

# Quanto tempo de oclusão é necessário para avaliar a pressão inspiratória máxima pelo método da válvula expiratória unidirecional em sujeitos sem via aérea artificial?

*How much occlusion time is necessary to assess maximal inspiratory pressure by the unidirectional expiratory valve method in subjects without artificial airway?*

*¿Cuánto tiempo de oclusión es necesario para evaluar la presión inspiratoria máxima por el método de la válvula expiratoria unidireccional en sujetos sin vía aérea artificial?*

Samantha Torres Grams<sup>1</sup>, Karen Yumi Mota Kimoto<sup>2</sup>, Elen Moda de Oliveira Azevedo<sup>3</sup>, André Luis Pereira de Albuquerque<sup>4</sup>, Christina May Moran Brito<sup>5</sup>, Wellington Pereira Yamaguti<sup>6</sup>

**RESUMO** | O objetivo desse estudo foi determinar o tempo de oclusão necessário para avaliar a pressão inspiratória máxima (PIMáx) obtida pelo método da válvula expiratória unidirecional em sujeitos sem via aérea artificial. Foram avaliados 31 sujeitos, com idade entre 18 e 60 anos. A PIMáx foi avaliada pelo método convencional (PIMáx<sub>conv</sub>) e pelo método da válvula expiratória unidirecional (PIMáx<sub>uni</sub>), sendo a ordem de avaliação definida por meio de sorteio. Para a medida da PIMáx<sub>uni</sub>, um manovacuômetro digital foi acoplado a uma válvula expiratória unidirecional e máscara orofacial por 20 segundos de oclusão. Nesse período, todos os sujeitos foram encorajados a realizar esforços inspiratórios máximos. Para definir a ótima duração da manobra, o tempo de esforço foi dividido a cada intervalo de 5 segundos (0-5s, 0-10s, 0-15s, 0-20s). Os intervalos de tempo para obtenção da PIMáx<sub>uni</sub> foram comparados por meio do teste de ANOVA One-way. Para comparação das médias dos valores de PIMáx<sub>conv</sub> e PIMáx<sub>uni</sub>, foi utilizado o teste t de Student. O nível de significância foi de 5%. A

média dos valores da PIMáx<sub>conv</sub> foi de -102,5±23,9 cmH<sub>2</sub>O, enquanto que a PIMáx<sub>uni</sub> foi de -117,3±24,8 cmH<sub>2</sub>O (p<0,001). O valor absoluto máximo da PIMáx<sub>uni</sub> foi alcançado dentro do intervalo de 0-20 segundos, que foi significativamente superior ao valor absoluto máximo obtido nos primeiros 5 segundos (p=0,036). O tempo de oclusão necessário para avaliar a PIMáx pelo método da válvula expiratória unidirecional em sujeitos colaborativos sem via aérea artificial deve ser de pelo menos 20 segundos.

**Descritores** | Pressões Respiratórias Máximas; Músculos Respiratórios; Força Muscular.

**ABSTRACT** | The aim of this study was to determine how much occlusion time is necessary to obtain maximal inspiratory pressure (MIP) by the unidirectional expiratory valve method in subjects without artificial airway. Thirty-one subjects aged 18-60 years were evaluated. MIP was evaluated by the standard method (MIP<sub>stan</sub>) and by the unidirectional expiratory valve method MIP<sub>uni</sub> with the order of evaluation

Estudo desenvolvido no Hospital Sírio-Libanês – São Paulo (SP), Brasil, e apresentado no 24<sup>th</sup> International Congress of the European Respiratory Society – Munique, Alemanha, em setembro de 2014.

<sup>1</sup>Doutoranda em Ciências da Saúde pelo Hospital Sírio-Libanês – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: samantha.tgrams@hsl.org.br. Orcid: 0000-0003-1097-4792

<sup>2</sup>Mestre em Ciências da Saúde pelo Hospital Sírio-Libanês – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: karen.ymkimoto@hsl.org.br. Orcid: 0000-0003-4097-5358

<sup>3</sup>Especialista em Fisioterapia Cardiorrespiratória pelo Hospital Nossa Senhora de Lourdes – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: elen.moliveira@hsl.org.br. Orcid: 0000-0003-4570-3343

<sup>4</sup>Professor pós-doutor do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências da Saúde do Hospital Sírio-Libanês – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: drean.albuquerque@gmail.com. Orcid: 0000-0003-3486-5240

<sup>5</sup>Doutora em Ciências Médicas pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: christina.brito@hsl.org.br. Orcid: 0000-0003-3775-6533

<sup>6</sup>Professor doutor do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências da Saúde do Hospital Sírio-Libanês – São Paulo (SP), Brasil. E-mail: wellington.psyamaguti@hsl.org.br. Orcid: 0000-0003-4943-2085

determined randomly by lot. For  $MIP_{uni}$  measurement, a digital vacuum manometer was attached to a unidirectional expiratory valve and an orofacial mask for 20 seconds of occlusion. During this period, all subjects were encouraged to make maximal respiratory efforts. To define the optimum duration of the maneuver, the 20 seconds of effort were partitioned at every five-second interval (0-5s, 0-10s, 0-15s, 0-20s). The time intervals for obtaining  $MIP_{uni}$  were compared with the one-way ANOVA test. The mean values of the standard method and the unidirectional expiratory valve method were compared using the paired Student's t-test. The significance level was established at 5%. The mean values for the  $MIP_{stan}$  ( $-102.5 \pm 23.9$  cmH<sub>2</sub>O) presented a statistically significant difference as compared to the mean values for  $MIP_{uni}$  ( $-117.3 \pm 24.8$  cmH<sub>2</sub>O;  $p < 0.001$ ). Maximal peak values for  $MIP_{uni}$  were achieved within the 20-second time window, which differed significantly from the peak values obtained during the first five seconds ( $p = 0.036$ ). The occlusion time necessary to record MIP by the unidirectional expiratory valve method in collaborative subjects without artificial airway should be of at least 20 seconds.

**Keywords** | Maximal Respiratory Pressures; Respiratory Muscles; Muscle Strength.

**RESUMEN** | Este estudio busca determinar cuánto tiempo de oclusión es necesario para obtener la presión inspiratoria máxima (PIMáx) por medio del método de la válvula espiratoria unidireccional en individuos sin vía aérea artificial. Se evaluaron

31 sujetos de entre 18 y 60 años de edad. La PIMáx se evaluó mediante el método estándar ( $PIMáx_{est}$ ) y el método de válvula espiratoria unidireccional ( $PIMáx_{uni}$ ), siendo que el orden de evaluación se estableció por medio de un sorteo. Para el  $PIMáx_{uni}$ , un manovacuómetro digital se ha conectado a una válvula espiratoria unidireccional y una máscara orofacial durante 20 segundos de oclusión. Durante este período, se alentó a los individuos a hacer esfuerzos respiratorios máximos. Para definir la óptima duración de la maniobra, el tiempo de esfuerzo se dividió en intervalos de cinco segundos (0-5s, 0-10s, 0-15s, 0-20s). Los intervalos del tiempo para el  $PIMáx_{uni}$  se compararon mediante la prueba ANOVA one-way. Las medias de los valores de  $PIMáx_{est}$  y de  $PIMáx_{uni}$  se compararon mediante la prueba pareada t de Student. El nivel de significancia se estableció en el 5%. La media de los valores de  $PIMáx_{est}$  ( $-102,5 \pm 23,9$  cmH<sub>2</sub>O) presentó una diferencia estadísticamente significativa en comparación con la media de los valores de  $PIMáx_{uni}$  ( $-117,3 \pm 24,8$  cmH<sub>2</sub>O,  $p < 0,001$ ). El valor absoluto máximo obtenido de  $PIMáx_{uni}$  estaba dentro del intervalo de 0-20 segundos, que fue significativamente superior del valor absoluto máximo durante los primeros 5 segundos ( $p = 0,036$ ). El tiempo de oclusión necesario para registrar la PIMáx por el método de válvula espiratoria unidireccional en individuos colaborativos sin vía aérea artificial debe ser de al menos 20 segundos.

**Palabras clave** | Presiones Respiratorias Máximas; Músculos Respiratorios; Fuerza Muscular.

## INTRODUÇÃO

O método mais comum de avaliação da força muscular inspiratória é realizado por meio da mensuração da pressão negativa gerada na boca durante uma inspiração máxima contra uma via aérea ocluída, após uma expiração forçada próxima ao volume residual ( $PIMáx_{conv}$ )<sup>1,2</sup>. Apesar de ser considerado um método fácil de ser executado e bem tolerado pelos pacientes, sua mensuração depende da compreensão e da colaboração dos indivíduos para realizar esforços inspiratórios realmente máximos<sup>3,4</sup>.

Para superar a necessidade de colaboração durante a avaliação da  $PIMáx_{conv}$ , Marini, Smith e Lamb<sup>5</sup> desenvolveram uma técnica que otimiza o esforço inspiratório de pacientes críticos e pouco colaborativos submetidos à ventilação mecânica invasiva, por meio da utilização de uma válvula expiratória unidireccional, na qual a expiração é permitida sem resistência e a inspiração é ocluída ( $PIMáx_{uni}$ ). Como consequência de uma resposta fisiológica (aumento do

drive respiratório após uma inspiração prévia insuficiente), o paciente inicia sucessivos esforços inspiratórios a partir de volumes progressivamente mais próximos ao residual, gerando pressões inspiratórias cada vez mais negativas<sup>5,6</sup>. Estudos posteriores<sup>7,8</sup>, comprovaram que o método da válvula expiratória unidireccional otimiza a capacidade máxima de ação dos músculos inspiratórios ao demonstrarem em que os valores de  $PIMáx_{uni}$  foram significativamente superiores à  $PIMáx_{conv}$ .

Em relação ao tempo de oclusão inspiratório durante o método da válvula expiratória unidireccional em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva, Marini, Smith e Lamb<sup>5</sup> recomendam um período de, no mínimo, 20 segundos a 25 segundos para se obter a  $PIMáx_{uni}$ . Entretanto, este tempo parece ser insuficiente para determinar os valores máximos em pacientes com alterações do nível de consciência<sup>9,10</sup>. Em pacientes não-cooperativos, valores maiores de  $PIMáx_{uni}$  são obtidos com oclusão de 40 segundos<sup>11,12</sup>. Há na literatura o relato de obtenção da

$PIM\acute{a}x_{uni}$  em tempo ainda maior, com obtenção do pico entre 40 segundos e 60 segundos de oclusão<sup>13</sup>.

Em pacientes sem alteração do nível de consciência e colaborativos, sob respiração espontânea sem via aérea artificial, o método da válvula expiratória unidirecional foi adaptado por meio de uma interface não-invasiva utilizando uma máscara orofacial<sup>14</sup>. Neste estudo, o método da  $PIM\acute{a}x_{uni}$  também apresentou superioridade na otimização do esforço inspiratório, além de possuir maior repetibilidade quando comparado ao método convencional<sup>14</sup>. Contudo, o tempo de oclusão necessário para se obter a  $PIM\acute{a}x_{uni}$  nessa população ainda é desconhecido. Diante desse contexto, o presente estudo objetivou determinar o tempo de oclusão necessário para avaliar a  $PIM\acute{a}x_{uni}$  em sujeitos colaborativos sem via aérea artificial.

## METODOLOGIA

### Sujeitos

Foram incluídos 31 indivíduos que preencheram os seguintes critérios: idade entre 18 e 60 anos; prova de função pulmonar normal (CVF e  $VEF_1 \geq 80\%$  do predito e  $VEF_1/CVF \geq 0,7$ ); não ser tabagista; não possuir diagnóstico de doenças cardiopulmonares e não ter sido avaliado anteriormente por nenhum dos métodos testados no estudo. Foi considerada como critério de exclusão a incapacidade para realização das avaliações dentro dos critérios de aceitabilidade técnica. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos do Hospital Sírio-Libanês (HSL2011/17) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### Desenho do estudo

Trata-se de um estudo transversal, cujos sujeitos foram submetidos à avaliação dos antecedentes pessoais e hábitos de vida por meio de um questionário, antropometria, prova de função pulmonar e avaliação da força muscular inspiratória por meio da mensuração da  $PIM\acute{a}x_{conv}$  e  $PIM\acute{a}x_{uni}$ .

### Prova de função pulmonar

A prova de função pulmonar foi realizada com a utilização de um espirômetro portátil (modelo Koko Pftesting; marca *nSpire Healthy; Longmont; Colorado; USA*), previamente calibrado, conforme recomendações da American Thoracic Society<sup>15</sup>. Foram considerados os maiores valores obtidos para

cada uma das variáveis espirométricas, que foram expressos em valores absolutos e em valores percentuais dos valores previstos de normalidade, segundo os determinados por Pereira et al<sup>16</sup>.

### $PIM\acute{a}x_{conv}$ e $PIM\acute{a}x_{uni}$

Para a avaliação tanto da  $PIM\acute{a}x_{conv}$  como da  $PIM\acute{a}x_{uni}$ , foi utilizado um manovacuômetro digital com amplitude de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O (modelo MVD300; marca Microhard; Porto Alegre; RS; Brasil). A ordem de aplicação dos métodos foi definida previamente de forma aleatória por meio de um sorteio e estratificada de acordo com gênero. Foi permitido um descanso de pelo menos 20 minutos entre cada método de avaliação. O avaliador responsável pela instrução e execução dos métodos se manteve cego para os resultados obtidos.

A mensuração da  $PIM\acute{a}x_{conv}$  seguiu as recomendações das diretrizes da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia<sup>4</sup>, sendo utilizado um manovacuômetro digital acoplado a uma peça bucal, com orifício de dois milímetros de diâmetro. Para obtenção da  $PIM\acute{a}x_{conv}$ , os sujeitos foram encorajados a realizar um esforço inspiratório máximo a partir de um volume próximo ao residual. Foram realizadas dez repetições dessa manobra, com intervalo de um minuto entre os esforços, visando obter três manobras aceitáveis (sem vazamentos e com duração de pelo menos dois segundos) e, no mínimo, duas manobras repetíveis dentre essas (isto é, com valores que não apresentassem diferenças entre si superiores a 10% do valor mais elevado). O valor da  $PIM\acute{a}x_{conv}$  considerado para o estudo foi o maior obtido entre as manobras repetíveis.

A avaliação da  $PIM\acute{a}x_{uni}$  foi realizada utilizando o manovacuômetro digital acoplado a uma válvula expiratória unidirecional e máscara orofacial. Os indivíduos foram posicionados em cadeira confortável e permaneceram com a máscara acoplada manualmente pelo avaliador durante 20 segundos de oclusão da válvula. Durante esse período, foi solicitado que os sujeitos do estudo realizassem esforços inspiratórios e expiratórios máximos. Essa manobra foi repetida por três vezes e o maior valor obtido ao final de uma manobra foi considerado como a medida da  $PIM\acute{a}x_{uni}$ .

### Escala de desconforto

O desconforto causado durante a avaliação da  $PIM\acute{a}x_{uni}$  foi mensurado por uma escala numérica de 10cm, na qual o ponto “zero” correspondia a “nenhum desconforto” e o ponto “dez” correspondia a “máximo desconforto”<sup>17</sup>.

## Análise estatística

Os dados foram analisados com o Programa SPSS for Windows, versão 17.0 (IMB SPSS Statistics; IBM; Armonk; New York; USA), e tratados com análise descritiva (média e desvio-padrão) e inferencial. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para verificação da normalidade e homogeneidade de variância dos dados. Para comparação das médias dos valores de  $PIMáx_{conv}$  e  $PIMáx_{uni}$ , foi utilizado o teste t de Student.

No método da válvula expiratória unidirecional, para determinar a ótima duração da manobra de obtenção da  $PIMáx_{uni}$ , o tempo de esforço inspiratório foi dividido a cada intervalo de cinco segundos (0-5s, 0-10s, 0-15s, 0-20s). Os intervalos de tempo do método da válvula expiratória unidirecional foram comparados por meio do teste de ANOVA One-way. O nível de significância adotado para o tratamento estatístico foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## Cálculo da amostra

Uma amostra de 22 sujeitos foi determinada usando resultados de estudo prévio<sup>5</sup> para detectar diferença na  $PIMáx_{uni}$  de  $24,8 \pm 24,5$   $cmH_2O$ , ao se comparar um tempo de oclusão de cinco segundos, com um tempo de oclusão de 20 segundos (erro de 5% e poder do teste de 90%).

## RESULTADOS

Foram avaliados 31 indivíduos, com média de idade de  $30,8 \pm 6,2$  anos. As características da amostra estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da população do estudo

Variáveis		Média±Desvio-padrão (variação) (n=31)
Sexo	Masculino	14
	Feminino	17
Idade (anos)		30,80±6,2 (21-49)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )		24,5±3,5 (17,9-29,9)
Função pulmonar	CVF (%prev)	92,4±12,1 (80-127)
	VEF1 (%prev)	93,3±10,6 (80-124)
	VEF1/CVF (%prev)	101,0±7,2 (87-114)
	FEF 25-75% (%prev)	95,1±21,1 (61-145)
	CV (%prev)	90,1±11,1 (76-117)
	CI (L)	2,95±0,63 (1,81-6,58)
	VRE (L)	1,02±0,45 (0,09-1,79)

Varição: valor mínimo – valor máximo; n: número de indivíduos; IMC: índice de massa corporal; kg: quilogramas; m: metros CVF (%prev): porcentagem do previsto para a capacidade vital forçada; VEF1 (%prev): porcentagem do previsto para o volume expiratório forçado no primeiro segundo; FEF 25-75% (%prev): porcentagem do previsto para o fluxo entre 25 e 75% da curva da CVF; CV (%prev): porcentagem do previsto para capacidade vital; CI: capacidade inspiratória; VRE: volume de reserva expiratória; L: litros.

A média dos valores da  $PIMáx_{uni}$  ( $-117,3 \pm 24,8$   $cmH_2O$ ) foi superior à  $PIMáx_{conv}$  ( $-102,5 \pm 23,9$   $cmH_2O$ ), com diferença estatisticamente significativa entre esses valores ( $p < 0,001$ ).

Em relação ao tempo de oclusão inspiratório durante o método da válvula expiratória unidirecional, foi observado que os valores da  $PIMáx_{uni}$  durante uma oclusão de 20 segundos ( $-116,7 \pm 26,3$   $cmH_2O$ ) foram significativamente superiores (diferença de 22,1%) aos obtidos nos cinco primeiros segundos ( $-95,6 \pm 31,0$   $cmH_2O$ ,  $p = 0,036$ ) (Gráfico 1). O desconforto ocasionado pela avaliação apresentou valores de  $5,7 \pm 2,8$  cm, segundo a Escala de Desconforto (valor mínimo de 0,1cm e valor máximo de 10cm), e 32,3% da amostra relatou desconforto intenso, acima de 7cm na Escala, e 71% apresentou desconforto acima de 5cm (Gráfico 2).

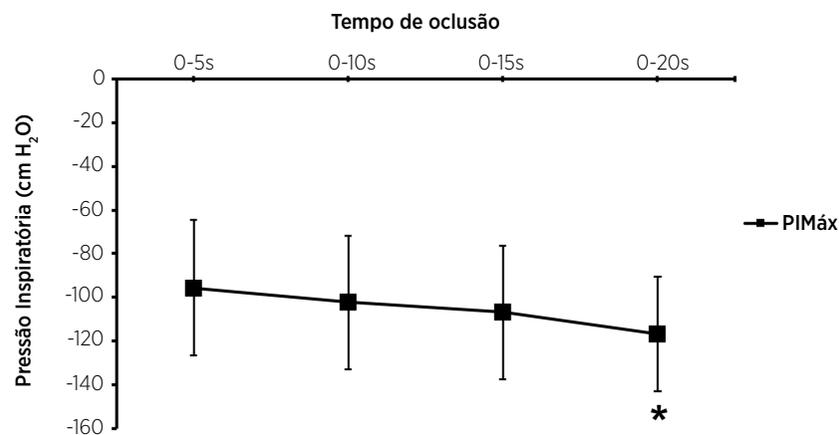


Gráfico 1. Tempo de oclusão da via aérea para obtenção da  $PIMáx_{uni}$

$PIMáx_{uni}$ : método da válvula expiratória unidirecional.

\* Diferença estatisticamente significante quando comparado ao período de 0-5 segundos ( $p = 0,036$ ).

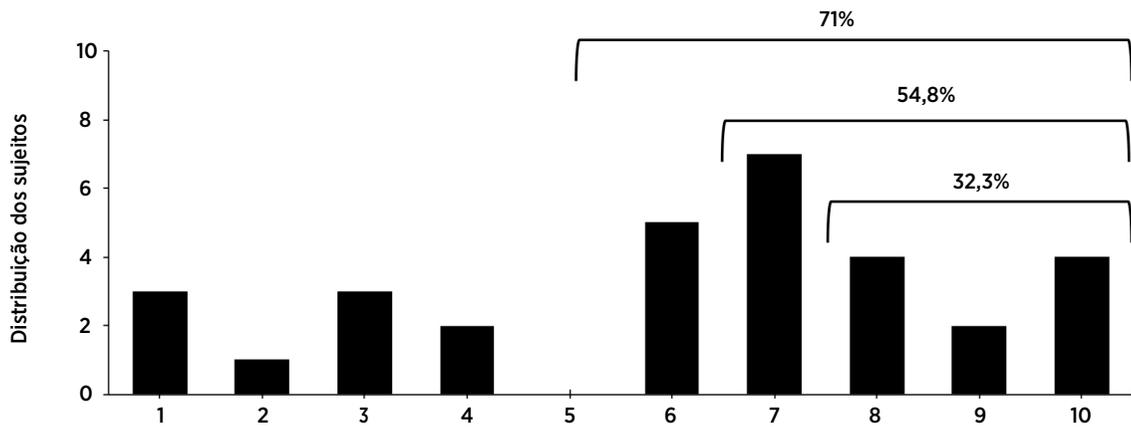


Gráfico 2. Desconforto ocasionado pela avaliação da PIMáx<sub>uni</sub>  
PIMáx<sub>uni</sub>: método da válvula expiratória unidirecional.

## DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou determinar o tempo de oclusão necessário para avaliar a PIMáx<sub>uni</sub> em sujeitos colaborativos sem via aérea artificial. Os resultados demonstraram que foi necessário um tempo de oclusão de pelo menos 20 segundos para se obter a PIMáx<sub>uni</sub>, visto que houve variação de 22,1% nos valores de PIMáx<sub>uni</sub> ao se comparar o tempo de cinco segundos com o de 20 segundos de oclusão, diferença considerada clinicamente e estatisticamente significativa.

Em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva, Marini et al.<sup>5</sup> recomendam que o tempo de oclusão no método da válvula expiratória unidirecional deve ser mantido por, no mínimo, 20 a 25 segundos, a fim de se obter a PIMáx<sub>uni</sub>. Dentre possíveis explicações, esse tempo de oclusão seria necessário para aumentar o drive respiratório e a eficiência mecânica durante as manobras, o que consequentemente provocaria aumento do esforço muscular inspiratório. Em pacientes com alterações do nível de consciência e drive respiratório reduzido previamente à oclusão, o tempo de oclusão necessário parece ser ainda maior<sup>9,10</sup>, como alternativa ao estímulo verbal nesses pacientes que não interagem adequadamente com o examinador. Estudos posteriores comprovaram essa hipótese, demonstrando que em pacientes não-cooperativos, valores maiores de PIMáx<sub>uni</sub> foram obtidos com oclusão de 40 segundos até 60 segundos<sup>11-13</sup>.

Estudo prévio do nosso grupo pesquisa foi o primeiro a avaliar a utilização do método da válvula expiratória unidirecional em sujeitos colaborativos sob respiração espontânea sem via aérea artificial<sup>14</sup>. Contudo, o tempo

de oclusão necessário não havia sido determinado. O presente estudo demonstrou que foi necessário um tempo de oclusão de pelo menos 20 segundos. É importante salientar que todos os participantes do estudo eram plenamente saudáveis, sem qualquer doença ou condição que pudesse alterar o drive respiratório ou o nível de compreensão previamente à avaliação. Além disso, todos foram encorajados verbalmente a realizar esforços inspiratórios e expiratórios máximos durante o tempo de oclusão de 20 segundos. Portanto, realizar um tempo de oclusão superior a 20 segundos não parece ser necessário para essa população.

Adicionalmente, apesar de não terem sido observados efeitos adversos durante as manobras, o desconforto ocasionado pelo bloqueio inspiratório é, possivelmente, um limitador para um tempo mais prolongado de avaliação da PIMáx<sub>uni</sub> em indivíduos com nível de consciência íntegro, como os que foram incluídos no presente estudo. Em pacientes com via aérea artificial e com pontuação igual a 15 pontos na escala de coma de Glasgow, a média do tempo de oclusão foi de 23,8 segundos, semelhante ao tempo de oclusão do presente estudo. Autores também relataram que os pacientes não toleraram tempo maior e que chegaram mais rapidamente ao platô após três inspirações consecutivas<sup>10</sup>.

É importante destacar que 32,3% da amostra relatou desconforto intenso, acima de 7cm na Escala de Desconforto, e 71% apresentou desconforto considerado de moderado a intenso, acima de 5cm. Portanto, um tempo de oclusão superior a 20 segundos pode não ser tolerável e viável na prática clínica.

Uma limitação deste estudo é ele não ter sido testado em pacientes sem via aérea artificial, com alteração do

nível de consciência e não colaborativos. De acordo com resultados de estudos prévios em pacientes intubados, essa população poderia apresentar maior tolerância e necessidade de tempo de oclusão superior para a obtenção da PIM<sub>uni</sub> máx.

## CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que o tempo necessário para avaliar a PIM<sub>uni</sub> máx em sujeitos colaborativos sem via aérea artificial deve ser de pelo menos 20 segundos.

## REFERÊNCIAS

- Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99(5):696-702. doi: 10.1164/arrd.1969.99.5.696
- Sclausser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J.* 2014;21(1):43-50. doi: 10.1155/2014/982374
- American Thoracic Society; European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624. doi: 10.1164/rccm.166.4.518
- Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol.* 2002;28(Suppl 3):S155-65.
- 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):32-8. doi: 10.1016/S0883-9441(86)80114-9
- Truwit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. *Chest.* 1992;102(4):1216-9. doi: 10.1378/chest.102.4.1216
- Caruso P, Friedrich C, Denari SD, Ruiz SA, Deheinzeln D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest.* 1999;115(4):1096-101. doi: 10.1378/chest.115.4.1096.
- Yamaguti WPS, Alves LA, Kauss IAM, Galvan CCR, Brunetto AF. Comparison between maximal inspiratory pressure measure by one-way valve method and conventional method in patients under weaning from invasive mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2004;16(3):142-5.
- Monteiro LS, Veloso CA, Araújo S, Figueiredo LC, Terzi RGG. Comparison of two methods of measurement of maximal inspiratory pressure with unidirectional valve. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2004;16(2):74-7.
- Monteiro LS, Veloso CA, Araújo S, Terzi RGG. Comparison of two methods for measurement of maximal inspiratory pressure in patients with and without alterations of the conscience's level. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2006;18(3), 256-62. doi: 10.1590/S0103-507X2006000300007
- Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, Dias CM, Menezes SLS. Maximal inspiratory pressure evaluation among non-cooperative critical patients: comparison between two methods. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(3):233-8. doi: 10.1590/S1413-35552007000300010
- Pinheiro Filho GR, Reis HFC, Almeida ML, Andrade WS, Rocha RLS, Leite PA. Comparison and effects of two different airway occlusion times during measurement of maximal inspiratory pressure in adult intensive care unit neurological patients. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2010;22(1):33-9. doi: 10.1590/S0103-507X2010000100007
- de Souza LC, da Silva CT Jr, Lugon JR. Evaluation of the inspiratory pressure using a digital vacuumeter in mechanically ventilated patients: analysis of the time to achieve the inspiratory peak. *Respir Care.* 2012;57(2):257-62. doi: 10.4187/respcare.01228
- Grams ST, Kimoto KY, Azevedo EM, Lança M, Albuquerque AL, Brito CM, et al. Unidirectional expiratory valve method to assess maximal inspiratory pressure in individuals without artificial airway. *PLoS One.* 2015;10(9):e0137825. doi: 10.1371/journal.pone.0137825
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisations of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805
- Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406. doi: 10.1590/S1806-37132007000400008
- Grant S, Aitchison T, Henderson E, Christie J, Zare S, McMurray J, et al. A comparison of the reproducibility and the sensitivity to change of visual analogue scales, Borg scales, and Likert scales in normal subjects during submaximal exercise. *Chest.* 1999;116(5):1208-17. doi: 10.1378/chest.116.5.1208