

O EMPRÊGO DO ULTRA-SOM PARA A UMIDIFICAÇÃO DOS GASES ANESTÉSICOS(*)

DR. HAROLD R. STEVENS (**)

AP2557

As complicações iatrogênicas relacionadas com a inalação de gases secos podem ser superadas com umidificação adequada. Vantagens terapêuticas podem ser obtidas com a adaptação judiciosa da nebulização ultrassônica aos circuitos de anestesia. Quando assim empregada há uma acentuada redução na incidência de complicações respiratórias, como foi ilustrada pela revisão de cirurgias cardíacas em nosso hospital. Resultados semelhantes, favoráveis, foram experimentados em outros tipos de cirurgia, torácica e de abdômen superior, com o emprêgo deste tipo de nebulização. Embora os dados aqui apresentados derivem de pequenas séries de casos envolvendo pacientes com uma incidência de complicações respiratórias notavelmente altas, torna-se certamente desejável o prosseguimento de investigações clínicas posteriores.

As complicações iatrogênicas relacionadas com a inalação de gases secos foram reconhecidas há algum tempo, mas só recentemente têm-se dado atenção para a correção da causa de tais problemas. A magnitude da deficiência de água é maior em técnicas sem reinalação, onde se aproxima de 28 mg/litro de gás inspirado. Uma diminuição menor existe nos sistemas com reinalação total (8.8 mg/l) e com reinalação parcial (13.2 mg/l). Estes valores foram obtidos de estudos de Chase e col. (1) em respiração sob máscara. Este deficit de umidade é ainda mais significativo quando se utilizam tubos traqueais eliminando o nasofaringe que normalmente provê e mantém considerável umidificação para as vias aéreas inferiores. O exame dos resultados na Tabela I de Sara e Curie (5), obtidos de pacientes que respiravam ar

(*) Apresentado no II Congresso Luso-Brasileiro de Anestesiologia, Setembro de 1968, Lisboa, Portugal.

(**) Diretor do Departamento de Anestesiologia e Terapia Inalatória do Hospital de Toledo, Pesquisador Associado do Instituto de Pesquisa Médica do Hospital de Toledo, Ohio, E.U.A.

ambiente, demonstra isto. Amostras de ar do orofaringe, com inspiração por via nasal, variam de 32 a 34°C com uma umidade relativa de 80 — 90%. Se a inspiração oral é estudada no mesmo nível da faringe, a temperatura atinge somente 21°C e a umidade relativa está perto de 60%. Assim, as vias aéreas superiores exercem considerável papel de condicionamento no envio de ar ao alvéolo a 38°C e com 100% de umidade relativa.

TABELA I

TEMPERATURA E UMIDADE DO TRATO RESPIRATÓRIO

Local	Temperatura ° C	Umidade relativa %	Umidade absoluta g/m ³
Orofaringe			
Inspiração Nasal	32-34	80-90	27-34
Inspiração Oral	21	60	11
Traquéia			
Alta			
Inspiração Nasal	34	90	34
Inspiração Oral	31	80	26
Baixa			
Inspiração Nasal	34	96-100	37.5
Alveolar	38	100	45

TABELA II

EFEITOS DA RESPIRAÇÃO POR TRAQUEOSTOMA

Condições	Temperatura ° C	Umidade relativa %	Umidade absoluta g/m ³
Traquéia Superior Intacta	34 — 33	93	34
Traqueostomia	28 — 26.5	83	22

Ao se estudar a Tabela II, pode-se facilmente ver a umidificação e o condicionamento inadequado do ar com uma traqueostomia, onde a temperatura, ao nível do traqueostoma, é 6-7°C mais baixa e a umidade relativa é 10% menor do que no segmento superior intato da traquéia. Assim, os

pacientes que respiram através de uma traqueostomia perdem grandes quantidades de água por evaporação no trato respiratório inferior sem o benefício do condicionamento nasal normal. Isto prepara o cenário para a tão bem conhecida seqüência ciliar diminuída, broncoestase, inflamação, retenção de muco espesso, infiltração bacteriana, atelectasia e pneumonia.

Estudos prévios demonstraram a eficiência da nebulização ultrassônica em comparação aos métodos pneumáticos pela qual os deficits acima apontados podem ser facilmente superados. A finalidade desta apresentação é descrever o uso clínico da nebulização ultrassônica em anestesia e discutir os resultados em um grupo selecionado de pacientes

MÉTODOS

Para estudo comparativo foram revistas as cirurgias cardíacas a céu aberto realizadas nos últimos três anos no The Toledo Hospital. Particular atenção foi devotada à presença de complicações respiratórias. Todos os pacientes foram operados por um ou dois cirurgiões de tórax, utilizando a mesma bomba (Sarns) com oxigenador de disco rotatório ou de membrana. A anestesia foi conduzida pela mesma equipe de anesthesiologistas. Foi realizada monitoragem contínua com ECG, EEG, pressão arterial, pressão venosa de cavas inferior e superior, com um Registrador Eletrônico de oito canais. O pH, PO₂ e PCO₂ arteriais foram medidos frequentemente durante a anestesia e no pós-operatório. O pessoal de enfermagem na cirurgia e no pós-operatório foi essencialmente o mesmo. A atenção para a umidificação foi a única mudança notável no manuseio clínico destes pacientes.

O ano de 1965 foi revisto com propósitos básicos. Em 1966, foi instituído o uso rotineiro de um aerosol ultrassônico de água destilada estéril, dentro de uma tenda, produzido por um nebulizador ultrassônico De Vilbiss da série 800, na posição 3 ou 4, no pós-operatório imediato por 24 horas ou mais. Foi usado oxigênio ou ar como gás carreador conforme fôsse indicado pelo estado do paciente. Os pacientes que requeriam ventilação artificial recebiam o aerosol por acréscimo de nebulizadores da série 800 ajustados à posição de entrada na linha inspiratória.

Em dezembro de 1966 estendemos o uso da nebulização ultrassônica para suprir a umidificação dos gases anestésicos. A figura 1 ilustra a incorporação desta unidade dentro do aparelho de anestesia. Este nebulizador é provido de um

suporte para facilidade de fixação ao filtro de cal sodada do aparelho de anestesia. É aconselhada a montagem em uma altura inferior à do paciente como mostra a figura. Assim, qualquer condensação drenará para dentro do recipiente do nebulizador em vez de ir para o tubo traqueal.

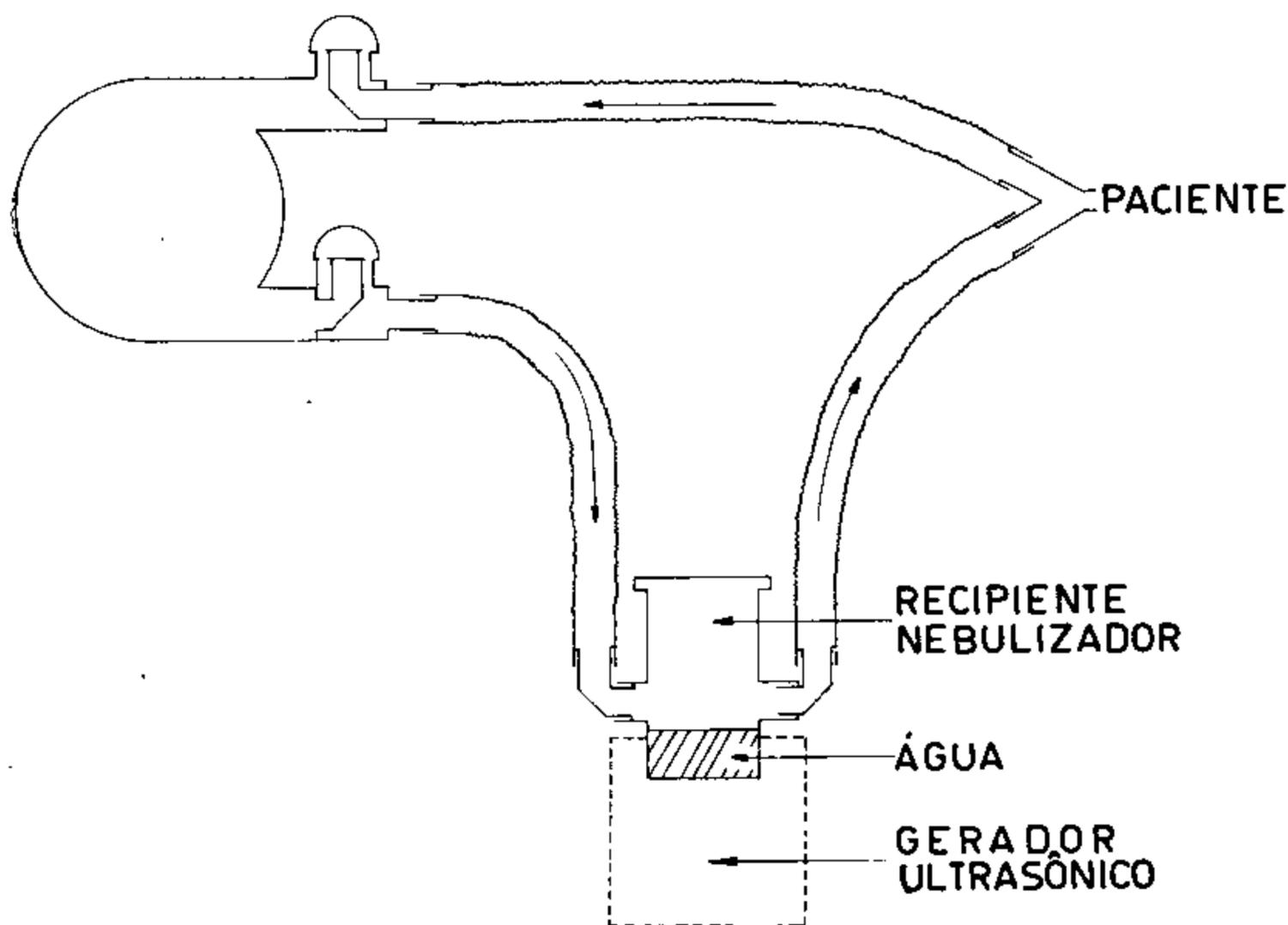


FIGURA 1

Diagrama esquemático do nebulizador incluído no sistema circular. Note-se que é colocado no ramo inspiratório.

Este nebulizador não é à prova de explosão, por isso é desaconselhado para o uso com substâncias inflamáveis. O nebulizador pode ser interposto na linha inspiratória de um sistema sem reinalação ou adaptado à linha inspiratória de um sistema circular. No último caso, a traquéia inspiratória que vem do filtro é adaptada a um cotovêlo do recipiente ao Y do sistema. Sugere-se a colocação do nebulizador na via inspiratória do circuito, perto do paciente, para evitar excessiva perda de partículas do aerosol principalmente na cal sodada e no balão. Assim, esta localização é próxima à válvula direcional que pode, por sua vez, causar excessiva resistência e condensação se o aerosol passa através dela.

A nebulização pode variar de 0 a 3 cc. de água por minuto e é facilmente controlada por ajustamento de um po-

tenciômetro através de um mostrador graduado de 0 a 10. O débito real do nebulizador, entretanto, depende de ambos: do controle do potenciômetro e das características do fluxo. Na prática, o potenciômetro é ajustado preliminarmente por um minuto para aquecer na posição mais baixa do mostrador que produza uma névoa escassamente visível no ramo inspirató-

CIRURGIA CARDÍACA: COMPLICAÇÕES RESPIRATÓRIAS

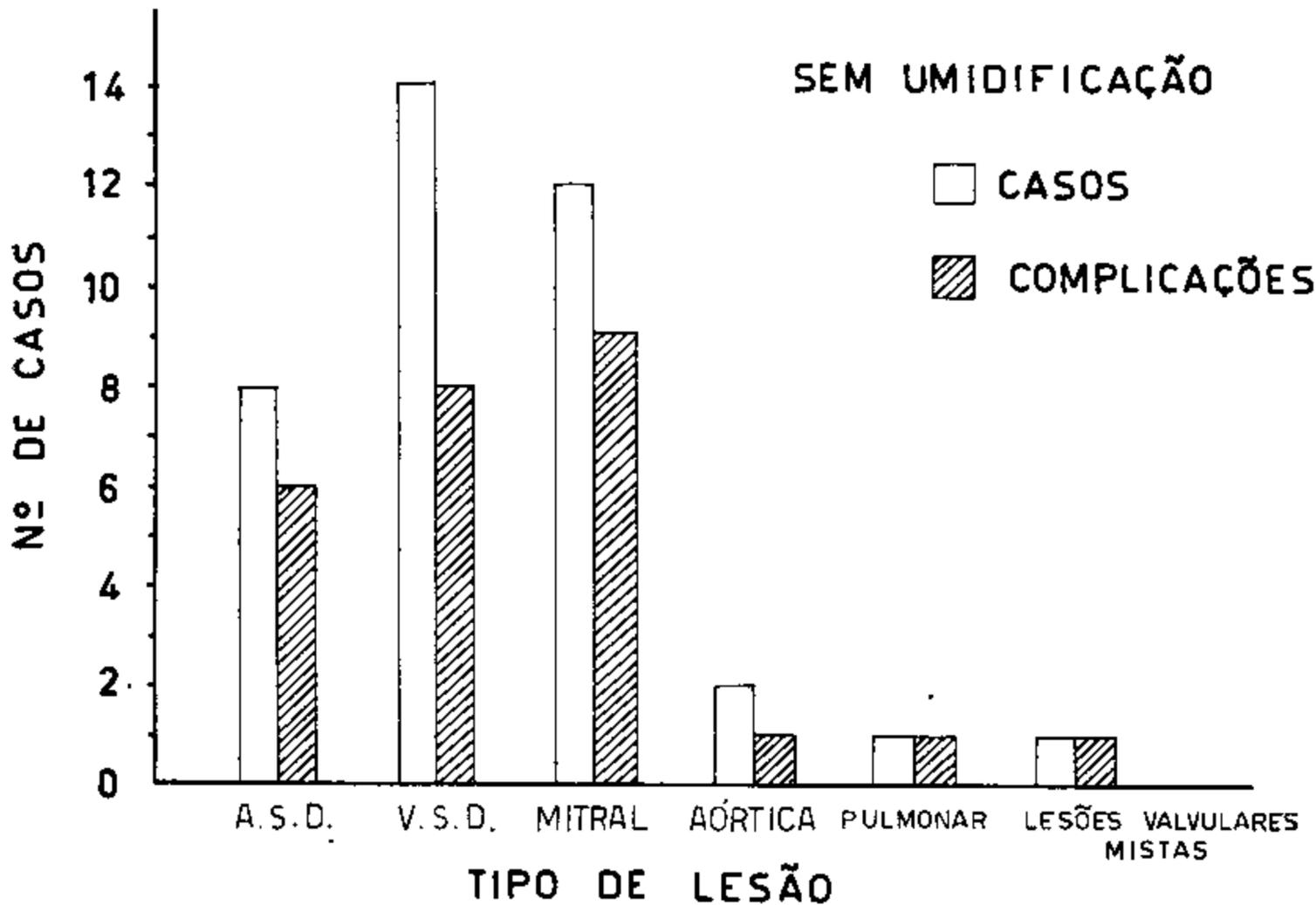


TABELA III

rio da peça Y, nas condições reais do fluxo dos gases, então rodado para a próxima posição mais baixa do mostrador para operação. Isto proverá uma umidade adequada para cobrir ambos os deficits, primário e secundário. Qualquer excesso de umidade condensada pode ser facilmente removido por aspiração estéril periódica e provou não se constituir em problema em qualquer caso nos dez meses de uso intensivo. Esta técnica foi empregada em anestesia inalatória para cirurgia de tórax e abdômem com até nove horas de duração em uma larga variedade de pacientes que iam da infância à velhice. Foi usada, na maioria dos casos, água destilada estéril, embora possa ser empregada solução salina normal, ou ao meio, com igual facilidade. O reservatório do nebulizador tem a capacidade para até 180 cc do líquido desejado.

Assim, os efeitos de três aplicações distintas da umidificação podem ser comparados. Os casos foram agrupados de acordo com o tipo de patologia e severidade dos sintomas. Prestou-se atenção para as complicações respiratórias julgadas através de meios clínicos e radiológicos. O raio-X de tórax era feito no pré-operatório e diariamente no período de convalescença pós-operatória. Estes resultados estão resumidos nas Tabelas III — VI.

CIRURGIA CARDÍACA: COMPLICAÇÕES RESPIRATÓRIAS

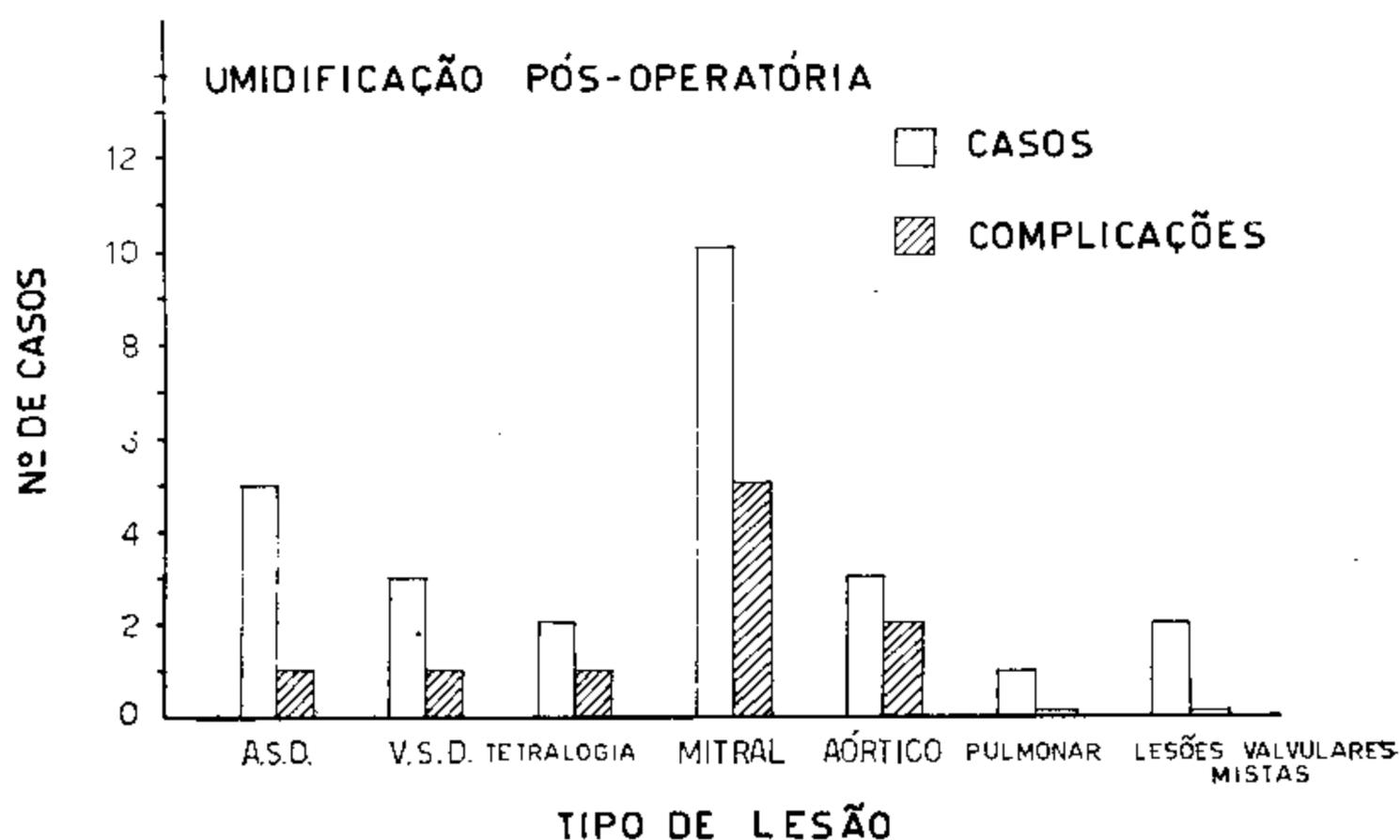


TABELA IV

RESULTADOS

Em 1965, quarenta pacientes com idades variando de 2 a 62 anos foram operados. Oito destes pacientes estariam seriamente descompensados como denota sua classificação no estado físico III ou pior (American Heart Association). Vinte e seis pacientes (65%) desenvolveram complicações respiratórias das quais a atelectasia foi a mais freqüente. Pneumonia com franca consolidação apareceu em sete pacientes. Dois pacientes com tetralogia de Fallot não sobreviveram à circulação extracorpórea e não estão incluídos na Tabela III.

Mais tarde, em 1966, a nebulização ultrassônica de água foi empregada no pós-operatório por 24 horas ou mais. De vinte e seis pacientes assim tratados, dez (38%) desenvol-

CIRURGIA CARDÍACA: COMPLICAÇÕES RESPIRATÓRIAS

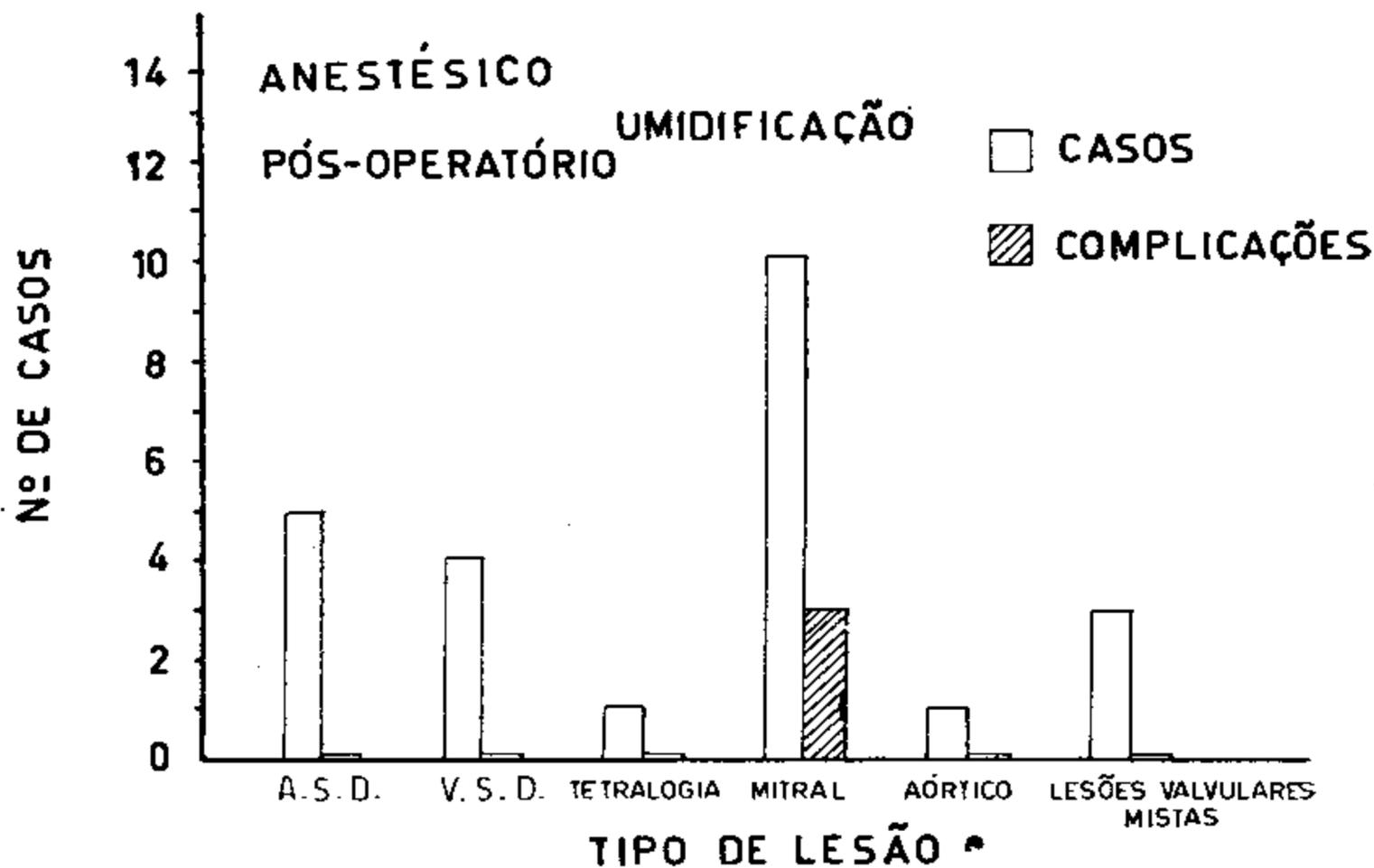


TABELA V

INCIDÊNCIA DE COMPLICAÇÕES RESPIRATÓRIAS

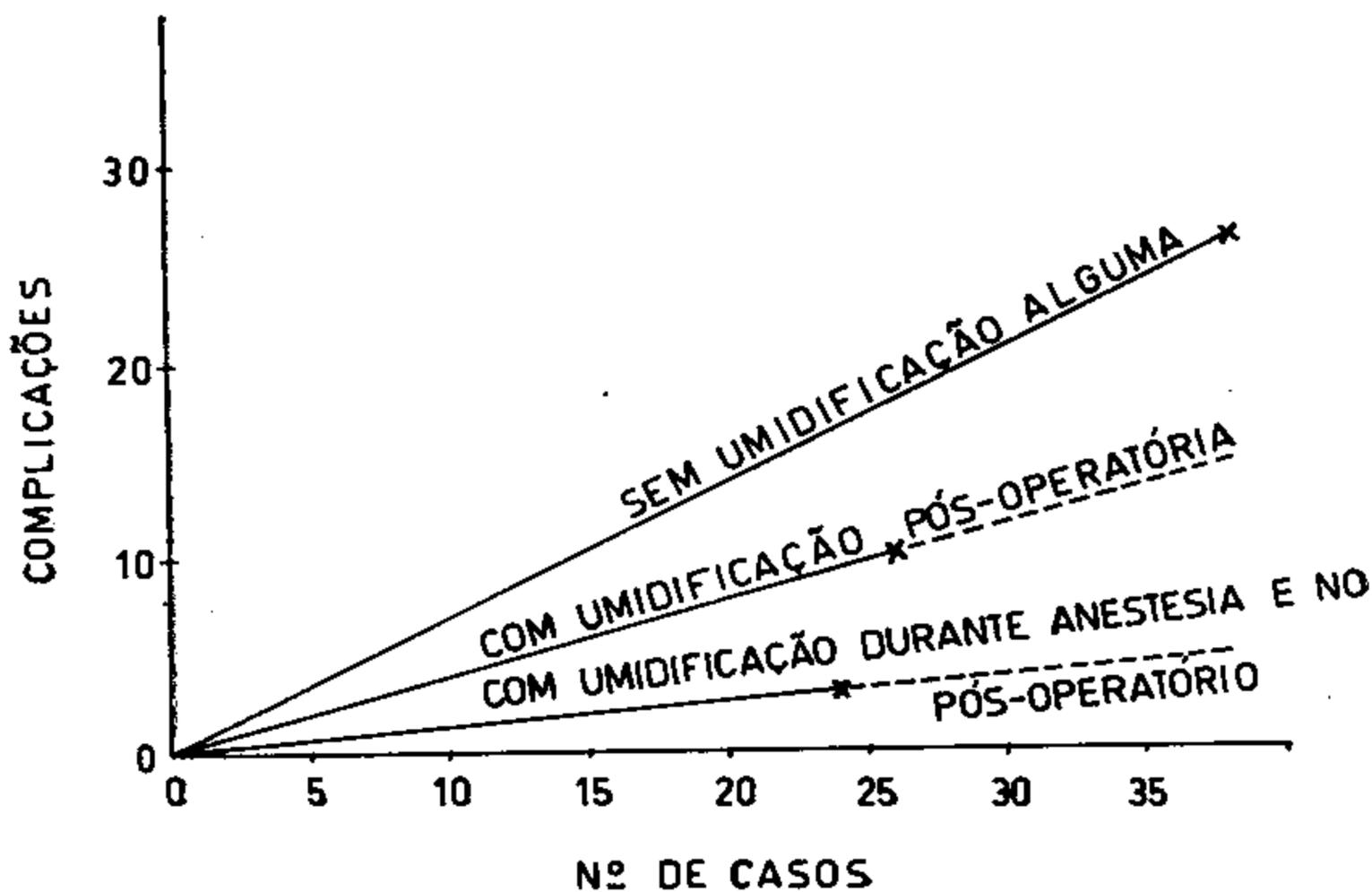


TABELA VI

veram complicações respiratórias das quais a atelectasia transitória em faixa foi a mais comum. A idade variava de 3 a 59 anos. Seis pacientes deste grupo eram de Estado Físico III ou pior (classificação pré-operatória).

CARACTERÍSTICAS DE RENDIMENTO DE AEROSOL

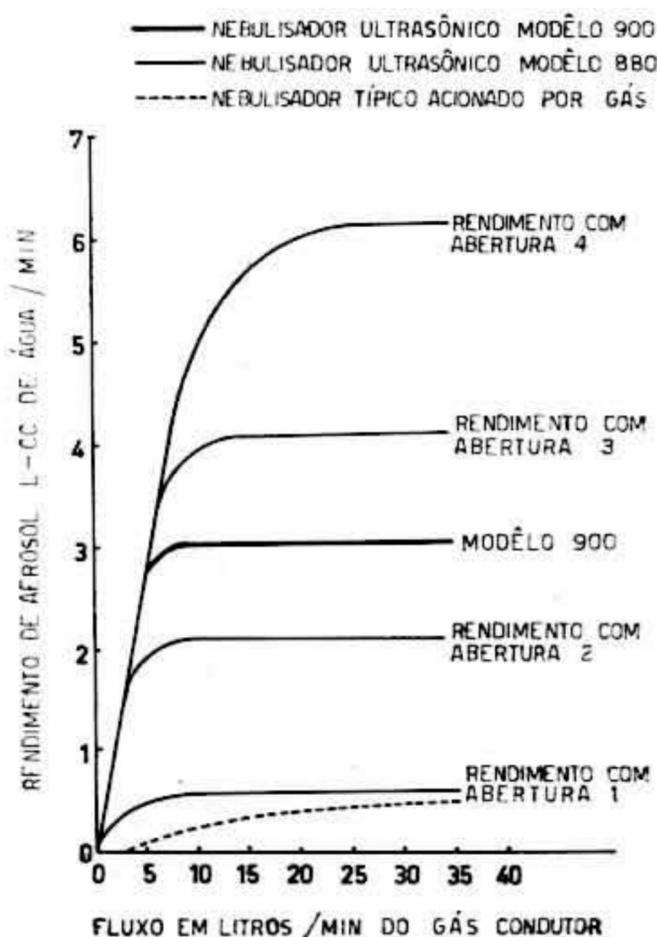


TABELA VII

Desde dezembro de 1966, a nebulização ultrassônica de água foi incorporada dentro do circuito de anestesia e os resultados estão resumidos na Tabela V. Vinte e quatro pacientes constavam deste grupo e a idade variava de 3 a 66 anos. Três pacientes (12%) desenvolveram complicações respiratórias no pós-operatório. Todos eles possuíam patologia de válvula mitral e um era classificado como Estado Físico III. Quatro outros neste grupo eram de estado Físico III ou pior e não desenvolveram complicações respiratórias.

DISCUSSÃO

Houve aparentemente uma redução acentuada das complicações respiratórias no pós-operatório desde a introdução da nebulização ultrassônica controlada de água. Aquêles achados anteriores ao uso da umidificação comparam-se aos resultados de Provan et al. (4) do Massachusetts General Hospital, que concluía que a idade era um fator significativo

na relação da morbidade somente no grupo de pacientes com anomalias congênitas. A existência prévia de bronquite crônica ou enfisema na sua série de 242 pacientes aumentou o risco do aparecimento de complicações respiratórias como mostrou a re-exploração, particularmente no grupo de patologia congênita. Provan também notou que a duração da operação mais do que o tempo de perfusão era um fator importante no aparecimento de complicações respiratórias. Pode-se especular sobre o papel da inalação de gases secos nesta relação.

Outra observação que pode possivelmente ser feita é de que a diminuição na morbidade ocorrida em nossos pacientes que recebem umidificação esteja relacionada com o avanço das técnicas de anestesia e cirurgia. Certamente que os médicos estão constantemente trabalhando para conseguir o seu aprimoramento. É improvável, entretanto, que a técnica somente possa explicar esta melhoria de padrões dentro dos dois anos passados em vista dos últimos dez anos de experiência clínica com cirurgia cardíaca a céu aberto. Embora o número destes grupos seja pequeno, é sugerida uma tendência para melhor, a despeito do número insuficiente para permitir uma análise estatística. (Tab. VI).

O perigo de acumulação de líquidos no pulmão, secundariamente à exposição prolongada à aerossóis por ultra-som foi anteriormente relatado. Ainda que o nosso uso de aerossóis envolva um certo tempo de duração, a avaliação da quantidade de fluido em deposição parece ser apropriada.

O exame das características operacionais do nebulizador ultrassônico De Vilbiss 900 revela um débito médio máximo de 3 cc. de água por minuto com fluxo contínuo de gases excedendo 10 litros por minuto (Tabela VII). Como o fluxo de gases carreadores é reduzido a 3-4 litros por minuto há um decréscimo no aerosol carregado do nebulizador, da ordem de 1,3 a 1,7 cc. por minuto. O débito real do nebulizador é, além disso reduzido pelo mostrador do potenciômetro, e é também afetado por muitas variáveis incluindo as características do gás, características do ciclo respiratório, valor do fluxo máximo, temperatura e umidade.

Estas considerações teóricas foram substanciadas por provas clínicas onde o nebulizador não excedeu a produção de 25 cc. por hora. De fato, em muitos casos, consideravelmente menos água é nebulizada.

Enquanto Engström e associados, (2) no seu trabalho inicial com nebulização ultrassônica, postulavam a possibilidade da absorção excessiva de água em crianças, isto não foi provado ser problema com o uso judicioso do nebulizador. Nas séries

de casos relatados, a criança mais jovem era de 2 anos de idade. Esta técnica, entretanto, foi usada em neonatos com uma considerável redução no potenciômetro do nebulizador sem efeito adverso. A construção do nebulizador isola o circuito respiratório do gerador e assim permite fácil remoção, para facilitar a esterilização por autoclavagem, de todas as partes em contato com a via aérea. A importância deste emprego não pode ser super-enfatizado para prevenir o crescimento bacteriano no meio úmido e aquecido. As traquéias de anestesia, de borracha, são também autoclavadas antes de cada caso para evitar contaminação cruzada do condensado nos tubos e filtros, suportando bem este procedimento, repetidamente. É sugerida a ventilação controlada ou assistida como boa prática anestésica.

SUMMARY

THE ULTRASONIC APPROACH TO HUMIDIFICATION OF ANESTHESIA GASES

Inert complications related to the inhalation of dry gases may be avoided by adequate humidification. Therapeutic advantage may be gained by judicious adaptation of ultrasonic nebulization to endotracheal anesthesia circuits. When so employed, there has been a marked reduction in the incidence of respiratory complications, as illustrated by review of open heart surgery in a community hospital. Similar favorable results have been experienced in other types of chest and upper abdominal surgery with this ultrasonic approach to humidification. While data presented herein is derived from a small series of cases involving patients with a notably high incidence of respiratory complications, the desirability of further clinical investigation is certainly suggested.

BIBLIOGRAFIA

1. Chase, H. F.; Kilmore, M. A. and Trotta, R. — Respiratory water loss via anesthetic systems: Mask rebreathing. *Anesthesiology*, 22:205, 1961.
2. Herzog, P.; Norlander, O. P.; and Engstrom, C. G. — Ultrasonic generation of aerosol for humidification of inspired gas during volume-controlled ventilation. *Acta Anaesth. Scand.*, 8:79, 1964.
3. Modell, J. H.; Giammona, S. T.; and Davis, J. H. — Effect of chronic exposure to ultrasonic aerosols on the lung. *Anesthesiology*, 28:680, 1967.
4. Provan, J. L.; Austen, W. G.; and Scannell, J. G. — Respiratory complications after open heart surgery. *J. Thoracic and Cardiovasc. Surg.*, 51: 626, 1966.
5. Sara, C.; Currie, T. — Humidification by nebulization. *M. J. Australia*, 1:174, 1965.
6. Stevens, H. R. and Albregt, H. B. — Assessment of ultrasonic nebulization. *Anesthesiology*, 27:648, 1966.