}$, ou 1mL , são perdidos quando a linha é aberta entre o balão e os medidores de pressão.^(32,34,35) Em nosso estudo, as pressões de balão

foram avaliadas utilizando os três dispositivos em sequência, e a perda de ar com o tempo pôde ter contribuído para a grande variabilidade observada entre os instrumentos. No entanto, como a ordem na qual os dispositivos foram utilizados foi randomizada, a perda aérea com o tempo foi equitativamente distribuída entre os instrumentos.

CONCLUSÃO

Manômetros artesanais não proporcionam mensurações apropriadas da pressão do balão quando comparados

a um dispositivo específico para esse fim, e não devem ser utilizados em pacientes mecanicamente ventilados, em substituição a manômetros comerciais.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (Grant nº PEP-00067-12).

Gostaríamos de agradecer ao Dr. Diógenes S. Ferreira, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, por seus comentários construtivos para este manuscrito.

ABSTRACT

Objective: To test the agreement between two handcrafted devices and a cuff-specific manometer.

Methods: The agreement between two handcrafted devices adapted to measure tracheal tube cuff pressure and a cuff-specific manometer was tested on 79 subjects. The cuff pressure was measured with a commercial manometer and with two handcrafted devices (HD) assembled with aneroid sphygmomanometers (HD1 and HD2). The data were compared using Wilcoxon and Spearman tests, the intraclass correlation coefficient (ICC) and limit-of-agreement analysis.

Results: Cuff pressures assessed with handcrafted devices were significantly different from commercial device

measurements (pressures were higher when measured with HD1 and lower with HD2). The ICCs between the commercial device and HD1 and HD2 were excellent ($ICC = 0.8$ $p < 0.001$) and good ($ICC = 0.66$, $p < 0.001$), respectively. However, the Bland-Altman plots showed wide limits of agreement between HD1 and HD2 and the commercial device.

Conclusion: The handcrafted manometers do not provide accurate cuff pressure measurements when compared to a cuff-specific device and should not be used to replace the commercial cuff manometers in mechanically ventilated patients.

Keywords: Intubation, intratracheal/instrumentation; Tracheostomy/methods; Transducers, pressure; Reproducibility of results

REFERÊNCIAS

- Rello J, Soñora R, Jubert P, Artigas A, Rué M, Vallés J. Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154(1):111-5.
- Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1984;288(6422):965-8.
- Bernhard WN, Yost L, Joynes D, Cothalis S, Turndorf H. Intracuff pressures in endotracheal and tracheostomy tubes. Related cuff physical characteristics. *Chest.* 1985;87(6):720-5.
- Lomholt N. A device for measuring the lateral wall cuff pressure of endotracheal tubes. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1992;36(8):775-8.
- Ramirez P, Bassi GL, Torres A. Measures to prevent nosocomial infections during mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care.* 2012;18(1):86-92.
- Sengupta P, Sessler DI, Maglinger P, Wells S, Vogt A, Durrani J, et al. Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals, and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. *BMC Anesthesiol.* 2004;4(1):8.
- Atlas GM. A mathematical model of differential tracheal tube cuff pressure: effects of diffusion and temperature. *J Clin Monit Comput.* 2005;19(6):415-25.
- Sultan P, Carvalho B, Rose BO, Cregg R. Endotracheal tube cuff pressure monitoring: a review of the evidence. *J Perioper Pract.* 2011;21(11):379-86.
- Brimacombe J, Keller C, Giampalmo M, Sparr HJ, Berry A. Direct measurement of mucosal pressures exerted by cuff and non-cuff portions of tracheal tubes with different cuff volumes and head and neck positions. *Br J Anaesth.* 1999;82(5):708-11.
- Godoy AC, Vieira RJ, Capitani EM. Endotracheal tube cuff pressure alteration after changes in position in patients under mechanical ventilation. *J Bras Pneumol.* 2008;34(5):294-7.
- Lizy C, Swinnen W, Labeau S, Poelaert J, Vogelaers D, Vandewoude K, et al. Cuff pressure of endotracheal tubes after changes in body position in critically ill patients treated with mechanical ventilation. *Am J Crit Care.* 2014;23(1):e1-8.
- Souza Neto EP, Piriou V, Durand PG, George M, Evans R, Obadia JF, et al. Influence of temperature on tracheal tube cuff pressure during cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1999;43(3):333-7.
- Nseir S, Duguet A, Copin MC, De Jonckheere J, Zhang M, Similowski T, et al. Continuous control of endotracheal cuff pressure and tracheal wall damage: a randomized controlled animal study. *Crit Care.* 2007;11(5):R109.
- Castilho EC, Braz JR, Catâneo AJ, Martins RH, Gregório EA, Monteiro ER. [Effects of tracheal tube cuff limit pressure (25 cmH2O) and "seal" pressure on tracheal mucosa of dogs.]. *Rev Bras Anesthesiol.* 2003;53(6):743-55. Portuguese.
- Diaz E, Rodríguez AH, Rello J. Ventilator-associated pneumonia: issues related to the artificial airway. *Respir Care.* 2005;50(7):900-6; discussion 906-9.

16. Safdar N, Crnich CJ, Maki DG. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia: its relevance to developing effective strategies for prevention. *Respir Care*. 2005;50(6):725-39; discussion 739-41.
17. Bouza E, Pérez MJ, Muñoz P, Rincón C, Barrio JM, Hortal J. Continuous aspiration of subglottic secretions in the prevention of ventilator-associated pneumonia in the postoperative period of major heart surgery. *Chest*. 2008;134(5):938-46.
18. Vallés J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, Fontanals D, Blanch L, et al. Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med*. 1995;122(3):179-86.
19. Alberti C, Brun-Buisson C, Burchardi H, Martin C, Goodman S, Artigas A, et al. Epidemiology of sepsis and infection in ICU patients from an international multicentre cohort study. *Intensive Care Med*. 2002;28(2):108-21. Erratum in: *Intensive Care Med* 2002;28(4):525-6.
20. Resende MM, Monteiro SG, Callegari B, Figueiredo PM, Monteiro CR, Monteiro-Neto V. Epidemiology and outcomes of ventilator-associated pneumonia in northern Brazil: an analytical descriptive prospective cohort study. *BMC Infect Dis*. 2013;13:119.
21. Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, Gaynes RP. Nosocomial infections in medical intensive care units in the United States. National Nosocomial Infections Surveillance System. *Crit Care Med*. 1999;27(5):887-92.
22. Safdar N, Dezfulian C, Collard HR, Saint S. Clinical and economic consequences of ventilator-associated pneumonia: a systematic review. *Crit Care Med*. 2005;33(10):2184-93. Review.
23. Souza CR, Santana VT. Impact of supra-cuff suction on ventilator-associated pneumonia prevention. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(4):401-6.
24. Annoni R, Pires-Neto RC. Ineffectiveness of using the pressure relief valve technique during cuff inflation. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2014;26(4):367-72.
25. Godoy AC, Vieira RJ. Pressões intracuff: método econômico para calibragem. *Rev Ciênc Méd*. 2006;15(3):267-9.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.
27. Almeida Junior AE, Annoni R. Estudo comparativo das pressões de cuff de próteses traqueais realizadas através de um medidor comercial em relação a um artesanal. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(Supl 1):98.
28. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons; 1999. Reliability of measurement. Chapter 1, p 2-17.
29. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady DG, Newman TB. Designing clinical research. 3rd ed. Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins, Wolters Kluwer; 2007.
30. Kaufmann MA, Pargger H, Drop LJ. Oscillometric blood pressure measurements by different devices are not interchangeable. *Anesth Analg*. 1996;82(2):377-81.
31. White WB, Berson AS, Robbins C, Jamieson MJ, Prisant LM, Roccella E, et al. National standard for measurement of resting and ambulatory blood pressures with automated sphygmomanometers. *Hypertension*. 1993;21(4):504-9.
32. Sole ML, Aragon D, Bennett M, Johnson RL. Continuous measurement of endotracheal tube cuff pressure: how difficult can it be? *AACN Adv Crit Care*. 2008;19(2):235-43.
33. Myles PS, Cui J. Using the Bland-Altman method to measure agreement with repeated measures. *Br J Anaesth*. 2007;99(3):309-11.
34. Blanch PB. Laboratory evaluation of 4 brands of endotracheal tube cuff inflator. *Respir Care*. 2004;49(2):166-73.
35. Cox PM Jr, Schatz ME. Respiratory therapy. Pressure measurements in endotracheal cuffs: a common error. *Chest*. 1974;65(1):84-7.