






Comparação dos efeitos das técnicas *breath stacking* e *air stacking* sobre a mecânica respiratória e o padrão ventilatório em pacientes traqueostomizados: ensaio clínico cruzado randomizado

Luciano Matos Chicayban^{1,2,3} , Alice Campos Hemétrio³ ,
Liz Tavares Rangel Azevedo³ 

1. Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pneumofuncional e Intensiva, Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora – ISECENSA – Campos dos Goytacazes (RJ) Brasil.
2. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Geral de Guarus – HGG – Campos dos Goytacazes (RJ) Brasil.
3. Curso de Fisioterapia, Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora – ISECENSA – Campos dos Goytacazes (RJ) Brasil.

Submetido: 27 agosto 2019.
Aprovado: 29 outubro 2019.

Trabalho realizado no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pneumofuncional e Intensiva, Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora – ISECENSA – Campos dos Goytacazes (RJ) Brasil.
(ClinicalTrials.gov identifier: NCT04012489
(http://www.clinicaltrials.gov/))

RESUMO

Objetivo: Comparar os efeitos das técnicas *breath stacking* (BS) e *air stacking* (AS) sobre a mecânica respiratória, o padrão ventilatório e a capacidade inspiratória em pacientes traqueostomizados. **Métodos:** Ensaio clínico cruzado randomizado envolvendo 20 pacientes traqueostomizados internados em UTI e submetidos a ambas as técnicas, com intervalo de 5 h entre si, de acordo com a randomização. Foram realizados dez ciclos de cada técnica com intervalos de 30 segundos entre si. No BS, os pacientes realizaram inspirações sucessivas por até 30 s por meio de uma válvula unidirecional, enquanto no AS foram realizadas insuflações lentas sucessivas através de um ressuscitador manual até que a pressão atingisse 40 cmH₂O. Os pacientes foram avaliados quanto a mecânica respiratória, capacidade inspiratória e padrão ventilatório antes e depois da realização das intervenções. **Resultados:** Com relação à mecânica respiratória no AS, houve aumento da complacência estática na comparação pré- e pós-intervenção ($p = 0,007$), assim como entre os momentos pós-AS e pós-BS ($p = 0,03$). Não houve diferença significativa da complacência estática na realização do BS ($p = 0,42$). A capacidade inspiratória foi maior após o AS que após o BS ($2.420,7 \pm 480,9$ mL vs. $1.211,3 \pm 562,8$ mL; $p < 0,001$), bem como em relação à pressão nas vias aéreas ($38,3 \pm 2,6$ cmH₂O vs. $25,8 \pm 5,5$ cmH₂O; $p < 0,001$). Não foram observadas alterações na resistência ou no padrão ventilatório em ambas as técnicas. **Conclusões:** Na presente amostra, o AS promoveu maior capacidade inspiratória e maior pressão nas vias aéreas que as observadas após o BS, com consequente aumento da complacência estática.

Descritores: Depuração mucociliar; Unidades de cuidados respiratórios; Mecânica respiratória; Modalidades de fisioterapia.

INTRODUÇÃO

Pacientes internados em UTIs apresentam aumento da produção de muco e prejuízo do mecanismo de *clearance* mucociliar. Os efeitos deletérios do decúbito prolongado, a fraqueza muscular adquirida e a idade avançada dificultam a mobilização e eliminação do muco.⁽¹⁾ A fraqueza muscular inspiratória e expiratória adquirida pelo longo tempo de permanência na UTI diminui o volume pulmonar, os suspiros e o pico do fluxo da tosse (PFT), resultando em redução da expansão dos pulmões e da caixa torácica.⁽²⁾ A perda progressiva da força dos músculos inspiratórios leva a um padrão restritivo, promovendo complicações como atelectasia, infecção pulmonar e disfunção nas trocas gasosas. Além disso, a deterioração muscular expiratória resulta em diminuição da eficácia da tosse.⁽¹⁾ A combinação do padrão restritivo com a incapacidade de realizar adequadamente o *clearance* de secreções pulmonares aumenta a incidência de complicações respiratórias.^(3,4) Em pacientes com doença neuromuscular, o aumento da sobrevida está relacionado

a medidas de higiene brônquica, como tosse assistida e hiperinsuflação manual.⁽⁴⁾

A técnica *air stacking* (AS, empilhamento de ar) pode ser definida como um método de insuflação pulmonar através de múltiplos esforços inspiratórios assistidos por meio de um ressuscitador manual. O AS é realizado com o auxílio de uma válvula unidirecional, com o objetivo de fornecer volumes maiores do que a capacidade inspiratória (CI) voluntária.⁽²⁾ Os benefícios da técnica incluem aumento do volume inspirado, melhora da mobilidade torácica, prevenção de atelectasias e mobilização de secreções. O AS é amplamente utilizado em pacientes com doenças neuromusculares, como distrofia muscular de Duchenne, tetraplegia e esclerose lateral amiotrófica, com o objetivo de melhorar a eficácia da tosse devido à fraqueza respiratória.^(2,5)

O *breath stacking* (BS) é fundamentado no incentivo à inspiração, através da incorporação da válvula unidirecional, bloqueando o ramo expiratório e permitindo apenas o fluxo inspiratório.⁽⁶⁾ No entanto, o paciente deve mobilizar

Endereço para correspondência:

Luciano Matos Chicayban. Rua Doutor Augusto Bessa, 324, Parque Turf Club, CEP 28015-150, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.
Tel.: 55 22 99803-0510. E-mail: lucianochicayban@gmail.com
Apoio financeiro: Nenhum.

ativamente volumes progressivos de gás, através da contração muscular respiratória. O BS foi criado com base no método de mensuração da capacidade vital, pelo qual se observou que o método produzia valores superiores em comparação com o método convencional em pacientes com padrão obstrutivo ou restritivo, naqueles com doença neuromuscular e em indivíduos saudáveis.⁽⁷⁾

Não foram encontrados estudos que comparassem os efeitos terapêuticos entre as duas técnicas nem que tivessem analisado os volumes mobilizados e as pressões alcançadas em ambas as técnicas em pacientes traqueostomizados internados em UTI. A hipótese do presente estudo era a de que o AS aumenta a CI, promovendo efeitos clínicos sobre a complacência pulmonar. Por isso, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do BS e AS sobre a mecânica respiratória, o padrão ventilatório e a CI em pacientes traqueostomizados internados em UTI.

MÉTODOS

Foi realizado um ensaio clínico cruzado randomizado com 20 pacientes adultos, traqueostomizados, ventilando espontaneamente sem necessidade de suporte ventilatório por pelo menos 96 h, internados na UTI do Hospital Geral de Guarus, na cidade de Campos dos Goytacazes (RJ). Foram excluídos do estudo pacientes com derrame pleural e pneumotórax não drenados, aqueles com complacência estática menor que 25 mL/cmH₂O ou com incapacidade de mensuração da mecânica respiratória (Figura 1). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em

Pesquisa dos Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora (CAAE no. 93156718.0.0.0000.5524). Os responsáveis pelos pacientes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Intervenção

Todos os pacientes foram submetidos a ambas as técnicas com um intervalo de 5 h entre elas. A ordem de aplicação das técnicas BS e AS foi gerada por permuta no computador e colocada em envelopes numerados de 1 a 10, totalizando 20 envelopes. Os envelopes eram abertos sequencialmente no momento da coleta de dados. O processo de randomização foi realizado por um segundo pesquisador, sendo cegado o pesquisador principal.

Para a realização das intervenções, os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal com cabeceira elevada a 45°, e a pressão do *cuff* foi aumentada para evitar vazamentos. Antes da realização das intervenções, os pacientes foram submetidos à aspiração traqueal, de acordo com as recomendações da *American Association for Respiratory Care*.⁽⁸⁾ O protocolo para ambas as técnicas consistiu de uma série de dez ciclos com um intervalo mínimo de 30 segundos entre os ciclos. Para a realização do BS e do AS, o sistema foi conectado à cânula de traqueostomia ao final da expiração basal, ao nível da capacidade residual funcional. Conforme demonstrado na Figura 2, o sistema foi composto por válvula unidirecional, manômetro de pressão e ventilômetro digital, sendo conectados ao filtro bacteriológico para ser acoplado à cânula de traqueostomia dos pacientes.

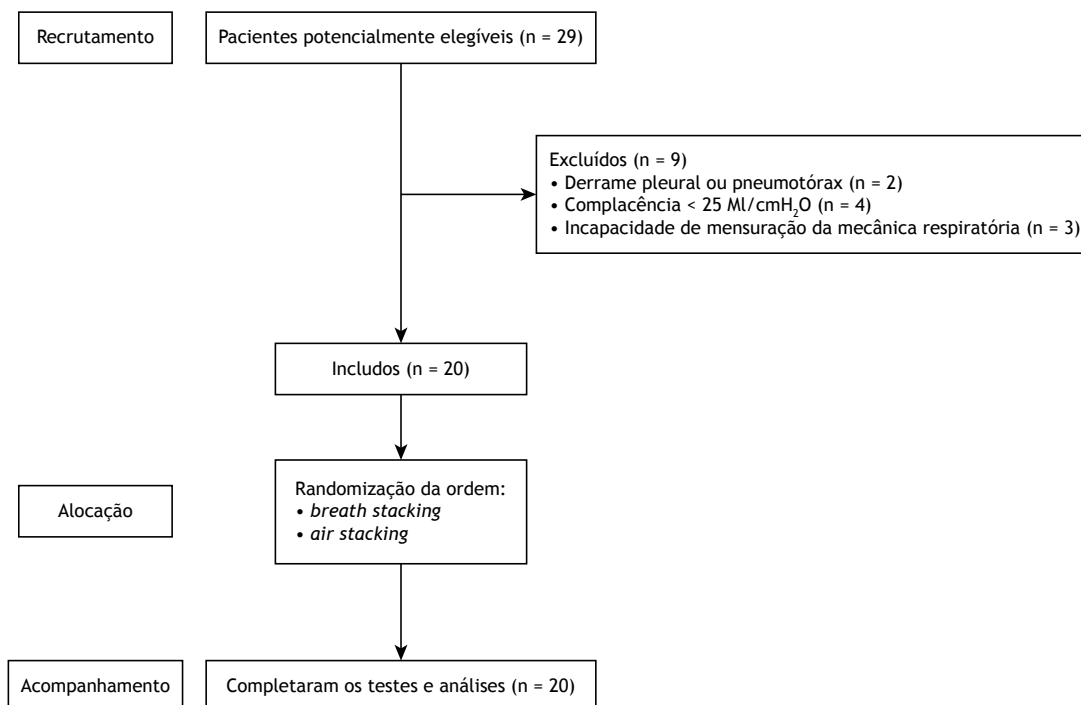


Figura 1. Fluxograma dos pacientes no estudo.



Figura 2. Montagem experimental utilizada no *breath stacking*. O sistema de monitorização, por meio da capacidade inspiratória (ventilômetro), foi acoplado à válvula unidirecional conectada ao manômetro analógico de pressão. Foi utilizado um filtro bacteriológico para o acoplamento do paciente. Para a realização do *air stacking*, o ressuscitador manual foi conectado à saída do ventilômetro.

Para a realização do BS, os pacientes realizaram inspirações sucessivas durante o período máximo de 30 s ou até que não fosse observada abertura da válvula unidirecional ou aumento do volume inspirado do ventilômetro por dois esforços consecutivos. Para a realização do AS, foi utilizado um ressuscitador manual (RWR, São Paulo, Brasil) acoplado ao ventilômetro. Foram realizadas inspirações lentas e sucessivas através da compressão lenta do ressuscitador, até que a $PI_{máx}$ atingisse 40 cmH_2O .

Avaliação

Os pacientes foram avaliados antes e depois da realização de ambas as técnicas em relação a mecânica respiratória, padrão ventilatório, CI e pressão nas vias aéreas.

Mecânica do sistema respiratório

A mecânica do sistema respiratório foi avaliada com um ventilador Vela (Bird Products Corporation, Palm Springs, CA, EUA) através do método de oclusão ao fim da inspiração. A manobra foi realizada no modo ventilação controlada a volume, fluxo constante de 40 L/min e pausa inspiratória de 3 s. Todos os pacientes foram submetidos a um período prévio de hiperventilação por 30 s através do aumento da FR para 35 ciclos/min. A tela do ventilador foi "congelada" para a obtenção de $PI_{máx}$, pressão de platô e pressão expiratória final positiva, possibilitando o cálculo da complacência estática ($C_{est,sr}$) e resistência total ($R_{t,sr}$) do sistema

respiratório. Foram efetuadas três medidas consecutivas aceitáveis em cada momento, sendo utilizada a média das duas medidas com menor desvio-padrão. Cada medida foi considerada aceitável se não fossem detectadas deflexões nas curvas de fluxo e pressão e/ou ausência de platô ao longo da pausa inspiratória, pois essas sugerem interferência do paciente e presença de vazamentos, respectivamente.⁽⁹⁻¹²⁾

CI

O volume máximo mobilizado durante as técnicas BS e AS foi mensurado partindo da capacidade residual funcional, determinando a CI. No BS, a CI foi medida ao final de 30 s de bloqueio do ramo expiratório ou caso o paciente não mobilizasse o volume em dois ciclos consecutivos. No AS, a CI foi registrada quando a pressão nas vias aéreas atingisse 40 cmH_2O . A CI foi mensurada por meio do ventilômetro digital (Ohmeda, Oxnard, CA, EUA) em três ciclos, sendo utilizado o maior valor.^(5,6,13)

Pressão nas vias aéreas

Em ambas as técnicas, a pressão nas vias aéreas foi mensurada ao nível da CI, na ausência de esforço muscular inspiratório ou expiratório. No BS, a pressão foi registrada ao final de 30 s ou até que o paciente não mobilizasse volume em dois ciclos consecutivos. No AS, a pressão foi registrada quando a meta de 40 cmH_2O era alcançada. As pressões máximas atingidas no BS e AS foram registradas em três ciclos, sendo

utilizada a média aritmética das duas medidas com menor desvio-padrão.⁽¹⁴⁾

Padrão ventilatório

O volume minuto (V_E) e a FR foram mensurados antes e depois das intervenções. O ventilômetro digital (Ohmeda) foi acoplado à cânula de traqueostomia, registrando-se o volume de ar expirado durante 60 s (V_E). O volume corrente (V_T) médio basal foi calculado através da relação entre o V_E e a FR (V_E/FR), possibilitando o cálculo do índice de respiração rápida superficial (FR/V_T).⁽¹⁵⁾

Análise estatística

Os dados obtidos foram organizados e revisados em planilhas do programa Microsoft Excel®, possibilitando o cálculo de média e desvio-padrão para cada variável. Para a análise dos resultados e confecção dos gráficos foi utilizado o software SigmaPlot, versão 12.01 (Systat Software Inc., Richmond, CA, EUA). As medidas de mecânica ($C_{est,sr}$ e R_{sr}) e de padrão ventilatório (V_T , V_E/FR e FR/V_T) realizadas antes e depois das intervenções foram analisadas através do teste *two-way* ANOVA para medidas repetidas com pós-teste de Tukey para os resultados que apresentaram distribuição normal e os com homogeneidade de variâncias, verificados pelo teste de Shapiro-Wilk e teste de Levene, respectivamente. Caso a distribuição não fosse normal, era utilizado o teste de Friedman. Para a comparação da CI e das variações absolutas e relativas entre pré- e pós-intervenções das variáveis mecânicas e do padrão ventilatório foi utilizado o teste t pareado. Para todos os testes foi considerado um nível de significância de 5%. A comparação dos efeitos clínicos entre BS e AS foi avaliada através do *effect size*, utilizando o critério de Cohen. O ES foi avaliado através da diferença das variações absolutas e relativas entre os grupos pré- e pós-intervenções.

RESULTADOS

Foram analisados 20 pacientes no período entre agosto de 2018 e março de 2019. No dia da realização das intervenções, todos os pacientes estavam traqueostomizados e ventilando espontaneamente com auxílio de oxigênio via macronebulização. Na Tabela 1 estão apresentadas as características da amostra.

Ao analisar a mecânica respiratória, observou-se que somente o AS aumentou a $C_{est,sr}$ na comparação com o pré-AS ($p = 0,007$), bem como houve uma diferença significativa entre as técnicas pós-BS e pós-AS ($p = 0,03$; $d = 0,11$). Na comparação entre AS e BS, o AS obteve maiores variações relativas ($13,1 \pm 11,9\%$ vs. $1,3 \pm 8,8\%$; $p = 0,008$; $d = 0,49$) e absolutas ($4,6 \pm 4,8$ mL/cmH₂O vs. $0,3 \pm 4,0$ mL/cmH₂O; $p = 0,043$; $d = 0,44$) da $C_{est,sr}$. Não foram observadas diferenças entre pré-BS e pré-AS para a $C_{est,sr}$ e R_{sr} , nem entre pós-BS e pré-BS em relação à $C_{est,sr}$ ($p = 0,85$). Ambas as técnicas não modificaram a R_{sr} , não apresentaram diferenças entre os instantes pré-intervenção ($p = 0,69$) e pós-intervenção ($p = 0,30$; $d = 0,14$), nem

apresentaram diferenças nas variações absolutas ($p = 0,41$; ES = 0,17) e relativas ($p = 0,16$; ES = 0,01). Os resultados sobre a mecânica respiratória estão apresentados na Tabela 2.

A CI foi superior no AS na comparação com o BS ($2.420,7 \pm 480,9$ mL vs. $1.211,3 \pm 562,8$ mL; $p < 0,001$; ES = 0,76). Em comparação com o V_T , o AS aumentou o volume inspiratório de $396,1 \pm 94,5$ mL para $2.420,7 \pm 480,9$ mL ($p < 0,001$), enquanto o BS aumentou de $398,0 \pm 83,3$ mL para $1.211,3 \pm 562,8$ mL (Figura 3). A diferença de volume mobilizado entre AS e BS foi de $2.024,6 \pm 445,1$ mL e $813,3 \pm 530,9$ mL ($p < 0,001$), respectivamente. Ao nível da CI, o AS obteve pressão nas vias aéreas superior ao BS ($38,3 \pm 2,6$ cmH₂O vs. $25,8 \pm 5,5$ cmH₂O; $p < 0,001$). Com relação ao número de ciclos necessários para atingir a CI, não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,36$). Para a obtenção da pressão inspiratória em torno de 40 cmH₂O, o AS necessitou de $4,8 \pm 0,9$ ciclos de insuflação com o ressuscitador manual, enquanto o BS precisou de $5,0 \pm 2,3$ ciclos.

Com relação ao padrão ventilatório, não foram observadas alterações significativas entre pré- e pós-intervenções quanto a V_E , FR, V_T e FR/V_T . O padrão ventilatório foi comparado entre os instantes pré- e pós-intervenção de cada técnica, na comparação entre as técnicas nos instantes pré- e pós-intervenção, bem como nas variações absolutas e relativas entre as técnicas. Os dados estão apresentados na Tabela 3.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram que o AS aumentou a $C_{est,sr}$ e atingiu maiores CI e pressão nas vias aéreas do que o BS. Ambas as técnicas não modificaram a R_{sr} ou o padrão ventilatório.

As técnicas de higiene brônquica que mobilizam maiores volumes pulmonares têm maior potencial de eliminar secreções. Quanto maior o volume inspirado, maiores serão a pressão de recolhimento elástico e o PFE e menor a R_{sr} . Dessa forma, o volume inspirado parece ser o principal fator na determinação do volume exalado e do PFT.⁽¹⁶⁾ Ao atingir a capacidade

Tabela 1. Características da amostra (N = 20).^a

| Características | Resultados |
|---|-------------|
| Idade, anos | 62,5 ± 14,3 |
| Gênero masculino | 10 (50) |
| Tempo de ventilação mecânica, dias | 26,9 ± 4,8 |
| $C_{est,sr}$, mL/cmH ₂ O | 40,2 ± 14,9 |
| R_{sr} , cmH ₂ O/L.s ⁻¹ | 12,3 ± 3,3 |
| Diagnóstico | |
| Sepse pulmonar | 8 (40) |
| Acidente vascular encefálico | 6 (30) |
| Pós-operatório de cirurgia abdominal | 8 (40) |
| Pneumonia | 8 (40) |
| Insuficiência renal aguda | 2 (10) |

$C_{est,sr}$: complacência estática do sistema respiratório; e R_{sr} : resistência total do sistema respiratório.
^aValores expressos em média ± dp ou n (%).

Tabela 2. Resultados do uso das técnicas *breath stacking* e *air stacking* sobre a mecânica respiratória.^a

| Variáveis | Pré-intervenção | Pós-intervenção | p | Varição | Varição, % |
|---|-----------------|-----------------|-------|------------|-------------|
| $C_{est,sr}$, mL/cmH ₂ O | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 40,2 ± 14,9 | 40,4 ± 14,0 | 0,85 | 0,3 ± 4,0 | 1,3 ± 8,6 |
| <i>Air stacking</i> | 38,8 ± 14,0 | 43,4 ± 13,6 | 0,007 | 4,6 ± 4,8 | 13,1 ± 11,9 |
| p | 0,27 | 0,03 | - | 0,043 | 0,008 |
| Tamanho do efeito | - | 0,11 | - | 0,44 | 0,49 |
| R_{sr} , cmH ₂ O/L.s ⁻¹ | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 12,9 ± 4,1 | 12,7 ± 4,1 | 0,37 | -0,3 ± 0,9 | -2,2 ± 6,7 |
| <i>Air stacking</i> | 13,8 ± 5,9 | 14,0 ± 5,3 | 0,73 | 0,1 ± 1,3 | 2,8 ± 8,5 |
| p | 0,69 | 0,30 | - | 0,41 | 0,16 |
| Tamanho do efeito | - | 0,14 | - | 0,17 | 0,01 |

$C_{est,sr}$: complacência estática do sistema respiratório; e R_{sr} : resistência total do sistema respiratório.

^aValores expressos em média ± dp.

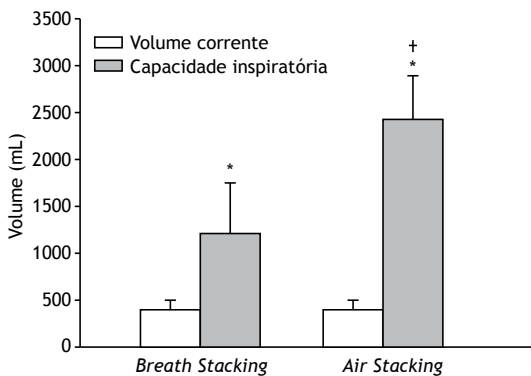


Figura 3. Volume corrente basal (barra branca) e a capacidade inspiratória (barra cinza) obtida nas técnicas *breath stacking* e *air stacking*. *Diferença em relação ao volume corrente ($p < 0,001$). †Diferença em relação à capacidade inspiratória ($p < 0,001$).

máxima de insuflação, os pacientes podem ter alguns benefícios, como o aumento da efetividade da tosse, diminuição das atelectasias, aumento da complacência e aumento da amplitude de movimento torácico,⁽¹⁷⁾ além do adiamento da ventilação mecânica ou até a redução de seu tempo de permanência.⁽¹⁸⁾ Ambas as técnicas estudadas permitem a manutenção dos pulmões expandidos por tempo adicional, permitindo que as forças de interdependência possam recrutar volume, um processo que não é comumente concluído durante um único esforço inspiratório.⁽¹⁹⁾

Aumentos no PFT durante o uso do AS podem ser obtidos em diferentes populações, como indivíduos saudáveis, com fraqueza muscular respiratória ou com padrão obstrutivo.⁽²⁰⁾ Pacientes com padrão restritivo, a exemplo de pacientes com doença neuromuscular, são os que mais se beneficiam do AS, como aqueles com distrofia muscular de Duchenne,⁽²¹⁾ amiotrofia espinhal e distrofia muscular congênita⁽²²⁾ ou esclerose lateral amiotrófica.^(5,23,24) Outras aplicações incluem o pós-operatório de cirurgia cardíaca⁽²⁵⁾ ou doença de Parkinson.⁽²⁶⁾

Um estudo comparou o PFT em 61 pacientes com distrofia muscular de Duchenne, realizado de quatro formas distintas: não assistida, com AS, com compressão abdominal ou com a associação de ambos.

O AS promoveu PFT superiores aos da ausência de assistência ou com compressão abdominal. No entanto, a associação do AS com a compressão abdominal foi a que apresentou o melhor resultado sobre o PFT.⁽²¹⁾ Embora o presente estudo não tenha avaliado o PFT, o maior aumento no volume pulmonar obtido através do AS parece ter sido crucial para o aumento da complacência pulmonar e da prevalência de tosse produtiva. Um estudo realizado em indivíduos saudáveis demonstrou que as insuflações com o ressuscitador manual promoveram uma média de aumento da CI de 599 mL (20,4%) acima da CI voluntária.⁽⁵⁾ No presente estudo, o BS aumentou a média do volume inspirado basal em 813 mL, totalizando uma média de CI voluntária de 1.211 mL, enquanto, no caso do AS, o aumento da média do volume inspirado basal foi de 2.024 mL, totalizando uma média de CI voluntária de 2.420 mL. Considerando que a amostra investigada consistia de pacientes com fraqueza muscular respiratória adquirida devido a internação e ventilação mecânica prolongadas, a CI voluntária é consideravelmente menor quando comparada à de indivíduos jovens adultos saudáveis. Os achados sobre o volume e pressão estão associados a maiores PFT, mobilização de secreções e eficácia da tosse durante a aplicação das técnicas.^(2,5)

Além de gerar maiores volumes pulmonares, o AS é um método passivo/assistido de insuflação pulmonar, sem a necessidade de grandes esforços musculares para atingir a CI máxima. No entanto, a insuflação do ressuscitador manual deve ser realizada em sincronia com as contrações musculares inspiratórias. Insuflações durante a fase expiratória provocam assincronia e picos de pressão nas vias aéreas. No entanto, complicações como barotrauma não foram observadas em pacientes neuromusculares com a aplicação do AS.⁽²⁾ O mesmo resultado foi observado quando o AS foi utilizado em indivíduos saudáveis sem doença pulmonar intrínseca primária. Um estudo referiu que o insuflador manual estava bem calibrado e que a válvula de segurança abria automaticamente quando a pressão atingia 40 cmH₂O.⁽⁵⁾ No presente estudo, além da utilização da válvula de segurança, a pressão foi monitorada através da incorporação de um manômetro de pressão, sendo

Tabela 3. Resultados do uso das técnicas *breath stacking* e *air stacking* sobre o padrão ventilatório.^a

| Variáveis | Pré-intervenção | Pós-intervenção | p | Variação | Variação, % |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------|--------------|-------------|
| V_E , L | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 9,0 ± 1,9 | 8,5 ± 2,8 | 0,43 | -0,5 ± 1,7 | -6,2 ± 21,1 |
| <i>Air stacking</i> | 9,5 ± 3,0 | 9,1 ± 3,0 | 0,43 | -0,5 ± 1,9 | -3,8 ± 16,4 |
| p | 0,39 | 0,39 | - | 0,99 | 0,39 |
| Tamanho do efeito | - | 0,10 | - | 0,00 | 0,06 |
| V_T , mL | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 398,0 ± 83,3 | 388,0 ± 84,2 | 0,61 | -10,1 ± 71,7 | -1,5 ± 16,5 |
| <i>Air stacking</i> | 396,1 ± 94,5 | 378,2 ± 91,8 | 0,36 | -17,9 ± 47,0 | -4,2 ± 11,4 |
| p | 0,94 | 0,69 | - | 0,78 | 0,34 |
| Tamanho do efeito | - | 0,05 | - | 0,06 | 0,09 |
| FR, ciclos/min | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 23,1 ± 5,4 | 22,4 ± 7,4 | 0,55 | -0,7 ± 3,9 | -3,4 ± 18,5 |
| <i>Air stacking</i> | 24,1 ± 6,2 | 25,2 ± 7,2 | 0,32 | 1,1 ± 2,7 | 4,8 ± 12,1 |
| p | 0,53 | 0,10 | - | 0,26 | 0,13 |
| Tamanho do efeito | - | 0,19 | - | 0,26 | 0,25 |
| FR/ V_T , ciclos/min/L | | | | | |
| <i>Breath stacking</i> | 62,3 ± 23,4 | 62,4 ± 30,9 | 0,98 | 0,1 ± 17,6 | 1,9 ± 29,8 |
| <i>Air stacking</i> | 64,0 ± 23,8 | 69,1 ± 24,9 | 0,29 | 5,1 ± 11,6 | 9,0 ± 20,3 |
| p | 0,81 | 0,34 | - | 0,46 | 0,27 |
| Tamanho do efeito | - | 0,12 | - | 0,16 | 0,14 |

V_E : volume minuto; e V_T : volume corrente. ^aValores expressos em média ± dp.

as insuflações manuais lentas interrompidas quando a pressão atingisse 40 cmH₂O. No entanto, picos de pressão foram observados durante a tosse em pacientes que mobilizaram secreções, principalmente no AS. Durante a realização do AS, 17 dos 20 pacientes (85%) apresentaram tosse e necessidade de aspiração, enquanto apenas 2 (10%) as apresentaram durante o BS.

Outro benefício do AS é a possibilidade de ser realizado pelo próprio paciente através da autoinsuflação do ressuscitador manual. É indicado para pacientes com capacidade vital reduzida, redução do PFT, risco de atelectasia, retenção de secreções ou com dificuldade de sua eliminação.⁽¹⁷⁾ Com o objetivo de avaliar os efeitos do treinamento diário com AS, 18 pacientes com amiotrofia espinhal e distrofia muscular congênita foram acompanhados no domicílio por 4-6 meses.⁽²²⁾ Foi prescrito um regime diário de 10 séries de 3-4 insuflações. Houve aumento no PFT assistido e não assistido, porém menos pronunciados nos pacientes com escoliose associada. Verificou-se ainda que a CVF aumentou nos pacientes sem escoliose.⁽²²⁾

O AS consiste em insuflações consecutivas do ressuscitador manual e consequente empilhamento do volume pulmonar. Por outro lado, a manobra de hiperinsuflação manual consiste em apenas uma insuflação lenta com o ressuscitador manual, seguida de pausa inspiratória.⁽²⁷⁾ Assim, o volume mobilizado durante o AS é provavelmente superior em comparação com a hiperinsuflação manual. Vários autores utilizaram a hiperinsuflação manual em pacientes ventilados mecanicamente, avaliando seus efeitos terapêuticos ou em comparação com a hiperinsuflação com o ventilador mecânico. Estudos^(10,28-30) têm demonstrado que a hiperinsuflação manual promove a melhora da mecânica

respiratória, sem promover alterações hemodinâmicas, e utilizaram a $C_{est,sr}$ para avaliar os efeitos terapêuticos, assim como no presente estudo. O deslocamento de secreções promove expansão/recrutamento de unidades colapsadas e/ou com elevadas constantes de tempo, com consequente aumento da $C_{est,sr}$. Esse efeito se deve ao aumento da ventilação colateral, da pressão de recolhimento elástico e do fluxo expiratório, com consequente aumento da interação gás-líquido.⁽²⁸⁾

Durante o BS, a oclusão das vias aéreas na fase expiratória evoca mecanismos compensatórios aumentando o drive central progressivamente. O fluxo de ar resultante de cada esforço inspiratório aumenta o volume pulmonar e empilha o ar. Ao longo dos sucessivos esforços inspiratórios, os incrementos de volume tendem a diminuir, pois os músculos respiratórios entram em desvantagem biomecânica e a complacência diminui. O fluxo inspiratório continua até que o esforço inspiratório se torne insuficiente para abrir a válvula unidirecional. Nesse momento, o volume pulmonar se aproxima da capacidade pulmonar total.^(7,19) Um estudo comparou a CI voluntária, CI voluntária com pausa e o BS em 26 pacientes cooperativos, nos quais a dor ou a fraqueza muscular prejudicavam a capacidade de obter ou sustentar a inspiração profunda. O BS mobilizou maior volume inspirado, indicando que a adição da válvula unidirecional é eficaz para aumentar a CI.⁽¹³⁾ Outro estudo comparou a espirometria de incentivo com o BS sobre a CVF e o volume mobilizado em 35 pacientes ao longo de cinco dias de pós-operatório de cirurgia cardíaca. Os autores observaram que o BS recuperou completamente o volume inspirado a partir do segundo dia de pós-operatório, além de mobilizar maior volume pulmonar nos cinco dias de tratamento,

embora não tenham observado diferenças na CVF entre as técnicas.⁽⁶⁾

A válvula unidirecional permite que o paciente relaxe os músculos inspiratórios sem exalar e que o volume aumente nas respirações sucessivas. Dois mecanismos podem ajudar a explicar a mobilização de volume durante o BS: maior estimulação neural e recrutamento pulmonar. Na maioria dos pacientes, volumes inspirados relativamente altos podem ser alcançados com pressões moderadas. No entanto, pacientes com mecânica comprometida, limitada pela dispneia ou dor, são incapazes de manter o esforço suficiente para alcançar seu volume máximo.⁽¹³⁾ O volume mobilizado durante o BS depende exclusivamente da contração

muscular respiratória, sendo esse um fator limitante para a mobilização de volume e consequente eficácia terapêutica. A fraqueza muscular respiratória diminui a efetividade da fase inspiratória da tosse, havendo uma relação direta entre P_{Ímáx} e fluxo de tosse, o que enfatiza a necessidade do fortalecimento muscular respiratório.⁽¹⁷⁾ No presente estudo, foi observado que alguns pacientes conseguiram abrir a válvula inspiratória após o término do tempo de oclusão de 30 s. Nesses casos, os pacientes poderiam ter atingido maior CI.

O AS atingiu maiores CI e pressão nas vias aéreas do que o BS, com consequente aumento da C_{est^r}. No entanto, não foram observados efeitos sobre o padrão ventilatório em ambas as técnicas.

REFERÊNCIAS

- Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, Haas CF, O'Malley CA, Volsko TA, et al. AARC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care*. 2013;58(12):2187-2193. <https://doi.org/10.4187/respcare.02925>
- Kang SW, Bach JR. Maximum insufflation capacity. *Chest*. 2000;118(1):61-65. <https://doi.org/10.1378/chest.118.1.61>
- Torres-Castro R, Vilaró J, Vera-Urbe R, Monge G, Avilés P, Suranyi C. Use of air stacking and abdominal compression for cough assistance in people with complete tetraplegia. *Spinal Cord*. 2014;52(5):354-357. <https://doi.org/10.1038/sc.2014.19>
- Brito MF, Moreira GA, Pradella-Hallinan M, Tufik S. Air stacking and chest compression increase peak cough flow in patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Bras Pneumol*. 2009;35(10):973-979. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132009001000005>
- Sarmiento A, de Andrade AF, Lima ÍN, Aliverti A, de Freitas Fregonezi GA, Resqueti VR. Air Stacking: A Detailed Look Into Physiological Acute Effects on Cough Peak Flow and Chest Wall Volumes of Healthy Subjects. *Respir Care*. 2017;62(4):432-443. <https://doi.org/10.4187/respcare.05189>
- Dias CM, Vieira Rde O, Oliveira JF, Lopes AJ, Menezes SL, Guimarães FS. Three physiotherapy protocols: effects on pulmonary volumes after cardiac surgery. *J Bras Pneumol*. 2011;37(1):54-60. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132011000100009>
- Marini JJ, Rodriguez RM, Lamb VJ. Involuntary breath-stacking. An alternative method for vital capacity estimation in poorly cooperative subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1986;134(4):694-698. <https://doi.org/10.1164/arrd.1986.134.5.902>
- American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. *Respir Care*. 2010;55(6):758-764.
- Chicayban LM, Zin WA, Guimarães FS. Can the Flutter Valve improve respiratory mechanics and sputum production in mechanically ventilated patients? A randomized crossover trial. *Heart Lung*. 2011;40(6):545-553. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2011.05.008>
- Ahmed F, Shafeeq AM, Moiz JA, Geelani MA. Comparison of effects of manual versus ventilator hyperinflation on respiratory compliance and arterial blood gases in patients undergoing mitral valve replacement. *Heart Lung*. 2010;39(5):437-443. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2009.10.006>
- Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int*. 2002;7(2):100-108. <https://doi.org/10.1002/pri.246>
- Chicayban LM. Acute effects of ventilator hyperinflation with increased inspiratory time on respiratory mechanics: randomized crossover clinical trial. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(3):289 - 295. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20190052>
- Baker WL, Lamb VJ, Marini JJ. Breath-stacking increases the depth and duration of chest expansion by incentive spirometry. *Am Rev Respir Dis*. 1990;141(2):343-346. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/141.2.343>
- Sarmiento A, Resqueti V, Dourado-Júnior M, Saturnino L, Aliverti A, Fregonezi G, et al. Effects of Air Stacking Maneuver on Cough Peak Flow and Chest Wall Compartmental Volumes of Subjects With Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(11):2237-2246.e1. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.04.015>
- Barcelar Jde M, Aliverti A, Rattes C, Ximenes ME, Campos SL, Brandão DC, et al. The expansion of the pulmonary rib cage during breath stacking is influenced by age in obese women. *PLoS One*. 2014;9(11):e110959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110959>
- Smith JA, Aliverti A, Quaranta M, McGuinness K, Kelsall A, Earis J, et al. Chest wall dynamics during voluntary and induced cough in healthy volunteers. *J Physiol*. 2012;590(3):563-574. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.213157>
- Armstrong A. Developing a breath-stacking system to achieve lung volume recruitment. *Br J Nurs*. 2009;18(19):1166-1169. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.19.44820>
- Bach JR, Bianchi C, Vidigal-Lopes M, Turi S, Felisari G. Lung inflation by glossopharyngeal breathing and "air stacking" in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86(4):295-300. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318038d1ce>
- Faria IC, Freire LM, Sampaio WN. Inspiration boosters: technical updates in incentive spirometers and breath-stacking. *Rev Med Minas Gerais*. 2013;23(2):228-234. <https://doi.org/10.5935/2238-3182.20130035>
- Sivasothy P, Brown L, Smith IE, Shneerson JM. Effect of manually assisted cough and mechanical insufflation on cough flow of normal subjects, patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and patients with respiratory muscle weakness. *Thorax*. 2001;56(6):438-444. <https://doi.org/10.1136/thorax.56.6.438>
- Ishikawa Y, Bach JR, Komaroff E, Miura T, Jackson-Parekh R. Cough augmentation in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2008;87(9):726-730. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31817f99a8>
- Marques TB, Neves Jde C, Portes LA, Salge JM, Zanoteli E, Reed UC. Air stacking: effects on pulmonary function in patients with spinal muscular atrophy and in patients with congenital muscular dystrophy. *J Bras Pneumol*. 2014;40(5):528-534. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132014000500009>
- Sferrazza Papa GF, Pellegrino GM, Shaikh H, Lax A, Lorini L, Corbo M. Respiratory muscle testing in amyotrophic lateral sclerosis: a practical approach. *Minerva Med*. 2018;109(6 Suppl 1):11-19. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.18.05920-7>
- Rafiq MK, Bradburn M, Proctor AR, Billings CG, Bianchi S, McDermott CJ, et al. A preliminary randomized trial of the mechanical insufflator-exsufflator versus breath-stacking technique in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*. 2015;16(7-8):448-455. <https://doi.org/10.3109/21678421.2015.1051992>
- Dias CM, Plácido TR, Ferreira MFB, Guimarães FS, Menezes SLS. Incentive spirometry and breath stacking: effects on the inspiratory capacity of individuals submitted to abdominal surgery. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(2):94-99. <https://doi.org/10.1590/S1413-3552008000200004>

26. Ribeiro BS, Lopes AJ, Menezes SLS, Guimarães FS. Selecting the best ventilator hyperinflation technique based on physiologic markers: A randomized controlled crossover study. *Heart Lung*. 2019;48(1):39-45. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2018.09.006>
27. Anderson A, Alexanders J, Sinani C, Hayes S, Fogarty M. Effects of ventilator vs manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation: a systematic review of randomised clinical trials. *Physiotherapy*. 2015;101(2):103-110. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2014.07.006>
28. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int*. 2002;7(2):100-108. <https://doi.org/10.1002/pri.246>
29. Dennis DM, Duncan CN, Pinder M, Budgeon CA, Jacob WJ. Performance of manual hyperinflation: consistency and modification of the technique by intensive care unit nurses during physiotherapy. *J Clin Nurs*. 2016;25(15-16):2295-2304. <https://doi.org/10.1111/jocn.13190>
30. Savian C, Paratz J, Davies A. Comparison of the effectiveness of manual and ventilator hyperinflation at different levels of positive end-expiratory pressure in artificially ventilated and intubated intensive care patients. *Heart Lung*. 2006;35(5):334-341. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2006.02.003>