

Sistemas Fechado e de Baixo Fluxo Simplificados

J Antonio Aldrete ¶

Aldrete J A – Sistemas fechados e de baixo fluxo simplificados. Rev Bras Anest 31: 5: 399 - 401, 1981.

Apresentamos argumentos a favor do uso de sistemas de anestesia de baixo fluxo e fechado baseados na sua segurança, na necessidade de monitorizar as reações do paciente à anestesia, na exigência de raciocínio, no baixo custo, na melhor umidificação dos gases inspirados e na redução da poluição dos centros cirúrgicos. O emprego rotineiro destas técnicas na anestesia clínica, parece justificado.

Unitermos: EQUIPAMENTOS: sistema com reinalação total; SALA DE OPERAÇÃO: poluição; TÉCNICAS ANESTÉSICAS: inalatória.

AS TÉCNICAS para administração de anestésicos inalatórios têm variado, desde sistemas completamente abertos, nos primeiros tempos, até semi-fechados e completamente fechados. No entanto, no passado, as indicações para tais técnicas eram essencialmente ditadas pelas características físicas dos agentes anestésicos, ou pelas limitações do equipamento disponível. Atualmente estas condições foram substituídas pela necessidade de quantificar mais precisamente os gases respiratórios e anestésicos e observar os sinais vitais dos pacientes, pela necessidade de reduzir custos e com a preocupação da possibilidade da exposição prolongada aos gases anestésicos determinar efeitos tóxicos no pessoal que trabalha nos centros cirúrgicos.

ABSORÇÃO

A administração correta de anestesia em sistemas fechados requer a obtenção precoce da concentração arterial do anestésico (Ca) desejada. Para isto é necessário inicialmente introduzir no sistema de anestesia a quantidade de anestésico necessária e manter o transporte ventilatório e arterial do agente em concentrações, às vezes

muito mais altas do que as convencionalmente usadas com altos fluxos, mas geralmente com o mesmo volume em mililitros de agente vaporizado. A partir desta dose inicial "de ataque", o anestésico é introduzido à uma razão correspondente à absorção total do organismo. Em condições de Ca constante, cada órgão absorve o anestésico em caráter exponencial em diferentes velocidades determinadas pelo coeficiente de repartição tecido/sangue ($\lambda_{T/S}$), pelo volume e perfusão do órgão (Q_o) e pelo nível de concentração arterial do anestésico. Entretanto, a soma de todas as taxas de absorção dos vários órgãos se faz de maneira bem próxima a raiz quadrada do tempo.

A dose total, em qualquer instante durante a anestesia, é relacionada à T/S, Q_o , Ca e ao peso corpóreo. Os agentes anestésicos devem ser adicionados ao sistema de transporte a uma taxa igual a absorção corpórea total para manter uma Ca constante durante toda anestesia. As maneiras de administrar esta dose por meio de um vaporizador do tipo "copper kettle" ou "tec" ou pela injeção do líquido por meio de uma seringa em função do tempo, são razoavelmente similares; entretanto, as limitações e o modo de funcionamento de cada vaporizador devem ser levados em consideração. Apesar de clinicamente difícil, a injeção do líquido por meio de uma seringa constitui o método mais preciso de administração.

CONCENTRAÇÕES ANESTÉSICAS

O controle das concentrações anestésicas em um sistema fechado pode apresentar alguns problemas. Se o vaporizador for colocado fora do sistema anestésico, a concentração não pode elevar-se acima da máxima liberada pelo vaporizador; neste caso, o vaporizador deve ser capaz de oferecer desde as maiores concentrações possíveis (de acordo com as propriedades físicas do agente) até as menores com fluxos gasosos baixos. Se for usado óxido nítrico, o fluxo através do vaporizador deverá ser decrescente durante a fase de indução da anestesia em virtude da absorção decrescente de óxido nítrico, sendo necessário então variar a abertura do vaporizador para manter a taxa desejada de administração.

O vaporizador, para ser colocado dentro do sistema, deve ter baixa resistência, e, conseqüentemente, as flutuações de pressão exercidas sobre as vias aéreas podem alterar a concentração. Com ventilação espontânea esse efeito é limitado por um processo de retroalimentação negativa, mas com ventilação controlada esta proteção é perdida permitindo a obtenção de concentrações perigosamente altas. O método com seringa permite acoplar uma bomba de infusão ligada a um dispositivo programável que pode ser servo-controlado por um sensor localizado dentro do sistema.

¶ Professor do Departamento de Anestesiologia da Universidade de Alabama em Birmingham

Correspondência para J Antonio Aldrete
Department of Anesthesiology-School of Medicine
The University of Alabama in Birmingham
University Station
Birmingham, Alabama 35294
United States

Recebido em 21 de outubro de 1980

Aceito para publicação em 20 de maio de 1981

© 1981, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO

O óxido nítrico, até há 20 anos, era administrado com oxigênio em volumes suficientes para assegurar que o paciente recebesse quantidades necessárias de óxido nítrico para analgesia e de oxigênio para evitar hipoxia. As quantidades desses dois gases eram de tal maneira exageradas que as frações absorvidas pelos pacientes em nada ou em pouco afetavam as concentrações inaladas no decorrer da anestesia. Os volumes geralmente eram próximos ao volume minuto do paciente¹.

Entretanto, o volume minuto da ventilação é dez vezes o do gás absorvido; o indivíduo anestesiado consome somente cerca de 3 ml/kg/min de oxigênio e, após os primeiros 15 minutos, aproximadamente 2 ml/kg/min de óxido nítrico. Por esses dados fica claro que o emprego de fluxos totais da ordem de 5 litros por minuto resulta no desperdício para a atmosfera de 90% do gás sem ter sido utilizado.

O advento dos anestésicos fluorados iniciou uma era de conseqüências diferentes. Como uma alternativa é possível usar baixos fluxos de 500 ml de óxido nítrico e de oxigênio que têm se mostrado adequados^{1, 2}. Uma segunda alternativa surgiu do desenvolvimento de analisadores de oxigênio de resposta rápida que permitem o uso destes dois gases em fluxos ainda mais baixos³. Uma terceira alternativa foi proposta por Lowe⁴ e por Lin e col⁵ que desenvolveram diversas técnicas racionalizadas para o uso de sistemas fechados. Uma quarta alternativa é usar somente oxigênio e o agente fluorado situação em que não é necessário usar analisador de oxigênio, embora as concentrações do agente anestésico devam ser ajustadas corretamente.

UMIDIFICAÇÃO

A falta de umidificação das vias aéreas tem sido correlacionada com uma alta incidência de morbidade pulmonar pós-operatória. O uso de sistema baixo fluxo ou fechado permite, pela recirculação dos gases filtrados de CO₂, preservar o vapor d'água produzido no próprio trato respiratório do paciente. É possível conseguir mais de 70% de umidade nas vias aéreas (medida no sistema de anestesia) sempre que forem usados fluxos de gás inferiores a 1 litro por minuto, pelo menos durante 30 minutos. Mais de 90% de umidade é alcançada quando forem utilizados fluxos de 600 ml/min ou menos. O emprego destes tipos de sistemas anestésicos também evita perda de calor pelas vias aéreas.

CUSTO

Diferenças significativas no custo dos agentes anestésicos são evidentes quando sua utilização é comparada em sistemas fechado e de alto fluxo. Em abril de 1980, os custos eram os seguintes: (Tabela)

POLUIÇÃO DOS CENTROS CIRÚRGICOS

A contaminação dos centros cirúrgicos por gases e vapores anestésicos têm sido documentada tendo sido sugerida, por extrapolação, a possibilidade de causar efeitos nocivos ao pessoal que neles trabalha. Estes trabalhos originaram recomendações para o emprego de diversos métodos que assegurariam a remoção dos gases não consumidos das salas de operação para a atmosfera. Embora efeitos celulares, teciduais, carcinogênicos e teratogêni-

TABELA

	CUSTOS EM US\$
Oxigênio (cilindro "G" de 1400 galões)	5,07
Óxido nítrico (cilindro "G" de 3655 galões)	54,58
Halotano (250 ml)	18,95
Enflurano (250 ml)	47,40
Cada ml de vapor de halotano	,00033
Cada ml de vapor de enflurano	,00084
Se considerarmos fluxos alto e baixo	
Oxigênio, 1,5 l/min durante 1000 horas	79,92
Óxido nítrico, 3,5 l/min durante 1000 horas	856,80
Halotano a 1% em 5 l/min durante 1000 horas	873,60
Enflurano a 2% em 5 l/min durante 1000 horas	5.688,00
Oxigênio, 300 ml/min durante 1000 horas	15,96
200 ml/min durante 1000 horas	48,96
Óxido nítrico, 200 ml/min durante 1000 horas	87,36
Halotano 1% em fluxo de 500 ml/min durante 1000 horas	568,80

cos tenham sido provocados em laboratório, sob diferentes circunstâncias e após exposição prolongada aos agentes anestésicos⁷, a evidência de que estas observações possam ter relevância clínica é controversa e, na melhor das hipóteses, apenas sugestiva. Contudo, dificilmente pode-se argumentar contra os proponentes da diminuição das concentrações de óxido nítrico, halotano e enflurano dentro da área cirúrgica⁸. Dispositivos anti-polluição têm sido propostos com esta finalidade, embora, em mais de doze ocasiões, tenham ocorrido acidentes fatais por seu mau funcionamento. Um programa de manutenção e monitorização local também foi sugerido⁹ vi-

sando diminuir vazamentos e corrigir aparelhagem defeituosa. Todavia, isto seria oneroso e inútil se considerarmos a verificação ocasional de pontos estratégicos como mecanismo de comprovar a obediência a estas normas.

O uso de fluxos baixos e, mais ainda, de anestesia em sistema fechado tem demonstrado indubitavelmente que a contaminação com gases anestésicos é comparável à existente em sistemas providos de exaustão, parecendo, portanto, que o seu uso clínico é certamente possível para este objetivo.

Aldrete J A – Low flow and closed system anesthesia made simple. Rev Bras Anest 31: 5: 399 - 401, 1981.

Rationalizations for the use of low flow and closed system anesthesia is made based on its safety, need for closed monitoring of the patient's responses to the anesthetic, requiring exercise of the thought process, lower cost, better humidification of inspired gases and reduction of operating theatre pollution, the implementation of these techniques in routine anesthesia practice seems warranted.

Key-Words: ANESTHETIC TECHNIQUES: inhalation; EQUIPAMENT: closed system; OPERATION ROOM: pollution.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Weaver R H , Virtue R W – Blood oxygenation as affected by tidal volume and tension of nitrous oxide-oxygen inhaled at one milé altitude. *Anesthesiology* 16: 57 - 66, 1955.
2. Aldrete J A , Romo-Salas F – Oxygenation with high, intermediate and low gas flows during thoracic and abdominal surgery: studies at an altitude of one mile. In *Low Flow and Closed System Anesthesia*, Eds J A Aldrete, H J Lowe and R W Virtue, Grune Stratton, New York, 1979, p 53 - 66.
3. MacKrell T N – Oxygen Analyzers. In *Low Flow and Closed System Anesthesia*. Eds J A Aldrete , H J Lowe and R W Virtue. Grune Stratton, New York, 1979, p 269 - 271.
4. Lowe H J – The anesthetic continuum. In *Low Flow and Closed System Anesthesia*. Eds J A Aldrete , H J Lowe and R W Virtue, Grune Stratton, New York, 1979, p 11 - 38.
5. Lin C Y , Mostert J W , Benson D W – Low flow and closed circuit anesthesia In *Low Flow and Closed System Anesthesia*, Eds J A Aldrete, H J Lowe and R W Virtue. Grune Stratton, New York, 1979, p 115 - 126.
6. Aldrete J A , Cubillos P – Changes in Humidity and temperature in low flow and closed system anaesthesia. *Acta Anaesth. Scan.* In Press.
7. Occupational disease among operating room personnel – A national study. *Anesthesiology* 41: 321-340, 1974.
8. Aldrete J A , Virtue R W – Scavenging of anesthetic gases. *Anesth Analg* 59: 163 - 164, 1980.
9. Miller M G , Cullen B F – The cost of scavenging: Is it worth it? *Anesth Analg* 58: 265 - 266, 1979.
10. Virtue R W , Escobar A , Modell J G – Nitrous oxide levels in operating room air with various gas flow. *Canad Anaesth Soc J* 26: 313 - 318, 1979.

VI SEMINÁRIO DE ANESTESIA EM OBSTETRÍCIA
Patrocinado pela Sociedade de Anestesiologia do Estado de São Paulo.
São Paulo, 09 a 13 de Março de 1981

A Sociedade de Anestesiologia do Estado de São Paulo organizou o VI Seminário de Anestesia em Obstetrícia, realizado em São Paulo de 09 a 13 de março de 1981. Para o evento, convidou vários ilustres professores brasileiros e o Professor Sol M Shnider da Universidade da Califórnia em San Francisco.

A Comissão de Assuntos Internacionais da Sociedade Brasileira de Anestesiologia participou deste projeto, realizando todos os contatos necessários com o Prof Sol M Shnider e obtendo autorização para publicação dos textos de suas conferências na Revista Brasileira de Anestesiologia.

A Diretoria da SAESP ofereceu as facilidades necessárias para levar adiante o intento. Os textos foram traduzidos por Carlos Alexandre D Artigas e revistos por Carlos Pereira Parsloe. As perguntas e respostas foram gravadas, retiradas das fitas, traduzidas e editadas, com anuência do Professor Sol M Shnider, por Carlos Pereira Parsloe que assume a responsabilidade por eventuais incorreções. Os textos traduzidos e as perguntas e respostas, foram revistos por, Dilson Jacy Monteiro, Friederich Theodor Simon, João Brenha Ribeiro, Jorge de Almeida Bello e Paulo Sérgio Rivetti. Os dedicados e competentes funcionários da SAESP, Dna Zilah Hamman e Sr Marcos Alceu Leal Torno, encarregaram-se da árdua tarefa de realizarem a datilografia perfeita.

Dada a natureza concisa e objetiva dos textos e a vivacidade e propriedade das perguntas e respostas o Editor e o Conselho Editorial da Revista Brasileira de Anestesiologia aprovaram sua publicação esperando que disseminem conhecimentos úteis a todos os sócios da Sociedade Brasileira de Anestesiologia.

Carlos Pereira Parsloe, EA
Comissão de Assuntos Internacionais - SBA
Rua Comandante Ismael Guilherme, 98
04031 - São Paulo - SP