

Artigo Original

Fluxo de saída de oxigênio fornecido por reanimadores manuais com balão auto-inflável em pacientes com ventilação espontânea*

Oxygen outflow delivered by manually operated self-inflating resuscitation bags in patients breathing spontaneously

Armando Carlos Franco de Godoy¹, Ronan José Vieira², Ronan José Vieira Neto³

Resumo

Objetivo: Determinar o fluxo de saída de oxigênio fornecido por sete modelos diferentes de reanimadores manuais com balão auto-inflável (com e sem reservatório de oxigênio acoplado), que foram testados utilizando-se diferentes fluxos de entrada de oxigênio sem manipular o balão, simulando o uso em pacientes com respiração espontânea. **Métodos:** O fluxo de saída de oxigênio foi medido utilizando-se um fluxômetro de oxigênio de parede e um fluxômetro/respirômetro conectados ao balão e outro fluxômetro/respirômetro conectado à porta de conexão do paciente. Os reanimadores que permitem o acoplamento de um reservatório de oxigênio foram testados com e sem esse reservatório. Todos os reanimadores foram testados utilizando-se fluxos de entrada de oxigênio de 1, 5, 10 e 15 L/min. Para a análise estatística utilizaram-se análise de variância e o teste t. **Resultados:** Os reanimadores que permitem o acoplamento de um reservatório de oxigênio apresentaram maior fluxo de saída de oxigênio quando esse dispositivo estava acoplado. Todos os reanimadores forneceram maior fluxo de saída de oxigênio quando receberam 15 L/min de oxigênio. Entretanto, nem todos os modelos testados forneceram fluxo de saída de oxigênio suficiente mesmo quando as duas condições anteriores foram atendidas. **Conclusões:** Dos reanimadores estudados, os que permitem o acoplamento de um reservatório de oxigênio devem obrigatoriamente estar com esse reservatório acoplado ao balão quando utilizados como fonte de oxigênio em pacientes não intubados com respiração espontânea. Todos os modelos estudados devem receber um fluxo de oxigênio ≥ 15 L/min. Não é seguro utilizar reanimadores manuais com balão auto-inflável para esse propósito sem conhecer suas características.

Descritores: Oxigênio/administração & dosagem; Ressuscitação; Equipamento; Respiração; Cuidados intensivos.

Abstract

Objective: To determine the oxygen outflow delivered by seven different models of manually operated self-inflating resuscitation bags (with and without an oxygen reservoir connected), which were tested using different oxygen supply rates without manipulating the bag, by simulating their use in patients breathing spontaneously. **Methods:** The oxygen outflow was measured using a wall oxygen flow meter and a flow meter/respirometer attached to the bag, together with another flow meter/respirometer attached to the patient connection port. The resuscitation bags that allow the connection of an oxygen reservoir were tested with and without this device. All resuscitation bags were tested using oxygen supply rates of 1, 5, 10, and 15 L/min. Statistical analyses were performed using analysis of variance and t-tests. **Results:** The resuscitation bags that allow the connection of an oxygen reservoir presented a greater oxygen outflow when this device was connected. All resuscitation bags delivered a greater oxygen outflow when receiving oxygen at a rate of 15 L/min. However, not all models delivered a sufficient oxygen outflow even when the two previous conditions were satisfied. **Conclusions:** Of the resuscitation bags studied, those that allow the connection of an oxygen reservoir must have this reservoir connected to the bag when used as a source of oxygen in nonintubated spontaneously breathing patients. All of the models studied should receive oxygen at a rate ≥ 15 L/min. It is not safe to use manually operated self-inflating resuscitation bags for this purpose without knowing their characteristics.

Keywords: Oxygen/administration & dosage; Resuscitation; Equipment and supplies; Respiration; Intensive care.

Introdução

Os reanimadores manuais com balão auto-inflável são dispositivos usados para ventilar pacientes que precisam de suporte ventilatório.⁽¹⁻³⁾ Geralmente durante o transporte, esses reanimadores são usados para fornecer altas

concentrações de oxigênio a pacientes que fazem esforços respiratórios espontâneos. Contudo, em alguns casos, os reanimadores manuais com balão auto-inflável, desde que acoplados a uma fonte de oxigênio, podem ser usados para

* Trabalho realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas (SP) Brasil.

1. Fisioterapeuta do Serviço de Emergência. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas (SP) Brasil.

2. Chefe do Serviço de Emergência. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas (SP) Brasil.

3. Estudante de Medicina. Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Armando Carlos Franco de Godoy. Rua Hercules Florence, 100, apto. 23, Centro, CEP 13020-170, Campinas, SP, Brasil.

Tel 55 19 3231-4742. E-mail: armandogodoy@ig.com.br

Recebido para publicação em 6/3/2007. Aprovado, após revisão, em 12/7/2007.

manter ou aumentar a pressão parcial arterial de oxigênio quando os pacientes estão usando máscaras e respirando espontaneamente.^(2,4) Esse processo pode ser usado antes da intubação endotraqueal⁽⁵⁻¹¹⁾ e também durante o transporte extra- e intra-hospitalar.⁽¹²⁾

O balão desses reanimadores manuais é capaz de se reexpandir após ser comprimido e, portanto, não necessita de uma fonte de fluxo contínuo de gás.⁽³⁾ Essa característica diferencia os reanimadores manuais com balão auto-inflável dos reanimadores com balão fluxo-inflável e dos reanimadores com balão alimentado por gás, os quais têm que receber um fluxo contínuo de gás para funcionar adequadamente.^(2,3)

Os reanimadores manuais com balão auto-inflável têm duas partes principais: o balão e a porta de conexão do paciente (Figura 1). O balão é a parte que é comprimida pelo operador para fornecer volume de ar ao paciente. A porta de conexão do paciente, à qual a máscara ou o tubo endotraqueal podem ser conectados, localiza-se na parte anterior da unidade.

O aumento da pressão no balão durante a compressão faz com que a válvula do paciente feche a porta de expiração, permitindo que o ar do balão entre na porta de conexão do paciente. Ao mesmo tempo, a válvula de reenchimento do balão (Figura 1) se fecha para evitar a expiração. Quando, dada a sua elasticidade intrínseca, o balão se reexpande, criando uma pressão negativa, ele retrai a válvula do paciente, abrindo a porta de expiração e permitindo que o paciente expire. A maioria dos reanimadores manuais com balão auto-inflável

pode ser conectada a um reservatório de oxigênio que tem uma válvula de reenchimento do balão (Figura 1). Essa válvula permite a aspiração do ar atmosférico, misturando-o com o oxigênio dentro do balão. A mistura resultante é então fornecida ao paciente. O reservatório de oxigênio tem um sistema de controle de pressão que se abre se o fluxo de entrada de oxigênio está alto demais ou se o balão fica ocioso.

Como os diferentes modelos de reanimadores manuais com balão auto-inflável apresentam diferentes desempenhos funcionais,^(1,8,13-20) e como não encontramos dados sobre os reanimadores manuais com balão auto-inflável fabricados ou comercializados no Brasil, o objetivo do presente estudo foi determinar o fluxo de saída de oxigênio fornecido por sete modelos diferentes de reanimadores manuais com balão auto-inflável usados no Brasil (com e sem um reservatório de oxigênio acoplado), e os quais foram testados utilizando-se diferentes fluxos de entrada de oxigênio sem manipular o balão, simulando o uso em pacientes com respiração espontânea.

Métodos

Os dados foram coletados na Unidade Respiratória do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas entre janeiro de 2006 e janeiro de 2007.

Os materiais usados foram os seguintes: um fluxômetro de oxigênio de parede BD (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, EUA); dois fluxômetros/respirômetros (953; Oxigel, São Paulo, Brasil); e sete modelos de reanimadores manuais com balão

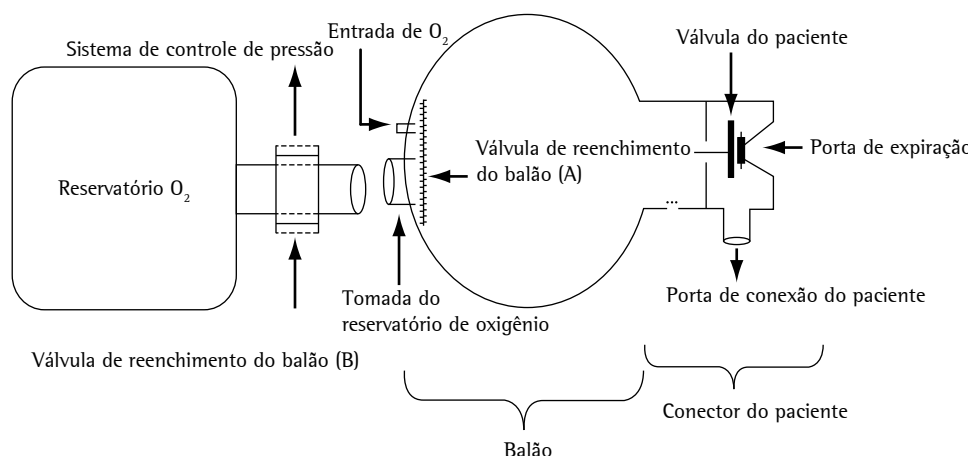


Figura 1 – Componentes básicos do reanimador manual com balão auto-inflável e do reservatório de oxigênio.

auto-inflável usados no Brasil, produzidos por Oxigel (modelos A e B), CE Reanimadores (São Paulo, Brasil), ProtecSolutions (Wellington, Nova Zelândia), Missouri (Embu, Brasil), Axmed (São Paulo, Brasil), e Narcosul (Porto Alegre, Brasil).

Esses sete reanimadores manuais com balão auto-inflável podem ser agrupados de acordo com as seguintes características (Figura 2): possibilidade ou não de ter um reservatório de oxigênio acoplado, sentido do fluxo de entrada de oxigênio no balão, e tipo de válvula do paciente. Os reanimadores manuais com balão auto-inflável fabricados por CE Reanimadores, Oxigel (modelo B), Missouri e ProtecSolutions podem ser acoplados a um reservatório de oxigênio, enquanto aqueles fabricados por Axmed, Oxigel (modelo A) e Narcosul não podem. Como também se pode ver na Figura 2, o sentido do fluxo de entrada no balão segue três padrões diferentes (paralelo à válvula de reenchimento do balão, perpendicular à válvula de reenchimento do balão e diretamente dentro do balão), e há três tipos de válvula do paciente (válvulas disco, válvulas bico de pato e válvulas disco semifixas).

Como mostrado na Figura 3, para se medir o fluxo de saída de oxigênio, um fluxômetro de parede e um fluxômetro/respirômetro foram conectados ao balão do reanimador manual e outro fluxômetro/respirômetro foi conectado à porta de conexão do paciente.

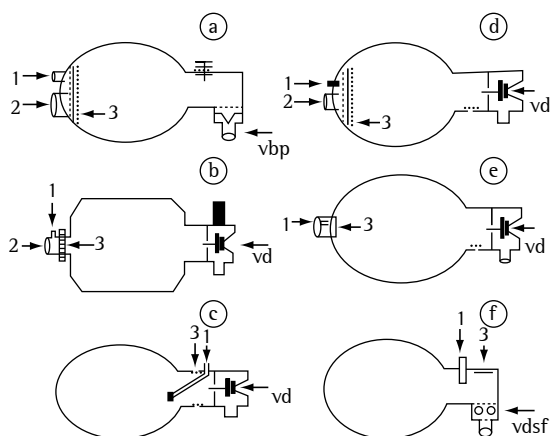


Figura 2 – Modelos e características dos reanimadores manuais com balão auto-inflável: a) CE Reanimadores e Missouri; b) ProtecSolutions; c) Oxigel modelo A; d) Oxigel modelo B; e) Axmed; e f) Narcosul. 1) entrada de oxigênio; 2) conector do reservatório de oxigênio; 3) válvula de reenchimento do balão; vd = válvula disco; vbp = válvula bico de pato; e vdsf = válvula disco semifixa.

Os sete reanimadores manuais com balão auto-inflável foram testados utilizando-se fluxos de entrada de oxigênio de 1, 5, 10 e 15 L/min sem manipular o balão. Os reanimadores que permitem o acoplamento de um reservatório de oxigênio foram testados com e sem esse reservatório. Durante o estudo, os fluxos de entrada de oxigênio foram monitorados de forma contínua por fluxômetros conectados ao sistema.

Uma média de vinte testes consecutivos foi realizada nos sete reanimadores manuais com balão auto-inflável, utilizando-se fluxos de entrada de oxigênio de 1, 5, 10 e 15 L/min, para cotejar os dados.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa BioEstat 3.0, análise de variância e o teste t. Os valores de $p \leq 0,05$ foram considerados significativos.

Resultados

A Tabela 1 mostra as médias do fluxo de oxigênio fornecido pelos sete reanimadores manuais com balão auto-inflável (com e sem um reservatório de oxigênio acoplado) testados utilizando-se fluxos de entrada de oxigênio de 1, 5, 10 e 15 L/min sem manipular o balão.

O percentual de oxigênio fornecido através da porta de conexão do paciente foi influenciado pela presença de um reservatório de oxigênio acoplado ao reanimador, pelo sentido do fluxo de entrada de oxigênio no balão, pela taxa de fluxo de oxigênio fornecida ao reanimador e pelo *design* do reanimador.

Vale ressaltar que nenhum dos reanimadores manuais com balão auto-inflável forneceu fluxo de saída de oxigênio através da porta de conexão do paciente ao receber um fluxo de oxigênio de 1 L/min. Nos reanimadores fabricados por CE Reanimadores, Missouri, Oxigel (modelo B), ProtecSolutions e Axmed, a entrada de oxigênio localiza-se posteriormente à válvula de reenchimento do balão (Figura 2), e 1 L/min é insuficiente para abrir essa válvula. O oxigênio vaza para a atmosfera através do conector do reservatório de oxigênio quando o reservatório de oxigênio não está acoplado ao reanimador e através do sistema de controle de pressão do reservatório de oxigênio quando o reservatório de oxigênio está acoplado. No caso dos reanimadores fabricados por Oxigel (modelo A) e Narcosul, esse fluxo de entrada não parece suficiente para fechar a válvula do paciente.

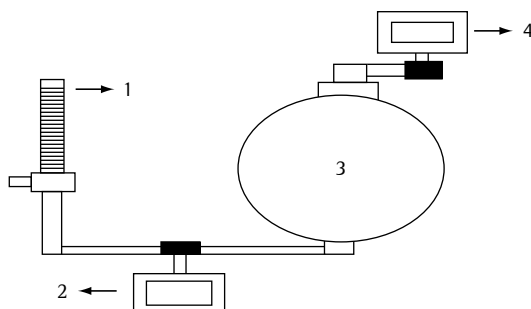


Figura 3 - Teste do fluxo de saída de oxigênio através da porta de conexão do paciente sem manipular o balão. 1) Fluxômetro de oxigênio de parede; 2) Fluxômetro/respirômetro; 3) Reanimador manual com balão auto-inflável; e 4) Fluxômetro/respirômetro.

Entre os reanimadores manuais com balão auto-inflável que não oferecem a opção de acoplamento a um reservatório de oxigênio, o modelo fabricado por Axmed forneceu a menor quantidade de fluxo de saída de oxigênio (Figura 2). Isso parece resultar do fato de que, para esse reanimador, o fluxo de entrada de oxigênio vem de fora do balão, em sentido longitudinal, chegando diretamente na válvula de reenchimento do balão

(Figura 1). Além disso, ao receber um fluxo de oxigênio de 10-15 L/min, a válvula disco do reanimador Axmed apresentou vibração inspiratória/expiratória, dividindo o fluxo de saída de oxigênio, parte dele para a porta de expiração e o restante para a porta de conexão do paciente.

Quando os reanimadores manuais com balão auto-inflável aos quais um reservatório de oxigênio pode ser acoplado (CE Reanimadores, Missouri, Oxigel modelo B e ProtecSolutions) foram usados sem esse dispositivo, eles só começaram a fornecer fluxo de saída de oxigênio através da porta de conexão do paciente quando o fluxo de entrada de oxigênio atingiu 10 L/min. Parece que um fluxo de entrada de oxigênio de 10 L/min era necessário para abrir a válvula de reenchimento do balão (Figura 1), direcionando o fluxo para o balão e a seguir para a porta de conexão do paciente. O reservatório de oxigênio acoplado a esses reanimadores evitou o vazamento de oxigênio pela tomada do reservatório de oxigênio (Figura 1), abrindo a válvula de reenchimento à medida que o oxigênio passava para o balão e então seguia para a porta de conexão do paciente. Contudo, o reanimador ProtecSolutions,

Tabela 1 - Fluxo de saída de oxigênio fornecido por sete reanimadores manuais com balão auto-inflável (com e sem um reservatório de oxigênio acoplado) testados utilizando-se fluxos de entrada de oxigênio de 1, 5, 10 e 15 L/min sem manipular o balão.

		Fluxo de saída de oxigênio sem manipular o balão				p
		Fluxo de entrada de oxigênio (L/min)				
		1	5	10	15	
−RO ₂	Oxigel B	0 (0)	0 (0)	3,2 (0,2)	6,2 (0,2)	<0,05
+RO ₂		0 (0)	3,2 (0,3)	8,7 (0,2)	13,3 (0,4)	<0,05
	p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
−RO ₂	ProtecSolutions	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	>0,05
+RO ₂		0 (0)	2,3 (0,2)	9,8 (0,8)	12,1 (0,3)	<0,05
	p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
−RO ₂	Missouri	0 (0)	0 (0)	3,2 (0,3)	6,1 (0,2)	<0,05
+RO ₂		0 (0)	3,9 (0,4)	5,2 (0,1)	15,0 (0,5)	<0,05
	p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
−RO ₂	CE	0 (0)	0 (0)	7,1 (0,2)	7,8 (0,5)	<0,05
+RO ₂		0 (0)	3,2 (0,2)	11,2 (0,7)	15,0 (0,3)	<0,05
	p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
	Narcosul	0 (0)	2,1 (0,2)	12,1 (0,2)	15,0 (0,5)	<0,05
*RO ₂	Oxigel A	0 (0)	5,4 (0,5)	10,3 (0,6)	15,0 (0,5)	<0,05
	Axmed	0 (0)	0 (0)	5,1 (0,2)	6,1 (0,3)	< 0,05

-RO₂ = sem reservatório de oxigênio acoplado; +RO₂ = com reservatório de oxigênio acoplado; e *RO₂ = sem opção de acoplar reservatório de oxigênio.

sem um reservatório de oxigênio acoplado, não forneceu fluxo de saída de oxigênio através da porta de conexão do paciente com nenhum dos fluxos de entrada de oxigênio testados. Isso resulta do fato de o sentido do fluxo ser paralelo à válvula de reenchimento do balão, permitindo que todo o oxigênio vaze pela tomada do reservatório, enquanto nos outros três reanimadores manuais com balão auto-inflável (CE Reanimadores, Missouri e Oxigel modelo B), o sentido do fluxo é perpendicular à válvula de reenchimento do balão, forçando-a a se abrir e permitindo que o oxigênio entre no balão, embora, mesmo assim, alguma perda seja inevitável.

Todos os reanimadores manuais com balão auto-inflável estudados forneceram maior fluxo de saída de oxigênio através da porta de conexão do paciente ao receber um fluxo de oxigênio de 15 L/min.

Discussão

Somente um único exemplar de cada reanimador manual com balão auto-inflável foi testado. Portanto, embora todos os exemplares fossem novos e nunca tivessem sido usados, isso representa uma limitação deste estudo.

Contudo, o uso de reanimadores manuais com balão auto-inflável como fonte de oxigênio em pacientes não intubados com respiração espontânea pode ser prejudicial àqueles que estão hiperventilando em virtude da acidose metabólica, já que a máscara pode comprometer a ventilação, aumentando assim a acidose.

Os resultados deste estudo mostram que, dos modelos de reanimadores manuais com balão auto-inflável estudados, aqueles que oferecem a opção de acoplamento a um reservatório de oxigênio forneceram maior fluxo de saída de oxigênio quando esse dispositivo estava acoplado. Portanto, sugerimos que todos os modelos que oferecem essa opção sejam operados com o reservatório de oxigênio acoplado ao balão quando usados como fonte de oxigênio em pacientes não intubados com respiração espontânea. Além disso, como todos os modelos estudados forneceram um fluxo maior de saída de oxigênio quando o fluxo de entrada de oxigênio era ≥ 15 L/min, recomendamos que esse fluxo de entrada de oxigênio seja usado para todos os reanimadores manuais com balão auto-inflável. Porém, deve-se ressaltar que nem todos os modelos testados forneceram fluxo de saída de oxigênio suficiente mesmo quando as duas recomendações anteriores foram atendidas.

Não é seguro usar reanimadores manuais com balão auto-inflável para fornecer oxigênio a pacientes que respiram espontaneamente sem conhecer as características dos reanimadores.

Referências

1. Mills PJ, Baptiste J, Preston J, Barnas GM. Manual resuscitators and spontaneous ventilation--an evaluation. *Crit Care Med.* 1991;19(11):1425-31.
2. Tibballs J, Carter B, Whittington N. A disadvantage of self-inflating resuscitation bags. *Anaesth Intensive Care.* 2000;28(5):587.
3. Bennett S, Finer NN, Rich W, Vaucher Y. A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation.* 2005;67(1):113-8.
4. Carter BG, Fairbank B, Tibballs J, Hochmann M, Osborne A. Oxygen delivery using self-inflating resuscitation bags. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6(2):125-8.
5. Allen JR. The use of the life aid cardiopulmonary resuscitator--preliminary report. *Br J Clin Pract.* 1974;28(8):286-8.
6. Diack AW, Welborn WS, Rullman RG, Walter CW, Wayne MA. An automatic cardiac resuscitator for emergency treatment of cardiac arrest. *Med Instrum.* 1979;13(2):78-83.
7. Krischer JP, Melker RJ, Barkalow CE. A programmable resuscitator for evaluation of CPR standards. *Med Instrum.* 1980;14(1):51-3.
8. Barnes TA, Stockwell DL. Evaluation of ten manual resuscitators across an operational temperature range of -18 degrees C to 50 degrees C. *Respir Care.* 1991;36(3):161-72.
9. Pacy H. Cardiac arrest: description of a portable resuscitator. *Fam Pract.* 1984;1(4):243-4.
10. Dunkley CJ, Thomas AN, Taylor RJ, Perkins RJ. A comparison of standard and a modified method of two resuscitator adult cardiopulmonary resuscitation: description of a new system for research into advanced life support skills. *Resuscitation.* 1998;38(1):7-12.
11. Cooper RM, Grgas S. Fatal barotrauma resulting from misuse of a resuscitation bag. *Anesthesiology.* 2000;93(3):892-3.
12. Mazzolini DG Jr, Marshall NA. Evaluation of 16 adult disposable manual resuscitators. *Respir Care.* 2004;49(12):1509-14.
13. LeBouef LL. 1980 assessment of eight adult manual resuscitators. *Respir Care.* 1980;25(11):1136-42.
14. Cramond T, O'Callaghan JP. The Combibag: an evaluation of a new self-inflating resuscitator. *Anaesth Intensive Care.* 1986;14(1):66-9.
15. Phillips GD, Skowronski GA. Manual resuscitators and portable ventilators. *Anaesth Intensive Care.* 1986;14(3):306-13.
16. Hedley-Whyte J. US and international standards for resuscitators. *JAMA.* 1989;261(13):1880.
17. Kissoon N, Nykanen D, Tiffin N, Frewen T, Brasher P. Evaluation of performance characteristics of disposable bag-valve resuscitators. *Crit Care Med.* 1991;19(1):102-7.
18. Stempel LI. Manual resuscitators and spontaneous ventilation--an evaluation. *Crit Care Med.* 1992;20(10):1496.
19. Boidin MP, Mooi B, Erdmann W. Controlled administration of oxygen with self inflating resuscitation bags. *Acta Anaesthesiol Belg.* 1980;31(2):157-65.
20. Barnes TA, Watson ME. Oxygen delivery performance of old and new designs of the Laerdal, Vitalograph, and AMBU adult manual resuscitators. *Respir Care.* 1983;28(9):1121-8.