

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE:
CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA PRÉ-OPERATÓRIA ESTÁ
ASSOCIADA COM O TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA
INVASIVA APÓS CIRURGIA CARDÍACA DE GRANDE PORTE**

Maurice Zanini

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE:
CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA PRÉ-OPERATÓRIA ESTÁ
ASSOCIADA COM O TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA
INVASIVA APÓS CIRURGIA CARDÍACA DE GRANDE PORTE**

Maurice Zanini

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Stein

*Dissertação de Mestrado
apresentada no Programa de
Pós-Graduação em Ciências da
Saúde: Cardiologia e Ciências
Cardiovasculares para obtenção
do título de Mestre em Ciências
Cardiovasculares.*

2012

CIP - Catalogação na Publicação

Zanini, Maurice

PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA PRÉ-OPERATÓRIA ESTÁ
ASSOCIADA COM O TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA
INVASIVA APÓS CIRURGIA CARDÍACA DE GRANDE PORTE /
Maurice Zanini. -- 2012.

46 f.

Orientador: Ricardo Stein.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa
de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e
Ciências Cardiovasculares, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. função pulmonar. 2. cirurgia cardíaca. 3.
ventilação mecânica. I. Stein, Ricardo, orient. II.
Título.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ricardo Stein, pela orientação no longo caminho que iniciou na Iniciação Científica, pela amizade, encorajamento e sabedoria.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Cardiologia do Exercício, pelo esforço e auxílio no desenvolvimento científico.

Às bolsistas de Iniciação Científica Raquel Petry Bühler, Juliana Beust de Lima e Mariana Palma da Silva que foram incansáveis e dedicadas na realização desse trabalho.

Ao Serviço de Cirurgia Cardiovascular, pelo apoio e parceria fundamental na realização desse projeto.

Ao Serviço de Fisiatria e Reabilitação, pelo espaço e incentivo à pesquisa.

À amiga e colega Rosane Nery, pelo incentivo, amizade e oportunidades na área da pesquisa.

À Sirlei Ferreira, pelas orientações e carinho.

Ao meu esposo André C. Franciscatto pelo incentivo, dedicação, paciência e companheirismo em busca da ciência.

Aos meus pais pelo incentivo na busca do conhecimento.

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Tabelas.....	8
Lista de Anexos.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Cirurgia Cardíaca e Função Pulmonar.....	11
2.2 Função Muscular Respiratória.....	12
2.3 Ventilação Mecânica Invasiva.....	13
2.4 Avaliação de risco para complicações pulmonares.....	15
3. OBJETIVO.....	15
4. REFERÊNCIAS.....	16
ARTIGO.....	19
Resumo.....	19
Introdução.....	20
Métodos.....	20

Resultados	22
Discussão	27
Limitações.....	29
Conclusão	30
Referências	31
Artigo em língua inglesa.....	33
ANEXOS.....	45

Lista de Abreviaturas

VMI – ventilação mecânica invasiva

CRM – cirurgia de revascularização do miocárdio

PIM – pressão inspiratória máxima

PEM – pressão expiratória máxima

PFE- pico de fluxo expiratório

CEC – circulação extracorpórea

CTI – centro de terapia intensiva

ASA- American Score of Anesthesiology

CTV – cirurgia de troca valvar

PFET – pico de fluxo expiratório na tosse

Lista de Figuras

Figura 1.....23

Figura 225

Lista de Tabelas

Tabela 1.....24

Tabela 2.....25

Tabela 3.....26

Lista de Anexos

Anexo 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....45

Anexo 2 – Escore ASA46

Introdução

As complicações pulmonares pós-operatórias são freqüentes no cenário da cirurgia cardíaca, podendo causar aumento na morbimortalidade, assim como prolongar o período de internação hospitalar, o que gera um incremento nos custos com a saúde.¹ Apesar da modernização dos equipamentos e do avanço das técnicas cirúrgicas, a função pulmonar ainda sofre um impacto substancial, o qual pode gerar prejuízos importantes.²

A avaliação e os cuidados pré-operatórios são importantes tanto para prevenir as complicações pulmonares no pós-operatório, quanto para minimizar os riscos cirúrgicos.³ Para fins de avaliação, os testes de função pulmonar e função muscular respiratória são procedimentos de baixo custo, aplicáveis antes da cirurgia auxiliando na estratificação de riscos relacionados a alterações nessas funções.⁴

Entre outras condições, a fraqueza dos músculos respiratórios pode ser um fator de risco para o desenvolvimento de complicações. Existe evidência de que a fraqueza muscular respiratória em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca apresenta correlação com a capacidade funcional.⁵ A força dos músculos respiratórios pode ser avaliada através das medidas das pressões respiratórias máximas.

Pacientes que apresentam complicações pulmonares permanecem por maior tempo em ventilação mecânica invasiva e têm suas funções pulmonares deterioradas. A fim de se tentar reverter esse quadro, a fisioterapia intensiva é uma estratégia necessária e amplamente utilizada.⁶

REFERENCIAL TEÓRICO

Cirurgia Cardíaca e Função Pulmonar

Nas últimas décadas, os procedimentos relacionados à cirurgia cardíaca, evoluíram consideravelmente, resultando em menor frequência de complicações relacionadas ao mesmo. No entanto, a incidência de complicações pulmonares, no período pós-operatório, permaneceu relativamente inalterada.⁷

Disfunções respiratórias no pós-operatório cardíaco são geralmente multifatoriais e podem estar presentes possivelmente porque as cirurgias cardíacas são realizadas em pacientes mais fragilizados (alto risco), com maior número de comorbidades e de idade mais avançada.^{7, 8}

São diversos os fatores que podem comprometer a capacidade ventilatória nessa população. Pode-se considerar que tais pacientes, após cirurgia, tornem-se propensos a desenvolver vários graus de uma síndrome de resposta inflamatória sistêmica e complicações pulmonares, decorrentes de intervenções intra-operatórias, como a anestesia, contato do sangue com superfícies não endoteliais na circulação extracorpórea (CEC), trauma cirúrgico, estado hemodinâmico do paciente, tipo e duração da cirurgia, dor, colocação de drenos torácicos e alterações conhecidas como as lesões de reperfusão após CEC, afetando principalmente os sistemas circulatório e respiratório.^{1, 9-11}

No pulmão, há um aumento do líquido extravascular com preenchimento alveolar causado por células inflamatórias, o que leva à inativação do surfactante pulmonar e colapso de algumas áreas. Desta forma, ocorrem modificações na relação ventilação/perfusão pulmonar, com conseqüente aumento do esforço respiratório durante o período pós-operatório.^{12, 13}

Esses fatores resultam em redução de volumes e capacidades pulmonares, alterações dos valores de oxigenação sanguínea e, principalmente, na redução da expansibilidade pulmonar, o que propicia a instalação de quadros de atelectasias e pneumonias.^{1, 14, 15}

Função Muscular Respiratória

Além das alterações de função pulmonar, ocorre a disfunção muscular respiratória,^{3,5,8} a qual se relaciona à perda da capacidade de gerar força.^{14, 16, 17} Têm sido constatados valores significativamente menores da pressão inspiratória máxima (PIM) e pressão expiratória máxima (PEM) em relação aos valores pré-operatórios nos pacientes em pós-operatório de cirurgia cardíaca. Tais reduções ocorrem devido a alterações nas propriedades mecânicas do pulmão e da parede torácica, decorrentes dos diversos fatores expostos anteriormente.¹⁸

A diminuição da força muscular respiratória, também pode resultar de lesão direta ou indireta dos músculos respiratórios durante a cirurgia e/ou de disfunção diafragmática secundária à lesão do nervo frênico. Ela também tem sido relacionada à redução nos testes de função pulmonar, diminuição da capacidade funcional e aumento da taxa de complicações pulmonares.^{1, 10, 19, 20}

A perfusão de sangue para os músculos ventilatórios pode ser reduzida em pacientes com doença cardíaca, podendo haver um comprometimento adicional após a cirurgia. Além disso, com prejuízo da função pulmonar após o procedimento, os músculos ventilatórios precisam de uma maior fonte de energia. Este desequilíbrio entre a necessidade de energia e a oferta da mesma, promove uma maior deterioração na força contrátil dos músculos ventilatórios, o que pode causar a fadiga da musculatura ventilatória.²¹ A ocorrência dessas complicações está associada à morbidade e à ventilação mecânica prolongada.^{22,23}

O treinamento da musculatura inspiratória tem sido pouco estudado em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Em um destes trabalhos a melhora da capacidade pulmonar foi identificada em indivíduos que aguardavam cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) e/ou cirurgia de troca valvar (CTV). Esses pacientes foram divididos aleatoriamente para um grupo controle ou para um grupo intervenção que consistia de um programa domiciliar de pelo menos duas semanas de treinamento pré-operatório dos músculos inspiratórios. Nesse experimento, os sujeitos alocados para o grupo intervenção utilizavam um dispositivo com uma carga correspondente a 40% da PIM. Como resultado

observou-se que a capacidade vital forçada e a ventilação voluntária máxima foram maiores no grupo treinado em comparação aos controles.²⁴

Outro estudo que demonstra achados positivos entre o treinamento muscular ventilatório e desfechos clínicos no pós-operatório foi publicado por Hulzebos e cols.²⁵ Aqui, o treinamento muscular ventilatório intensivo no pré-operatório foi capaz de reduzir a incidência de complicações pulmonares em pacientes de alto risco submetidos a CRM, sugerindo que a manutenção da força muscular inspiratória após a cirurgia é importante na prevenção da morbidade pós-operatória.

Ventilação Mecânica Invasiva

As complicações pulmonares podem demandar uma maior necessidade de ventilação mecânica invasiva (VMI), dificuldade de desmame do paciente, hospitalização prolongada e insuficiência respiratória, achados esses que estão relacionados com diminuição da qualidade de vida e maior mortalidade.^{22, 23, 26}

A VMI pode levar a uma lesão pulmonar que pode ser explicada por quatro mecanismos específicos: a) excessiva distensão regional de células e/ou tecidos, causada pela aplicação de pressões ou forças que não existem durante a respiração normal; b) baixo volume pulmonar no final da expiração, o que causa um recrutamento e colapso repetido de unidades alveolares instáveis; c) desativação do surfactante pulmonar pelas oscilações impostas pelo estresse; d) elevação da interdependência entre células e tecidos vizinhos com diferentes propriedades mecânicas.²⁷

Cabe salientar que a pneumonia e a atelectasia também são complicações respiratórias associadas à dependência da assistência ventilatória mecânica.²⁸ Nesse particular, cabe salientar que a dependência do suporte ventilatório invasivo está diretamente relacionada ao aumento do tempo de internação nas Unidades de Terapia Intensiva, o que leva ao consequente aumento do tempo de hospitalização.²⁹

Pode-se diminuir a incidência de complicações pulmonares e o tempo de hospitalização, reduzindo-se o tempo de início de desmame. O processo de desmame compreende de duas etapas: retirada progressiva do suporte ventilatório invasivo; e a retirada do tubo endotraqueal. O tempo despendido na primeira fase representa mais de 40% do tempo total da VMI. É importante frisar que logo que o paciente apresente um ciclo respiratório espontâneo satisfatório, ou seja, esteja apto a sustentar a ventilação com efetiva troca gasosa, esse processo deve ser iniciado. É nesse momento de transição entre VMI e a ventilação espontânea que muitos distúrbios respiratórios se instalam e são agravados por fatores restritivos, como sedação, algias e presença de drenos torácicos e abdominais.²⁸

O sucesso do desmame da ventilação mecânica é um passo essencial rumo à recuperação e reabilitação após cirurgia cardíaca. Vários estudos³⁰⁻³³ abordaram critérios objetivos para prever o desmame da ventilação mecânica nos centros de terapia intensiva (CTI). Os critérios incluíram a frequência respiratória, padrão respiratório, a capacidade vital, pressão inspiratória máxima, ventilação minuto, a troca gasosa pulmonar, esforço respiratório, estabilidade cardiovascular e tolerância durante os períodos de tentativas de desmame. A utilização combinada destes parâmetros melhorou a precisão da previsão de sucesso no desmame da ventilação mecânica.³⁴

No entanto, a frequência de reintubação devido à falha de extubação para além de dois dias não pôde ser previsto com precisão pelos mesmos parâmetros cardiovasculares e respiratórios.^{35, 36} Para tentar explicar a imprecisão na previsão para a falha da extubação após o desmame da ventilação mecânica, a natureza da doença foi considerada. Além disso, os preditores parecem diferir entre desmame e extubação. Muitos pacientes quando submetidos a um teste de respiração espontânea não toleram a extubação. Este fato sugere que a capacidade de tossir e a qualidade da secreção respiratória devem ser consideradas para a decisão da extubação.³⁷

Em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, em alguns locais, ocorre a manutenção da sedação e ventilação mecânica até a manhã do dia seguinte.³⁸ Durante esse período de suporte ventilatório, os órgãos e sistemas cardiovasculares poderiam apresentar uma melhor recuperação em relação às

perturbações fisiológicas induzidas pela circulação extracorpórea. No entanto, nos últimos anos tem se buscado a otimização em relação ao binômio custo-efetividade do procedimento cirúrgico, resultando em uma tendência para o desmame precoce da ventilação mecânica após a cirurgia cardíaca.³⁹⁻⁴² Estas tentativas foram facilitadas por modificações na técnica anestésica, de sedação pós-operatória e de analgesia.⁴³

Avaliação de risco para complicações pulmonares

A maioria dos esforços tem como objetivo identificar no pré-operatório os fatores associados aos desfechos clínicos deletérios como, por exemplo, mortalidade.^{44, 45}

Identificar pacientes sob maior risco para complicações pulmonares permite intervenções pré-operatórias que visam minimizar a chance de problemas no pós-operatório. Para a avaliação pulmonar o pico de fluxo expiratório e o transdutor de pressão são procedimentos de baixo custo e de fácil execução. São aplicáveis antes da cirurgia com o intuito de estratificar o risco relacionado a alterações na função muscular respiratória e pulmonar⁴. Estes possíveis marcadores respiratórios podem ajudar na indicação de pacientes para programas de reabilitação pré-operatórios específicos, aproveitando os benefícios documentados do treinamento muscular respiratório em casos de cardiopatias.^{46,47}

OBJETIVO

Considerando o potencial quadro de disfunção pulmonar relacionados à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea e suas possíveis repercussões nos pacientes a ela submetidos, nosso objetivo foi verificar a associação da pressão expiratória máxima (PEM), pressão inspiratória máxima (PIM) e pico de fluxo expiratório (PFE) com o tempo de VMI no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

REFERÊNCIAS:

1. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol*. 2000;15:309-315
2. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa FeS, Di Lorenzo VA, Oliveira CR, Luzzi S. The influences of positive end expiratory pressure (peep) associated with physiotherapy intervention in phase i cardiac rehabilitation. *Clinics (Sao Paulo)*. 2005;60:465-472
3. Lima ReC, Kubrusly LF, Nery AC, Pinheiro BB, Brick AV, de Souza DS, Braille DM, Buffolo E, Lucchese FA, Silva FP, Branco JN, Lobo Filho JG, de Mendonça JT, Wanderley Neto J, Guimarães JA, Maranhão MV, Leite MoS, Costa MG, Deininger MO, Arruda MB, Arruda Filho M, de Escobar MA, Ribeiro NA, Brofman PS, Salerno PR, Montenegro ST, Guimarães JI. [guidelines for myocardial revascularization surgery]. *Arq Bras Cardiol*. 2004;82 Suppl 5:1-20
4. van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, Lumley T, Newman AB, Tracy RP, Enright PL, Psaty BM. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax*. 2004;59:1063-1067
5. Stein R, Maia CP, Silveira AD, Chiappa GR, Myers J, Ribeiro JP. Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:1685-1691
6. Akdur H, Polat MG, Yiğit Z, Arabaci U, Ozyilmaz S, Gürses HN. Effects of long intubation period on respiratory functions following open heart surgery. *Jpn Heart J*. 2002;43:523-530
7. Keenan TD, Abu-Omar Y, Taggart DP. Bypassing the pump: Changing practices in coronary artery surgery. *Chest*. 2005;128:363-369
8. Scott BH, Seifert FC, Grimson R, Glass PS. Octogenarians undergoing coronary artery bypass graft surgery: Resource utilization, postoperative mortality, and morbidity. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005;19:583-588
9. Brasil LA, Mariano JB, Santos FM, Silveira AL, Melo N, Oliveira NG. Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea: Experiência e resultados iniciais. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2000;15:6-15
10. Beluda FA, Bernasconi R. Relação entre força muscular respiratória e circulação extracorpórea com complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *RSCESP*. 2004;14:1-9
11. Butler J, Rocker GM, Westaby S. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1993;55:552-559
12. Magnusson L, Zemgulis V, Wicky S, Tydén H, Thelin S, Hedenstierna G. Atelectasis is a major cause of hypoxemia and shunt after cardiopulmonary bypass: An experimental study. *Anesthesiology*. 1997;87:1153-1163
13. Oikonen M, Karjalainen K, Kähärä V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*. 1991;99:60-65
14. Barbosa RA, Carmona MJ. [evaluation of pulmonary function in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.]. *Rev Bras Anestesiol*. 2002;52:689-699
15. Guizilini S, Gomes WJ, Faresin SM, Carvalho ACC, Jaramillo JI, Alves FA. Efeitos do local de inserção do dreno pleural na função pulmonar no pós operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2004;19:47-54
16. Pinheiro BB, Fagundes WV, Ramos MC, Azevedo VLB, Silva JM. Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea em pacientes multiarteriais, experiência de 250 casos. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2002;17:242-247

17. Garcia RCP, Costa D. Treinamento muscular respiratório em pós-operatório de cirurgia cardíaca eletiva. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2002;6:139-146
18. Westerdahl E, Lindmark B, Almgren SO, Tenling A. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery--a comparison of three different deep breathing techniques. *J Rehabil Med*. 2001;33:79-84
19. Elias DG, Costa D, Oishi J. Efeitos do treinamento muscular inspiratório no pré e pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Rev Bras Ter Intens*. 2000;12:9-18
20. Johnson D, Hurst T, Thomson D, Mycyk T, Burbridge B, To T, Mayers I. Respiratory function after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10:571-577
21. Weiner P, Zeidan F, Zamir D, Pelled B, Waizman J, Beckerman M, Weiner M. Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World J Surg*. 1998;22:427-431
22. Chandler KW, Rozas CJ, Kory RC, Goldman AL. Bilateral diaphragmatic paralysis complicating local cardiac hypothermia during open heart surgery. *Am J Med*. 1984;77:243-249
23. Kohorst WR, Schonfeld SA, Altman M. Bilateral diaphragmatic paralysis following topical cardiac hypothermia. *Chest*. 1984;85:65-68
24. Ferreira PE, Rodrigues AJ, Evora PR. Effects of an inspiratory muscle rehabilitation program in the postoperative period of cardiac surgery. *Arq Bras Cardiol*. 2009;92:275-282
25. Hulzebos EH, Helders PJ, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NL. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing cabg surgery: A randomized clinical trial. *JAMA*. 2006;296:1851-1857
26. Gass GD, Olsen GN. Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest*. 1986;89:127-135
27. Pelosi P, Rocco PR. Airway closure: The silent killer of peripheral airways. *Crit Care*. 2007;11:114
28. Müller AP, Olandoski M, Macedo R, Costantini C, Guarita-Souza LC. [comparative study between intermittent (müller reanimator) and continuous positive airway pressure in the postoperative period of coronary artery bypass grafting]. *Arq Bras Cardiol*. 2006;86:232-239
29. Arcêncio L, Souza MD, Bortolin BS, Fernandes AC, Rodrigues AJ, Evora PR. Pre-and postoperative care in cardiothoracic surgery: A physiotherapeutic approach. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2008;23:400-410
30. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324:1445-1450
31. Shikora SA, Benotti PN, Johannigman JA. The oxygen cost of breathing may predict weaning from mechanical ventilation better than the respiratory rate to tidal volume ratio. *Arch Surg*. 1994;129:269-274
32. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, Johnson MM, Browder RW, Bowton DL, Haponik EF. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med*. 1996;335:1864-1869
33. DeHaven CB, Kirton OC, Morgan JP, Hart AM, Shatz DV, Civetta JM. Breathing measurement reduces false-negative classification of tachypneic preextubation trial failures. *Crit Care Med*. 1996;24:976-980
34. Esteban A, Alía I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, Macías S, Allegue JM, Blanco J, Carriedo D, León M, de la Cal MA, Taboada F, Gonzalez de Velasco J, Palazón E, Carrizosa F, Tomás R, Suarez J, Goldwasser RS. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with t-tube or pressure support ventilation. The spanish lung failure collaborative group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:459-465

35. Leitch EA, Moran JL, Grealy B. Weaning and extubation in the intensive care unit. Clinical or index-driven approach? *Intensive Care Med.* 1996;22:752-759
36. Epstein SK. Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing index. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:545-549
37. Savi A, Teixeira C, Silva JM, Borges LG, Pereira PA, Pinto KB, Gehm F, Moreira FC, Wickert R, Trevisan CB, Maccari JG, Oliveira RP, Vieira SR, Group GWS. Weaning predictors do not predict extubation failure in simple-to-wean patients. *J Crit Care.* 2012;27:221.e221-228
38. Guenther CR. Con: Early extubation after cardiac surgery does not decrease intensive care unit stay and cost. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1995;9:465-467
39. Arom KV, Emery RW, Petersen RJ, Schwartz M. Cost-effectiveness and predictors of early extubation. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:127-132
40. Gross SB. Early extubation: Preliminary experience in the cardiothoracic patient population. *Am J Crit Care.* 1995;4:262-266
41. Cheng DC, Karski J, Peniston C, Asokumar B, Raveendran G, Carroll J, Nierenberg H, Roger S, Mickle D, Tong J, Zelovitsky J, David T, Sandler A. Morbidity outcome in early versus conventional tracheal extubation after coronary artery bypass grafting: A prospective randomized controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996;112:755-764
42. Reyes A, Vega G, Blancas R, Morató B, Moreno JL, Torrecilla C, Cereijo E. Early vs conventional extubation after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Chest.* 1997;112:193-201
43. Rady MY, Ryan T. Perioperative predictors of extubation failure and the effect on clinical outcome after cardiac surgery. *Crit Care Med.* 1999;27:340-347
44. Grover FL, Johnson RR, Marshall G, Hammermeister KE. Factors predictive of operative mortality among coronary artery bypass subsets. *Ann Thorac Surg.* 1993;56:1296-1306; discussion 1306-1297
45. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Paranandi L. Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors in coronary artery bypass patients. A clinical severity score. *JAMA.* 1992;267:2344-2348
46. Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Alivizatos PA, Cokkinos DV. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004;11:489-496
47. Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: A randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:757-763

Artigo

Pressão expiratória máxima pré-operatória está associada com o tempo de ventilação mecânica invasiva após cirurgia cardíaca de grande porte.

Resumo

Introdução: Complicações pulmonares pós-cirurgia cardíaca podem causar aumento do tempo de ventilação mecânica invasiva (VMI), internação hospitalar prolongada, infecções pulmonares e incremento na mortalidade.

Objetivo: Avaliar a associação da pressão expiratória máxima (PEM), pressão inspiratória máxima (PIM) e pico de fluxo expiratório (PFE) mensuradas no pré-operatório, com o tempo de VMI no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Métodos: Foram incluídos pacientes internados para a realização de cirurgia eletiva de revascularização do miocárdio e/ou troca valvar. O tempo de VMI foi medido até o momento da extubação completa do sujeito. As demais variáveis clínicas e cirúrgicas foram coletadas até o momento da alta hospitalar.

Resultados: Cento e vinte e cinco pacientes de ambos os sexos (77 homens), com idade média de 61 ± 11 anos, foram avaliados. Uma medida de PEM mais elevada no pré-operatório associou-se com menor tempo de VMI após ajuste para fatores de confusão. A PIM e o PFE não tiveram associação significativa com o tempo de VMI, após análise através de modelo multivariável.

Conclusão: A avaliação da PEM no pré-operatório de cirurgia cardíaca de grande porte é um marcador prognóstico útil e de baixo custo em relação ao tempo de VMI no pós-operatório.

Palavras-chave: Função pulmonar; extubação; troca valvar; revascularização miocárdica.

Introdução

Complicações pulmonares após cirurgia cardíaca são causa de morbidade pós-operatória¹ sendo essas responsáveis por ventilação mecânica invasiva prolongada, hospitalização por maiores períodos e por maiores taxas de mortalidade.^{2,3}

Identificar pacientes que tenham um risco aumentado permite que sejam propostas intervenções no pré-operatório com objetivo de minimizar potenciais efeitos deletérios do procedimento cirúrgico no pós-operatório. Nesse cenário, a avaliação pulmonar pré-operatória pode ser realizada para estratificar os riscos relacionados a possíveis prejuízos na função pulmonar e muscular respiratória.⁴ Dispositivos de baixo custo como o pico de fluxo e o transdutor de pressão são aplicáveis e as informações obtidas a partir de suas medidas podem ser de grande importância prognóstica.⁵⁻⁷

O objetivo desse estudo é verificar se o pico do fluxo expiratório e a força muscular respiratória, mensurados no pré-operatório, estão associados com o tempo de ventilação mecânica invasiva (VMI) no pós-operatório de cirurgia cardíaca de grande porte.

Métodos

Estudo prospectivo tipo Coorte, realizado entre abril de 2011 e março de 2012, em um hospital terciário do sul do Brasil. Os pacientes foram alocados consecutivamente baseados em uma lista de cirurgias eletivas para revascularização do miocárdio (CRM) e/ou cirurgia de troca valvar (CTV).

Foram incluídos no estudo pacientes com idade maior que 18 anos, todos submetidos à cirurgia cardíaca eletiva. Os critérios de exclusão abrangeram aqueles que não concordaram em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, os pacientes com estado cognitivo prejudicado, com doenças neuromusculares degenerativas, angina instável, acidente vascular cerebral (Escore de Rankin ≥ 3), doença pulmonar grave, deformidades torácicas e/ou sem condições de realizar o teste de função muscular respiratória.

O desfecho principal utilizado no estudo foi o tempo no qual os pacientes estiveram submetidos à VMI. Do mesmo modo, o uso de oxigênio suplementar após a extubação e os tempos de internação em CTI e de internação hospitalar no pós-operatório constituíram os desfechos secundários.

A função muscular respiratória foi avaliada pela medida da pressão inspiratória máxima (PIM) e pressão expiratória máxima (PEM). As mensurações da PIM e PEM foram obtidas utilizando um transdutor de pressão (Globalmed MVD300, Porto Alegre-Brasil). O pico de fluxo expiratório (PFE) foi avaliado através do Peak Flow Meter (Respironics, Pittsburgh, USA), seguindo as diretrizes para testes de função pulmonar^{8, 9}. Os procedimentos foram repetidos até cinco vezes e as três maiores medidas foram consideradas válidas, desde que a variação entre elas não fosse maior que 10%.

As variáveis do procedimento cirúrgico analisadas foram o tempo de circulação extracorpórea, tempo de clampeamento da artéria aorta, tipo de prótese valvar e número de enxertos vasculares. Os dados foram coletados prospectivamente através de informações dos prontuários dos pacientes e contato com a equipe médica assistente. Os indivíduos foram seguidos até o momento da alta hospitalar.

As variáveis independentes que foram utilizadas em um modelo multivariável como fatores de confusão compreenderam gênero, idade, peso, índice de massa corporal, índice tabágico, estilo de vida sedentário, American Score of Anesthesiology (ASA), diagnóstico de diabetes, hipertensão arterial sistêmica, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença vascular periférica, acidente vascular cerebral isquêmico, insuficiência cardíaca de qualquer etiologia, febre reumática, câncer e além dos dados relacionados ao procedimento cirúrgico supracitados.

O cálculo do tamanho da amostra foi baseado em um poder de 90% e uma correlação mínima de 0,4 entre a variável de desfecho primário tempo de VMI e pressão inspiratória máxima, com um nível de significância utilizado de 5%. O tamanho da amostra calculado foi de 124 pacientes. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e todos os pacientes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Os dados coletados foram analisados através do programa Statistical Package For Social Sciences (SPSS versão 18.0). As variáveis categóricas são apresentadas através de frequências absolutas e percentagens. As variáveis contínuas com distribuição normal são apresentadas por média e desvio padrão, sendo aquelas sem distribuição normal apresentada como mediana e amplitude interquartílica (IQ). A comparação entre os tipos de cirurgias e o tempo de VMI foi realizado através de ANOVA. A variável de desfecho (tempo de VMI) foi graficamente expressa ao longo do tempo.

Análise multivariável de regressão linear múltipla foi utilizada para controlar possíveis variáveis de confusão. Em todas as análises um valor $P \leq 0,05$ foi considerado significativo.

Resultados

Uma amostra de 128 pacientes foi alocada para o estudo. Entre estes, três foram a óbito antes da extubação da VMI e foram excluídos da análise. Outros cinco pacientes morreram após a extubação e foram excluídos das análises secundárias. Os demais pacientes foram seguidos até o fim do estudo (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma dos pacientes do estudo.



Na tabela 1 estão demonstradas as variáveis demográficas, antropométricas, clínicas e cirúrgicas dos pacientes.

Tabela 1: Características da Amostra.

Variáveis	n=125
Idade (anos)	61 ± 11
Peso (kg)	73 ± 14
Estatura (cm)	164 ± 9
Masculino	77 (61%)
Tabagismo ativo	27(22%)
Consumo de Álcool	12(10%)
ASA	
I	1 (8%)
II	27 (22%)
III	69 (55%)
IV	28 (22%)
Tipo de Cirurgia Cardíaca	
CRM	72 (58%)
CTV	44 (35%)
Combinada	9 (7%)
nº de enxertos	3 ± 1
Biopróteses	17 (32%)
Prótese Mecânica	36 (68%)
Tempo de CEC (min)	67 ± 22
Clampeamento da aorta (min)	51 ± 20
Internação em CTI (dias)	3.5 ± 1
Internação hospitalar (dias)	7.7 ± 3
Uso de oxigênio suplementar	66 (53%)

ASA: American Score of Anesthesiology; CRM: Cirurgia de Revascularização do Miocárdio; CTV: Cirurgia de Troca de Válvula; Combinada: CRM+CTV; CEC: Circulação Extracorpórea.

Na tabela 2, observa-se o tempo médio de VMI e seu respectivo intervalo de confiança nas cirurgias de revascularização do miocárdio, troca valvar e naquelas combinadas. Não houve diferença no tempo de VMI entre os grupos.

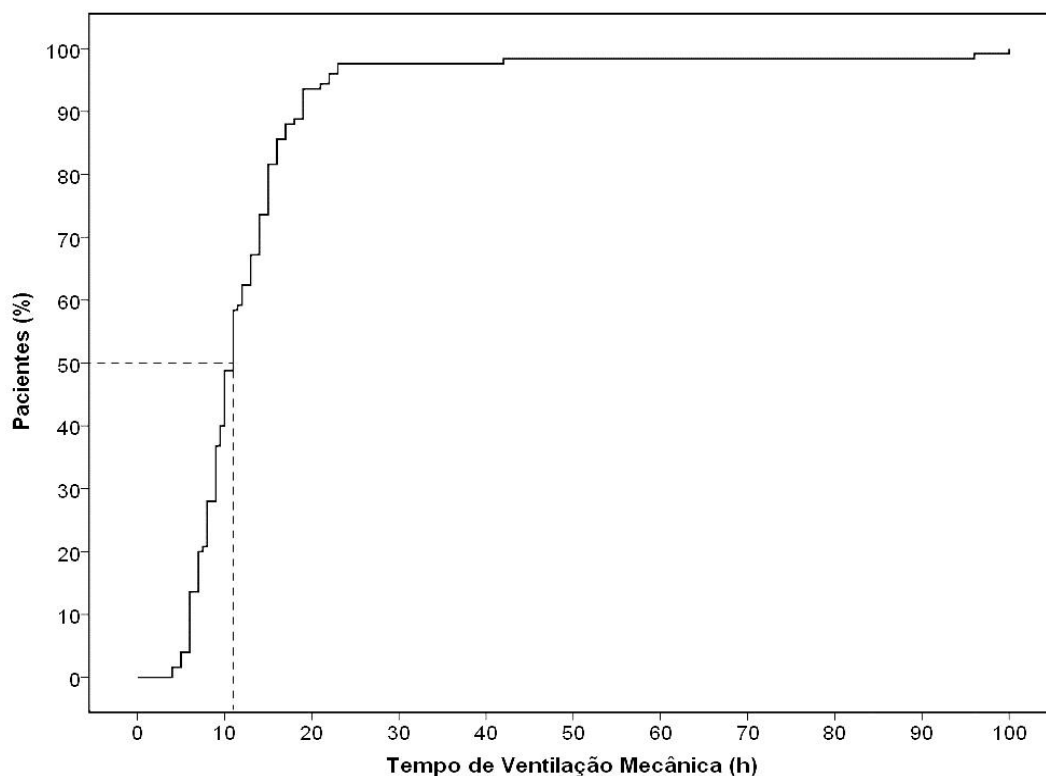
Tabela 2: Tempo de VMI nas diferentes cirurgias.

Tipo de Cirurgia	Tempo de VMI (h)
CRM	14,5 (10,9 a 18,1)
CTV	10,1 (8,9 a 11,4)
Combinado	13,8 (10 a 17,5)

Tempo de VMI apresentado em Média e (IC95%); P=0,158. CRM: cirurgia de revascularização do miocárdio; CTV: cirurgia de troca valvar; Combinado: CRM+CTV.

Na figura 2 observa-se o tempo de utilização e o momento da extubação da VMI dos pacientes após CRM e/ou CTV. Nas primeiras onze horas de pós-operatório, 50% dos pacientes já haviam sido retirados da VMI. Por outro lado, 25% dos indivíduos permaneceram em VMI por mais de 15 horas.

Figura 2: Pacientes extubados da VMI no decorrer do tempo.



Na tabela 3, observa-se a associação da PIM, PEM e PFE com o tempo de VMI após a cirurgia cardíaca. A cada aumento de 10 cmH₂O na PEM houve uma redução no tempo de VMI em 67 minutos (sem ajuste) e de 57 minutos após ajuste para fatores de confusão. A PIM e o PFE não tiveram associação significativa com o tempo de VMI, após análise através do modelo multivariável. As demais variáveis que não demonstraram influência para a variável de desfecho não foram incluídas no modelo de regressão linear múltipla.

Tabela 3: Efeito do aumento de 10 unidades nas variáveis respiratórias sobre o tempo de ventilação mecânica (minutos) em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca:

Modelo	PIM		PEM		PFE	
	Efeito	IC 95%	Efeito	IC 95%	Efeito	IC 95%
Não ajustado	13	-52 a 78	-67 ^a	-118 a -17	3	-10 a 16
Ajuste 1	23	-44 a 90	-56 ^b	-111 a -1	7	-7 a 21
Ajuste 2	23	-44 a 90	-57 ^c	-112 a -2	8	-6 a 22
Ajuste 3	14	-55 a 83	-54 ^d	-110 a 1,5	8	-6 a 22

Efeito: efeito da variável (coeficiente de regressão) obtido em modelo de regressão linear múltipla. Ajuste 1: gênero, idade, índice tabágico; Ajuste 2: modelo 1 + presença de doença respiratória, diabetes e escore de ASA; Ajuste 3: modelo 2 + tempo de CEC e tipo de cirurgia; a: P=0,009; b:P=0,046; c: P=0,042; d: P=0,057.

As variáveis respiratórias foram analisadas também quanto a sua associação com os desfechos de uso suplementar de oxigênio, tempo de internação em CTI e tempo de internação hospitalar, também com controle para os mesmos fatores de confusão citados na tabela 2. Não houve associação significativa entre PIM, PEM e PFE com utilização de oxigênio suplementar, tempo de internação na CTI e tempo de hospitalização total após controle dos fatores de confusão.

Discussão

Este é o primeiro estudo sobre o qual temos informação que evidencia uma associação positiva entre um maior nível da pressão expiratória máxima obtida no pré-operatório com um menor tempo de VMI observado no período pós-operatório de cirurgia cardíaca de grande porte. Já, em relação à pressão inspiratória máxima e ao pico de fluxo expiratório nenhuma associação com tempo de VMI foi identificada. Demais associações significativas não foram encontradas entre a PIM, PEM e PFE com a utilização de oxigênio suplementar, tempo de internação na CTI e tempo de hospitalização.

Cabe salientar que até a presente data, poucos dados estão disponíveis no que tange ao impacto do nível da PEM em desfechos clínicos após cirurgia cardíaca. Menos raros, no entanto, são os estudos que avaliaram o prejuízo na função muscular respiratória nesse cenário. Em pacientes que foram submetidos à cirurgia de válvula cardíaca, um estudo demonstrou que a disfunção muscular respiratória (valores abaixo de 70% do previsto) no pré-operatório esteve associada com a necessidade de VMI prolongada devido à disfunção cardiovascular ou pulmonar após o procedimento.¹⁰

Já, em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio com fraqueza muscular respiratória, o tempo de VMI, tempo de internação na CTI e hospitalar, além do número de complicações pós-operatórias não foram diferentes do grupo de pacientes sem fraqueza da musculatura respiratória.¹¹

No que diz respeito ao sistema muscular, constatou-se que com o avanço da idade, ocorre redução da força muscular respiratória.^{12,13} Tolep e cols.¹⁴ descreveram que com o envelhecimento, ocorre hipotrofia da musculatura esquelética e que vários fatores estão associados a esse fato, como redução da atividade física, alteração da função neuromuscular, estado nutricional, além de fatores hormonais.¹⁵ A redução na força muscular respiratória, por sinal, pode comprometer tanto a função ventilatória quanto outras funções importantes como tosse, fala e deglutição.¹⁶

A tosse é um importante mecanismo de defesa da árvore brônquica^{17,18}, sendo dependente da capacidade de gerar fluxo e velocidade na via aérea¹⁹,

estando esse processo diretamente relacionado com a força da musculatura expiratória. A fraqueza muscular e as alterações do parênquima pulmonar podem comprometer a capacidade de gerar um fluxo de ar satisfatório no momento da tosse, diminuindo a sua eficácia e aumentando o risco de desenvolvimento de infecção aguda do trato respiratório.²⁰

Pelo menos três estudos relatam decréscimo significativo no mecanismo da tosse, incluindo a diminuição da ativação dos músculos abdominais durante a mesma e diminuição da sensibilidade para o seu reflexo. Essas mudanças representam a dificuldade que o sistema respiratório pode ter para remover o material estranho da via aérea.²¹⁻²³

A tosse é um mecanismo de depuração das vias aéreas que auxilia a função ciliar normal.^{24,25} Composta de diferentes fases, a tosse inicia com um esforço inspiratório que é seguido por uma rápida adução das pregas vocais e uma contração dos músculos expiratórios, incluindo todos os músculos abdominais.^{17,21,22,26} O estreitamento dinâmico das vias aéreas permite um fluxo expiratório de alta velocidade, o qual fornece a força para dispersar material e com segurança remove-lo dos pulmões.²⁶ Na fase final ocorre abertura da prega vocal e alargamento da glote.²³ A contração dos músculos expiratórios, enquanto a glote está aberta inicia a fase de expulsão, durante a qual o ar dos pulmões é expelido com força.¹⁹ Uma tosse eficaz não pode ser obtida se a contração dos músculos expiratórios estiver diminuída.²⁷ Tosse ineficaz pode estar relacionada com geração inadequada de fluxo expiratório, insuficiência na compressão dinâmica das vias aéreas, alteração na geometria a via aérea e quantidade ou qualidade anormal da produção de muco.¹⁹

No estudo realizado por Smina e cols²⁸., observou-se que a força da tosse é um poderoso preditor de sucesso na extubação de pacientes sem doença neuromuscular, além de ser um bom preditor da mortalidade hospitalar. O pico do fluxo expiratório na tosse (PFET) de pacientes com insucesso na extubação foi significativamente menor do que aqueles com extubações bem sucedidas. O PFET diminuído teve associação independente com mortalidade intra-hospitalar.

A fisioterapia promovida para auxiliar na limpeza das vias aéreas inclui uma técnica de expiração forçada, também conhecida como huffing²⁴ e técnicas de

ciclo ativo da respiração, todas compostas por manobras expiratórias forçadas que se mostram eficazes no processo de higienização respiratória.²⁹

É importante frisar que devido ao fato da manobra expiratória ter uma relação direta com a qualidade da tosse e assim, com um maior índice de sucesso na extubação da VMI, o treinamento da musculatura expiratória pode ser utilizado no pré-operatório para ampliar a força muscular expiratória com o objetivo de aumentar a pressão expiratória máxima. Nesse particular, pelo menos dois estudos demonstraram que o treinamento da musculatura expiratória promove aumento na PEM, sendo este utilizado para melhorar os parâmetros mecânicos durante a tosse.^{23,30}

A avaliação da PEM é de fácil realização, sendo que a sua aplicação no pré-operatório permite medidas preventivas, como orientações e exercícios respiratórios. Da mesma forma, qualquer otimização que vise incrementar a eficácia da tosse, além de uma maior higienização da via aérea, passa a contribuir para que sejam evitados períodos mais prolongados de VMI após o procedimento cirúrgico.

Finalmente, como pouco se sabe nesta área do conhecimento, julgamos necessário que novas investigações sejam realizadas com o intuito de se expandir informações fisiológicas e biomecânicas sobre nossos achados, os quais surgem como legítimos formadores de hipóteses.

Limitações

Este estudo foi realizado em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca eletiva, portanto, nossos resultados podem não ser aplicáveis em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de emergência. Este é um estudo de coorte realizado em apenas um único hospital do sul do Brasil, sendo possível que nossos achados possam não ser reproduzidos em outras populações. Por fim, o viés recordatório não pode ser excluído, pois o mesmo acaba por ser inerente a todos estudos de cunho observacional.

Conclusão

Observamos associação entre níveis mais elevados da PEM pré-operatória com um menor tempo de VMI no pós-operatório. A avaliação da PEM no pré-operatório de cirurgia cardíaca de grande porte pode ser um marcador de baixo custo e de fácil mensuração.

Referências

1. Gass GD, Olsen GN. Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest*. 1986;89:127-135
2. Chandler KW, Rozas CJ, Kory RC, Goldman AL. Bilateral diaphragmatic paralysis complicating local cardiac hypothermia during open heart surgery. *Am J Med*. 1984;77:243-249
3. Kohorst WR, Schonfeld SA, Altman M. Bilateral diaphragmatic paralysis following topical cardiac hypothermia. *Chest*. 1984;85:65-68
4. van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, Lumley T, Newman AB, Tracy RP, Enright PL, Psaty BM. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax*. 2004;59:1063-1067
5. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol*. 2000;15:309-315
6. Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Alivizatos PA, Cokkinos DV. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2004;11:489-496
7. Moalla W, Maingourd Y, Gauthier R, Cahalin LP, Tabka Z, Ahmaidi S. Effect of exercise training on respiratory muscle oxygenation in children with congenital heart disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13:604-611
8. Pereira CAC, Jansen JM, Menna Barreto SS, Marinh J, Sulmonett N, Dias RM, Nassif SR, Souza RB. Diretrizes para testes de função pulmonar. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2002;28
9. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J, Force AET. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*. 2005;26:153-161
10. Rodrigues AJ, Mendes V, Ferreira PE, Xavier MA, Augusto VS, Bassetto S, Evora PR. Preoperative respiratory muscle dysfunction is a predictor of prolonged invasive mechanical ventilation in cardiorespiratory complications after heart valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011;39:662-666
11. Schnaider J, Karsten M, Carvalho T, Lima WC. Influence of preoperative respiratory muscle strength on clinical evolution after myocardial revascularization surgery. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2010;17:52-57
12. Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J*. 1999;13:197-205
13. Polkey MI, Harris ML, Hughes PD, Hamnegård CH, Lyons D, Green M, Moxham J. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155:1560-1564
14. Tolep K, Kelsen SG. Effect of aging on respiratory skeletal muscles. *Clin Chest Med*. 1993;14:363-378
15. Kim J, Sapienza CM. Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly: Tutorial. *J Rehabil Res Dev*. 2005;42:211-224
16. Mizuno M. Human respiratory muscles: Fibre morphology and capillary supply. *Eur Respir J*. 1991;4:587-601
17. Mahajan RP, Singh P, Murty GE, Aitkenhead AR. Relationship between expired lung volume, peak flow rate and peak velocity time during a voluntary cough manoeuvre. *Br J Anaesth*. 1994;72:298-301

18. Suleman M, Abaza KT, Gornall C, Kinnear WJ, Wills JS, Mahajan RP. The effect of a mechanical glottis on peak expiratory flow rate and time to peak flow during a peak expiratory flow manoeuvre: A study in normal subjects and patients with motor neurone disease. *Anaesthesia*. 2004;59:872-875
19. McCool FD, Leith DE. Pathophysiology of cough. *Clin Chest Med*. 1987;8:189-195
20. Freitas F, Ibiapina CC, Alvim CG, Britto RR, Parreira VF. Relationship between cough strength and functional level in elderly. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2010;14:470-476
21. Fontana GA, Pantaleo T, Lavorini F, Benvenuti F, Gangemi S. Defective motor control of coughing in parkinson's disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158:458-464
22. Ebihara S, Saito H, Kanda A, Nakajoh M, Takahashi H, Arai H, Sasaki H. Impaired efficacy of cough in patients with parkinson disease. *Chest*. 2003;124:1009-1015
23. Pitts T, Bolser D, Rosenbek J, Troche M, Okun MS, Sapienza C. Impact of expiratory muscle strength training on voluntary cough and swallow function in parkinson disease. *Chest*. 2009;135:1301-1308
24. McCool FD, Rosen MJ. Nonpharmacologic airway clearance therapies: Accp evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2006;129:250S-259S
25. McCool FD. Global physiology and pathophysiology of cough: Accp evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2006;129:48S-53S
26. Fontana GA, Lavorini F. Cough motor mechanisms. *Respir Physiol Neurobiol*. 2006;152:266-281
27. Park JH, Kang SW, Lee SC, Choi WA, Kim DH. How respiratory muscle strength correlates with cough capacity in patients with respiratory muscle weakness. *Yonsei Med J*. 2010;51:392-397
28. Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest*. 2003;124:262-268
29. Pryor JA. Physiotherapy for airway clearance in adults. *Eur Respir J*. 1999;14:1418-1424
30. Laciuga H, Davenport P, Sapienza C. The acute effects of a single session of expiratory muscle strength training on blood pressure, heart rate, and oxygen saturation in healthy adults. *Front Physiol*. 2012;3:48

Artigo em língua inglesa para publicação

Maximal expiratory pressure preoperative is associated with time under invasive mechanical ventilation after cardiac surgery

Abstract

Background: Pulmonary complications after cardiac surgery may lead to an additional time under invasive mechanical ventilation (IMV). IMV is responsible for pulmonary infections, prolonged hospitalization and increase in mortality.

Objective: To evaluate the association of maximal expiratory pressure (MEP), maximal inspiratory pressure (MIP) and peak expiratory flow (PEF) with total time of IMV in patients undergoing an elective cardiac surgery.

Methods: Patients admitted for coronary artery bypass grafting and/or valve replacement were evaluated. All measurements (PIM, PEM and PEF) were evaluated before surgery and the length of time under IMV was measured until complete extubation.

Results: One hundred twenty five patients of both gender (77 men), mean age 61 ± 11 years, were allocated for the study. The increase in MEP reduced the IMV after adjustment for confounding factors, but this association was no more observed when MIP or PEF were analyzed.

Conclusions: In patients undergoing elective cardiac surgery, the evaluation of MEP can predict patient length of stay under IMV after surgery.

Key words: pulmonary function; heart valve replacement; coronary artery bypass grafting

Introduction

Pulmonary complications after heart surgery are a leading cause of postoperative morbidity¹ which is responsible for prolonged mechanical ventilation, hospitalization for longer periods, disability² and higher mortality.^{3,4} Identifying patients who are at increased risk allows feasible preoperative interventions aiming to minimize adverse postoperative outcomes. In this scenario, preoperative lung evaluation can be performed to stratify the risks related to changes in pulmonary function and respiratory muscle strength.⁵ Low cost devices as peak flow and a pressure transducer are applicable in this setting and the information derived from their measurements may be of prognostic significance.⁶⁻⁸

The purpose of this study was to verify if peak expiratory flow (PEF) and respiratory muscle strength, measured preoperatively, were associated with time of invasive mechanical ventilation (IMV) following cardiac surgery.

Methods

We conducted a prospective cohort study, between April 2011 and March 2012 at a southern Brazilian reference hospital. Patients were allocated consecutively based on an elective surgical list for coronary artery bypass grafting (CABG) and/or heart valve replacement (HVR) surgery. Inclusion criteria comprise patients older than 18 years who undergone to an elective cardiac surgery. We excluded those that refused or were unable to assign the consent form, who had cognitive impaired status, neuromuscular disorders, unstable angina, motor stroke disability (Rankin Score 3 or higher), severe lung disease, thoracic deformities and/or were unable to perform the respiratory muscle function test.

The primary outcome was the amount of time that patients were submitted to IMV. We also evaluated the need of supplementary oxygen after extubation as well as intensive care unit and overall hospital stay.

Respiratory muscle function was tested by measuring maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). Both, MIP and MEP were obtained using a pressure transducer (Globalmed MVD300, Porto Alegre, Brazil).

Peak expiratory flow (PEF) were obtained by Assess Peak Flow Meter (Respironics, Pittsburgh, USA), following the guidelines for pulmonary function testing.⁹ The procedures were repeated at least 5 times, and the three highest measured values were chosen, provided that the variation between them was not more than 10%.

Cardiopulmonary bypass time, aortic clamping, type of prosthetic valve, number of grafts were the surgical variables analyzed. All the data was gathered prospectively through the patient's chart and from information of the medical staff. Patients were followed up until discharge from hospital.

The independent variables were used in a multivariable model as confounding factors and comprehend gender, age, weight, height, body mass index, smoking index, sedentary lifestyle, American Score of Anesthesiology, diagnose of diabetes, hypertension, pulmonary disease, peripheral vascular disease, ischemic stroke, heart failure, rheumatic fever and cancer.

The sample size calculation was based on a power of 90% and a minimum correlation of 0.4 between the primary outcome (IMV time) and MIP, with an α of 5%. The final sample consisted of 124 patients. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

Statistical analysis was performed using software Statistical Package For Social Sciences (SPSS 18.0). Continuous data were presented as mean and standard deviation. If data did not assume normal distribution, they were described as median and interquartile interval. The ANOVA was used to compare the time of IMV between the types of surgeries.

Categorical variables were presented as absolute frequencies. The primary endpoint invasive mechanical ventilation was graphically expressed over time.

The multivariable analysis was done in a multiple linear regression model used to control possible confounding factors. All analysis used $P \leq 0.05$ as significant.

Results

A preliminary sample of 128 patients was allocated for the study. Meanwhile, three subjects died before extubation and were excluded for the primary analysis. Other 5 patients died after extubation and were excluded for the secondary analysis. The remaining 120 patients were followed until the study end (Figure 1).

Figure 1: Flow chart of patient's study

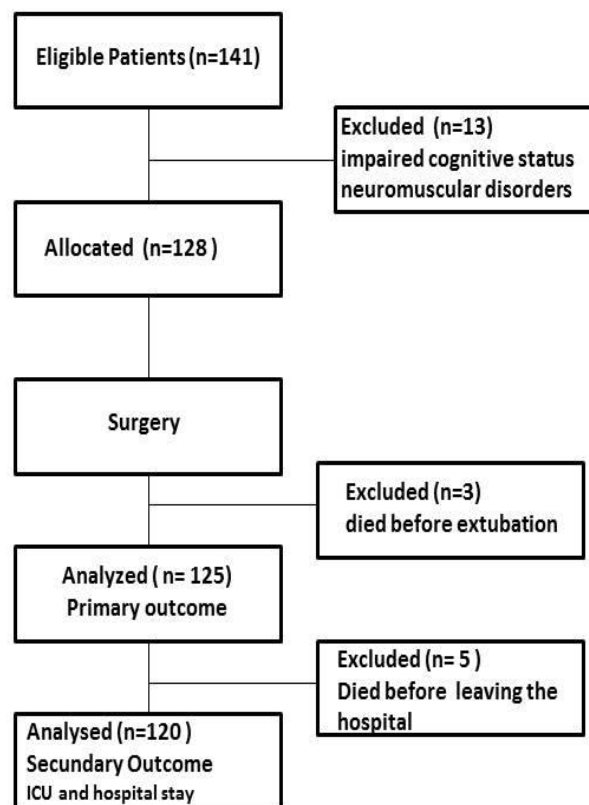


Table 1 shows demographic, anthropometric, clinical and surgical data.

Table 1. Characteristics of the sample

Variables	n=125
Age (years)	61 ± 11
Weight (Kg)	73 ± 14
Height (cm)	164 ± 9
Male	77 (61%)
Smokers	27 (22%)
Abusive alcohol consumption	12 (10%)
ASA	
I	1 (8%)
II	27 (22%)
III	69 (55%)
IV	28 (22%)
Cardiac surgery	
CABG	72 (58%)
VRS	44 (35%)
Combined	9 (7%)
Number of grafts	3 ± 1
Bioprosthesis	17 (32%)
Mechanical prosthesis	36 (68%)
CPB time (min)	67 ± 22
Aortic clamping time(min)	51 ± 20
Length of stay in ICU (days)	3.5 ± 1
Length of hospital stay (days)	7.7 ± 3
Use of supplementary oxygen	66 (53%)

ASA: American Score of Anesthesiology; CABG: Coronary Artery Bypass Graft; VRS: Valve Replacement Surgery; CPB: Cardiopulmonary bypass; ICU: Intensive Care Unit.

Table 2 shows the amount of time in which patients were under IMV and the confidence interval among coronary artery bypass grafting, valve replacement and combined surgery. There was no difference in time of IMV among groups.

Table 2. Amount of time under IMV in different surgeries

Surgery (Type)	IMV (h)
CABG	14,5 (10,9 a 18.1)
VRS	10,1 (8,9 a 11.4)
Combined Surgery	13,8 (10 a 17.5)

IMV presented in Mean and CI 95%; P=0.158. CABG: Coronary Artery Bypass Graft; VRS: Valve Replacement Surgery; Combined Surgery: CABG plus VRS.

Figure 2 represent the length of time in which patients were under IMV after heart surgery (CABG and /or HVR).

Until the first eleven hours after the procedure, half of the sample was already extubated. However, after fifteen hours post surgery a quarter remained on IMV.

Figure 2. Mechanical ventilation extubation over time after surgery

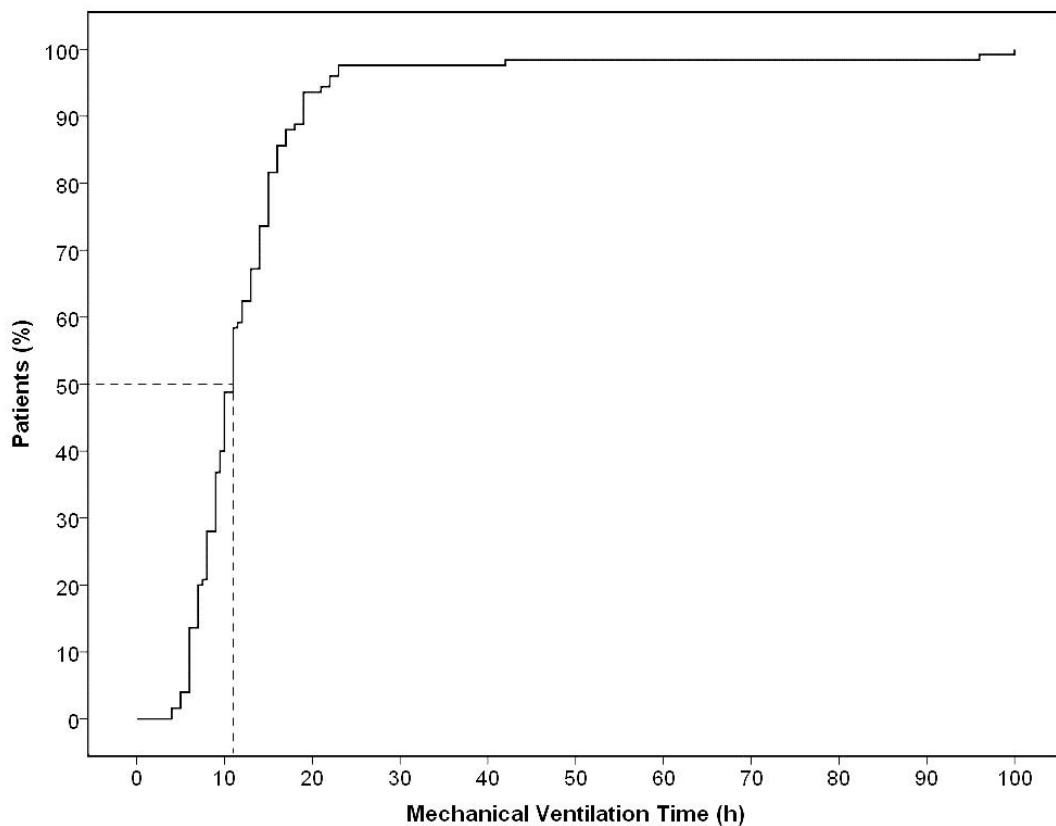


Table 3 shows the association between MIP, MEP and PEF with the time in which patients still under IMV after surgery. Each increase of 10cmH₂O in MEP reduce IMV time in 67 minutes (unadjusted) and 57 minutes after adjustment. MIP and PF had no significant association with IMV time when analyzed at the multivariable model.

The variables without influence to outcome were not included in the multivariable analysis model.

Table 3. Effect of the increase of 10 units in the respiratory variables on mechanical ventilation time (minutes) in patients undergoing cardiac surgery.

Model	MIP		MEP		PEF	
	Effect	IC 95%	Effect	IC 95%	Effect	IC 95%
Unadjusted	13	-52 a 78	-67 ^a	-118 a -17	3	-10 a 16
Adjusted 1	23	-44 a 90	-56 ^b	-111 a -1	7	-7 a 21
Adjusted 2	23	-44 a 90	-57 ^c	-112 a -2	8	-6 a 22
Adjusted 3	14	-55 a 83	-54 ^d	-110 a 2	8	-6 a 22

Effect: effect of the variable (regression coefficient) obtained from multiple linear regression model. Adjusted 1: gender, age, smoking index; Adjusted 2: model 1 plus diagnosis of respiratory disease, diabetes and ASA score; Adjusted 3: model 2 plus cardiopulmonary bypass time and type of surgery; a: P=0.009; b: P= 0.046; c: P=0.042; d: P=0.057.

The respiratory variables were analyzed for association with the following secondary outcomes: use of supplementary oxygen, length of ICU and hospital stay. There was no significant association between MIP, MEP and PEF with these outcomes, even after confounding factor control (those listed in table 2).

Discussion

This is the first study to date showing an association between MEP levels obtained before an elective heart surgery with the amount of time in which these patients were under IMV after the surgical procedure. However, the same relationship was not found with MIP and PEF in regard to IMV. Also, there was no association between MIP, MEP and PEF in relation to the need of supplementary oxygen and ICU /hospital length of stay.

It should be pointed out that few data are available regarding to the impact of PEM levels in clinical outcomes after cardiac surgery. However, some studies have assessed the damage in respiratory muscle function in this scope. A study performed in heart valve surgery patients demonstrated that preoperative respiratory muscle dysfunction (<70% of the predicted value), was associated with the need of prolonged IMV due to cardiovascular or pulmonary dysfunction after the surgical procedure.¹⁰

Another study evaluated respiratory muscle weakness in coronary artery bypass grafting patients and shown no differences in IMV time, postoperative ICU and in-hospital length of stay, independent of respiratory muscle weakness.¹¹

According to Tolep et al.¹² there is a physiological muscle atrophy that follows the aging process and this chronological impairment promotes reduction in the respiratory muscle strength.^{13,14} Alterations in the neuromuscular function, reduction in physical activity levels, nutritional state and hormonal factors are all associated with this major muscular change.¹⁵ The decrease in the respiratory muscle strength may affect the ventilatory drive, as well as other functions such as coughing, speaking and swallowing.¹⁶

Cough is an important defense mechanism of the bronchial tree^{17,18} that relies on the capacity to generate flow and speed in the airway.¹⁹ Cough and the respiratory muscle strength are directly related. The muscle weakness and the alterations in the pulmonary parenchyma can affect the ability to promote a satisfactory airflow for coughing, decreasing its efficacy and increasing the risk of developing acute respiratory tract infection.²⁰

Three studies reported significant decrease in cough function, including decreased activation of abdominal muscles during both reflexive and voluntary

cough, and decreases in cough sensitivity necessary for activation of a reflexively induced cough. These changes impose disability to the airways when react to remove foreign materials.²¹⁻²³

Therefore, cough is a mechanism of airway clearance that helps normal ciliary function.^{24,25} It is divided in three phases: a) an inspiratory effort that is followed by a rapid vocal fold adduction and a contraction of the expiratory muscles, including all abdominal muscles;^{17,21,23,26} b) at this moment a dynamic narrowing of the airways allows for the production of high expiratory airflow velocity, which provides the power to aerosolize material and safely remove it from the lungs;²⁶ c) at the last phase the vocal fold opens to widen the glottis and the contraction of the expiratory muscles while the glottis is open initiates the expulsion phase during which air from the lungs is forcibly expelled.^{19,22}

An effective cough cannot be obtained if the expiratory muscle contraction is impaired.²⁷ Cough failures may be related to either inadequate generation of expiratory flow rates, failure to dynamically compress the airways, alterations in airway geometry, or abnormal quantity or quality of mucous production.¹⁹

Smina et al²⁸ observed that cough strength is a predictor of successful extubation outcome of patients without neuromuscular diseases, being also a good predictor of hospital mortality. The peak expiratory flow cough (PEFC) of patients with unsuccessful extubation was significantly lower than those successfully extubated. Low PEFC was independently associated with in-hospital mortality.²⁸

Physiotherapy that have been promoted to assist airway clearance uses a forced expiratory technique also known as *huffing*²⁴ and an active cycle of breathing techniques. Most of these training procedures include forced expiratory maneuvers that are effective components for airway clearance.²⁹ Whereas expiratory maneuver have a direct relationship with the quality of cough and with a higher rate of successful extubation from IMV, expiratory muscle training can be used preoperatively to improve expiratory muscle strength and generate an increase in the MEP. Two studies showed that expiratory muscle training really increases MEP and this approach was used to improve mechanical parameters during cough.^{22,30}

The evaluation of MEP is low cost and an easy to perform measurement. At the preoperative phase of patients undergoing elective heart surgeries, knowing MEP values may allows preventive actions aiming to improve cough and airway clearance after surgery, as well as establish a plan to increase MEP in this scenario.

Since little is known in this area of knowledge, more research is needed to identify physiological and biomechanical explanations for our findings.

Limitations

This study was conducted in patients undergoing elective cardiac surgery therefore our results may not be applicable to patients undergoing emergency heart surgery. This is a prospective observational study that was held in only one southern Brazilian hospital. Although this is an inherent bias that can occur in cohort studies, recall bias cannot be excluded.

Conclusion

In patients undergoing elective heart surgery, preoperative evaluation of MEP can predict patient's length of stay on IMV after the procedure. Also, there is a association between higher values of preoperative MEP with shorter length of stay on mechanical ventilation support.

References

- 1 Gass GD, Olsen GN. Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest* 1986; 89:127-135
- 2 Stein R, Maia CP, Silveira AD, et al. Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90:1685-1691
- 3 Chandler KW, Rozas CJ, Kory RC, et al. Bilateral diaphragmatic paralysis complicating local cardiac hypothermia during open heart surgery. *Am J Med* 1984; 77:243-249
- 4 Kohorst WR, Schonfeld SA, Altman M. Bilateral diaphragmatic paralysis following topical cardiac hypothermia. *Chest* 1984; 85:65-68
- 5 van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, et al. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax* 2004; 59:1063-1067
- 6 Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol* 2000; 15:309-315
- 7 Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, et al. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004; 11:489-496
- 8 Moalla W, Maingourd Y, Gauthier R, et al. Effect of exercise training on respiratory muscle oxygenation in children with congenital heart disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006; 13:604-611
- 9 Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005; 26:153-161
- 10 Rodrigues AJ, Mendes V, Ferreira PE, et al. Preoperative respiratory muscle dysfunction is a predictor of prolonged invasive mechanical ventilation in cardiorespiratory complications after heart valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011; 39:662-666
- 11 Schnaider J, Karsten M, Carvalho T, et al. Influence of preoperative respiratory muscle strength on clinical evolution after myocardial revascularization surgery. *Fisioterapia e Pesquisa* 2010; 17:52-57
- 12 Tolep K, Kelsen SG. Effect of aging on respiratory skeletal muscles. *Clin Chest Med* 1993; 14:363-378
- 13 Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J* 1999; 13:197-205
- 14 Polkey MI, Harris ML, Hughes PD, et al. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:1560-1564
- 15 Kim J, Sapienza CM. Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly: Tutorial. *J Rehabil Res Dev* 2005; 42:211-224
- 16 Mizuno M. Human respiratory muscles: fibre morphology and capillary supply. *Eur Respir J* 1991; 4:587-601
- 17 Mahajan RP, Singh P, Murty GE, et al. Relationship between expired lung volume, peak flow rate and peak velocity time during a voluntary cough manoeuvre. *Br J Anaesth* 1994; 72:298-301
- 18 Suleman M, Abaza KT, Gornall C, et al. The effect of a mechanical glottis on peak expiratory flow rate and time to peak flow during a peak expiratory flow manoeuvre: a study in normal subjects and patients with motor neurone disease. *Anaesthesia* 2004; 59:872-875
- 19 McCool FD, Leith DE. Pathophysiology of cough. *Clin Chest Med* 1987; 8:189-195
- 20 Freitas F, Ibiapina CC, Alvim CG, et al. Relationship between cough strength and functional level in elderly. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2010; 14:470-476

- 21 Ebihara S, Saito H, Kanda A, et al. Impaired efficacy of cough in patients with Parkinson disease. *Chest* 2003; 124:1009-1015
- 22 Pitts T, Bolser D, Rosenbek J, et al. Impact of expiratory muscle strength training on voluntary cough and swallow function in Parkinson disease. *Chest* 2009; 135:1301-1308
- 23 Fontana GA, Pantaleo T, Lavorini F, et al. Defective motor control of coughing in Parkinson's disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:458-464
- 24 McCool FD, Rosen MJ. Nonpharmacologic airway clearance therapies: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2006; 129:250S-259S
- 25 McCool FD. Global physiology and pathophysiology of cough: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2006; 129:48S-53S
- 26 Fontana GA, Lavorini F. Cough motor mechanisms. *Respir Physiol Neurobiol* 2006; 152:266-281
- 27 Park JH, Kang SW, Lee SC, et al. How respiratory muscle strength correlates with cough capacity in patients with respiratory muscle weakness. *Yonsei Med J* 2010; 51:392-397
- 28 Smina M, Salam A, Khamiees M, et al. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest* 2003; 124:262-268
- 29 Pryor JA. Physiotherapy for airway clearance in adults. *Eur Respir J* 1999; 14:1418-1424
- 30 Laciuga H, Davenport P, Sapienza C. The acute effects of a single session of expiratory muscle strength training on blood pressure, heart rate, and oxygen saturation in healthy adults. *Front Physiol* 2012; 3:48

Anexo 2

Escore ASA

Estado Físico	Definição	Mortalidade
I	Paciente sadio sem alterações orgânicas	0,06 - 0,08%
II	Paciente com alteração sistêmica leve ou moderada causada pela doença cirúrgica ou doença sistêmica	0,27 - 0,40%
III	Paciente com alteração sistêmica grave de qualquer causa com limitação funcional	1,8 - 4,3%
IV	Paciente com alteração sistêmica grave que representa risco de vida	7,8 - 23%
V	Paciente moribundo que não é esperado sobreviver sem cirurgia	9,4 - 51%
VI	Paciente doador de órgãos	