

Dias, Cristina Márcia; 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
Revista Brasileira de Fisioterapia, vol. 12, núm. 2, março-abril, 2008, pp. 94-99
Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia
São Carlos, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235016537004>

Inspirometria de incentivo e *breath stacking*: repercussões sobre a capacidade inspiratória em indivíduos submetidos à cirurgia abdominal

Incentive spirometry and breath stacking: effects on the inspiratory capacity of individuals submitted to abdominal surgery

Dias CM^{1,4}, Plácido TR², Ferreira MFB², Guimarães FS^{1,3}, Menezes SLS^{1,3}

Resumo

Contextualização: As complicações respiratórias são as principais causas de aumento da morbidade e da mortalidade em indivíduos submetidos à cirurgia de andar superior do abdômen. A eficácia dos procedimentos fisioterapêuticos precisa ser melhor definida, assim como é necessário o conhecimento da melhor estratégia terapêutica a ser implementada. **Objetivo:** Comparar o volume inspiratório mobilizado durante a técnica de *breath stacking*, com o volume na inspirometria de incentivo em pacientes submetidos à cirurgia abdominal. **Materiais e métodos:** Doze pacientes, no primeiro dia de pós-operatório, foram orientados a inspirar profundamente por meio do inspirômetro de incentivo *Voldyne*[®] e a realizar esforços inspiratórios sucessivos pela máscara facial adaptada para realização da manobra de *breath stacking*. Cada técnica foi realizada cinco vezes de acordo com a randomização. No período pré-operatório, os pacientes realizaram prova espirométrica, foram avaliados e instruídos quanto à realização das técnicas. Um ventilômetro de *Wright*[®] permitiu o registro da capacidade inspiratória. **Resultados:** A capacidade inspiratória foi significativamente maior durante o *breath stacking* do que durante a inspirometria de incentivo, tanto no pré quanto no pós-operatório. Houve redução significativa dos volumes após o procedimento cirúrgico, independentemente da técnica realizada. **Conclusões:** A técnica de *breath stacking* mostrou-se eficaz e superior à inspirometria de incentivo para a geração e sustentação de volumes inspiratórios. Por não haver descrição de efeitos adversos, essa técnica pode, provavelmente, ser utilizada de forma segura e eficaz, principalmente em pacientes pouco cooperativos.

Palavras-chaves: volumes e capacidades pulmonares; complicações respiratórias; fisioterapia; *breath-stacking*.

Abstract

Background: Respiratory complications are the main causes of increased morbidity and mortality in individuals who undergo upper abdominal surgery. The efficacy of physical therapy procedures needs clarification, and it is necessary to know which therapeutic approaches are the best ones to implement. **Objective:** To compare the inspiratory volume during the breath stacking maneuver with the volume during incentive spirometry, in abdominal surgery patients. **Methods:** Twelve patients, on their first postoperative day, were instructed to take a deep breath through the *Voldyne*TM incentive spirometer and to make successive inspiratory efforts using a facemask that had been adapted for performing the breath stacking maneuver. Each technique was performed five times according to the randomization. Before the operation, the patients performed a spirometric test. They were also assessed and instructed about the procedures. A *Wright*TM ventilometer allowed inspiratory capacity to be recorded. **Results:** The inspiratory capacity during breath stacking was significantly higher than during incentive spirometry, both before and after the operation. There was a significant reduction in volumes after the surgical procedure, independent of the technique performed. **Conclusions:** The breath stacking technique was shown to be effective. This technique was better than incentive spirometry for generating and sustaining inspiratory volumes. Since no adverse effects have been described, this technique can probably be used safely and effectively, particularly in uncooperative patients.

Key words: pulmonary volumes and capacities; respiratory complications; physical therapy; breath stacking.

Received: 23/11/2006 – Revised: 13/08/2007 – Accepted: 30/01/2008

¹ Centro Universitário Augusto Motta (Unisuam) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Instituto Nacional de Câncer – HC-II – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁴ Hospital da Força Aérea do Galeão – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

Correspondência para: Cristina Márcia Dias, Curso de Fisioterapia, Centro Universitário Augusto Motta, Avenida Paris, 72, Bonsucesso, CEP 21041-020, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, e-mail: cristinamarcia@unisuam.edu.br

Introdução ::::

A associação de cirurgias torácicas e abdominais com alta incidência de complicações respiratórias^{1,2} já está bem documentada na literatura e suas principais manifestações são: atelectasia³, pneumonia⁴, disfunção respiratória² e derrame pleural⁵. O pós-operatório imediato pode transcorrer com hipoventilação, devido ao efeito residual do anestésico, e a respiração profunda pode ser prejudicada em função da dor na incisão⁶. A taxa de prevalência das complicações respiratórias nas cirurgias de andar superior do abdômen varia de 17 a 88%¹.

Um dos mecanismos básicos envolvidos nas alterações respiratórias é a falta de insuflação pulmonar adequada que decorre de um padrão respiratório monótono e superficial⁷, restrição prolongada no leito⁸ e disfunção diafragmática temporária⁹. O *clearance* mucociliar também está comprometido no pós-operatório, contribuindo para a diminuição da eficácia da tosse e aumento dos riscos associados à retenção de secreções¹⁰. Há redução da capacidade residual funcional (CRF), dos volumes de reserva inspiratório (VRI) e expiratório (VRE) e da capacidade vital (CV), ocorrendo ainda redução dos fluxos expiratórios, provavelmente em função da redução da atividade diafragmática¹¹.

Todas essas complicações respiratórias podem ser minimizadas ou evitadas com a utilização de um protocolo de atendimento de fisioterapia respiratória, visto que a atelectasia pulmonar é considerada a causa principal das complicações. Esta afirmação baseia-se na observação de que a complacência pulmonar e a pressão parcial de oxigênio (PaO_2) retornam aos seus valores normais após insuflações profundas do pulmão¹².

Vários métodos têm sido estudados, tais como: respiração com pressão positiva intermitente, exercícios com respiração profunda, inspirometria de incentivo e fisioterapia torácica convencional, porém uma metanálise confirmou que todos os protocolos e métodos estudados foram igualmente eficazes na redução da freqüência das complicações pulmonares após cirurgia abdominal de andar superior¹³. No entanto, a eficácia da fisioterapia no pós-operatório de cirurgia abdominal permanece controversa. Enquanto Pasquina et al.¹⁴ sugerem que a utilização de rotina da fisioterapia respiratória não se justifica, uma vez que poucos ensaios clínicos mostram sua eficácia em caráter profilático, Lawrence et al.¹⁵ descrevem que, no pós-operatório de cirurgia abdominal, qualquer técnica de expansão pulmonar é superior à não profilaxia.

O inspirômetro de incentivo é um equipamento que encoraja o paciente, por meio de um *feedback* visual, a manter uma inspiração máxima, numa única tentativa, sendo uma das estratégias mais utilizadas no pós-operatório¹⁶.

Em 1986, foi descrito por Marini et al.¹⁷ um método alternativo para estimar a CV em indivíduos pouco cooperativos,

chamado de *breath stacking*. O método mostrou-se eficaz para o objetivo proposto e ainda permitiu a obtenção de uma expansão pulmonar máxima com mínima colaboração do paciente.

O presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos da técnica denominada *breath stacking* com os observados durante a inspirometria de incentivo em pacientes em pós-operatório de cirurgia abdominal, pela avaliação da capacidade inspiratória atingida pelos pacientes por meio de cada técnica.

Materiais e métodos ::::

Pacientes

Foram recrutados sequencialmente e avaliados 12 pacientes em pré-operatório de cirurgia de andar superior do abdômen internados no Instituto Nacional de Câncer – HC II, no período de agosto a novembro de 2006. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto Nacional de Câncer – HC II, com o registro número 31/06 no Conep e o termo de consentimento livre e esclarecido foi obtido de todos os pacientes.

A avaliação da elegibilidade para participação no estudo obedeceu a critérios assim definidos: 1) inclusão: pacientes em pré-operatório de cirurgia de andar superior do abdômen e concordância em participar da pesquisa; 2) Exclusão: *deficit* cognitivo ou incoordenação para a realização da inspirometria de incentivo, intolerância para a utilização da máscara do *breath stacking*, complicações pós-operatórias com necessidade de internação em Centro de Tratamento Intensivo (CTI) ou extubação em período superior a 24 horas após a cirurgia, nível de consciência no pós-operatório incompatível com a realização da inspirometria de incentivo.

Descrição das intervenções

- *Inspirometria de incentivo*: após a colocação de um clipe nasal, o indivíduo foi orientado a inspirar profundamente através do bocal do equipamento *Voldyne 5000*® (Sherwood Medical, St Louis, MO, EUA), até capacidade pulmonar total, partindo da CRF.
- *Breath stacking*: uma máscara siliconizada conectada a uma válvula unidirecional foi adaptada à face do paciente. Uma vez que a máscara era ajustada para permitir apenas a inspiração (o ramo expiratório permanecia ocluído), o indivíduo realizava esforços inspiratórios sucessivos por um período de 20 segundos. Em seguida, o ramo expiratório era liberado e o paciente expirava livremente^{17,18}.

Protocolo experimental

O estudo consistiu de ensaio clínico cruzado para comparação da capacidade inspiratória atingida pelos pacientes

por meio da utilização de cada técnica no primeiro dia de pós-operatório.

Por ocasião da avaliação pré-operatória, os pacientes foram treinados para a realização das duas técnicas e, após aprendizado, foi realizado o registro do volume mobilizado. Adicionalmente, foi realizada prova espirométrica com o equipamento Pony Fx®, COSMED®, USA, com o paciente na posição sentada. A escala de Torrington¹⁹ foi definida com base nos dados clínicos e funcionais.

No primeiro dia de pós-operatório, o paciente realizou cada uma das técnicas com intervalo de uma hora, período este no qual não houve modificação ou introdução de novos medicamentos. A ordem das técnicas foi definida de acordo com a randomização em dois blocos de seis indivíduos, ou seja, para cada bloco foram confeccionados e ordenados aleatoriamente três envelopes correspondentes a cada ordem de execução (iniciando por *Voldyne*[®] ou *breath stacking*). Estes envelopes foram numerados externamente e, após recrutamento e decisão por inclusão do indivíduo no estudo, o envelope era aberto para definição de qual técnica seria realizada primeiro. O sorteio e a confecção dos envelopes foram realizados por um indivíduo que não participou do recrutamento nem da seleção dos pacientes do estudo. Foram realizadas cinco repetições de cada técnica e um ventílômetro de *Wright*[®] (British Oxigen Company, London, England) foi conectado ao circuito de cada equipamento para medida da capacidade inspiratória²⁰.

Todos os procedimentos foram realizados sob orientação e supervisão do mesmo fisioterapeuta, sempre no período da

manhã, e as técnicas eram realizadas com o paciente em posição Fowler de 45 graus.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada no programa *SigmaStat*[®] para *Windows*[®] (V 3.0). A normalidade dos dados (teste de *Kolmogorov-Smirnov* com correção de *Lilliefors*) e a igualdade de variância (teste de mediana de *Levene*) foram testadas. Uma vez que os dados passaram nos testes acima, foi aplicado o teste de medidas repetidas análise de variância *one-way* (*one-way ANOVA*), seguido do teste *Tukey*. Para correlacionar os volumes mobilizados com a escala de Torrington, foi utilizada a correlação de *Spearman*. Os valores foram expressos como média ± erro padrão da média (EPM). O grau de significância considerado foi de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Todos os pacientes avaliados foram capazes de realizar as técnicas solicitadas sem relatar qualquer desconforto respiratório ou apresentar alterações na freqüência cardíaca e pressão arterial, tolerando a manobra de *breath stacking* sem dificuldade.

Os dados antropométricos, o diagnóstico, os valores das medidas espirométricas e a escala de Torrington estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos pacientes.

Paciente	Sexo	Idade (anos)	Diagnóstico	IMC kg/m ²	CVF (l, %)	VEF ₁ (%)	VEF ₁ /CVF (%)	Escala de Torrington
1	M	75	Tumor gástrico	18	2,45 73	71	72	4
2	F	45	Tumor de apêndice	27	2,88 81	88	90	3
3	F	51	Massa retroperitoneal	19	3,07 87	86	80	2
4	M	77	Tumor de pâncreas	18	2,42 70	64	68	4
5	M	41	Tumor de reto	22	4,97 103	113	90	2
6	M	45	Tumor de cólon	17	3,94 80	78	80	2
7	M	71	Tumor gástrico	24	2,98 73	84	87	3
8	F	57	Tumor de papila	25	3,04 102	112	88	2
9	F	69	Tumor de cólon	20	2,27 89	89	78	3
10	M	73	Tumor gástrico	19	4,09 110	122	84	3
11	M	68	Tumor de cólon	18	3,79 78	95	96	3
12	M	56	Tumor de reto	28	4,28 101	103	80	2

IMC= índice de massa corpórea; CVF= capacidade vital forçada; VEF₁= volume expiratório forçado no primeiro segundo.

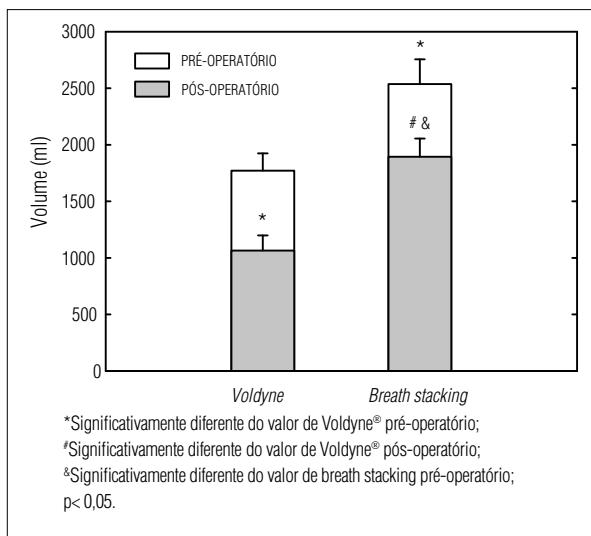


Figura 1. Volumes mobilizados durante o *Voldyne*® e o *breath stacking*. Os valores correspondem à média \pm EPM de 12 pacientes.

A análise pelo ventilômetro de *Wright*® mostrou volume inspiratório significativamente maior durante a realização da manobra de *breath stacking* quando comparado à inspirometria de incentivo, tanto no período pré-operatório, quanto no pós-operatório (Figura 1). A comparação dos valores de cada técnica registrados no pós-operatório com os valores obtidos no pré-operatório mostrou redução significativa dos volumes inspiratórios, tanto na manobra de *breath stacking* quanto na inspirometria de incentivo, sendo essa redução mais acentuada nesta última (76 ± 4 versus 61 ± 6 , respectivamente). Os volumes mobilizados no período pós-operatório durante a realização da inspirometria de incentivo correlacionaram-se significativamente com a escala de *Torrington* (Figura 2).

Discussão

O presente trabalho mostrou que, durante a realização da técnica de *breath stacking*, ocorreu maior mobilização de volume inspirado quando comparado à inspirometria de incentivo, tanto no pré quanto no pós-operatório. Observou-se redução significativa do volume após o procedimento cirúrgico, qualquer que seja a manobra fisioterapêutica realizada. A redução dos volumes no pós-operatório foi mais acentuada, durante a realização da inspirometria de incentivo, quando comparada com a manobra de *breath stacking*, havendo correlação entre os volumes na inspirometria de incentivo e a escala de *Torrington*. Tal correlação evidencia a importância dessa escala como índice preditor de risco de complicações pulmonares pós-operatórias, assim como mostra uma maior

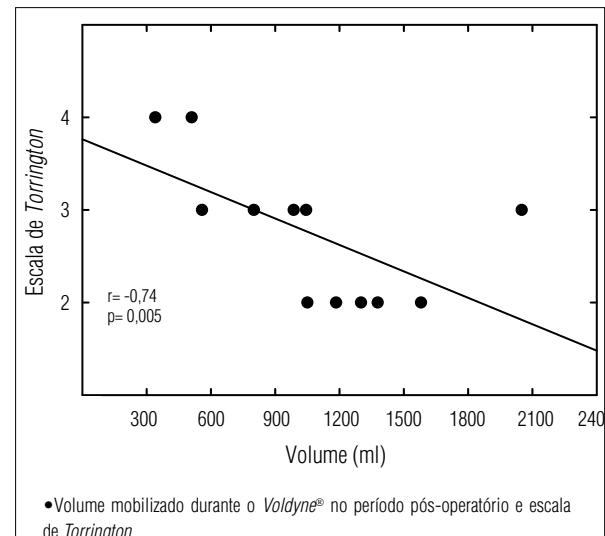


Figura 2. Correlação de Spearman.

dependência entre o volume na inspirometria de incentivo e o risco pulmonar pós-cirúrgico.

A diminuição do volume inspirado no pós-operatório observada nesse estudo pode ser corroborada pelos achados anteriores, que descreveram comprometimento da função do sistema respiratório durante e após a realização do ato cirúrgico⁴, com hipoventilação, prejuízo da respiração profunda⁶, padrão respiratório monótono⁷ e diminuição da eficácia da tosse¹⁰.

Prevenir ou reverter atelectasias comprovadamente diminui as complicações pulmonares e, para tal, técnicas e equipamentos são utilizados para encorajar os pacientes a inspirar profundamente^{21,22}. O objetivo final é a produção de um grande e sustentado aumento na pressão transpulmonar, que irá distender os pulmões e reexpandir áreas colapsadas. O tratamento eficaz das complicações respiratórias pós-operatórias ainda é difícil² sendo importante enfatizar e estabelecer os procedimentos fisioterapêuticos de maior eficácia.

O primeiro estudo mostrando os benefícios da inspiração máxima no pós-operatório foi realizado por Thoren, em 1954. Ao analisar 343 pacientes em pós-operatório de colecistectomia, esse estudo mostrou incidência de 42% de atelectasias no grupo que não foi submetido à fisioterapia (incluindo respiração profunda) em relação a 27% encontrado no grupo que realizou fisioterapia²³.

O assincronismo ventilatório acarreta diferenças espaciais e temporais na distribuição do ar inspirado pelas regiões pulmonares com constantes de tempo diferentes^{18,24}. Ward et al.²⁵ demonstraram que as atelectasias pós-operatórias eram revertidas de forma mais eficaz quando a inspiração profunda era mantida por uma pausa pós-inspiratória de três segundos quando comparada à respiração com múltiplas inspirações

profundas sem sustentação. A realização de inspiração lenta e profunda, seguida de pausa pós-inspiratória, permite que o ar se distribua de forma homogênea, sendo necessário um tempo de pausa de pelo menos cinco segundos^{18,24}.

O objetivo terapêutico primário da inspirometria de incentivo ou de qualquer técnica de insuflação pulmonar é aumentar a pressão transpulmonar e a CRF, revertendo áreas de colapso alveolar²⁶.

A inspirometria de incentivo é utilizada clinicamente como parte integrante da rotina profilática e terapêutica nos cuidados respiratórios no pós-operatório de cirurgias abdominais, cardíacas e torácicas. No entanto, sua eficácia ainda é bastante discutida². O sucesso da inspirometria de incentivo é bastante variável, uma vez que pacientes fracos e dispnéicos são incapazes de exercer esforço inspiratório suficiente para alcançar e sustentar volumes inspiratórios altos e, mesmo em pacientes bastante cooperativos e motivados, a habilidade de realizar a inspirometria de incentivo é comprometida pela dispneia, fraqueza muscular e dor¹⁸.

Em nosso estudo, observou-se maior volume inspiratório durante o *breath stacking* quando comparado à inspirometria de incentivo. Tal achado foi corroborado pelo estudo de Baker et al.¹⁸, realizado em 1990, quando relataram que o *breath stacking* aumenta a amplitude e a duração da expansão torácica.

O volume de múltiplos esforços inspiratórios pode ser somado pela utilização de uma válvula unidirecional que permita apenas a inspiração (a expiração é bloqueada), mesmo em pacientes pouco cooperativos¹⁷. Durante a oclusão da via aérea, o *drive* central aumenta progressivamente e, com a expiração bloqueada, a entrada de ar acompanha cada esforço inspiratório, consequentemente, aumentando o volume torácico¹⁸. Desta forma, o ar pode ser aprisionado involuntariamente¹⁸, não exigindo cooperação do paciente e favorecendo a distribuição do ar por áreas com diferentes constantes de tempo²⁴. O aumento do volume tende a diminuir com as respirações sucessivas, uma vez que a complacência da parede torácica diminui e os músculos respiratórios encurtam-se e entram em desvantagem mecânica¹⁸. A inspiração máxima acarreta aumento da pressão transpulmonar e, a pausa pós-inspiratória, com a manutenção dessa pressão elevada, contribui para o aumento da PaO₂, presumivelmente por meio do recrutamento de alvéolos colapsados²⁶.

Muitos pacientes que respiram espontaneamente são capazes de gerar pressões suficientes para alcançar altos volumes pulmonares^{17,27}, no entanto, o comprometimento da mecânica

respiratória, a dispneia e a dor dificultam a manutenção de esforço por tempo suficiente para alcançar o volume máximo e sustentar a inspiração¹⁸.

O *breath stacking* possibilita que a pressão gerada durante esforços inspiratórios sucessivos seja utilizada para vencer as forças elásticas (e não resistivas). Ao final do *stacking*, pequenos volumes inspiratórios necessitam de menores fluxos e gastam menos pressão friccional. O pico de pressão fica, então, disponível para o trabalho elástico de expansão do tórax¹⁸.

Manter o pulmão distendido (com a oclusão do ramo expiratório) permite tempo adicional para que as forças de interdependência recrutem volume, um processo que não se completa numa inspirometria convencional¹⁸. Katz et al.²⁸ demonstraram que um volume total de recrutamento obtido por aumento gradual da PEEP, só é alcançado após quatro a cinco respirações (20 a 25s) após aplicação da PEEP (duração da manobra de *breath stacking*)²⁸.

O presente estudo apresenta como limitações o número de pacientes envolvidos, bem como a especificidade da população estudada, não permitindo a generalização dos resultados para outras situações clínicas. Nesse contexto, uma vez que não foi registrada a dose da medicação analgésica utilizada por cada paciente, não podemos excluir a possibilidade da ação medicamentosa ter influenciado o volume mobilizado pelos pacientes. Caso este efeito tenha sido relevante, isto não invalida a comparação entre as técnicas, uma vez que o estudo foi cruzado e nenhuma medicação foi administrada no intervalo entre elas.

A técnica de *breath stacking* poderia superar os objetivos da inspirometria de incentivo¹⁸, sobretudo em pacientes pouco cooperativos que apresentassem dificuldade de gerar altos volumes e de sustentar o volume inspirado. Adicionalmente, essa técnica poderia se mostrar mais eficaz em pacientes com maior risco de complicações pulmonares, uma vez que se observou maior redução do volume durante a realização da inspirometria de incentivo.

Conclusões ::::

A técnica de *breath stacking* mostrou-se eficaz e superior à inspirometria de incentivo para a geração e sustentação de volumes inspiratórios. Por não haver descrição na literatura de efeitos adversos que comprometam sua utilização, essa técnica pode, provavelmente, ser utilizada de forma segura e eficaz, principalmente em pacientes pouco cooperativos.

Referências bibliográficas ::::.

- Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications. *Chest*. 2001;120:971-8.
- Weindler J, Kiefer RT. The Efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001;119:1858-64.
- Duggan M, Kavanagh BP. Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology*. 2005;102(4):838-54.
- Pereira EDB, Fernandes ALG, da Silva Anção M, de Araújo Pereres CA, Atallah NA, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *São Paulo Medical Journal*. 1999;4:151-60.
- Fischer BW, Majumdar SR, McAlistar FA. Predicting pulmonary complications after nonthoracic surgery: a systematic review of blinded studies. *Am J Med*. 2002;112:219-25.
- Arozullah AM, Conde MV, Lawrence VA. Preoperative evaluation for postoperative pulmonary complications. *Med Clinics North Am*. 2003;87:153-73.
- Bendixen HH, Smith GM, Mead J. Pattern of ventilation in young adults. *J Appl Physiol*. 1964;19:195-8.
- Alexander JI, Spence AA, Parika RK, Stuart B. The role of airway closure in postoperative hypoxaemia. *Br J Anaesth*. 1973;45:34-40.
- Ford GT, Rosenthal TW, Clergue FC, Whitelaw WA. Respiratory physiology in upper abdominal surgery. *Clin Chest Med*. 1993;14:237-52.
- Forbes AR, Horrigan RW. Mucociliary flow in the trachea during anesthesia with enflurane, ether, nitrous oxide and morphine. *Anesthesiology*. 1977;46:319-21.
- Ford GT, Whitelaw WA, Rosenthal TW, Cruse PJ, Guenter CA. Diaphragm function after upper abdominal surgery in humans. *Am Rev Respir Dis*. 1983;127(4):431-6.
- Bendixen HH, Hedley-Whyte J, Laver MB. Impaired oxygenation in surgical patients during general anesthesia with controlled ventilation. A concept of atelectasis. *N Engl J Med*. 1963;269:991-6.
- Thomas JA, McIntosh JM. Are incentive spirometry intermittent positive pressure breathing, and deep breathing exercise effective in the prevention of postoperative pulmonary complications after upper abdominal surgery? A systematic overview and meta-analysis. *Phys Ther*. 1994;74:3-10.
- Pasquina P, Tramèr MR, Granier JM, Walder B. Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery. A systematic review. *Chest*. 2006;130:1887-99.
- Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2006;144:596-608.
- Wattie J. Incentive spirometry following coronary artery bypass surgery. *Physiotherapy*. 1998;84:508-14.
- 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;134:694-8.
- Baker WL, Lamb VJ, Marini JJ. Breath-stacking increases the depth and duration of chest expansion by incentive spirometry. *Am Rev Respir Dis*. 1990;141:343-6.
- Torrington KG, Henderson CJ. Perioperative respiratory therapy (PORT). A program of preoperative risk assessment and individualized postoperative care. *Chest*. 1988;93(5):946-51.
- Caséa MB, Andrade LB, Britto MCA. Avaliação da função pulmonar em crianças e adolescentes no pré e pós-operatório de correção cirúrgica de valvulopatia reumática. *J Pediatr*. 2006;82:140-50.
- Dohi A, Gold MI. Comparison of two methods of postoperative respiratory care. *Chest*. 1978;73:592-5.
- Hedstrand U, Liw M, Rooth G, Ögren CH. Effect of respiratory physiotherapy on arterial oxygen tension. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1978;22:349-52.
- Thoren L. Postoperative pulmonary complications. *Acta Chir Scand*. 1954;107:194-205.
- Postiaux G. Las técnicas inspiratorias lentas para la depuración de las vías respiratorias periféricas. In: *Fisioterapia Respiratoria en el Niño*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 1999. p. 139-241.
- Ward RJ, Danziger F, Bosica JJ, Allen GD, Bowes J. An evaluation of postoperative respiratory maneuvers. *Surg Gynecol Obstet*. 1966;123:51-4.
- Douce FH. Incentive spirometry and others aids to lung inflation. In: Barnes TA. *Core Textbook of Respiratory Care Practice*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1994. p. 231-42.
- Agostini E, Hyatt R. Static behavior of the respiratory system. In: *Handbook of Physiology. Section 3. The respiratory system. Vol III: Mechanics of breathing*. Bethesda, MD: American Physiology Society, 1986;113-39.
- Katz JA, Ozanne M, Zinn B, Fairley HB. Time course and mechanisms of lung-volume increase with PEEP in acute pulmonary failure. *Anesthesiology*. 1981;54:9-16.