

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE
VITÓRIA – EMESCAM

ALISSON IZIDORO ANGELO

**VENTILADORES PULMONARES PORTÁTEIS: SEGURANÇA NO
TRANSPORTE DE PACIENTES CRÍTICOS**

VITÓRIA
2010

ALISSON IZIDORO ANGELO

**VENTILADORES PULMONARES PORTÁTEIS: SEGURANÇA NO TRANSPORTE
DE PACIENTES CRÍTICOS**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM, como requisito parcial para obtenção do grau de médico.

Orientador: Dr. Cláudio Piras

Co-Orientador: Dr. Danilo Nagib Salomão Paulo

VITÓRIA
2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos pacientes críticos dependentes de assistência ventilatória mecânica que precisam ser transportados.

RESUMO

Introdução: Frequentemente pacientes em ventilação mecânica precisam ser transportados para realizar exames propedêuticos, intervenções terapêuticas e transferências. Os ventiladores pulmonares portáteis surgiram para atender as necessidades ventilatórias desses pacientes durante o transporte. **Objetivos:** evidenciar a importância da utilização dos ventiladores de transporte e discutir a utilização de quatro ventiladores de transporte em pacientes com diferentes condições pulmonares e que precisam de assistência ventilatória. **Método:** revisão de literatura sobre transporte de pacientes em ventilação mecânica e análise da ficha técnica dos ventiladores Vent-Logos VLP 2000, Vent-Logos VLP 4000, Takaoka Microtak 920 Resgate e Draeger Oxylog 3000. **Resultados:** O uso de ventiladores portáteis no transporte de pacientes está associado a menores efeitos adversos. O VLP 2000 é um aparelho simples e compacto, mas com recursos limitados, o que pode dificultar a ventilação de pacientes com pulmões lesados. O VLP 4000 e o Microtak 920 Resgate são capazes de fornecer parâmetros ventilatórios que permitem melhor condução de pacientes com lesão pulmonar, com nível de monitorização intermediário. O Oxylog 3000 é o que mais se aproxima dos ventiladores utilizados em unidades de terapia intensiva (UTI), com múltiplos controles e parâmetros monitorados, mas com maior dificuldade para ser operado. **Conclusões:** Ventiladores portáteis adicionam segurança no transporte de paciente. Todos ventiladores analisados conseguem ventilar pulmões normais satisfatoriamente. Pacientes com pulmões lesados podem exigir maior complexidade ventilatória e recursos não disponíveis em alguns aparelhos.

Palavras-chave: ventilador de transporte, transporte de pacientes críticos, VLP 2000, VLP 4000, Microtak 920 Resgate, Oxylog 3000.

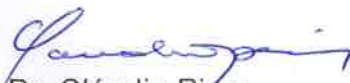
ALISSON IZIDORO ANGELO

**VENTILADORES PULMONARES PORTÁTEIS: SEGURANÇA NO TRANSPORTE
DE PACIENTES CRÍTICOS**

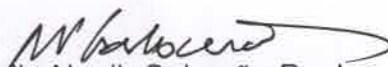
Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória – EMESCAM, como requisito parcial para obtenção do grau de médico.

Aprovado em 17 de junho de 2010.

COMISSÃO EXAMINADORA



Dr. Cláudio Piras
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de
Misericórdia de Vitória – EMESCAM
Orientador



Dr. Danilo Nagib Salomão Paulo
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de
Misericórdia de Vitória – EMESCAM
Co-orientador



Dr. Humberto Ribeiro Do Val
Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A.
Médico Anestesiologista



Dr. Edson Ricardo Loureiro
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de
Misericórdia de Vitória – EMESCAM
Médico Cirurgião

AGRADECIMENTOS

Aos orientadores deste trabalho, pela paciência e dedicação.

Aos componentes da banca, pelas críticas e sugestões.

A Gustavo Sasso Benso Maciel, pelas idéias e colaborações.

Aos meus pais, Dorival Izidoro Angelo e Suely Regina Barbaresco, pelo apoio.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, pelo financiamento desta pesquisa.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
3 MÉTODO	9
4.1 PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA QUE SÃO TRANSPORTADOS	11
4.1.1 Ventilação Mecânica em Pulmões Sadios	11
4.1.2 Ventilação Mecânica em Pulmões Lesados	12
4.1.2.1 Doenças com Aumento da Resistência das Vias Aéreas	12
4.1.2.1 Doenças com Diminuição da Complacência Pulmonar	14
4.2 VENTILADORES DE TRANSPORTE	17
4.2.1 Vent-Logos VLP 2000	17
4.2.2 Vent-Logos VLP 4000	18
4.2.3 Takaoka Microtak 920 Resgate	19
4.2.4 Draeger Oxylog 3000	21
5 DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÕES	34
7 REFERÊNCIAS	35

1INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos da medicina, especialmente na área de tratamento intensivo, têm permitido aprimoramento nos cuidados do paciente crítico, agora não somente no interior das Unidades de Tratamento Intensivo (UTI), mas também no transporte desses pacientes, seja intra, inter ou pré-hospitalar. Esses transportes se tornam necessários para realização de exames propedêuticos, intervenções terapêuticas, transferências ou para remoção de paciente atendido no pré-hospitalar. Devido às condições de instabilidade em que se encontram os pacientes críticos (GEBREMICHAEL et al., 2000), dentre elas as de origem ventilatória (VIEGA et al., 1981; BARTON et al., 1997; MCCLUSKEY et al., 2001), é sempre necessária uma boa e precisa ventilação (HINKELBEIN et al., 2008) para que o transporte se faça de forma segura. Nesse contexto estão inseridos os ventiladores pulmonares portáteis ou de transporte, que apesar de haver uma tendência de serem mais simples que os ventiladores convencionais de UTI, podem proporcionar parâmetros respiratórios necessários para estabilidade clínica e gasométrica do paciente com pulmões saudáveis ou lesados.

Os ventiladores de transporte podem ser usados em veículos de transporte e hospitais, entre outros locais, para ventilação provisória. Estes aparelhos surgiram a partir da década de 70 e, desde então, tem crescido em número e sofisticação. Antes do aparecimento dos ventiladores de transporte, a assistência ventilatória era feita por meio de bolsas e máscaras que, além de trabalhosas, ocasionavam transtornos tais como: alcalose respiratória e suas consequências (distúrbios eletrolíticos, vasoconstrição coronariana e conseqüente arritmia); hipotensão arterial; distensão gástrica; risco de broncoaspiração; e barotrauma.

No mercado atual há diversos ventiladores de transporte que apresentam características peculiares, que atendem a públicos diversos, e são comumente utilizados em hospitais e por equipes de atendimento pré-hospitalar da região da Grande Vitória.

2OBJETIVOS

Este trabalho tem os seguintes objetivos:

- a) Evidenciar a importância da utilização de ventiladores mecânicos nos transportes de pacientes críticos adultos;
- b) Discutir sobre a utilização de quatro ventiladores de transporte em pacientes com diferentes condições pulmonares e que precisam ser transportados.

3MÉTODO

Foi realizada revisão de literatura sobre o uso de ventilação mecânica durante o transporte de pacientes críticos adultos com pulmões normais e pulmões lesionados. As bases de dados utilizadas foram PubMed e Scielo. As palavras-chave utilizadas foram *intra-hospital transport* (79 referências) e *critical ill patient transport* (524 referências). Foram incluídas no trabalho as referências que apresentaram como ponto principal de discussão a ventilação mecânica no transporte de pacientes críticos e suas condições pulmonares. Foram também aproveitadas referências citadas nesses trabalhos, desde que o tema central de discussão fosse a ventilação desses pacientes.

Os ventiladores analisados foram: Vent-Logos VLP 2000; Vent-Logos VLP 4000; Takaoka Microtak 920 Resgate; e Draeger Oxylog 3000. A escolha desses ventiladores foi realizada através de coleta de informações não oficiais sobre quais ventiladores de transporte são comumente usados por hospitais e por equipes de atendimento pré-hospitalar e de remoção de pacientes, a partir de profissionais que trabalham nessas instituições e equipes.

As fichas técnicas dos ventiladores de transporte foram retiradas do manual dos aparelhos, encontradas no *site* dos fabricantes. A partir das informações sobre as necessidades ventilatórias dos pacientes e sobre as características técnicas dos ventiladores, foi analisada a adequabilidade de cada aparelho nas diferentes situações clínicas.

Este trabalho constitui parte do projeto de pesquisa "Construção de um Sistema Portátil de Ventilação Universal para transporte de pacientes em uso de assistência ventilatória", financiado pela FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (processo número 46660186/2009, termo de outorga 01/2009), como incentivo à inovação tecnológica. O projeto é desenvolvido pela empresa Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A., em parceria com o Centro de Pesquisas da Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória (EMESCAM). O autor declara

também fazer parte do projeto, como bolsista de iniciação científica. Portanto, há conflito de interesses.

De acordo com as regras de elaboração dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) da EMESCAM, trabalhos de revisão de literatura não precisam de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da faculdade para serem realizados, por não lidar diretamente com animais nem com seres humanos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Ao se transportar um paciente em ventilação mecânica, deve-se ter em mente as condições de seus pulmões, assim como conhecer as características do ventilador a ser usado.

4.1 PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA QUE SÃO TRANSPORTADOS

Os pacientes em assistência ventilatória invasiva podem ser classificados como portadores de pulmões saudáveis ou lesados.

4.1.1 Ventilação Mecânica em Pulmões Saudáveis

Pacientes com pulmões saudáveis apresentam complacência pulmonar e resistência das vias aéreas normais. Dessa forma, o volume corrente é distribuído de forma homogênea e a exalação passiva ocorre sem dificuldade, com padrão de fluxo de ar similar ao da respiração espontânea (ROTTA & STEINHORN, 2007).

Apesar dos parâmetros ventilatórios específicos variarem de acordo com a idade, tamanho e constituição física, um volume corrente efetivo de 8 a 10 ml/kg de peso corporal ideal é considerado adequado para a maioria dos pacientes. O volume corrente, em cada ventilação, não deve produzir um platô de pressão superior a 30 cmH₂O, para se evitar lesões pulmonares por barotrauma, e não ultrapassar 10ml/kg de peso ideal, para se evitar lesões pulmonares por volutrauma (ROTTA & STEINHORN, 2007).

Há estudos que sugerem uso de ventilação protetora para evitar ou minimizar a lesão pulmonar associada à ventilação mecânica, que pode evoluir para lesão pulmonar aguda (LPA) e seu equivalente mais grave, a síndrome do desconforto

respiratório agudo (SDRA). Para isso, há recomendações de uso de volumes correntes menores que 10ml/kg de peso ideal e valores do platô de pressão menores que 30 cmH₂O (REGALLER & RICHTER, 2010).

A pressão expiratória final positiva (PEEP, do inglês *Positive End Expiratory Pressure*) deve ser usada para diminuir a probabilidade de ocorrer colapso alveolar com sua subsequente reabertura na fase inspiratória do ciclo respiratório, que ocorre em pacientes ventilados com PEEP zero. Como veremos adiante, esse evento lesa o alvéolo (atelectrauma) e pode levar à LPA (ROTTA & STEINHORN, 2007; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010).

Os tempos inspiratórios são geralmente próximos àqueles da respiração espontânea própria de cada idade, ou seja, cerca de 1,2 segundos para adultos, mantendo-se uma relação inspiração/expiração (relação I:E) de 1:2. Portanto, o ventilador deve gerar um volume-minuto (volume corrente X frequência respiratória) que resulte em normocapnia, medida através da gasometria arterial, ou da associação da oximetria de pulso com a capnografia (ROTTA & STEINHORN, 2007). O volume-minuto deve estar inicialmente entre 6 e 8 L/min.

Para se obter uma boa oxigenação do paciente, utiliza-se uma fração inspirada de oxigênio (FiO₂) que resulte em uma saturação da hemoglobina superior a 95% (BARBAS et al., 2007).

4.1.2 Ventilação Mecânica em Pulmões Lesados

Pacientes em assistência ventilatória que apresentam pulmões lesados podem ainda ser subdivididos de acordo com o padrão da lesão: aumento da resistência das vias aéreas ou diminuição da complacência pulmonar.

4.1.2.1 Doenças com Aumento da Resistência das Vias Aéreas

Doenças com aumento da resistência das vias aéreas são caracterizadas por um impedimento ao fluxo de ar, geralmente mais importante durante a expiração. Essa redução do fluxo expiratório exige um tempo expiratório prolongado, para que o ar no interior do alvéolo seja expulso antes da próxima inspiração. Caso um novo ciclo respiratório seja iniciado antes de completar o tempo expiratório necessário ao ciclo anterior, haverá acúmulo de ar e hiperinsuflação pulmonar (ROTTA & STEINHORN, 2007). Exemplos dessas doenças são a asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Os principais mecanismos envolvidos na obstrução ao fluxo aéreo são inflamação e edema da mucosa, hipersecreção brônquica com acúmulo de muco, broncoespasmo e redução da retração elástica pulmonar (ROTTA & STEINHORN, 2007; JESLER et al., 2007).

Os parâmetros ventilatórios serão, então, regulados visando evitar hiperinsuflação iatrogênica e barotrauma, mantendo uma ventilação alveolar compatível com um pH aceitável, salvo em estratégias ventilatórias como a hipercapnia permissiva. Objetiva-se também reverter a hipoxemia e aliviar a fadiga da musculatura respiratória (ROTTA & STEINHORN, 2007; BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007).

Reduzir o volume-minuto, através da utilização de baixo volume corrente e/ou baixa frequência respiratória, é a estratégia ventilatória mais eficiente visando à redução da hiperinsuflação dinâmica (JESLER et al., 2007). Em termos de valores de volume corrente, as recomendações variam de 5 a 8 ml/kg de peso ideal (BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007). A frequência respiratória é ajustada de forma que se assegure exalação completa antes da próxima inspiração, evitando assim o desenvolvimento da autoPEEP, que é a pressão expiratória final positiva elevada devido a acúmulo de ar nos alvéolos. Essa variável pode ser monitorada através das curvas de fluxo-tempo (ROTTA & STEINHORN, 2007), em que a expiração é completa quando o fluxo expiratório de ar nas vias aéreas chega ao ponto zero da curva antes da inspiração seguinte. A conduta descrita, assim como as demais que aumentam o tempo expiratório, visa obter uma relação tempo inspiratório : tempo expiratório (relação I:E) inferior a 1:3 (isto é, 1:4, 1:5, etc.) (ROTTA & STEINHORN, 2007; JESLER et al., 2007). A frequência respiratória entre 6 e 12 incursões respiratórias por minuto (irpm) (BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007) é bem

tolerada e resulta em diminuição da morbi-mortalidade (ROTTA & STEINHORN, 2007).

Em relação aos modos ventilatórios, não há evidências definitivas que indiquem superioridade de ventilação controlada a volume ou a pressão (ROTTA & STEINHORN, 2007; BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007). Os modos de pressão controlada têm a vantagem de garantir que o limite de pressão inspiratória desejado não seja ultrapassado (ROTTA & STEINHORN, 2007; BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007). Valores de pico de pressão não devem exceder 50 cmH₂O (ROTTA & STEINHORN, 2007; BARBAS et al., 2007), e de platô de pressão 30 cmH₂O, para evitar barotrauma.

O uso da PEEP extrínseca (PEEPe), que é aquela ajustada diretamente no ventilador, é controverso (ROTTA & STEINHORN, 2007). As recomendações são o uso cauteloso da PEEPe, de forma a minimizar a ocorrência de atelectasias e manter a patência das vias aéreas (ROTTA & STEINHORN, 2007), porém deve-se monitorar as variações do volume expiratório final, a fim de se evitar piora da hiperinsuflação e o barotrauma (ROTTA & STEINHORN, 2007; JESLER et al., 2007).

A FiO₂ deve ser ajustada evitando-se a hiperóxia, preferindo-se garantir valores da pressão arterial de oxigênio (PaO₂) mais próximos do limite inferior da faixa terapêutica (60 a 80 mmHg), desde que se garanta uma saturação arterial de oxigênio (SaO₂) superior a 90% na DPOC e a 95% na asma (BARBAS et al., 2007; JESLER et al., 2007).

4.1.2.1 Doenças com Diminuição da Complacência Pulmonar

Várias patologias altamente prevalentes nas unidades de terapia intensiva apresentam complacência pulmonar anormal, com características em comum, como as pneumonias, atelectasias, edema pulmonar, LPA e SDRA (ROTTA & STEINHORN, 2007).

Essas doenças, em geral, possuem acometimento pulmonar heterogêneo, em que parâmetros necessários para manter a oxigenação em alvéolos alterados podem lesar os alvéolos saudáveis (ROTTA & STEINHORN, 2007; PUTENSEN et al., 2009). Assim, quando grande parte do pulmão está consolidada ou com complacência reduzida, até mesmo volumes correntes de 10 a 12 ml/kg (ROTTA & STEINHORN, 2007) podem levar a uma hiperinsuflação importante e lesão das regiões pulmonares livres de lesão, devido à distribuição desproporcional de volume a essas regiões de maior complacência (ROTTA & STEINHORN, 2007; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010). Recomenda-se usar inicialmente volumes correntes iguais ou abaixo de 6 mL/kg de peso ideal (ROTTA & STEINHORN, 2007; AMATO et al., 2007; NARDELLI et al., 2009; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010) e limitar o platô de pressão em 30 cmH₂O, buscando proteger os segmentos pulmonares saudáveis (AMATO et al., 2007; NARDELLI et al., 2009; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010). Para se obter tais parâmetros, os ajustes no ventilador podem levar ao acúmulo de CO₂, caracterizado como hipercapnia permissiva, sendo bem tolerada, com poucos efeitos colaterais, contanto que os rins consigam compensar o pH sanguíneo a níveis aceitáveis. Caso não haja contra-indicações como: hipertensão intracraniana, insuficiência coronariana, arritmias agudas, hipertensão pulmonar e fluxo sanguíneo renal reduzido (ROTTA & STEINHORN, 2007; AMATO et al., 2007; NARDELLI et al., 2009; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010), são admissíveis aumentos na pressão arterial de gás carbônico (PaCO₂) que correspondam a um pH maior que 7,2 e uma saturação de oxigênio maior ou igual a 90% (REGALLER & RICHTER, 2010).

Os alvéolos com baixa complacência geralmente atingem um volume crítico de fechamento ao final da expiração, resultando em colapso alveolar. Com a nova inspiração, ocorre a reabertura desse alvéolo, que gera forças mecânicas de estiramento capazes de causar dano tecidual cumulativo após repetidos ciclos respiratórios, caracterizando o atelectrauma (ROTTA & STEINHORN, 2007; PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010). Esse mecanismo é mais intenso nos alvéolos de regiões intermediárias, situados entre zonas de alvéolos já colapsados e de alvéolos com ventilação normal (REGALLER & RICHTER, 2010).

Elevar a PEEP extrínseca mantém as unidades alveolares abertas para participarem das trocas gasosas, resultando no aumento da PaO₂ e na proteção contra esta lesão (ROTTA & STEINHORN, 2007; AMATO et al., 2007). Ainda é contraditório na literatura que valores de PEEP devam ser utilizados, sendo descritas diversas formas de calcular a PEEP ideal (AMATO et al., 2007; REGALLER & RICHTER, 2010). De forma geral, estudos mostram que estratégias de ventilação protetora com valores de PEEP elevados antagonizam o recrutamento e desrecrutamento cíclico nos alvéolos intermediários (REGALLER & RICHTER, 2010), e podem melhorar a oxigenação arterial e prevenir hipoxemia grave (PUTENSEN et al., 2009; REGALLER & RICHTER, 2010). Caso o pico de pressão e o volume corrente sejam mantidos em níveis adequados, a PEEP elevada não resulta em tensão da parede alveolar suficiente para causar barotrauma (PUTENSEN et al., 2009). Na literatura, o valor máximo de PEEP recomendado encontrado foi de 24 cmH₂O (REGALLER & RICHTER, 2010).

A inversão da relação I:E não mais é recomendada atualmente, por resultar numa maior pressão média de vias aéreas, com maior prejuízo hemodinâmico, sem benefício claro em termos de oxigenação ou proteção pulmonar (AMATO et al., 2007).

Recomenda-se, sempre que possível, manter FiO₂ abaixo de 60%, desde que se consiga manter PaO₂ igual ou acima de 60 mmHg e/ou SaO₂ igual ou acima de 90% (AMATO et al., 2007; REGALLER & RICHTER, 2010). Valores de FiO₂ mais elevados podem ser lesivos ao tecido pulmonar, devido à produção de radicais livres de oxigênio e inibição de vias metabólicas antiinflamatórias (REGALLER & RICHTER, 2010).

Não existem dados que comprovem superioridade entre os modos ventilatórios controlados a volume ou pressão (AMATO et al., 2007; REGALLER & RICHTER, 2010). Mais importante do que a escolha do modo ventilatório é a estratégia de ventilação protetora, mantendo-se valores adequados de volume corrente, pico de pressão e PEEP (REGALLER & RICHTER, 2010).

4.2 VENTILADORES DE TRANSPORTE

Seguem as especificações técnicas dos ventiladores de transporte abordados no trabalho, em ordem de complexidade do aparelho:

4.2.1 Vent-Logos VLP 2000



Figura 1 - Vent-Logos VLP 2000
Fonte: Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A.

O aparelho Vent-Logos VLP 2000(Figura 1) possui as seguintes configurações:

Fabricante: Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A. (www.cedan.com.br)

- Dimensões: 140 x 35 mm (cilíndrico);
- Peso: 240g;
- Fonte propulsora: oxigênio medicinal a 3,5 kgf/cm²;
- Mecanismo de funcionamento: pneumático;
- Consumo de O₂: 2,5 L/min;
- Gerador: de pressão;
- Modo de ventilação: Ventilação Controlada a Pressão (PCV, do inglês *Pressure Controlled Ventilation*);
- Pressão inspiratória: 25 cmH₂O;
- Ciclagem: a tempo;

- Controles: frequência respiratória e inspiração manual;
- Frequência: ajustável de 8 a 40 irpm;
- Relação I:E: entre 1:2 e 1:2,5;
- Fluxo máximo: 90 L/min (sem carga a jusante);
- Concentração máxima de oxigênio no ar inspirado: 40% (para adulto com pulmões normais);
- Possui sistema de anti-asfixia;
- Compatível com aparelho de ressonância nuclear magnética, por não ser magnetizável.

4.2.2 Vent-Logos VLP 4000



Figura 2: Vent-Logos VLP 4000

Fonte: http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Lamina_do_VLP-4000P.pdf

O aparelho Vent-Logos VLP 4000(Figura 2) possui as seguintes configurações:

Fabricante: Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A. (www.cedan.com.br)

- Dimensões: 177 x 125 x 246 mm;
- Peso: 1,9kg;
- Fonte propulsora: oxigênio medicinal de 3,5 kgf/cm² a 5 kgf/cm²;
- Mecanismo de funcionamento: pneumático;

- Geradores: de fluxo (FiO₂ a 100%) e de pressão (FiO₂ a 40%);
- Modos de ventilação: Ventilação Mandatória Controlada (CMV, do inglês *Controlled Mandatory Ventilation*), Ventilação Mandatória Assistida (AMV, do inglês *Assisted Mandatory Ventilation*) e manual;
- Controles: fluxo; tempo expiratório; esforço para ventilação assistida; pressão; ciclo manual; válvula Liga/Desliga; FiO₂; e PEEP;
- Ciclagem: a pressão, na passagem da fase inspiratória para expiratória, e a tempo na expiratória para inspiratória;
- Tempo expiratório: 0,5 a 15 segundos;
- Pressão inspiratória de ciclagem: 10 a 70 cmH₂O (ajustável);
- Intervalo de frequência: 6 a 60 irpm;
- Fluxo: 0,75 a 60 L/min (FiO₂ a 100%) ou 0,75 a 90 L/min (FiO₂ a 40%);
- Concentração de oxigênio: 40% (sem carga a jusante) ou 100%;
- PEEP: 0 a 20 cmH₂O, ajustável;
- Válvula de segurança: pré-regulada em 80 cmH₂O;
- Resistência expiratória: 2 cmH₂O a 50 L/min;
- Compatível com aparelho de ressonância nuclear magnética, por não ser magnetizável.

4.2.3 Takaoka Microtak 920 Resgate

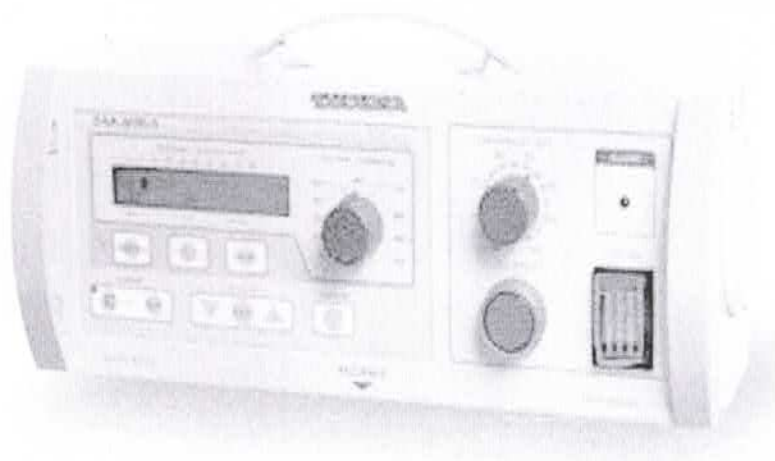


Figura 3: Microtak 920 Resgate

Fonte: <http://www.takaoka.com.br/pdfs/microtak/miolo.pdf>

O aparelho Microtak 920 Resgate (Figura 3) possui as seguintes configurações:

Fabricante: K. Takaoka Ind. Com. Ltda. (www.takaoka.com.br).

- Dimensões (L x A x P): 220 x 230 x 150 mm;

- Peso: 4,0 kg;

Alimentação de gás:

- Gás: oxigênio;

- Pressão de alimentação: 2,81 a 10,55 kgf/cm²;

- Pressão regulada pelo aparelho: 2,11 kgf/cm²;

Não é compatível com aparelho de ressonância nuclear magnética.

Modalidades: CMV; ventilação Assistida/Controlada (A/C), e Ventilação Mandatória Intermitente Sincronizada (SIMV, do inglês *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation*) que apresenta ciclos respiratórios controlados intercalados com ciclos respiratórios espontâneos;

Controles: volume corrente, frequência respiratória, sensibilidade, pressão inspiratória máxima, PEEP (em válvula externa), concentração de oxigênio e ciclo manual;

Parâmetros Ventilatórios:

- Volume corrente: 50 ml a 1000 ml;

- Frequência respiratória: 1 a 30 irpm (+/- 1);

- Tempo inspiratório: 1,0 segundo (+/- 0,05 segundo);

- Pressão inspiratória limite: 0 a 80 cmH₂O (+/- 5%);

- Sensibilidade assistida: -20 a +20 cmH₂O (+/- 5%);

- Concentração de O₂: 50 a 100% de O₂ (+/- 5%);

- Válvula de PEEP: 0 a 20 cmH₂O (+/- 5%);

Características Especiais:

- Manômetro de pressão inspiratória: eletrônico com *bargraph*, com escala de 0 a 100 cmH₂O;

- Tecla *stand by*;

- Válvula reguladora de pressão de O₂;

- Válvulas de segurança anti-asfixia e de alta pressão;

Características Elétricas:

- Bateria recarregável com 8 horas de autonomia (volume corrente de 400 ml, frequência respiratória de 12irpm e FiO₂ em 75%);
- Tempo para recarga completa da bateria: aproximadamente 10 horas com o Ventilador desligado;
- Opção de uso de quatro pilhas alcalinas do tipo "AA", com autonomia de aproximadamente 14 horas;

Alarmes: pressão máxima inspiratória, desconexão, falha na rede de oxigênio e bateria interna fraca.

4.2.4 Draeger Oxylog 3000

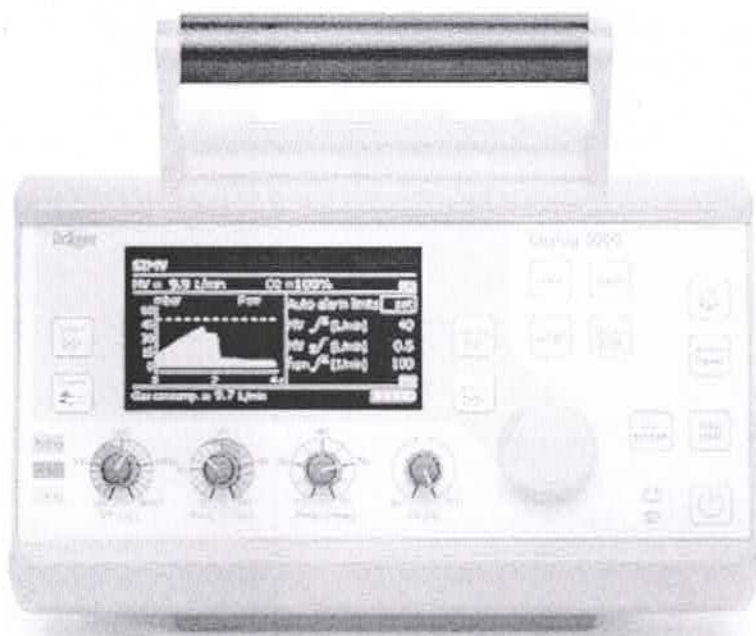


Figura 4: Draeger Oxylog 3000

Fonte: <http://www.draeger-medical.com/BR/pt>

O aparelho Draeger Oxylog 3000 (Figura 4) possui as seguintes configurações:

Fabricante: Dräger Medical AG & Co. KG (www.draeger-medical.com);

- Dimensões da unidade básica (LxAxP): 285 x 184 x 175 mm (sem alça de transporte);

- Peso da unidade básica: 4,9 kg aproximadamente (incluindo a bateria interna);

Não compatível com aparelho de ressonância nuclear magnética;

Duração da bateria: aproximadamente 4 horas;

Fornecimento de gás: a partir de um sistema central de fornecimento de gás ou um cilindro de gás;

- Gás fornecido: oxigênio ou ar medicinal;

- Pressão fornecida: 2,75 a 6,12 cmH₂O a 100 L/min;

- Consumo de gás para controle interno: 0,1 até 0,5 L/min;

Dados de funcionamento:

- Modos ventilatórios: Ventilação com Pressão Positiva Intermitente (IPPV, do inglês *Intermittent Positive Pressure Ventilation*)/IPPV Assistido, SIMV, SIMV com Respiração Espontânea Assistida com pressão de suporte (ASB, do inglês *Assisted Spontaneous Breathing*) intercalada aos ciclos mandatórios, Pressão Positiva de Vias Aéreas Bifásica (BIPAP, do inglês *Biphasic Positive Airway Pressure*), BIPAP/ASB, Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas (CPAP, do inglês *Continuous Positive Airway Pressure*), e CPAP/ASB;

- Modos especiais: Ventilação Não-Invasiva (VNI), ventilação de apneia (comuta automaticamente à ventilação de volume controlado, se a respiração cessar);

- Frequência ventilatória: 2 a 60 irpm (SIMV e BIBAP); 5 a 60 irpm (IPPV); 12 a 60 irpm (ventilação de apneia);

- Volume corrente: 50 a 2000 mL;

- Relação do tempo ventilatório I:E (IPPV): 1:4 a 3:1;

- Tempo inspiratório (SIMV, BIPAP): 0,2 a 10 segundos;

- Pressão inspiratória: PEEP + 3,06 cmH₂O a 56,9 cmH₂O;

- Concentração de oxigênio: 40 a 100%, infinitamente ajustável;

PEEP: 0 a 20,39 cmH₂O;

- Sensibilidade: 3 a 15 L/min;

- Suporte de pressão (no modo ASB): 0 a 35,69 cmH₂O (relativo à PEEP), tempo de elevação ajustável em 3 níveis;

- Fluxo máximo de inspiração: 100 L/min (pressão fornecida > 3,57 kgf/cm²) ou 80 L/min (pressão fornecida < 3,57 kgf/cm²);

- Exibição dos valores medidos: volume-minuto, frequência respiratória, volume corrente, PEEP, pressão média das vias aéreas, pico de pressão, platô de pressão, volume-minuto espontâneo, frequência respiratória espontânea, FiO₂;

- Monitor: tecnologia eletroluminescente, Pixels: 240 x 128, área visível: 108 x 56 mm;

- Exibição de curvas: curva de pressão e curva de fluxo;

Fornecimento de energia:

- Tipos de baterias: íons de lítio ou opcionalmente níquel-metal-hidreto;

- Tempo de funcionamento da bateria: aproximadamente 4 horas (íons de lítio) e aproximadamente 3 horas (níquel-metal-hidreto);

Alarmes:

- Pressão fornecida baixa: pressão fornecida $< 2,75 \text{ kgf/cm}^2$;

- Pressão das vias aéreas (alta): ajustável de 20,39 a 60,18 cmH₂O;

- Pressão das vias aéreas (baixa): quando a diferença de pressão entre inspiratório e expiratório é maior que 5,81 cmH₂O ou quando o nível de pressão estabelecido não é alcançado;

- Tempo de alarme de apneia: quando já não é detectada a atividade respiratória, ajustável de 15 a 60s;

- Fuga (não em VNI): volume corrente expiratório é aproximadamente 40% inferior a volume corrente inspiratório;

- Frequência elevada: o paciente respira a uma frequência espontânea elevada.

5 DISCUSSÃO

Para maior segurança no transporte do paciente com assistência ventilatória invasiva, há a tendência de optar-se pelo uso de ventiladores de transporte ou do próprio ventilador mecânico de UTI, ao invés de ventilação manual. Esse fato foi comprovado em um estudo que analisou 58 transportes de pacientes sob ventilação invasiva em dois hospitais da cidade de São Paulo, em que apenas 8,62% foram feitos com uso de ventilação manual, enquanto mais da metade (51,72%) foram realizados com ventilador de transporte, e 39,66% com ventilador mecânico de UTI (ZUCHELO & CHIAVONE, 2009).

Hurst et al. (1989), ao compararem ventilação manual com ventilação promovida por ventilador de transporte, observaram que todos os pacientes ventilados manualmente apresentaram evidente alcalose, enquanto pacientes ventilados pelo ventilador de transporte não apresentaram alterações significativas de pH ou da PaCO₂. Dockery et al. (1999) observaram que durante o transporte intra-hospitalar, a partir de um patamar estabilizado, a ventilação manual resultou em maior flutuação dos parâmetros ventilatórios do que a ventilação mecânica por ventilador de transporte. Outra vantagem do ventilador pulmonar é ter funcionamento automático depois de programado, liberando o membro da equipe que realizaria a ventilação manual para outras funções. Este fato facilita principalmente o atendimento pré-hospitalar e ressuscitação cardiopulmonar, em que muitas vezes dispõe-se de poucas pessoas para executar tarefas como puncionar acesso venoso, remoção e transporte do paciente, ajudar a colocar e retirar a maca de dentro da ambulância, abordar ferimentos, realizar avaliações secundárias, entre outros. (WEISS et al., 2005).

A evolução tecnológica dos ventiladores portáteis permitiu melhora da segurança ao se transportar pacientes graves em insuficiência respiratória. Por outro lado, nem toda inovação tecnológica acompanha-se de ganho no cuidado do paciente. Em alguns casos, a inovação pode até mesmo ser deletéria quando utilizada sem o preparo adequado e a experiência necessária. Assim, a escolha de ventiladores mecânicos para transportar um paciente deve ir além da escolha das características

diferenciadas dos aparelhos, sendo importante também o preparo e treinamento da equipe que irá manuseá-los (TOUFEN JUNIOR & CARVALHO, 2007).

É recomendação que o médico que acompanha o transporte de um paciente sob ventilação mecânica invasiva deve ser treinado em suporte avançado de vida e capacitado para obter prontamente um via aérea artificial, de preferência médicos especializados em medicina intensiva (ZUCHELO & CHIAVONE, 2009). No entanto, nem sempre é o que ocorre na prática. Um estudo realizado em hospitais com serviço de residência médica constatou que dos 58 transportes analisados, todos foram acompanhados apenas por médicos residentes, muitas vezes em seu primeiro ano de residência e sem experiência suficiente para lidar com pacientes graves (ZUCHELO & CHIAVONE, 2009). Apesar de médicos residentes poderem ser adequadamente treinados em ventilação mecânica, nem todos o são, e em geral não possuem a experiência de médicos especializados em medicina intensiva. O ventilador de transporte deve, então, além de ser portátil, ser fácil de operar (CHIPMAN et al., 2007), com controles simples, claramente identificados, de fácil localização e ajuste (CHIPMAN et al., 2007; TEMPLIER et al., 2007).

VLP 2000. O mais simples dos ventiladores analisados é o VLP 2000, descrito pelo fabricante como menor ventilador pulmonar disponível no mercado. É um aparelho cilíndrico, com 135 mm de comprimento e 32 mm de diâmetro, pesa 240 gramas, e apresenta apenas dois controles: inspiração manual, que desencadeia imediatamente o início da fase inspiratória; e frequência respiratória, a ser ajustada entre 8 e 40 irpm. Os outros parâmetros são ditados pela configuração de fábrica do ventilador.

É um aparelho pneumático, não microprocessado, ou seja, precisa apenas de fonte de oxigênio pressurizado para funcionar, com consumo de 2,5 L/min de oxigênio, e dispensa alimentação elétrica. Seus componentes não são magnetizáveis, logo pode ser levado ao interior de túneis de ressonância nuclear magnética.

O modo ventilatório utilizado por esse ventilador é o PCV. A pressão inspiratória varia de acordo com a pressão da fonte de oxigênio a qual o ventilador está conectado. O fabricante recomenda a calibração da pressão da fonte no padrão de

3,5 kgf/cm², que resulta em pressão inspiratória máxima de 25 cmH₂O, um valor seguro para ventilar pacientes com pulmões normais e evitar dano pulmonar. Esse valor pode, no entanto, variar de 16 cmH₂O (pressão da fonte em 2,5 Kgf/cm²) a 35 cmH₂O (pressão da fonte em 5,0 Kgf/cm²), conforme a tabela 1. Logo, exige que o profissional que executa o transporte conheça previamente como funciona o ventilador e certifique-se da calibração da pressão da fonte de oxigênio antes de usar o aparelho.

Tabela 1 – Pressão de via aérea oferecida pelo VLP 2000 de acordo com a pressão da fonte de oxigênio

Pressão da rede	Pressão de via aérea
2,5 Kgf/cm ²	16 cmH ₂ O (± 3%)
3,0 Kgf/cm ²	20 cmH ₂ O (± 3%)
3,5 Kgf/cm ²	25 cmH ₂ O
4,0Kgf/cm ²	28 cmH ₂ O (± 3%)
4,5 Kgf/cm ²	32 cmH ₂ O (± 3%)
5,0Kgf/cm ²	35 cmH ₂ O (± 3%)

Fonte: Vent-Logos Sistemas Lógicos S.A

(http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Manual_do_VLP-2000E.pdf)

Apresenta ciclagem das fases inspiratórias e expiratórias a tempo, com fluxo inspiratório sempre disponível em seu valor máximo de 90 L/min, sendo, porém, influenciado pela complacência pulmonar e pela resistência das vias aéreas.

A relação I:E é fixada em valor entre 1:2 e 1:2,5, que pode ser utilizada em pacientes com pulmões normais sem riscos. Em pacientes com aumento significativo da resistência das vias aéreas, podem ser necessários tempos expiratórios mais longos, com redução da relação I:E, para permitir adequado esvaziamento alveolar e evitar autoPEEP (ROTTA & STEINHORN, 2007; JESLER et al., 2007). Nesses casos, o VLP 2000 pode não satisfazer plenamente as necessidades ventilatórias do paciente, seja pela relação I:E fixa ou pela dificuldade de se identificar a formação de autoPEEP de valores elevados, devido à falta de monitorização dos parâmetros ventilatórios. Caso seja identificado aumento da autoPEEP, pode-se utilizar como estratégia a redução da frequência respiratória do paciente (JESLER et al., 2007), com conseqüente aumento do tempo expiratório, manutenção da relação I:E e diminuição do volume-minuto. Deve-se associar a essa estratégia uma devida

sedação, para evitar que o *drive* respiratório do paciente produza aumento indesejado da frequência respiratória.

Pacientes com redução da complacência pulmonar podem se beneficiar com o modo ventilatório PCV com pressão limitada a 25 cmH₂O. No entanto, o VLP 2000 não oferece monitorização dos parâmetros ventilatórios oferecidos, podendo passar despercebido situações potencialmente lesivas aos pulmões. Oscilações na pressão da fonte de oxigênio podem resultar tanto em pressões excessivas, com risco de barotrauma, como em pressões insuficientes para produzir um volume corrente adequado. Mesmo em situações em que a pressão inspiratória limite se mantenha constante, alterações estruturais dos pulmões podem reduzir o volume corrente a níveis insuficientes. Outro ponto observado foi que o ventilador não produz PEEP, sendo disponibilizado pelo fabricante uma válvula de PEEP como item opcional, sem valores pressóricos especificados no manual do aparelho.

O VLP 2000 fornece FiO₂ média de 40%, valor esse que depende também da complacência pulmonar. Apesar de ser uma concentração de oxigênio de baixa toxicidade, pode não ser adequado para ventilar pacientes dependentes de FiO₂ alta.

VLP 4000. Também é um ventilador pulmonar pneumático. Ventila o pulmão do paciente com a força gerada pela pressão do cilindro de oxigênio, e não possui microprocessador interno, dispensando o uso de bateria. Dessa forma, o ventilador funcionará enquanto durar a fonte de oxigênio.

Os modos ventilatórios disponíveis são CMV e AMV, com ciclagem da fase inspiratória para expiratória através de limite de pressão. Ou seja, quando o ar das vias aéreas atingir a pressão inspiratória máxima ajustada pelo operador, o ventilador cessará a fase inspiratória. Além da pressão máxima, o outro controle disponível no aparelho que influencia no tempo inspiratório é o fluxo inspiratório: quanto mais rápido o ar entrar nos pulmões, mais rápido se atingirá a pressão limite. Já a passagem da fase expiratória para a fase inspiratória é determinada pelo tempo, ajustado diretamente no ventilador no modo controlado ou pelo *drive* respiratório do paciente no modo assistido. Observa-se também que a ciclagem a

pressão faz com que o platô de pressão seja o próprio pico de pressão inspiratória, momento em que se encerra a fase inspiratória e se inicia a fase expiratória. Assim, a frequência respiratória e a relação I:E são determinados de forma indireta, ajustando o fluxo (que define o tempo inspiratório), e de forma direta ajustando o tempo expiratório.

Se por um lado esse modo traz segurança ao se garantir o valor máximo da pressão das vias aéreas e evitar o barotrauma, por outro, variações da pressão intrínseca das vias aéreas podem gerar volumes correntes baixos. Isso acontece, por exemplo, quando há aprisionamento de ar no interior do alvéolo, obstrução de tubos, ou quando o paciente soluça, ocorrendo aumento repentino da pressão das vias aéreas e finalização precoce do tempo inspiratório. Em pacientes com aumento da resistência das vias aéreas e com tendência a formar autoPEEP, tempos inspiratórios muito curtos causam diminuição do volume corrente e do tempo total do ciclo respiratório (caso o tempo expiratório for mantido constante). Isso resulta em aumento da frequência respiratória, diminuição do volume-minuto e piora da autoPEEP.

Logo, ao ventilar um paciente com aumento da resistência das vias aéreas com o VLP 4000, deve-se programar fluxos inspiratórios baixos para aumentar o tempo inspiratório e para evitar que altos fluxos causem aumento rápido da pressão das vias aéreas e interrompam a inspiração, gerando volumes correntes baixos; e manter tempos expiratórios longos o suficiente para resultar em uma relação I:E diminuída (1:3, 1:4 ou menor) e uma frequência respiratória baixa. Vale lembrar que para adotar estratégia de baixas frequências respiratórias, o paciente precisa estar devidamente sedado, para evitar ciclos respiratórios espontâneos indesejados. Como o aparelho fornece monitoração apenas dos parâmetros pressóricos (manômetro analógico), sem mensurações de volume e curvas de fluxo, não permite ajuste mais preciso dos parâmetros ventilatórios de acordo com a necessidade momentânea do paciente. O fabricante fornece como item opcional o ventilômetro de *Wright*, que pode ser adaptado à via expiratória do ventilador, auxiliando o ajuste dos parâmetros.

Essa forma de funcionamento permite também realizar ventilação pulmonar protetora: o platô de pressão é limitado ao valor do pico de pressão, que pode ser ajustado para valores menores que 30 cmH₂O; e há uma pequena flexibilidade de FiO₂, apresentando apenas dois valores fixos (40 ou 100%). Dessa forma, é torna possível transportar pacientes que demandam altas concentrações de oxigênio, e permite ventilar pacientes que não precisam de FiO₂ elevada, sem submetê-los desnecessariamente a níveis tóxicos de oxigênio.

Em relação à ventilação de pacientes com redução da complacência pulmonar, além dos parâmetros de proteção citados acima, é necessário também manter os valores de PEEP fornecidos antes do transporte, para evitar desrecrutamento alveolar e atelectrauma com a redução da PEEP (BIKKER et al., 2008). O valor máximo de PEEP fornecido por esse ventilador é de 20 cmH₂O, suficiente para transportar a maioria dos pacientes. Outro ponto importante dos cuidados com pacientes com redução da complacência pulmonar é o monitoramento do volume corrente, variável não monitorada pelo VLP 4000 sem o acessório ventilômetro.

Não foi encontrado descrição de alarmes no manual do VLP 4000. A ausência de alarmes demanda uma atenção constante ao doente.

Microtak 920 Resgate. É um ventilador pulmonar eletrônico microprocessado, logo precisa de bateria para funcionar. Sua autonomia, então, é limitada não somente à duração da fonte de oxigênio, mas também à carga da bateria. Esse ventilador apresenta bateria interna, que quando totalmente carregada dura aproximadamente oito horas, e tem opção de alimentação através de quatro pilhas comuns do tipo "AA" que, quando com carga completa, pode manter o ventilador funcionando por aproximadamente 14 horas.

Os modos ventilatórios são controlados a volume, porém limitados a pressão. Ou seja, será ofertado ao paciente o volume corrente programado apenas se esse volume produzir pressões nas vias aéreas menores ou iguais à pressão máxima ajustada. Caso atingida a pressão máxima, o fluxo é interrompido, produzindo volumes correntes menores que o programado, e será disparado o alarme de pressão máxima das vias aéreas.

Apresenta ciclagem a tempo, sendo que a fase inspiratória tem duração fixa de 1,0 segundo, e o tempo expiratório é determinado pela frequência respiratória, que pode ser ajustada em 1 a 30 irpm. O tempo expiratório varia, então, de 1,0 a 59 segundos, e a relação I:E de 1:1 a 1:59. Conforme exposto anteriormente, a flexibilidade da relação I:E, com tempos expiratórios longos, favorece a ventilação de pacientes com doença pulmonar com aumento da resistência das vias aéreas.

A possibilidade de limitar a pressão máxima das vias aéreas em valores abaixo de 30 cmH₂O diminui o risco de dano pulmonar induzido pelo ventilador. Esse parâmetro é importante ao se ventilar pacientes com redução da complacência pulmonar, visando à preservação dos segmentos pulmonares ainda livres de lesão. Ao manter um limite de pressão baixo, deve-se ficar atento para o volume corrente, que, apesar de não ser uma variável monitorada do ventilador, possui um alarme que indica que a pressão limite ajustada foi atingida e o fluxo interrompido, logo o volume programado provavelmente não foi totalmente liberado. Para saber qual volume corrente o ventilador está efetivamente fornecendo, pode-se reduzir o ajuste do volume corrente até valores em que a pressão máxima não seja alcançada.

O aparelho fornece valores de PEEP entre 0 e 20 cmH₂O, o que permite transportar a maioria dos pacientes com diminuição da complacência pulmonar. Nesse ponto, no entanto, o Microtak 920 Resgate tem a desvantagem de a PEEP ser regulada em uma válvula externa ao aparelho. Profissionais que não estão familiarizados com o ventilador, não tiveram treinamento, nem acesso ao manual do aparelho podem ter dificuldade para proceder a essa regulagem.

O ventilador permite ajuste de diversas concentrações de oxigênio, porém todas acima de 50%. Ao mesmo tempo em que pode ser vantajoso para pacientes dependentes de altas frações inspiradas de oxigênio, pacientes que apresentam oxigenação sanguínea estável com FiO₂ baixa recebem carga de oxigênio maior que a necessária, favorecendo o dano pulmonar.

Oxylog 3000. Dos ventiladores analisados, é o que mais se aproxima dos ventiladores utilizados nas unidades de terapia intensiva. Trata-se de um ventilador

pulmonar microprocessado, com sensores de fluxo e pressão, dos quais o aparelho obtém valores de volume corrente, frequência respiratória, além das curvas de fluxo e de pressão. É alimentado por bateria interna, que tem autonomia de aproximadamente 4 horas.

Apresenta ciclagem a tempo, e quatro modos ventilatórios (IPPV/IPPV Assistida, SIMV/ASB, BIPAP/ASB e CPAP/ASB), controlados a volume e a pressão. Em seu painel frontal há quatro botões rotatórios de controle de parâmetros ventilatórios: volume corrente (50 a 2000 ml), frequência respiratória (2 a 60 irpm), pressão máxima (20,39 a 61,18 cmH₂O) e concentração de oxigênio (40 a 100%). Outros controles podem ser ajustados no *menu* configurações (*settings*): PEEP (0 a 20 cmH₂O), tempo inspiratório (0,2 a 10 segundos), tempo de platô de pressão (0 a 50% do tempo inspiratório) e relação I:E (1:4 a 3:1). Dependendo do modo ventilatório, esses parâmetros serão ajustados direta ou indiretamente. No modo BIPAP/ASB há ainda a regulagem da pressão de suporte e da pressão inspiratória. Fornece monitorização dos seguintes parâmetros: volume-minuto, concentração de oxigênio oferecida, frequência respiratória efetiva, volume corrente, PEEP, pressão média das vias aéreas, pico de pressão, platô de pressão, volume-minuto produzido pela respiração espontânea e frequência respiratória espontânea.

Ao ventilar pacientes com aumento da resistência das vias aéreas, o Oxylog 3000, além de fornecer os controles necessários para reduzir a hiperinsuflação pulmonar (tempo expiratório longo, frequência respiratória baixa, volume corrente e relação I:E reduzidos), permite ajuste mais preciso desses parâmetros através da análise da curva de fluxo. O limite de pressão permite adotar estratégia ventilatória protetora dos pulmões, importante tanto para evitar lesão de pulmões saudáveis, quanto para preservar os alvéolos não lesados nas doenças que cursam com redução da complacência pulmonar. A monitorização do Oxylog 3000 permite selecionar volumes correntes baixos apenas o suficiente para manter pressões de vias aéreas não lesivas. Assim, evita-se usar volumes-minuto baixos desnecessariamente em ambas as lesões pulmonares.

O Oxylog 3000 oferece ainda alarmes ajustáveis de limite superior e inferior de volume-minuto, pressão de vias aéreas e frequência respiratória, entre outros, facilitando o acompanhamento do paciente.

Conforme discutido anteriormente, a possibilidade de ajuste variado da concentração de oxigênio permite atender pacientes com demanda de altas FiO_2 , e evita dano pulmonar em pacientes que não têm essa necessidade.

Apesar da variedade de controles e monitorização fornecidos pelo ventilador, muitas de suas operações não são intuitivas. Por exemplo, para mudar o modo ventilatório é preciso apertar e segurar o botão indicado por três segundos, ou apertá-lo rapidamente e apertar um segundo botão para confirmar a mudança, sem nenhuma instrução no local que assim deva fazê-lo. Essa situação pode resultar em condição de risco para o paciente caso ele inicie apneia no modo assistido (CPAP/ASB), e o operador não consiga mudar imediatamente para um modo controlado. Templier et al. (2007) compararam a facilidade de uso do Oxylog 3000 com outro ventilador de transporte (ResMed Elisée 250) que fornece parâmetros e monitorização semelhantes. Distribuíram tarefas a serem realizadas nos dois ventiladores, e verificaram que o número de erros e tarefas incompletas foi maior no Oxylog 3000. Logo, um profissional não familiarizado com o aparelho, ou que não tenha lido o manual, talvez não consiga utilizar boa parte de seus recursos.

	Capacidade de ventilar pulmões normais	Flexibilidade da relação I:E	PEEP	FiO_2	Nível de monitorização
VLP 2000	Sim	Não	Não	40%	Nenhum
VLP 4000	Sim	Sim	Sim	40 ou 100%	Baixo
Microtak 920	Sim	Sim	Sim	50 a 100%	Intermediário
Oxylog 3000	Sim	Sim	Sim	40 a 100%	Alto

Quadro 1 – Comparação entre os quatro ventiladores analisados.

O Quadro 1 compara de forma resumida a capacidade dos quatro ventiladores ventilarem pulmões em diferentes condições. A flexibilidade da relação I:E permite

melhor condução de pacientes com aumento da resistência das vias aéreas; a disponibilidade de PEEP é importante ao transportar pacientes com diminuição da complacência pulmonar; a flexibilidade da FiO_2 permite ajustar com maior precisão a concentração de oxigênio somente necessária para manter a oxigenação tecidual; e o nível de monitorização indica a capacidade do ventilador em informar quais são os parâmetros ventilatórios realmente oferecidos ao paciente, e disparar alarmes em situações de risco potencial.

6 CONCLUSÕES

Já é consenso na literatura que os ventiladores de transporte aumentam a segurança no transporte de pacientes críticos, quando comparados com uso de bolsa e máscara.

Todos ventiladores analisados conseguem ventilar adequadamente pacientes com pulmões normais. Nos pacientes com pulmões lesados, a ventilação pulmonar se torna mais complexa, requerendo monitorização e parâmetros ventilatórios mínimos. Assim, alguns ventiladores de transporte, por serem mais simples, podem não dispor desses recursos.

Dos quatro ventiladores abordados, o VLP 2000 é o mais simples e prático, indicado para ventilar com segurança pulmões normais, enquanto o Oxylog 3000 é o mais completo e complexo. O Microtak 920 e o VLP 4000 apresentam níveis intermediários de disponibilidade de parâmetros e de complexidade.

Por fim, estudos clínicos são necessários para confirmar a adequabilidade dos aparelhos nas diferentes situações descritas. Não foi encontrado na literatura pesquisada nenhum estudo experimental avaliando os parâmetros ventilatórios dos ventiladores citados, seja em simulador pulmonar, em animais ou em pacientes.

7REFERÊNCIAS

AMATO, M.B.P. et al; Ventilação mecânica na Lesão Pulmonar Aguda (LPA) / Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA). III CONSENSO BRASILEIRO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.33, n.2, p. 119-127, 2007.

BARBAS, C.S.V. et al; Ventilação mecânica na crise de asma aguda. III CONSENSO BRASILEIRO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.33, n.2, p. 106-110, 2007.

BARTON, A.C.H.; TUTTLE-NEWHALL, J.E.; SZALADOS, J.E.; Portable power supply for continuous mechanical ventilation during intrahospital transport of critical ill patients with ARDS. **Chest**, v.112, n.2, p.560-563, 1997.

BIKKER, I.G. et al; End-expiratory lung volume during mechanical ventilation: a comparison with reference values and the effect of positive end-expiratory pressure in intensive care unit patients with different lung conditions. **Critical Care**, v.12, n.6, p. 145, 2008.

CHIPMAN, D.W. et al; Performance Comparison of 15 Transport Ventilators. **Respiratory Care**, v. 52, n. 6, p. 740-751, jun. 2007.

DOCKERY, W.K. et al; A comparison of manual and mechanical ventilation during pediatric transport. **Critical Care Medicine**, v. 27, p. 802-806, 1999.

DRÄGER MEDICAL AG & CO. KG.; **Oxylog® 3000: Emergency and transport ventilator: Instructions for Use Software 1.n.** 8. ed., out 2006. Disponível em: <http://www.draeger.com/media/10/01/26/10012642/Oxylog3000_download_trainer_2009_july_en.zip>. Acesso em: 01 jun 2010.

GEBREMICHAEL, M. et al; Interhospital transport of extremely ill patient: the mobile intensive care unit. **Critical Care Medicine**, v. 28, n. 1, p 79-85, 2000.

HINKELBEIN, J. et al; Accuracy and precision of three different methods to determine P_{CO_2} (P_{aCO_2} vs. P_{etCO_2} vs. P_{tcCO_2}) during interhospital ground transport of critically ill and ventilated adults. **Journal of Trauma**, v. 65, n. 1, p 10-18, 2008.

HURST, J.M. et al; Comparison of blood gases during transport using two methods of ventilator support. **Journal of Trauma**, v. 29, p 1637-1640, 1989.

JESLER, S. et al; Ventilação mecânica na doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) descompensada. III CONSENSO BRASILEIRO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 2, p 111-118, 2007.

K. TAKAOKA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Manual de Operação: Ventilador Eletrônico Microtak. São Paulo: ago. 2006. Disponível em: <<http://www.takaoka.com.br/default.asp?sec=produtos&idProd=9>>. Acesso em: 01 jun. 2010.

McCLUSKEY, A. et al; Evaluation of the pneupac ventipac portable ventilator in critically ill patients. **Anesthesia**, v. 56, p. 1073-1081, 2001.

NARDELLI, M.; ROCCO, P.R.M.; GARCIA C.S.N.B.; Controvérsias acerca da acidose hipercápnica na síndrome do desconforto respiratório agudo. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v.21, n. 4,p. 404-415, 2009.

PUTENSEN, C. et al; Meta-analysis: Ventilation Strategies and Outcomes of the Acute Respiratory Distress Syndrome and Acute Lung Injury. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, p. 566-576, 2009.

Reanimador Pulmonar Automático e Manual VLP-2000E. Disponível em: <http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Lamina_do_VLP-2000E.pdf>. Acesso em: 01 jun 2010.

REGALLER, M.; RICHTER, T.; Acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. **Journal of Emergencies, Trauma, and Shock**, v. 3, n.1, p. 43-51, jan. 2010.

ROTTA, A.T.; STEINHORN, D.M.; Conventional mechanical ventilation in pediatrics. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 83, n. 2, p. 100-108, 2007.

TEMPLIER, F. et al; Evaluation of the Ventilator-User Interface of 2 New Advanced Compact Transport Ventilators. **Respiratory Care**, v. 52, n. 12, p. 1701-1709, 2007.

TOUFEN JUNIOR, C.; CARVALHO, C.R.R.; Ventiladores mecânicos. III CONSENSO BRASILEIRO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v 33, n. 2, p 71-91, 2007.

VENT-LOGOS Emergência Ventilador Pulmonar VLP-2000/25 e 35. Disponível em: <http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Manual_do_VLP-2000E.pdf>. Acesso em: 01 jun 2010.

Vent-Logos Ventilador Pulmonar mod. VLP 4000P. Disponível em: <http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Manual_VLP-4000P.pdf>. Acesso em: 01 jun 2010.

Ventilador Pulmonar Mecânico Pneumático VLP-4000P. Disponível em: <http://www.cedan.com.br/conteudo/produtos/Lamina_do_VLP-4000P.pdf>. Acesso em: 01 jun 2010.

VIEGAS, O.J.; CUMMINS, D.F., SHUMACKER, C.A.; Portable ventilator system for transport of critically ill patients. **Anesthesia and Analgesia**, v. 60, n. 10, p. 760-761, out. 1981.

WEISS, S.J. et al. Automatic Transport Ventilator Versus Bag Valve in the EMS Setting: A Prospective, Randomized Trial. **Southern Medical Journal**, v. 98, n. 10, p. 970-976, 2005.

ZUCHELO, L.T.S.; CHIAVONE, P. A.; Transporte intra-hospitalar de pacientes sob ventilação invasiva: repercussões cardiorrespiratórias e eventos adversos. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 35, n. 4, p. 367-374, 2009.