

## Anestesia Quantitativa em Sistema Fechado

R. Bernal, MD, FACA<sup>¶</sup>, F. Nuñez, MD<sup>§</sup> & R. Seixas, MD<sup>§</sup>

Bernal R, Nuñez F, Seixas R – Quantitative anesthesia in closed circuit. Rev Bras Anest 1983; 33: 5: 333 - 336

The authors discuss the pollution of the operating room and the need of sophisticated equipment for gas scavenging. Because this procedure has a high cost and is always ineffective, they recommend the use of a low closed system to administer inhalation anesthesia.

They demonstrate that Lowe's technique is very stimulating because it does not need equipment, it has a low cost, and the mathematical steps are very simple. These features make this technique the anesthesia of the future in the developing countries.

Key - Words: ANESTHETIC CIRCUITS: closed; ANESTHETIC TECHNIQUES: general, inhalation

Bernal R, Nuñez F, Seixas R – Anestesia quantitativa em sistema fechado. Rev Bras Anest 1983; 33: 5: 333 - 336

Os autores, considerando a poluição ambiental e a conseqüente necessidade de se instalar equipamentos caros e nem sempre eficientes para eliminar o ar expirado pelos pacientes, preconizam o uso de sistema fechados e com baixos fluxos de gases para administração de anestesia inalatória.

Procuram demonstrar em seu trabalho, que a técnica preconizada por Lowe é estimulante, pois não requer equipamentos sofisticados, e os cálculos matemáticos podem ser perfeitamente simplificados.

Chamam principalmente atenção à não necessidade de equipamentos, tais como vaporizadores calibrados de alto custo, e da economia que este tipo de anestesia traz para os pacientes. Acreditam que seja mais difundida principalmente nos países em desenvolvimento.

Unitermos: SISTEMAS DE ANESTESIA: com absorvedor de dióxido de carbono; TÉCNICAS DE ANESTESIA: geral, inalatória

ATUALMENTE, na prática da Anestesiologia, devemos considerar alguns fatores importantes tais como: a poluição ambiental, que aumenta o risco ao pessoal da sala de operações<sup>1</sup> e a conseqüente necessidade de instalar equipamentos caros e nem sempre eficientes<sup>2</sup> para eliminação adequada dos gases anestésicos; os elevados custos dos gases e vapores anestésicos, que aumentam consideravelmente o custo do atendimento médico; o difícil acesso às fontes de óxido nitroso ou a impraticabilidade de sua administração. Estes fatores estimulam a prática da anestesia quantitativa, preconizada por Lowe<sup>3</sup>, utilizando o equipamento disponível, e simplificando ao máximo os cálculos matemáticos que esta técnica exige.

### METODOLOGIA

Foram estudados 74 pacientes, 38 do sexo feminino e 36 do masculino, de idade variável entre 3 e 89 anos, com pesos de 10 a 100 kg; classificação ASA de I a III (Tabela I), aos quais foram administradas 75 anestésias, 54 através de sonda endotraqueais e 21 sob máscara, para diferentes intervenções cirúrgicas (ortopédicas 35; oftalmológicas 23; otorrinolaringológicas 10; intraabdominais 3 e outras 3).

TABELA I

Sexo	Idade f	Peso kg f	ASA
M 36	3 - 10 = 8	10 - 20 = 3	I = 40
F 38	11 - 20 = 6	21 - 30 = 6	II = 32
	21 - 30 = 6	31 - 40 = 3	III = 2
	31 - 40 = 10	45 - 50 = 6	
	41 - 50 = 6	51 - 60 = 29	
	51 - 60 = 11	61 - 70 = 19	
	61 - 70 = 13	71 - 80 = 4	
	71 - 80 = 7	- - 80 =	
	81 - 90 = 3		

f = frequência

¶ Médico funcionário, Serviço de Anestesiologia do Centro Hospitalario Metropolitano de 1.<sup>a</sup> Caja de Seguro Social

§ Médico Residente, Serviço de Anestesiologia do Centro Hospitalario Metropolitano de 1.<sup>a</sup> Caja de Seguro Social

Correspondência para Rodrigo Bernal

Apartado 4339

Panamá 5

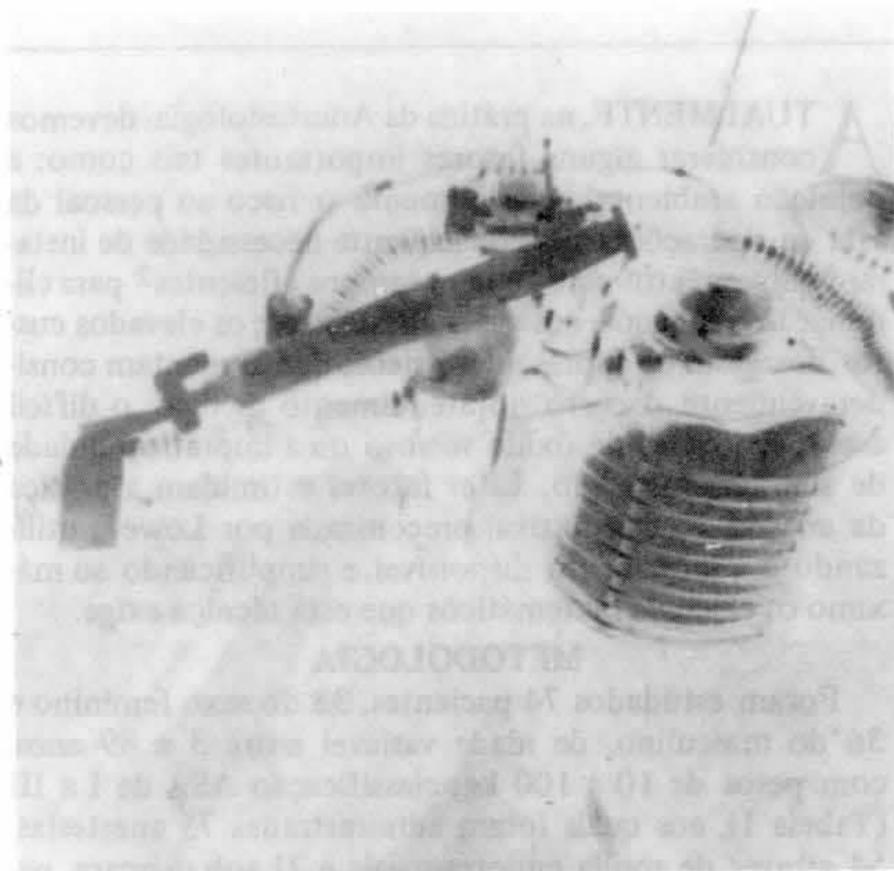
República do Panamá

Recebido em 4 de fevereiro de 1982

Aceito para publicação em 18 de agosto de 1982

© 1983, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Em sua maioria os pacientes, receberam medicação pré-anestésica com diazepam + atropina ou meperidina + atropina, conforme o caso, 1 hora antes da indução. A maioria dos pacientes recebeu para indução e intubação, tiopental sódico, succinilcolina e instilação tópica laríngea de lidocaína a 2% ou 4%. Seguiu-se de hiperventilação durante 2 a 3 minutos com oxigênio a 100%. Depois de fixado o tubo traqueal, o sistema de inalação era fechado e passava-se a injetar o líquido anestésico no ramo expiratório do sistema, por meio de uma seringa de 10 ml, conectada a uma agulha n.º 25, por meio de torneira de 3 vias. As doses e seus intervalos foram determinados de acordo com os postulados de Lowe<sup>4</sup> para manter uma CAM de 1,3. Usou-se oxigênio isoladamente, ou em combinação com óxido nitroso, e nestes casos sempre empregou-se um analisador polarográfico de oxigênio para manter a concentração de oxigênio expirado em 40%. Os fluxos de oxigênio foram calculados de acordo com a fórmula de Brody<sup>5</sup>. Foram empregados relaxantes adespolarizantes sempre que se necessitou relaxante muscular.



## RESULTADOS

A duração média da anestesia com enflurano foi de 1,63 horas com extremos de 0:25 a 3:15' horas e com halotano foi de 1,84 horas com extremos de 0:50 a 3:20'; o consumo médio horário de enflurano foi de 8,5 ml e o total com extremos de 5 a 28 ml, e de halotano 3,7 ml, com total extremos de 1,8 ml a 17 ml (Tabelas II e III). A dose

TABELA II

ENFLURANO	
Tempo Médio de Anestesia:	1,63 h
Consumo Médio por Caso:	13,9 ml
Consumo Médio por Hora:	8,5 ml
Extremos: Tempo:	00:25 a 03:15 h
Consumo	5 a 28 ml

máxima de isoflurano foi de 14,5 ml em 6 horas de anestesia. Os fluxos máximos de oxigênio foram de 350 ml. min<sup>-1</sup> e os de óxido nitroso de 300 ml. min<sup>-1</sup> ou menos.

TABELA III

HALOTANO	
Tempo Médio de Anestesia:	1,84 h
Consumo Médio por Caso:	6,8 ml
Consumo Médio por Hora:	3,7 ml
Extremos: Tempo:	00:50 a 03:20 h
Consumo	1,8 a 17 ml

## DISCUSSÃO

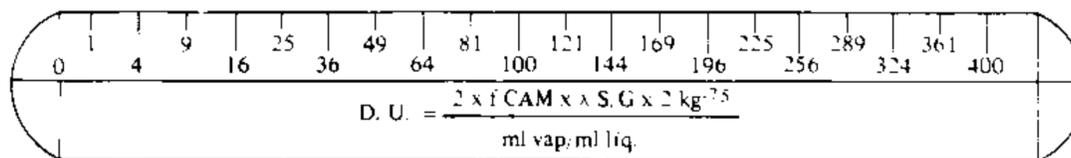
Embora, desde 1973, um dos autores<sup>6</sup> tenha iniciado sua experiência com a técnica de injeção de doses calculadas, de acordo com o método preconizado por Weingarten e Lowe<sup>7</sup>, somente em abril de 1981 iniciamos o uso da anestesia quantitativa, com os anestésicos utilizados mais freqüentemente: halotano, enflurano e, mais recentemente, isoflurano. Apesar de nossa experiência ainda limitada, pudemos comprovar a validade da técnica e recomendar seu uso mais generalizado.

Existem várias idéias errôneas acerca dos perigos do sistema fechado, tais como o acúmulo excessivo de nitrogênio, a formação de quantidades tóxicas de monóxido de carbono ou a produção de metabólitos voláteis tóxicos, todas rebatidas plenamente por Barton e Nunn<sup>8</sup>, Cole<sup>9</sup> e Eger<sup>10</sup>. Como em qualquer outra técnica, também existe o risco de administrar uma mistura hipóxica, porém, na falta de um analisador de oxigênio, se nos abstermos de usar óxido nitroso e usarmos somente oxigênio, este risco desaparece. A vantagem desta técnica reside, principalmente, na presença de uma alta concentração de oxigênio inspirado, e na ausência de óxido nitroso. Assim, esta técnica seria favorável nos pacientes com pneumopatias, nos chocados, na obstrução intestinal ou na cirurgia otológica.

Finalmente, é costume dizer que a técnica é de manuseio difícil, e que o cálculo da dose unitária requer o uso de um computador com execução de operações matemáticas. Embora seja necessário utilizar uma série de equações complicadas para entender o mecanismo íntimo da absorção dos anestésicos<sup>11</sup>, conseguimos elaborar, com a ajuda de uma calculadora de bolso, uma tabela para o cálculo do oxigênio basal e da dose unitária. Para fácil manuseio na sala de operação, escrevemos esta tabela em um simples abaixador de língua de madeira. Baseamo-nos na fórmula derivada de Brody e ampliada por Kleiber<sup>12</sup>, para o cálculo do consumo basal de oxigênio, produção de dióxido de carbono, débito cardíaco, necessidades hídricas e ventilação pulmonar. Assim, em uma face do abaixador de língua colocamos numa coluna, os pesos em kg de 5 até 150 e, ao seu lado, em outra, os valores correspondentes em kg 0,75 (n.º de Brody). Na outra face imprimimos a fórmula de Lowe<sup>13</sup> para a dose unitária e os intervalos para sua administração (Fig 1). Se atribuirmos um valor numérico a cada fração da fórmula, podemos obter um fator constante para cada anestésico para uma CAM de 1,3. Assim, o fator é 0,0373 para halotano, 0,0799 para

CAM	
1,3 MAC	
H	E
0,04	0,09
kg.	.75
150	42,8
140	40,8
130	35,4
120	32,2
110	33,9
100	31,6
95	30,4
90	29,7
85	25,0
80	26,7
75	25,4
70	24,0
65	22,9
60	22,5
55	20,0
50	18,8
45	17,3
40	15,5
35	14,3
30	12,8
27,5	12,0
2,5	11,2
22,5	10,3
20	9,8
17,5	8,5
15	7,6
12,5	6,6
10	2,6
7,5	4,5
5	3,3
I 0,05	M 0,04

FIGURA I



CAM                      λ S/G

DU – Dose Unitária  
 CAM – Concentração Alveolar Mínima  
 λ S/G – Coeficiente de solubilidade sangue/gás

H – Halotano  
 E – Enflurano  
 I – Isoflurano  
 M – Metoxiflurano

enflurano, 0,0485 para isoflurano e 0,0387 para metoxiflurano. Só falta a incógnita que corresponderia ao número de Brody (Tabela IV). Assim, todo o cálculo matemático

fica reduzido a uma simples operação aritmética de multiplicação (Tabela V).

---

$DU = 2 Ca \cdot Q = \frac{2 \times f \times CAM \times \lambda \times S/G \times 2 \cdot kg^{0,75}}{ml \text{ vap/ml liq.}}$
---

---

**Substituindo:**

Halotano	$= \frac{2 \times 1,3 \times 0,75 \times 2,3 \times 2 \cdot kg^{0,75}}{240} = 0,0373 \times kg^{0,75}$
Enflurano	$= \frac{2 \times 1,3 \times 1,7 \times 1,9 \times 2 \cdot kg^{0,75}}{210} = 0,0799 \times kg^{0,75}$
Isoflurano	$= \frac{2 \times 1,3 \times 1,3 \times 1,48 \times 2 \cdot kg^{0,75}}{206} = 0,0485 \times kg^{0,75}$
Metoxiflurano	$= \frac{2 \times 1,3 \times 0,16 \times 10,2 \times 2 \cdot kg^{0,75}}{219} = 0,0387 \times kg^{0,75}$

---

Tabela IV – O modelo prevê: A Dose Unitária (D. U.) é igual a duas vezes a concentração arterial (2 Ca) vezes o débito cardíaco (Q).

Uma vez superado o obstáculo matemático, a técnica é de fácil administração, embora necessite alguns requisitos que, certamente, não lhe são exclusivos.

a) - Sistema anestésico hermeticamente fechado. Isto limita seu uso em pacientes pediátricos.

b) - Absorção eficiente do dióxido de carbono.

c) - Atenção constante à evolução clínica da anestesia, que aliás, constitui vantagem indiscutível.

Por outro lado são grandes as vantagens desta técnica (Tabela VI):

a) - **Economia:** - Se considerarmos as técnicas em uso corrente utilizando fluxos médios de 4 l min<sup>-1</sup> e vapor

Tabela V – Cálculo da dose unitária usando a tabela

Pacientes de 70 kg – CAM 1,3 de Enflurano	
Peso = 70 kg	$kg^{-75} = 24,2$
Oxigênio Basal =	242 ml. min <sup>-1</sup>
Dose Unitária*	$24,2 \times 0,08 = 1,9$ ml de Enflurano Líquido

\* Cálculo realizados considerando pressão barométrica de 103 kPa (760 mm Hg) a 20°C.

de enflurano a 2%, o consumo de anestésico será de 23 ml. h<sup>-1</sup> e no caso do halotano 10 ml por hora. O ml de enflurano custa US\$ 0,232 e o de halotano US\$ 0,307. O cilindro de óxido nitroso tamanho E custa US\$ 193,20 e a cal sodada US\$ 1,49 a libra. Ice e Duncan<sup>14</sup>, em uma análise comparativa de 1226 casos e 2047 horas de anestesia, concluíram que a economia por hora era de US\$ 2,45 (Tabela VII).

b) - **Controle da contaminação ambiental:** - Ao administrar somente o anestésico necessário para o paciente

TABELA VI

## VANTAGENS DA TÉCNICA

1. – Economia
2. – Controle da Poluição Ambiental
3. – Equipamento ao Alcance de Todos
4. – Controlabilidade e Segurança
5. – Resultados Previsíveis
6. – Quantificação do Anestésico
7. – Conservação de Umidade e Calor
8. – Monitorização não Invasiva de Parâmetros Vitais

não há necessidade de eliminar o excesso de gases para o exterior, com a conseqüente economia de equipamento adicional e obtenção de uma atmosfera limpa.

c) - **Controlabilidade, Segurança, Previsibilidade**

d) - **Monitorização não invasora de parâmetros vitais:** - Variações do débito cardíaco, medida contínua do consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, ventilação por minuto, volume corrente, oscilações da bolsa reservatória durante a apnéia (batimentos cardíacos, movimentos diafragmáticos).

e) - **Conservação de umidade e calor**

f) - **Equipamento ao alcance de todos:** - Não são necessários vaporizadores especiais.

Em conclusão, acreditamos que a anestesia quantitativa, em sistema fechado, constitui a anestesia do futuro, sobretudo nos países em desenvolvimento, que não podem continuar permitindo-se o luxo de contaminar a atmosfera com gases exóticos e caros.

Tabela VII – O uso de enflurano em 0,65 CAM de óxido nitroso comparado com enflurano a 2% em 2 litros de óxido nitroso e 1 litro de oxigênio por minuto.

N.º de Casos . . . . .	1.226
N.º de Horas . . . . .	2.047
Quantidade Prevista . . . . .	36.847 ml
Quantidade Real . . . . .	11.215 ml
Diferença . . . . .	25.632 ml
Economia por Caso . . . . .	US\$ 4,10
Economia por Hora . . . . .	US\$ 2,45
Economia Total . . . . .	US\$ 4.024,00

Ice, NO, Duncan RB. Circle Injection Enflurane. In International Symposium on Closed Circuit Anesthesia, Birmingham, Alabama, abril, 1981.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Occupational disease among operating room personnel: A National study. *Anesthesiology* 1974; 41: 321 - 340.
2. Miller M G, Cullen B F – The cost of scavenging: It is worth it? *Anesth Analg* 1979; 58: 265 - 266.
3. Lowe H J – Dose Regulated Penthrane Anesthesia. Chicago, Illinois, Abbott Lab, 1972.
4. Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
5. Brody S – Bioenergetics and Growth. Reinhold, New York, 1945, citado em Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
6. Bernal R – Experiência clínica com metoxiflurano y la técnica de la dosis calculada. Trabalho apresentado no XV Congresso Médico Centro-Americano, San José, Costa Rica, novembro 1973.
7. Weingarten M, Lowe H J – A new circuit injection technique for syringemeasured administration of methoxyflurane: a new dimension in anesthesia. *Anesth Analg*, 1973; 52: 634.
8. Barton F, Nunn J F – Use of refractometry to determine nitrogen accumulation in closed circuits. *Br J Anaesth* 1975; 43: 348.
9. Cole P V – Personal Communication, em Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
10. Eger E I II – Dragons and other scientific hazards (Editorial). *Anesthesiology* 1979; 50: 1.
11. Spain J A – Tissue uptake of volatile anesthetic agents as a function of time. em International Symposium of Closed Circuit Anesthesia. Birmingham, Al, April 1981.
12. Kleiber M – Body size and metabolic rate. *Physiol Rev* 1947; 27: 511. Citado por Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of 1981.
13. Lowe H J – The anesthetic continuum in Aldrete J A, Lowe H J, Virtue R W – Low Flow and Closed System Anesthesia. New York, Grune, Stratton, 1979: 11 - 38.
14. Ice N O, Duncan R B – Circle injection enflurane. Em International Symposium of Closed Circuit Anesthesia. Birmingham, Al, 1981.