

Incentivadores da inspiração: atualidades nas técnicas de espirômetro de incentivo e *breath-stacking**

Inspiration boosters: technical updates in incentive spirometers and breath-stacking

Ingrid de Castro Bolina Faria¹, Lincoln Marcelo Silveira Freire (*in memoriam*)², Walkyria N Oliveira Sampaio³

DOI: 10.5935/2238-3182.20130035

RESUMO

As técnicas incentivadoras da inspiração foram propostas com o objetivo de promoverem inspirações sustentadas máximas, criando altas pressões transpulmonares, prevenindo o colapso alveolar. Os espirômetros de incentivo são classificados em volume-dependentes e fluxo-dependentes, possuindo mecanismo de *biofeedback* visual, necessitando da colaboração do indivíduo para efetividade da técnica. Um mecanismo alternativo dos incentivadores inspiratórios que pode ser utilizado em indivíduos pouco ou não cooperativos é denominado *breath-stacking*. Esta revisão objetiva cotejar a literatura acerca das atualidades dos espirômetros de incentivo volume-dependentes e fluxo-dependentes e a técnica de *breath-stacking*, comparando os espirômetros de incentivo entre si e ambos com a técnica de *breath-stacking*. Os espirômetros de incentivo volume-dependentes em relação ao fluxo-dependente possuem vantagens no que se refere a proporcionar menor frequência respiratória, menor volume corrente, maior deslocamento do compartimento abdominal, bem como menos trabalho respiratório adicional. Nas situações em que se comparam os espirômetros de incentivo com a técnica de *breath-stacking* observam-se maior capacidade inspiratória atingida e maior tempo de expansão pulmonar com a segunda técnica. Além disso, o *breath-stacking* tem a vantagem de não depender da cooperação do indivíduo e proporcionar significativos volumes pulmonares e promover maior sustentação da inspiração máxima.

Palavras-chave: Inalação/fisiologia; Terapia Respiratória/métodos; Espirometria/métodos; Trabalho Respiratório; Medidas de Volume Pulmonar/métodos; *Breath-stacking*.

ABSTRACT

Inspiration boosting techniques were proposed in order to promote sustained maximal inspirations, creating high ventilation pressures and preventing alveolar collapse. Incentive spirometers are classified as volume-dependent or flow-dependent, possessing visual biofeedback mechanism and requiring patient cooperation for the effectiveness of the technique. An alternative mechanism for inspiration boosting that can be used with uncooperative individuals is called breath-stacking. This review aims to collate the current knowledge about volume or flow-dependent incentive spirometers and the breath-stacking technique, comparing the different incentive spirometers to one another to the breath-stacking technique. The volume-dependent incentive spirometers have advantages with regard to providing lower respiratory rate, smaller tidal volume, larger displacement of the abdominal compartment, and less additional work of breathing in relation to flow-dependent incentive spirometers. In comparison with incentive spirometers, the breath-stacking technique achieves better inspiratory capacity and longer lung expansion. Furthermore, breath-stacking has the advantage of not depending on the individual's cooperation

Recebido em: 28/01/2010
Aprovado em: 21/12/2010

Instituição:
Instituto de Previdência dos
Servidores do Estado de Minas Gerais
Belo Horizonte, MG – Brasil

Autor Correspondente:
Ingrid de Castro Bolina Faria
E-mail: ingridcbfaria@hotmail.com

and providing significant lung volumes and promoting better support of maximum inspiration.

Key words: *Inhalation/physiology; Respiratory Therapy/methods; Spirometry/methods; Work of Breathing; Lung Volume Measurements/ methods; Breath-stacking.*

INTRODUÇÃO

As técnicas incentivadoras da inspiração foram propostas com o objetivo de promoverem inspirações sustentadas máximas, na tentativa de prevenir e tratar complicações pulmonares pós-operatórias, tais como atelectasias e pneumonias. Essas complicações são decorrentes da depressão do padrão normal da respiração causadas principalmente pela diminuição ou ausência dos suspiros no pós-operatório de cirurgias abdominais superiores e torácicas.

Incentivadores inspiratórios como os aparelhos denominados espirômetro de incentivo (EI) foram propostos¹⁻³ na década de 70 com o intuito de encorajar o paciente, pelo mecanismo de *biofeedback* visual, a realizar respirações sustentadas máximas, gerando altas pressões transpulmonares, assegurando a estabilidade alveolar e com a participação ativa do paciente. Esses tipos de aparelhos possuem ativação por volume ou fluxo, sendo os EIs volume-dependentes mais eficazes que os EIs fluxo-dependentes^{4,7}, possibilitando não só o efeito terapêutico, mas também avaliador.

No entanto, os aparelhos de EI podem ser utilizados somente em pacientes cooperativos que possuam domínio da técnica, para que haja uma resposta avaliadora ou terapêutica satisfatória. Em 1990, Baker *et al.*⁸ demonstraram, a partir da técnica desenvolvida por Marini *et al.*⁹ para medida de capacidade vital (CV), que pacientes com diferentes diagnósticos etiológicos eram capazes de gerar e sustentar volumes inspiratórios maiores que os alcançados com EI. Essa técnica, denominada de *breath-stacking* (BS), consiste de inspirações sucessivas através de uma válvula de sentido unidirecional, com bloqueio do ramo expiratório. Possibilita, ainda, o efeito avaliador e terapêutico, mesmo em pacientes não cooperativos.

A técnica de BS parece superior à de EI em relação à capacidade inspiratória (CI) alcançada e ao tempo de expansão pulmonar^{8,10-13}, possivelmente por ser o BS independente da colaboração do paciente.

O objetivo deste artigo é revisar a literatura acerca das atualidades dos EIs volume-dependentes e fluxo-dependentes e a técnica de BS, comparando os EIs entre si e ambos com a técnica de BS.

MÉTODOS

Este trabalho constituiu-se na busca por artigos publicados entre janeiro/1970 e novembro/2009, período necessário para a utilização de alguns artigos fundamentais, para a estruturação conceitual e referencial teórico da revisão acerca da relação entre os EI e BS. Foram consultadas as bases de dados Pubmed, Scielo e Cochrane, tendo como palavras-chave os termos espirômetro de incentivo, *breath-stacking*, capacidade inspiratória, trabalho respiratório, individual e associado, e seus correspondentes na língua inglesa – *incentive spirometers, breath-stacking, inspiratory capacity, work of breathing*.

Os critérios de inclusão foram: a) os termos pesquisados deveriam estar no título e/ou no resumo dos artigos; b) a data de corte para os artigos publicados deveriam estar entre janeiro de 1970 e novembro de 2009; c) os artigos deveriam se relacionar com o tema e objetivo da revisão. O critério de exclusão utilizado foram os artigos que não se adequavam ao objetivo dessa revisão.

RESULTADOS

Na revisão bibliográfica realizada foram encontrados 203 artigos e, entre eles, 31 foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os resultados revelaram que os EIs diferenciam-se em sua efetividade, sendo o EI volume-dependente mais eficaz em reduzir a frequência respiratória (FR), aumentar o volume corrente (VC), gerar menos trabalho respiratório adicional e proporcionar melhor recrutamento do compartimento abdominal. A técnica de BS mostrou-se, entretanto, superior à do EI no volume inspiratório máximo alcançado e tempo de expansão pulmonar, provavelmente por não necessitar da colaboração do paciente, podendo ser indicado não só em pacientes que não compreendem a técnica de EI, mas em situações de dispneia, fraqueza muscular e dor. Esta revisão apresenta a síntese atual de alguns aspectos importantes na abordagem dos EIs volume-dependentes e fluxo-dependentes e a técnica de BS, comparando os EIs entre si e ambos com a técnica de BS.

EFICÁCIA DOS DIFERENTES TIPOS DE ESPIRÔMETROS DE INCENTIVO

Os aparelhos de EI possuem seu princípio no encorajamento do paciente de realizar inspirações sustentadas máximas, a partir do mecanismo de *bio-feedback* visual, seja através de esferas ou de pistões contidos no interior no aparelho.

Os Els são classificados de acordo com seu padrão de ativação, ou seja, por volume (volume-dependente) ou fluxo (fluxo-dependente). Os Els fluxo-dependentes apresentam esferas em um ou mais cilindros que irão se elevar de acordo com o fluxo inspiratório gerado, demarcando a taxa de fluxo alcançada. Os EI volume-dependentes possuem escalas que demarcam a CI alcançada, ou seja, a capacidade máxima de expansão pulmonar após uma expiração normal, sendo a soma do volume corrente e volume de reserva inspiratório.^{15,16}

A eficácia terapêutica dos Els ainda não está bem estabelecida, pois vários fatores podem ter impacto sobre seu desempenho, quer sejam relacionados ao paciente ou ao próprio aparelho utilizado. Entretanto, poucos estudos focalizam os aspectos técnicos dos diferentes Els e o impacto potencial desses aparelhos sobre o desempenho clínico de sua utilização.

Os Els geram um trabalho respiratório adicional, caracterizado por resistência imposta pelo próprio aparelho, resistência devida ao formato e peso das esferas ou pistões, diâmetro dos cilindros e traqueia e a relação entre o cilindro e o tamanho e peso das esferas ou pistões. Weindler *et al.*⁴ demonstraram que o aparelho fluxo-dependente testado apresentou elevado trabalho respiratório adicional, quando comparado ao EI volumétrico.

Detectou-se, ainda, que o trabalho respiratório adicional gerado pelo EI apresentou estreita correlação com a medida de pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}). Altos valores de P_{Imáx}, mensurados durante a utilização dos Els, eram acompanhados de elevado trabalho respiratório imposto pelo próprio aparelho. Esses resultados ressaltam que a medida de P_{Imáx}, durante a utilização do EI, pode ser clinicamente útil para estimar o trabalho respiratório adicional imposto pelos aparelhos de EI.⁴

Os Els que impõem menos trabalho adicional facilitam a sustentação de grandes volumes inspiratórios e apresentam menos risco de levar à sobrecarga e à fadiga dos músculos inspiratórios, sendo mais apropriados para o tratamento respiratório.^{4,17}

Em população específica, como na doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), a avaliação com os diferentes Els destaca mais trabalho respiratório e mais utilização da musculatura acessória durante a utilização do EI fluxo-dependente, quando comparado ao EI volumétrico. A maior expansão da caixa torácica e compartimento abdominal associado a menos utilização da musculatura acessória realizada com EI volume-dependente realça a superioridade dos mesmos nessa população¹⁸. No entanto, os estudos que avaliam a eficácia terapêutica dos Els nos pacientes com DPOC¹⁸⁻²¹ não relatam o comportamento desses aparelhos sobre a capacidade residual funcional (CRF) e volume residual (VR), o que limita a prática clínica desses aparelhos nesta população específica.

Análises com base na pletismografia de indutância demonstraram diferenças entre os Els fluxo-dependentes (Respirex e Triflo II) e EI volume-dependentes (Voldyne e Coach), com significativo aumento do volume minuto durante a utilização do EI volumétrico da marca Voldyne. Esse aumento foi obtido à custa de diminuição da frequência respiratória e aumento do volume corrente.²⁵

O deslocamento do compartimento abdominal em relação ao tórax foi maior durante o uso dos EI volume-dependentes, quando comparado aos Eis fluxo-dependentes. Esse resultado pode ser considerado vantagem para os aparelhos volumétricos, pois o aumento do deslocamento abdominal sugere mais ativação do diafragma durante esse procedimento. Os Els fluxo-dependentes, por sua vez, apresentaram mais uso da musculatura da caixa torácica, evidenciando mais ativação dos músculos acessórios da inspiração.²⁵

Semelhante ao estudo anterior, Tomichi *et al.*⁷ evidenciaram mais frequência respiratória (FR) e mais atividade elétrica do músculo esternocleidomastoídeo, avaliado por eletromiografia de superfície, com a utilização do EI fluxo-dependente em sujeitos saudáveis. Isso acentua mais a ação de musculatura acessória da inspiração, comprometendo a eficácia terapêutica do EI a fluxo.

Em virtude das comparações entre os diferentes Els, observa-se desvantagem dos Els fluxo-dependentes em relação aos volumétricos. Esses achados são importantes na prática clínica, uma vez que o objetivo ao prescrever um incentivador inspiratório é um maior VC, menor FR, menos trabalho respiratório adicional e mais contribuição do compartimento abdominal, efeitos esses conseguidos com os Els volume-dependentes.

EFEITO POSICIONAMENTO DURANTE OS ESPIRÔMETROS DE INCENTIVOS

A posição corporal influi sobre a efetividade dos Els na configuração toracoabdominal e padrão de recrutamento muscular. Melendez *et al.*²³, avaliaram as alterações mecânicas dos músculos respiratórios e o deslocamento compartimental (tórax e abdome) nas posições de 30° e 60° em relação ao plano horizontal, em pacientes no pré e pós-operatório de cirurgia torácica. A função diafragmática é o determinante principal do deslocamento compartimental, tórax e principalmente abdome durante a ventilação de repouso. Esses autores observaram que o EI, no pré-operatório, aumentou o volume ventilatório abdominal. Entretanto, as avaliações subsequentes, avaliadas no pós-operatório, evidenciaram acentuada alteração no deslocamento compartimental. Foi verificado aumento do volume ventilatório, associado à maior ativação dos grupos musculares da caixa torácica e redução da excursão diafragmática. Esse achado indica a possibilidade de redução de expansão dos segmentos pulmonares inferiores durante a manobra de EI no pós-operatório de cirurgia torácica. Esse efeito do EI no pós-operatório pode ser atribuído ao padrão restritivo e reflexo de dor na parede torácica, determinados pela incisão cirúrgica.

Durante a análise do ângulo de inclinação, no período pós-operatório, o EI proporcionou melhor recrutamento abdominal na postura recostada, com 30° de inclinação em relação ao plano horizontal. Esse achado resulta de melhora da relação comprimento-tensão do diafragma e mudança na complacência compartimental quando se reclina. Possivelmente, o melhor deslocamento diafragmático resulta em aumento da complacência abdominal na postura de inclinação posterior de tronco a 30°.

O efeito do posicionamento durante a utilização do EI também foi demonstrado em estudo com eletromiografia de superfície, evidenciando maior padrão de ativação da musculatura diafragmática ao mudar o ângulo de inclinação do indivíduo de 60° para 30° em relação ao plano horizontal, com ambos os aparelhos de EI. Nessa posição, 30° em relação ao plano horizontal, o recrutamento muscular diafragmático foi superior ao recrutamento dos músculos escalenos⁵. O mesmo padrão se observava à pletismografia de indutância, ocorrendo maior recrutamento do compartimento abdominal

mudando-se o ângulo de inclinação de 45° para 30° de inclinação posterior de tronco.²²

Sugere-se, portanto, que durante a EI o tronco esteja em inclinação a 30° em relação ao plano horizontal, em que se observa mais atividade da musculatura diafragmática e mais deslocamento do compartimento abdominal.

BREATH-STACKING: MÉTODO ALTERNATIVO DA ESPIROMETRIA DE INCENTIVO EM SUJEITOS NÃO COOPERATIVOS

Os Els são utilizados com os objetivos de encorajar a respiração profunda e sua sustentação, gerando altas pressões transpulmonares, objetivando a reexpansão de áreas previamente colapsadas e sua estabilização. Entretanto, sua eficácia é comprometida em situações de fraqueza muscular intensa, dispneia e dor, bem como em pacientes com comprometimento para compreensão da técnica e estado mental alterado.

Em 1990, Baker *et al.*⁸ mostraram, a partir da técnica desenvolvida por Marini *et al.*⁹, para medida de capacidade vital (CV), que pacientes saudáveis e ambulatoriais eram capazes de gerar e sustentar fluxos inspiratórios maiores que os alcançados com os Els. Essa técnica foi denominada de *breath-stacking* (BS) e consiste de inspirações sucessivas através de uma válvula de sentido unidirecional, com bloqueio do ramo expiratório.

Para mensuração da CV, Marini *et al.*⁹, utilizaram uma válvula de sentido unidirecional com oclusão do ramo expiratório, de tal forma que o paciente conseguia gerar fluxos inspiratórios, mas a expiração era impedida, uma vez que o ramo expiratório da válvula unidirecional era ocluído.

Com a oclusão da via aérea durante a expiração, o *drive* respiratório aumenta progressivamente e, conseqüentemente, há aumento do volume torácico, ocorrendo aprisionamento aéreo involuntário, com distribuição por áreas com diferentes constantes de tempo. Com as respirações sucessivas, o volume corrente tende a diminuir devido ao aumento do volume torácico, desvantagem mecânica dos músculos inspiratórios e redução da complacência do sistema respiratório. O fluxo inspiratório continua até o esforço inspiratório tornar-se insuficiente para vencer a pressão de deflação do recolhimento elástico do sistema respiratório.^{12,24} Conseqüentemente, conse-

gue-se estimar a CI involuntariamente, com a nova técnica denominada BS.

Para estimar o volume de reserva expiratório (VRE), foi realizada a oclusão do ramo inspiratório da válvula de sentido unidirecional, promovendo bloqueio da inspiração e permitindo a expiração. Desta forma, consegue-se estimar a CV com a soma da CI e do VER, independentemente da cooperação do paciente.

Baker *et al.*⁸ extrapolaram a técnica de Marini *et al.*⁹, e demonstraram que a utilização do BS aumentou o volume inspirado e o tempo de sustentação desse volume pulmonar. Nesse estudo os autores avaliaram 26 pacientes, entre eles pacientes com traumatismos torácicos e abdominais e pós-operatórios, e submetem-nos a três diferentes manobras: CI convencional; CI convencional e manutenção do esforço inspiratório pela utilização de uma válvula unidirecional; e o BS.

Na manobra de BS o paciente era encorajado a relaxar e fazer esforços inspiratórios normais, descansando contra a via aérea ocluída entre os períodos inspiratórios, de acordo com sua tolerância. Foi realizada uma quarta manobra aleatória em 13 de 26 pacientes de BS em que eles foram orientados a fazer uma inspiração lenta e profunda e a seguir esforços inspiratórios lentos, descansando contra a via aérea ocluída entre os esforços inspiratórios. Todas as manobras finalizaram de acordo com a tolerância do paciente ou quando o examinador percebia que os esforços inspiratórios eram inefetivos para gerar volume. Os volumes inspirados pelas duas formas de BS foram superiores aos alcançados durante a CI, com e sem utilização da válvula unidirecional. A duração da CI convencional e das demais manobras estudadas foi de cinco e 20 segundos, respectivamente. A manutenção do pulmão expandido permite tempo adicional para que as forças de interdependência recrutem volume, um processo que não é comumente completado durante esforço inspiratório único.²⁴

ESTUDOS COMPARATIVOS: ESPIRÔMETRO DE INCENTIVO VERSUS *BREATH-STACKING*

A literatura atual não consegue comprovar o benefício do EI em pacientes pós-operatórios de cirurgia abdominal alta. Segundo revisão sistemática publicada em 2001²⁵, 2003²⁶ e 2009²⁷, os autores informam falta de evidências científicas para apoiar a utilização dos EIs para prevenir ou tratar as CPPOs.

No entanto, a utilização do BS nesse tipo de cirurgia foi documentada em 2008 por Dias *et al.*¹² Os autores compararam a CI no pré e pós-operatório com a utilização do EI e BS e identificaram que a segunda técnica proporcionou mais mobilização do volume inspirado (CI) no pré e pós-operatório, bem como mais tempo de expansão pulmonar.

Somado a esses dados e com o estudo com Medicina Nuclear, foi possível evidenciar que a utilização do EI fornece um padrão de deposição de radioaerossol em terço médio pulmonar, enquanto que o BS fornece uma deposição em terço inferior e regiões periféricas pulmonares. Esse achado reforça a forte evidência do BS em ventilar as regiões mais periféricas, áreas sabidamente mais predispostas à CPPO.²⁸

As crianças são muitas vezes incapazes de gerar e sustentar esforços inspiratórios máximos, impossibilitando muitas vezes a reexpansão pulmonar. Não houve diferença significativa ao se comparar o volume inspiratório máximo com as técnicas de EI, BS e CI convencional (medida com ventilômetro de *Wright*) em crianças com pneumonia, o que sugere que a técnica de BS pode ser usada na infância como método alternativo aos incentivadores inspiratórios.²⁹ Entretanto, estudos prospectivos, controlados e randomizados devem ser realizados para determinar o benefício clínico desse procedimento em longo prazo.

O pós-operatório de cirurgias torácicas, sejam cardíacas ou pulmonares, possui alto índice de CPPO. Sabe-se que a queda da capacidade vital (CV) é estimada em 55% comparando-se à redução de 34% da capacidade residual funcional (CRF).³⁰ No entanto, em revisões sistemáticas realizadas por Overend *et al.*²⁴ e Freitas *et al.*³¹, a espirometria de incentivo não possui evidências satisfatórias na prevenção ou tratamento das CPPOs.

Estudo comparando a efetividade de EI e BS no pós-operatório de cirurgia torácica sugere mais benefício da técnica de BS para recuperar os volumes e capacidades pulmonares após CRVM.

Silva *et al.*¹⁰ avaliaram, longitudinalmente, a recuperação do declínio da CI de pacientes submetidos à CRVM, utilizando o EI e a técnica de BS. No período pré-operatório, os volumes inspiratórios alcançados pela técnica de BS, EI e CI avaliada com base na capacidade vital lenta (CVL) não diferiram entre si. Os volumes inspiratórios alcançados pelo BS foram significativamente superiores aos do EI no primeiro e terceiro dias de pós-operatório (DPO) e sem diferença significativa no quinto e sétimo DPO. Observou-se, em relação ao BS, que houve significativa redução

dos volumes inspiratórios alcançados no primeiro DPO em relação ao pré-operatório e ao terceiro DPO, que por sua vez mostrou-se inferior ao quinto e sétimo DPO; que não diferiram entre si e em relação ao pré-operatório. O comportamento do EI foi similar ao da técnica de BS, porém não houve retorno dos volumes inspiratórios máximos alcançados no sétimo DPO em relação aos valores alcançados no pré-operatório.

Os resultados sugerem superioridade da técnica BS em relação ao EI, provavelmente por não necessitar da cooperação do paciente. Segundo os autores, não houve qualquer treinamento prévio ou encorajamento na realização do BS, sendo, portanto, essa técnica, livre do efeito do aprendizado. Diferentemente, em relação ao EI, o paciente era treinado e orientado a realizar o EI no pré e no pós-operatório. Baixo índice de obtenção de volume ao longo do tempo após a cirurgia foi detectado durante as medidas realizadas com o EI, comprovando, assim, pouca influência do treinamento no alcance de maiores volumes pulmonares.

Campanha *et al.*¹¹ avaliaram a atividade elétrica a partir da eletromiografia de superfície, de regiões correspondentes aos músculos diafragma e escaleno durante as técnicas de BS e EI, utilizando o EI com bucal (EI-B) e com máscara facial (EI-M). Foi realizada também correlação da duração e intensidade da atividade elétrica entre os dois músculos durante as diferentes técnicas. A posição adotada foi a dorsal, com 30° de elevação da cabeceira do leito e os joelhos fletidos.

O volume inspiratório máximo alcançado durante a técnica de BS foi significativamente superior à técnica de EI-M e este significativamente superior à técnica de EI-B. Também foi verificada diferença significativa em relação à área sobre a curva, isto é, produto da duração e intensidade da atividade elétrica, nas regiões dos músculos diafragma e escaleno. Considerando-se a região correspondente ao diafragma, a área sob a curva da técnica de BS foi significativamente maior que as medidas obtidas pelo EI-B e EI-M. Analisando-se a região correspondente ao músculo escaleno, observou-se que a técnica BS apresentou a área sobre a curva acentuadamente maior que o EI-M e EI-B e o EI-M foi representativamente superior ao EI-B.

A duração da técnica BS (26,97 segundos) foi expressivamente superior ao EI-M (9,60 segundos), que, por sua vez, foi superior ao EI-B (6,76 segundos).

Os estudos revelam a superioridade da técnica de BS em relação ao EI, provavelmente por ser o BS independente da colaboração do paciente.

CONCLUSÃO

Os EIs possuem diferenças em sua efetividade, sendo o EI volume-dependente mais eficaz em reduzir a FR, aumentar o VC, gerar menos trabalho respiratório adicional e proporcionar mais recrutamento do compartimento abdominal. No entanto, a técnica de BS mostrou-se superior ao EI no volume inspiratório máximo alcançado e tempo de expansão pulmonar, provavelmente por não necessitar da colaboração do paciente. Pode, assim, ser indicado não só em pacientes que não compreendem a técnica de EI, mas em situações de dispneia, fraqueza muscular e dor.

REFERÊNCIAS

1. Bartlett RH, Krop P, Hanson EL, Moore FD. Physiology of yawning and its application to postoperative care. *Surg Forum*. 1970; 21:223-4.
2. Bartlett RH, Brennan ML, Gazzaniga AB, Hanson EL. Studies on the pathogenesis and prevention of post-operative pulmonary complication. *Surg Gynecol Obstet*. 1973; 137:925-33.
3. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Geraghty TR. Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. A critical review. *JAMA*. 1973; 224:1017-21.
4. Weindler J, Kiefer RT. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001; 119(6):1858-64.
5. Bolina IC, Coelho RMK, Torres MMC, Andrade AST, Oliveira IM, Rodrigues-Machado MG. Effect of flow and volume-oriented incentive spirometry on diaphragmatic and scalenus muscles activation. *Eur Respirat J*. 2002; 38(Suppl):180s(Abstract).
6. Parreira VF, Tomich GM, Britto RR, Sampaio RF. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz J Med Biol Res*. 2005; 38:1105-12.
7. Tomich GM, França DC, Diório ACM, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Braz J Med Biol Res*. 2007; 40:1409-17.
8. Baker WL, Lamb VJ, Marini JJ. Breath-stacking increases the depth and duration expansion by incentive spirometry. *Am Rev Respir Dis*. 1990; 141:343-8.
9. Marini JJ, Rodrigues MR, Lamb VJ. Involuntary breath-stacking. An alternative method for capacity estimation in poorly cooperative subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1986; 134: 694-8.
10. Silva LM, Margoti M L F, Andrade C R, Alexandre B L, Silveira F R, Darwich R N, Machado AV, Rodrigues-Machado M G. Longitudinal study of the inspiratory capacity evaluated by incentive spirometer and breath-stacking technique after coronary artery bypass surgery. *Eur Respir J*. 2000; 16:135-136s(Abstract).

11. Campanha L, Prazeres PK, Oliveira IM, Andrade AFD, Torres MMC, Rodrigues-Machado MG. Pattern of respiratory muscle recruitment during incentive spirometry and breath-stacking. *Eur Respir J*. 2002; 38(Suppl):180s (Abstract).
12. Dias CM, Plácido TR, Ferreira MFB, Guimarães FS, Menezes SLS. Inspirometria de incentivo e *breath stacking*: repercussões sobre a capacidade inspiratória em indivíduos submetidos à cirurgia abdominal. *Rev Bras Fisioter*. 2008; 12(2):94-9.
13. Rezende-Oliveira IM, Gomes AQ, Figueredo MC, Antunes J, Coelho CC, Bolina IC. Avaliação da capacidade inspiratória pelas técnicas de espirômetro de incentivo e breath-stacking em indivíduos saudáveis. *Rev Bras Fisioter*. 2008; 12(Supl):103s (Abstract).
14. Bolina-Faria IC, Abate AK, Oliveira-Rezende IM, Silva IMM, Àvila TRO. Avaliação da capacidade inspiratória em crianças com distrofia muscular progressiva. *Fisioter Mov*. 2008 jan/mar; 21(1):57-63.
15. Pereira CAC. Espirometria. *J Pneumol*. 2002 out; 28(Supl 3):83-94s.
16. Silva LCC, Rubin AS, Silva LMC, Fernandes JC. Espirometria na prática médica. *Rev AMRIGS*. 2005 jul-set; 49(3):183-94.
17. Mang H, obermayer T, Weindler J. Comparison of inspiratory work of breathing through six different spirometers. *Respir Care*. 1988; 33:958-64.
18. Ho SC, Chiang LL, Cheng HF, Lin HC, Sheng DF, Kuo HP, et al. The effect of incentive spirometry on chest expansion and breathing work in patients with chronic obstructive airway disease: comparison of two methods. *Chang Gung Med J*. 2000; 23(2):73-9.
19. Basoglu OK, Atasever A, Bacakoglu F. The efficacy of incentive spirometry in patients with COPD. *Respirology*. 2005; 10:349-53.
20. Weiner P, Man A, Weiner M, Rabner M, Waizman J, Magadle R, et al. The effect of incentive spirometry and inspiratory muscle training on pulmonary function after lung resection. *J Thor Cardio Surg*. 1997; 113(3):552-7.
21. Larson M, Kim MJ. Respiratory muscle training with the incentive spirometer resistive breathing device. *Heart Lung*. 1984; 13:341-5.
22. Parreira VF, Coelho EM, Tomich G M, Alvim AMA, Sampaio R F, Britto R R. Avaliação do volume corrente da configuração toracoabdominal durante o uso de espirômetros de incentivo a volume e a fluxo, em sujeitos saudáveis: influencia da posição corporal. *Rev Bras Fisioter*. 2004 Jan-Abr; 8(1):45-51.
23. Melendez JA, Alagesan R, Reinsel R, Weissman C, Burt M. Post-thoracotomy respiratory muscle mechanics during incentive spirometry using respiratory inductance plethysmography. *Chest*. 1992; 101:432-6.
24. Bolina-Faria IC, Rodrigues-Machado MG. Terapia incentivadora da inspiração. In: Rodrigues-Machado MG. Bases da fisioterapia respiratória terapia intensiva e reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007. p.96-110.
25. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications – A systematic review. *Chest*. 2001; 120(3):971-8.
26. Pasquina P, Trainers MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: Systematic review. *BMJ*. 2003; 327(7428):1379-81.
27. Guimarães MM, El Did R, Smith AF, Matos D. Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery: Systematic review. *Cochrane Database* 2009 Jul 8(3):CD006058.
28. Diniz DMSM, Andrade AD, Mendes, M, Bellaguarda E, Macena, R, Rodrigues-Machado MG, et al. Lung deposition pattern of inhaled radiotracers during the breath-stacking and incentive spirometry techniques. *Eur Respir J*. 2004; 24(Suppl):407s.
29. Rodrigues-Machado MG, Bolina IC, Aun AM, Cassimiro FS, Corrêa PM, Andrade AFD. Comparison of maximal inspiratory volume reached during breath-stacking and incentive spirometry in children with pneumonia. *Eur Respir J*. 2002; 38(Suppl):351s (Abstract).
30. Bastin R, Barvais L, Melot C, Vicent JL, Berre J. Preliminary results of prolonged target controlled infusion of sufentanil adjusted to an effort pain score after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2005; 56:31-6.
31. Freitas ERF, Soares BGO, Cardoso JR, Atallah NA. Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery bypass graft. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007 Jul; 18(13):CD004466.