

## Concentração para Manutenção da Anestesia (COMA) em Sistema Fechado de Inalação

J. M. Couto da Silva, TSA, FACA<sup>1</sup>

Couto da Silva J M – Anesthetic concentration for anesthesia maintenance (COMA) in inhalation closed circuits

Halothane, enflurane and isoflurano were used in a closed system technique according to the quantitative method of anesthesia in 11, 13 and 16 patients respectively, in a clinical and not randomised trial. The main objective was to observe if variable amounts of liquid anesthetic injected into the expiratory limb of the circuit, on crescent time intervals, allow stable systolic arterial pressure, and if there is a correlation between stable blood pressure and adequate depth of anesthesia. All patients were adults of either sex, physical status I or II (ASA), scheduled for different surgical procedures. Oral Thiazepam (0.2 to 0.3 mg.kg<sup>-1</sup>) was the preoperative medication. The patients were induced with Etomidate (0.3 to 0.4 mg.kg<sup>-1</sup>) after denitrogenation and succinylcholine (1 to 1.5 mg.kg<sup>-1</sup>) was used for tracheal intubation. Vecuronium (0.1 mg.kg<sup>-1</sup>) was used for muscle relaxation. After induction the system was connected, the circuit was closed and the priming and subsequent doses were injected according to the quantitative method. The end-tidal anesthetic concentration (PE<sub>an</sub>) was continuously recorded. Arterial blood pressure, F<sub>IO2</sub>, heart rate and EKG were also monitored. FECO<sub>2</sub> was monitored intermittently. There were no differences in data such as age, weight and length of anesthesia. Good cardiovascular stability was obtained after the fourth minute of anesthesia. PE<sub>an</sub> showed an initial ascensional curve with gradual and progressive decrease after every injection of liquid anesthetic into the circuit. When measured before injections, the average expiratory end-tidal concentration (PE<sub>an,p 1</sub>) also showed an initial ascensional curve with gradual decrease after 4<sup>th</sup> minute and a plateau after the 49<sup>th</sup> minute of anesthesia. This plateau was 0.71 ± 0.26 vol% for halothane, 0.88 ± 0.25 vol% for enflurane and 0.79 ± 0.18 vol% for isoflurano. This value was hypothetically stated as the Concentration for Maintenance of Anesthesia (COMA) defined as the end-tidal anesthetic concentration measured after the 49<sup>th</sup> minute of a quantitative anesthesia, able to keep systolic blood pressure at normal values without the use of vasoactive drugs. In conclusion, quantitative anesthesia method allows a stable anesthesia when variable volumes of liquid anesthetic are injected for keeping systolic blood pressure within a 20% variability range. A correlation between SBP and depth of anesthesia is also possible.

Key Words: ANESTHESIA: quantitative; ANESTHETIC TECHNIQUES: inhalation; ANESTHETIC, VOLATILE: halothane, enflurane, isoflurano; POTENCY, ANESTHETIC: MAC.

Desde 1847, a profundidade da anestesia tem sido descrita diferentemente<sup>1-5</sup>, com base em observações clínicas.

Em 1963, Merkel e Eger<sup>6</sup> apresentaram o conceito de Concentração Alveolar Mínima (CAM),

uma medida de potência anestésica. Posteriormente, de Jong e col<sup>7</sup> concluíram que uma profundidade anestésica adequada para cirurgia poderia ser atingida com 1,3 CAM. Lowe e Ernst<sup>8</sup> usaram este conceito como um dos parâmetros para o cálculo do volume de anestésico líquido a ser injetado no ramo expiratório de um sistema fechado de inalação.

Ao comparar as quantidades de anestésicos inalatórios administrados através de sistema fechado em oxigênio puro (O<sub>2</sub>) Silva e col<sup>9</sup> observaram que, quando a pressão arterial durante a anestesia apresentava variações mínimas, o volume injetado de enflurano líquido era significativamente menor que o calculado. Esta discrepância foi posteriormente confirmada por Silva e Cunha<sup>10</sup> e Couto da Silva e col<sup>11,12</sup> não só durante a indução como também

Trabalho realizado na University of Wales College of Medicine, Cardiff, Wales, UK

<sup>1</sup> Professor Assistente da Universidade de Brasília, Brasília, DF

Correspondência para Jose Maria Couto da Silva  
29 Queenwood - Cyncoed  
CF37LE - Cardiff - Wales - UK

Apresentado em 31 de janeiro de 1989  
Aceito para publicação em 25 de maio de 1989.

© 1989, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

durante a manutenção da anestesia com outros agentes inalatórios.

Imaginou-se que o CAM do enflurano não tivesse importância para a manutenção da anestesia clínica. Para testar esta hipótese, um projeto foi iniciado tendo como objetivo correlacionar a profundidade anestésica suficiente para manter a pressão arterial sistólica (PAS) tão estável quanto possível ( Figura 1), mediante injeções de volumes variáveis de anes-

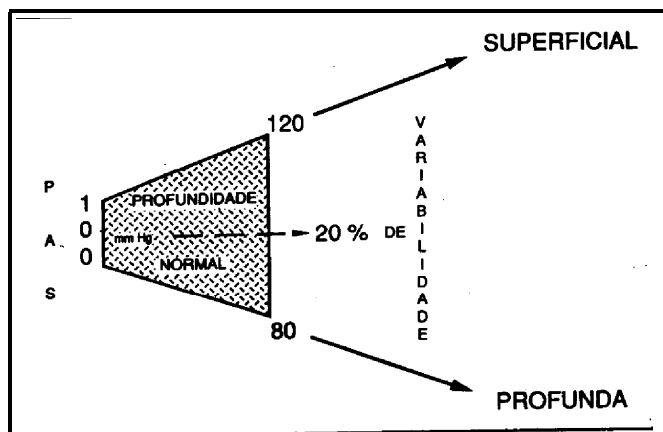


Figura 1 - variação de pressão arterial sistólica (PAS) a ser mantida durante a anestesia. Para que a profundidade anestésica seja considerada normal, um paciente cuja pressão arterial sistólica (PAS) na enfermaria seja de 100 mmHg, deve manter sua PAS entre 80 e 120 mmHg imediatamente antes de cada injeção de anestésico inalatório, durante a anestesia.

tésico líquido no ramo expiratório de um sistema fechado de inalação com a concentração anestésica ao final da expiração ( $P_{E'an}$ ) medida durante a cirurgia.

### METODOLOGIA

Foi obtido consentimento verbal de 40 pacientes adultos (11 no grupo helotano, 13 no enflurano e 16 no isoflurano) para a realização deste ensaio. Não houve randomização dos pacientes.

Todos os enfermos, escalados para diferentes tipos de cirurgia deviam ser estados físicos I ou II (ASA), ter idade compreendida entre 20 e 65 anos, não ter história de gravidez, não apresentar doença pulmonar, cardiovascular, renal ou hepática, nem história de alcoolismo crônico, e não fazer uso de drogas que pudessem interferir na CAM dos anestésicos inalatórios ou alterar a pressão arterial.

Todos os pacientes foram examinados no dia anterior à cirurgia. Durante a visita pré-anestésica era calculada a dose prevista do anestésico inalatório a ser utilizado durante a cirurgia, de acordo com a tabela de Silva e col<sup>9</sup>. Nesta ocasião, foi prescrito temazepam (0,2 a 0,4 mg.  $kg^{-1}$ ) por via oral, uma hora antes de os pacientes serem encaminhados ao centro cirúrgico. Baseado nas pressões

arteriais (especialmente a PAS) medidas pela enfermagem durante a permanência do paciente na enfermaria, procurou-se identificar a PAS "normal" do enfermo a ser mantida durante a cirurgia. Por exemplo: caso as medidas de PAS na enfermaria variassem em torno de 130, 120, 140 mmHg, o anestesista procurava manter a pressão arterial em torno de 130 mmHg (média das três medidas) durante o ato operatório.

Para a administração da anestesia, foi utilizado um sistema circular de adulto com capacidade de 8.000 ml de gás, com duplo absorvedor de  $CO_2$  e urn fluxômetro eliótico (British Oxygen Corporation - BOC) capaz de administrar com precisão, fluxos de  $O_2$  menores do que  $50 ml. min^{-1}$ . As injeções de anestésico líquido foram feitas no ramo expiratório do sistema de inalação<sup>13</sup> com seringas de 2(dois) ml.

A ventilação foi manualmente controlada em todos os enfermos. O relaxamento muscular foi obtido com dose inicial de  $0,1 mg. kg^{-1}$  de vecurônio, repetida em cerca de 1/3 quando o paciente tentasse respirar.

Uma veia periférica foi canulizada com cateter plástico para indução da anestesia e infusão de líquidos e a pressão arterial inicial foi medida por esfigmomanômetro automático. Daí em diante; a pressão arterial foi medida imediatamente antes e do is a três minutos após a injeção do anestésico para melhor avaliação do volume de anestésico líquido a ser injetado e da resposta à injeção, bem como a cada 5 (cinco) minutos nos intervalos das injeções. A frequência cardíaca e o eletrocardiograma (ECG) foram monitorizados continuamente durante a cirurgia através de um monitor Hewlett Packard® ≠ 78352. A fração inspirada de Oxigênio ( $F_{I,O_2}$ ) foi continuamente monitorizada durante a cirurgia através de um analisador de oxigênio (Kontron Medical). A fração expirada final de gás carbônico ( $FE'co_2$ ) foi intermitentemente medida durante a anestesia com um capnógrafo CD 102 Normocap® (Datex Instrumentarium Dy, Heisinki, Finlândia).

A concentração anestésica ao final da expiração ( $P_{E'an}$ ) (Figura 2) foi medida com um espectômetro de massa (Normac<sup>(TM)</sup> AA-102 Anesthetic Agent Monitor, Datex Instrumentarium DY, Helsink, Finlândia) acoplado a um polígrafo de dois canais (Multitrace 2- Lectromed) e continuamente gravada em papel milimetrado. Para análise mais rigorosa desta  $P_{E'an}$  calibrações foram realizadas antes e depois da anestesia e a zeragem verificada ocasionalmente durante o ato operatório. Não foi permitida ao anestesista a observação da concentração anestésica (no monitor), nem do traçado gráfico durante a cirurgia. Os traçados foram analisados após a realização de todos os casos.

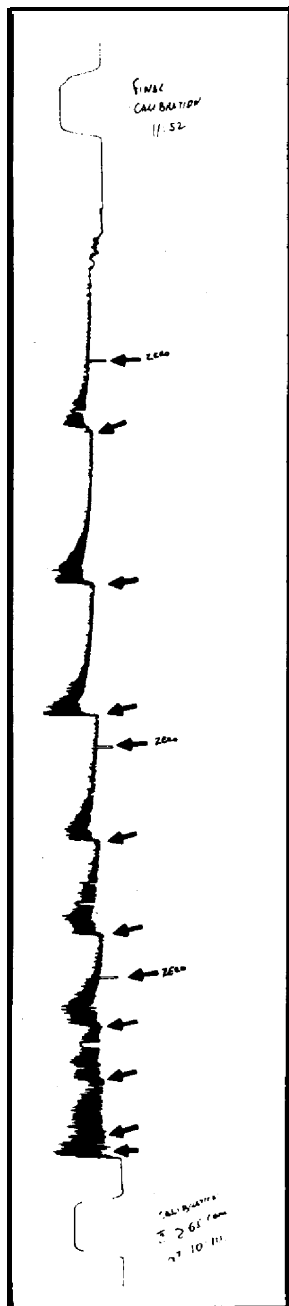


Figura 2 - Concentração anestésico ao final da expiração ( $PE'an$ ) medida durante a anestesia. Observe as calibrações inicial e final e os "zeros" durante a cirurgia. As setas mostram o ponto de leitura da  $PE'an$ , pi. No gráfico acima, a  $PE'an$ , pi, para a medida da CoMA, poderia ser medida aos 49 e 64 minutos

Imediatamente antes da indução, foi administrado ao paciente um fluxo de seis litros de  $O_2 \cdot \text{min}^{-1}$ , durante pelo menos três minutos, com o auxílio de um sistema de Bain. A anestesia foi induzida com dose única de etomidato ( $0,3$  a  $0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) iv. e

succinilcolina ( $1$  a  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) i.v. para permitir a intubação orotraqueal (IOT). Após a ausculta bilateral dos sons respiratórios, fixação do tubo e enchimento do balonete com o mínimo de ar que evitasse vazamentos, os pacientes foram transferidos para a sala de operações e conectados ao sistema circular de inalação previamente desnitrogenado. Após o fechamento do sistema, a dose inicial de anestésico líquido foi injetada ("priming") e o fluxo de  $O_2$  por minuto foi reduzido o suficiente para suprir a necessidade basal do enfermo previamente calculada. Este fluxo poderia ser aumentado no caso de vazamentos ou diminuído caso fosse excessivo. O volume e o grau de tensão da bolsa inalatória determinaram o fluxo definitivo a ser utilizado durante a anestesia.

Ao final da cirurgia, a descurarização foi obtida com atropina e prostigmina na proporção de  $1 : 2,5 \text{ mg}$  lentamente injetados.

Não foram administrados narcóticos na medicação pré-anestésica ou durante a anestesia.

Foi considerado como duração da anestesia o período compreendido entre o fechamento e a abertura do sistema de inalação.

Os consumos previstos de  $O_2$  por minuto ( $cV_{O_2}$ ) foram calculados através da equação de Brody ( $10 \text{ kg}^{3/4}$ )<sup>15</sup>

A regressão da anestesia foi avaliada de acordo com a escata de Saraiva<sup>14</sup> a partir do momento em que o sistema de inalação era aberto ao término da anestesia.

No dia seguinte, durante a visita pós-operatória, as seguintes perguntas foram feitas ao paciente:

1 - O que lembra antes de dormir na sala de operações? 2 - O que lembra ao acordar após a anestesia? 3 - Teve sonhos? Se positivo, qual o tipo? 4 - Concordaria em receber o mesmo tipo de anestesia, se necessário?

Para exprimir a medida de tendência central e dispersão dos dados, a média aritmética ( $\bar{X}$ ) e o desvio-padrão (SD) foram calculados. Em geral, os resultados dos grupos foram comparados entre si através de análise de variância (ANOVA); "t pareado" foi empregado para analisar os dados de pressão arterial e frequência cardíaca antes e depois da injeção do anestésico. Significância estatística foi aceita com  $p < 0,01$ .

## RESULTADOS

Não houve diferenças significativas nos diversos resultados mostrados na Tabela I; uma predominância de pacientes do sexo feminino foi observada nos grupos do halotano e enflurano. A maioria dos pacientes apresentava Estado Físico I (Tabela I).

A dose de etomidato foi menor em termos de

Tabela I- Dados dos pacientes

	Halotano		Enflurano		Isoflurano	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Idade(Anos)	45,9	13,8	43,0	12,7	46,8	9,4
Peso(kg)	67,0	11,0	63,0	11,6	65,5	6,2
Sexo	Masculino	3	6		8	
	Feminino	8	7		8	
ASA I		10	7		11	
	II	1	6		5	
<b>Total</b>	<b>11</b>		<b>13</b>		<b>16</b>	

mg e  $\text{mg.kg}^{-1}$  no grupo do enflurano. Não houve diferenças estatisticamente significantes em relação aos outros grupos (Tabela II).

Embora a anestesia tenha tido menor duração no grupo do halotano (Tabela IV), a dose de vecurônio. $\text{mg.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  foi maior e estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ) no mesmo grupo (Tabela II).

Tabela II- Doses de drogas usadas na medicação pré-anestésica, na indução e na manutenção da anestesia

		Halotano		Enflurano		Isoflurano	
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Temazepam	(mg)	2,0	0,0	21,5	3,76	20,6	2,5
	( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,30	0,05	0,34	0,05	0,31	0,04
Etomidato	(mg)	24,7	5,8	19,8	3,8	22,0	3,9
	( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,36	0,04	0,31	0,05	0,33	0,05
Succinilcolina	(mg)	68,1	13,2	60,0	20,0	64,0	6,6
	( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	1,02	0,13	0,97	0,31	0,97	0,05
Vecurônio	(mg)	13,7	6,8	12,2	1,7	12,6	3,6
	( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,20	0,094	0,20	0,045	0,19	0,061
	( $\text{mg.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	0,0016	0,0006*	0,00136	0,00028	0,00129	0,00019

\* $p < 0,01$  em relação aos outros campos

A  $\text{Fl}_{\text{O}_2}$  foi maior no grupo de halotano em comparação com os demais. O Fluxo de  $\text{O}_2$  foi menor no grupo de isoflurano em comparação aos demais grupos e/ou ao  $\text{CV}_{\text{O}_2}$  dentro do mesmo grupo; as diferenças não foram estatisticamente significantes.

O volume injetado de anestésico líquido foi significativamente menor do que o volume previsto no grupo de enflurano ( $p < 0,01$ ). O volume injetado foi maior que o previsto nos grupos do halotano e isoflurano, mas as diferenças não foram significantes (Tabela III, Figura 3). Não houve diferenças significantes quando os volumes injetados foram comparados entre si (Tabela III).

Os pacientes acordaram mais rapidamente no grupo do enflurano; esta diferença não foi significativa em relação aos demais. Em geral, os pacientes estavam acordados e orientados no tempo e no espaço, 20 minutos após a abertura do sistema. O grande desvio padrão (SD) do grupo de halotano,

exemplifica a maior variabilidade de tempo de recuperação neste grupo; um paciente levou 78 minutos para atingir o estágio 4 de recuperação (Tabela IV).

Durante a visita pós-anestésica, verificou-se que a máscara facial foi o fato mais comumente lembrado pelos pacientes antes da indução da anestesia. A grande maioria lembrou-se apenas de acordar na enfermaria após a anestesia (Tabela IV). Nenhum paciente teve sonhos e todos concordariam em receber o mesmo tipo de anestesia caso necessário. É importante ressaltar que vários pacientes foram anestesiados mais de uma vez.

O comportamento hemodinâmico é mostrado através da pressão arterial sistólica (PAS) (Figura 4), e da pressão arterial média (PAM) e da frequência cardíaca (Tabela V). A estabilidade cardiocirculatória foi observada após os quatro minutos de anestesia com mínima variação em relação às me-

didadas consideradas "normais" para cada paciente (Tabela V, Figura 4).

A análise posterior da  $\text{PE}'_{\text{an}}$  revelou uma subida rápida com a queda lenta e progressiva entre as injeções (Figura 2). O valor medido imediatamente antes de cada injeção ( $\text{PE}'_{\text{an,pi}}$ ) mostrou uma curva ascendente inicial brusca com descida lenta e progressiva a partir dos 4 minutos no grupo do halotano, a partir dos 9 minutos nos demais e um "plateau" a partir de 49 minutos de anestesia em todos os grupos (Figura 5). Após os 49 minutos, a  $\text{PE}'_{\text{an,pi}}$  média foi da ordem de  $0,71 \pm 0,26$ ,  $0,88 \pm 0,25$  e  $0,79 \pm 0,81$  vol % nos grupos do halotano, enflurano e isoflurano, respectivamente (Tabela VI). Não houve diferenças estatisticamente significantes. Entretanto, a relação  $\text{PE}'_{\text{an,pi}}/\text{CAM}$  foi menor no grupo do enflurano com diferenças significantes em relação aos demais grupos (Tabela VI).

Em virtude de apenas um paciente ultrapassar

Tabela III- Variáveis respiratórias e volumes anestésicos

FIO	Halotano		Enflurano		Isoflurano	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
<b>FIO<sub>2</sub>(%)</b>	<b>86,2</b>	<b>2,6</b>	<b>79,8</b>	<b>7,0</b>	<b>83,2</b>	<b>8,3</b>
Fluxo de O <sub>2</sub> usado (ml)	233,8	26,9	222,2	23,1	218,9	30,0
Consumo previsto de O <sub>2</sub> (ml)	233,6	29,0	222,9	31,2	230,0	16,3
F <sub>i</sub> CO <sub>2</sub> ( mmHg)	28,4	4,2	29,6	2,9	28,8	2,7
Volume total calculado de anestésico líquido por paciente (ml)	10,9	2,5	23,1	4,3§	12,2	0,49
Volume total injetado de anestésico líquido por paciente (ml)	11,3	5,1	15,7	4,3*	13,8	1,1
Profundidade anestésica antes da Injeção	2,03	0,19	2,03	0,14	2,00	0,29

\*p ≤ 0,01 em relação ao calculado

§p ≤ 0,01 em relação aos demais grupos

Tabela VI - Duração da anestesia, tempos de recuperação e respostas no pós-operatório

	Halotano		Enflurano		Isoflurano	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
Duração (min)	131,5	48,3	153,5	48,0	155,1	58,8
Estágio 1 (min)	2,6	2,5	1,7	0,5	3,0	2,1
Estágio 2 (min)	7,3	6,5	4,6	2,3	7,2	4,8
Estágio 3 (min)	12,3	11,1	8,6	5,1	13,0	7,8
Estágio 4 (min)	18,8	20,4	12,6	8,2	17,2	9,6
Pergunta 1						
Nada					1	
A máscara facial					10	
O aviso da indução	3		2		3	
Dor à injeção de etomidato	4		4		2	
Pergunta 2						
Acordou na recuperação	4		5		5	
Acordou no quarto	7		8		11	

196 minutos de anestesia no grupo de enflurano e 225 minutos nos demais grupos, alguns resultados apresentados na Tabela V e nas Figuras 3 e 4 não apresentam o desvio padrão.

## DISCUSSÃO

O etomidato foi escolhido como agente de indução por não apresentar atividade analgésica<sup>16</sup> e pelo seu efeito e metabolismo rápidos<sup>17</sup>. A maior dose de etomidato nos grupos de halotano e isoflurano pode ser explicada pela ausência de randomização. Em verdade, procurou-se minimizar o aumento dos parâmetros hemodinâmicos do grupo de

enflurano (primeiro grupo estudado) com uma maior dose de etomidato.

A maior dose de vecurônio em termos de mg.kg<sup>-1</sup> e mg.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> no grupo de halotano (Tabela II) pode ser explicada pelo fato de o isoflurano e enflurano requererem menores doses de relaxantes musculares<sup>18</sup>.

O menor volume de enflurano injetado, em relação ao previsto observado no presente estudo, confirma as observações anteriores de Silva e Cunha<sup>10</sup> e Couto da Silva e col<sup>12</sup> durante a indução anestésica inalatória, bem como de Couto da Silva e col<sup>11</sup> durante toda a anestesia, quando o método quantitativo de anestesia é empregado. Acreditava-se que

Tabela V – Comportamento hemodinâmico

ANESTÉSICO	MEDIDA	UNIDADE	VPA		minuto 0				minuto 1				minuto 4				minuto 9				minuto 16				minuto 25					
			Antes		Depois		Antes		Depois		Antes		Depois		Antes		Depois		Antes		Depois		Antes		Depois		Antes		Depois	
			X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD		
HALOTANO	PAM	mm Hg	81,0	8,3	103,0	-	121,7	19,0	121,9	15,5	113,5	23,5	104,3	8,4*	87,9	12,7	82,9	19,5	84,6	19,6	78,3	24,2	74,2	22,7	80,1	18,1	84,1	16,7		
	PULSO	bpm	73,4	9,5	85,0	5,5	85,0	11,6	90,4	6,5*	88,2	9,7	84,1	10,5	76,9	14,3	72,8	16,0	76,5	21,1	77,0	23,7	75,7	18,6	77,0	15,1	78,7	14,5		
ENFLURANO	PAM	mm Hg	100,5	11,2	123,3	-	120,0	-	145,3	27,7	113,3	29,8	96,7	16,4	84,8	12,8*	84,2	16,2*	82,5	15,2*	85,8	23,0	97,0	22,5	89,1	20,4	89,3	20,1		
	PULSO	bpm	77,3	6,9	84,0	-	81,0	-	115,2	14,7	102,0	13,6*	95,8	14,8	90,2	18,5	88,9	17,1	92,5	17,6	95,0	13,1*	101,5	22,2*	87,8	31,4	92,7	20,0		
ISOFLURANO	PAM	mm Hg	96,6	6,8	-	-	-	-	137,3	37,2	134,0	14,0*§	117,8	16,3*	94,3	14,6	89,5	14,9	85,1	15,3	84,1	18,0	86,3	11,0*	87,8	14,5	95,5	15,0		
	PULSO	bpm	83,5	8,8	-	-	115,0	-	110,0	8,6*	110,0	11,2*§	105,5	17,0*§	103,3	29,8§	100,8	28,7§	107,5	21,9*§	84,1	21,2	97,1	20,8	95,9	17,3	100,5	18,1*§		

\* p < 0,01 em relação à visita pré-anestésica  
 § p < 0,01 em relação ao grupo de halotano  
 ¶ p < 0,01 em relação ao grupo de enflurano

Tabela VI - Dados importantes após os 49 minutos

Unidade	Halotano		Enflurano		Isoflurano	
	X/	SD	X/	SD	X/	SD
VOLUME MÉDIO INJETADO A CADA TEMPO (ml)	0,84	0,62	1,27	0,34	1,04	0,35
VOLUME MÉDIO INJETADO A CADA TEMPO/DOSE INDIVIDUAL CALCULADA (Fração)	0,94	0,62	0,73	0,19§	1,05	0,37
PE'an.pi (vol %)	0,71	0,26	0,88	0,25	0,79	0,18
PE'an.pi/CAM (Fração)	0,95	0,32	0,52	0,14 *	0,69	0,15
PAS (mmHg)	123,4	17,6	128,9	15,1	131,9	14,8

\* p < 0,01 em relação aos demais  
 § p < 0,01 em relação ao grupo do isoflurano

tal desvio de consumo tivesse ocorrido devido a alguma alteração na CAM do enflurano<sup>19</sup>; no entanto, em virtude de a CAM dos anestésicos não ter sido medida neste estudo, tal hipótese não tem base científica. Este desvio de consumo pode ser explicado através da supressão da atividade neuronal do sistema reticular que o enflurano normalmente produz não só em planos superficiais como

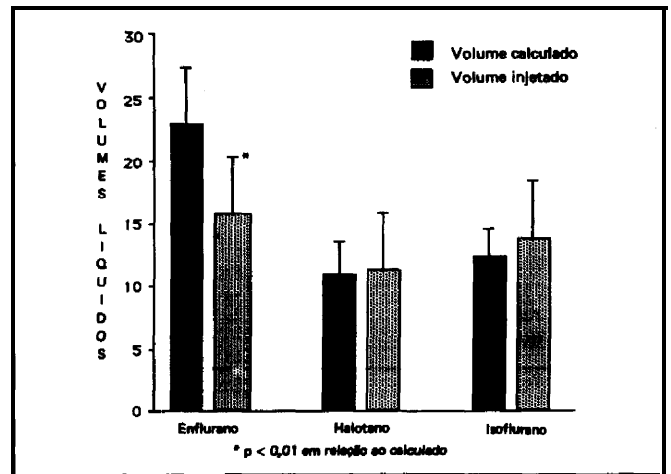


Figura 3 – Volumes de anestésicos inalatórios calculados e injetados durante a anestesia.

em planos profundos de anestesia<sup>20</sup>. O maior volume de anestésico nos grupos do halotano e isoflurano, em comparação ao previsto, pode ser explicado pelas diferenças técnicas de indução (tiopental) e relaxante muscular de manutenção (pancurônio) anteriormente empregados<sup>20</sup>.

Um dos objetivos principais do estudo, plenamente obtido, foi injetar uma dose de anestésico líquido em volumes suficientes para manter a PAS com variabilidade máxima de 20% (Figuras 1 e 4,

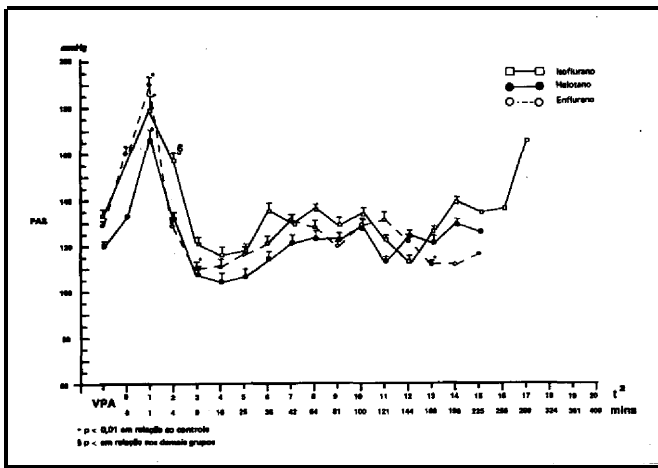


Figura 4- Pressão arterial sistólica (PAS) medida imediatamente antes da injeção do anestésico para a avaliação do volume de anestésico líquido a ser injetado no ramo expiratório do sistema de inalação.

Tabela V). A manutenção da PAS normal durante a anestesia, a amnésia total e a ausência de sonhos transoperatórios sugerem que os pacientes foram mantidos numa profundidade aceitável de anestesia.

Devido à diferença entre o volume previsto e o injetado de enflurano (Tabela III, Figura 3), bem como à baixa  $PE'_{an,pi}$  obtida (Tabela V I, Figura 5) imaginou-se que a CAM do enflurano<sup>21</sup> não fosse relevante para a manutenção da anestesia clínica ou até mesmo que houvesse algo de irregular com a farmacocinética da droga.

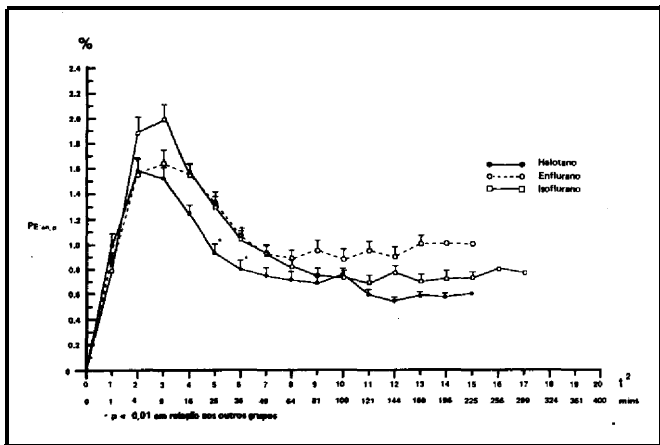


Figura 5 - Concentração anestésica ao final da expiração medida imediatamente antes da injeção do anestésico líquido ( $PE'_{an, pi}$ ). Para maiores detalhes leia o texto.

Aventamos que a  $PE_{an,pi}$  deste estudo representa a Concentração para a Manutenção da Anestesia (COMA), definida como a concentração anestésica ao final da expiração medida no quadrado do tempo a partir dos 49 minutos de anestesia, capaz de manter a pressão arterial sistólica normal com

variabilidade máxima de 20%, sem o auxílio de drogas vasoativas. A COMA reflete a concentração anestésica cerebral e portanto pode ser aceita como uma medida de profundidade anestésica.

A COMA é individual para cada paciente e varia com cada anestésico. Neste estudo, com o auxílio de relaxantes musculares, a COMA foi da ordem de 0,71, 0,88 e 0,79 vol % para o halotano, enflurano e isoflurano, respectivamente.

A COMA não deve sofrer influência do tipo de sistema de inalação empregado, mas os fatores que influem na CAM dos anestésicos<sup>22</sup> poderão influir também na COMA individual. Para se comprovar tal afirmativa, é necessário que estudos com as drogas que alteram a CAM dos anestésicos inalatórios, tais como relaxantes musculares<sup>23</sup>, anestésicos inalatórios e venosos<sup>22</sup>, drogas empregadas na medicação pré-anestésica<sup>11</sup> etc. sejam repetidos com tempo superior a 90 minutos e medidas similares ao estudo aqui apresentado. Uma verdadeira avalanche de estudos pode ser imaginada para tal comprovação, bem como para determinar a influência de outras drogas sobre a COMA.

O conceito da COMA também possibilita uma avaliação mais objetiva da profundidade anestésica com uso imediato na prática clínica. A Figura 6 mostra um diagrama de profundidade de anestesia em escala logar (ítmica com base na variação da pressão sistólica "normal" do enfermo. Imagine-se que a PAS "normal" de um enfermo durante a visita pré-operatória seja de 100 mmHg; durante a anestesia, para que o paciente esteja no plano de anestesia "normal", sua PAS deve permanecer entre 80 e 120 mmHg. Entre 80 e 64 mmHg, o paciente entra no plano denominado "Benormal" (do inglês Below Normal); entre os 64 e 51 mmHg, no plano "Profundo" de anestesia; entre os 51 e 41 mmHg, no plano "Muito profundo" e abaixo de 41 mmHg, no plano anestésico "Iminência de morte". Entretanto, se a pressão arterial se mantiver entre 120 e 144 mmHg, o enfermo estará no plano "Abnormal" (do Inglês, Above Normal); entre 144 e 173 mmHg, no plano "Superficial"; entre 173 e 208 mmHg no plano "Muito superficial" e acima de 208 mmHg no plano "Quase acordado".

A correlação entre depressão cardiovascular e profundidade anestésica foi observada inicialmente por Severinghaus e Cullen<sup>24</sup>. No mesmo ano, Stephen e col<sup>25</sup> e Hudon e col<sup>26</sup> independentemente, tentaram correlacionar a diminuição da pressão arterial com a maior profundidade anestésica. Merkel e Eger<sup>6</sup> sugeriram que a profundidade anestésica fosse proporcional à pressão parcial do agente no alvéolo, no sangue e no cérebro e estabeleceram o conceito de CAM; observaram, outrossim, que havia depressão da pressão arterial, frequência cardíaca e débito cardíaco com o apro-

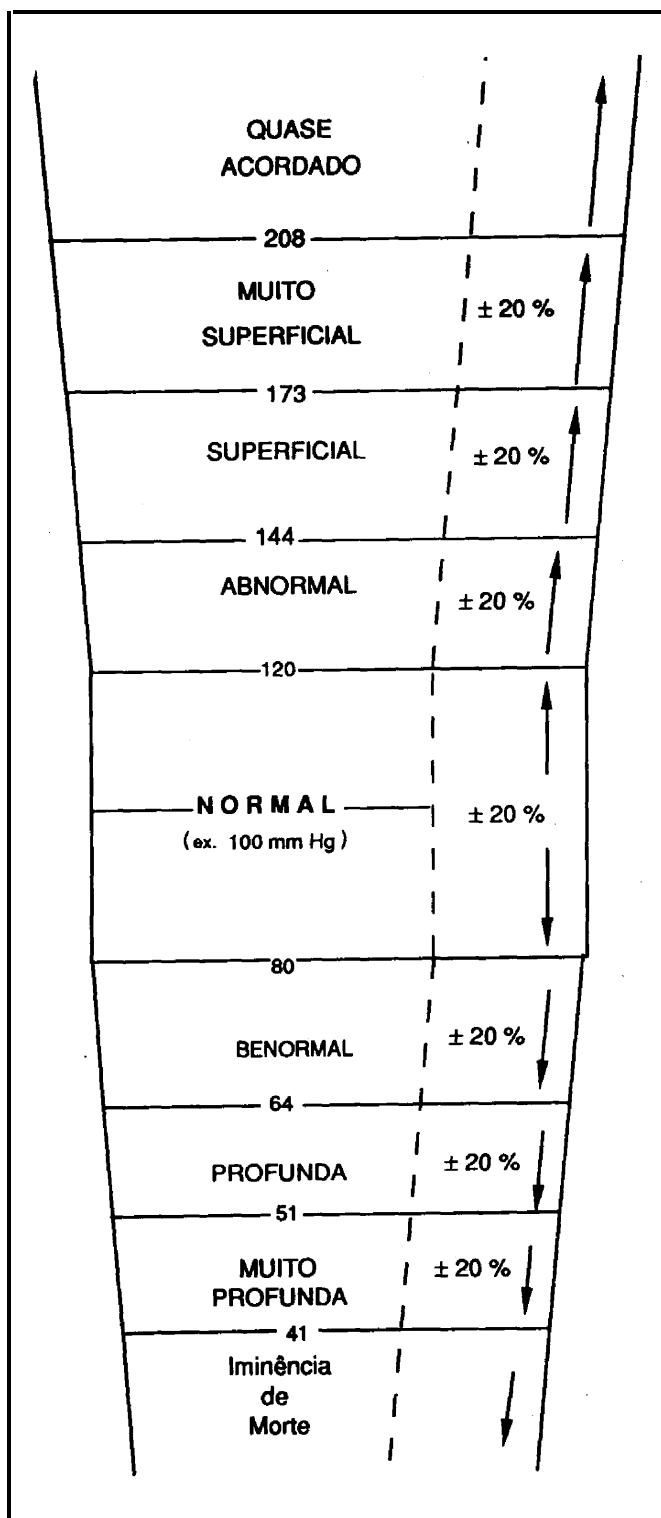


Figura 6 - Diagrama mostrando a correlação da profundidade de anestesia com a variabilidade da PAS do enfermo. Para maiores detalhes leia o texto.

fundar da anestesia, sugerindo que a depressão cardiovascular pudesse ser usada para monitorizar a profundidade anestésica. Afirmaram, no entanto, não haver parâmetro fisiológico único que pudesse ser empregado para medir a profundidade anestésica.

ca. Naquela oportunidade, o enflurano e isoflurano, que possuem ação taquicardizante<sup>27</sup>, ainda não haviam sido descobertos. No estudo aqui apresentado, propõe-se a correlação da profundidade anestésica com a PAS, um parâmetro específico e fácil de ser medido na prática diária.

Mas como definir e identificar a "PAS normal" de um paciente? Será que apenas uma medida de pressão arterial verificada pelo anestesista durante a visita pré-anestésica refletirá a normalidade? Será que pode-se confiar nas medidas feitas pela enfermagem? Será que a "PAS normal" de um paciente pode ser a média de pressões verificadas pelo clínico geral (antes de encaminhar o paciente ao cirurgião), pelo próprio cirurgião, pela enfermagem antes da cirurgia, pelo anestesista durante a visita pré-anestésica e imediatamente antes da indução da anestesia? Infelizmente, nem sempre dispõem-se de todos estes dados no dia-a-dia da prática clínica mesmo em centros médicos mais avançados. Neste estudo as medidas da PAS pela enfermagem foram "aceitas" como refletindo a normalidade, supondo-se que, quando uma enfermeira verifica rotineiramente a pressão arterial na enfermagem, a liberação de substâncias vasoativas deverá ser menor do que quando o anestesista o faz apenas uma vez, na visita pré-anestésica. Durante a visita pré-anestésica, mesmo quando a PAS é verificada mais de uma vez, a média destas medidas pode não refletir precisamente a normalidade porque, frequentemente, a primeira medida é superior às demais. Em vista disto, o anestesista deve levar em consideração a(s) medida(s) da enfermagem, juntamente com pelo menos três tomadas de pressão arterial durante a visita pré-operatória, e com duas ou mais medidas de PAS imediatamente antes da indução da anestesia para melhor avaliar o comportamento hemodinâmico do enfermo no transoperatório. A identificação de um método simples e preciso para identificar a "PAS normal" deve ser motivo de pesquisa para melhor monitorização da profundidade anestésica.

Conclui-se que o sistema fechado de inalação possibilita a manutenção de uma anestesia clínica estável, permitindo mínimas variações nos níveis de pressão arterial sistólica. Levanta-se a hipótese de que a  $P_{Ean,pi}$  medida no quadrado do tempo a partir dos 49 minutos de anestesia representa a Concentração para a Manutenção da Anestesia (CoMA) e baseado nesta medida, a profundidade anestésica possa ser correlacionada com a PAS. Estudos mais cuidadosos com medida das temperaturas ambiente e corporal, pressão atmosférica e várias medidas de pressão arterial durante a visita pré-anestésica poderão fornecer melhores resultados para a identificação da PAS "normal" do enfermo e melhor identificação da CoMA.



Couto da Silva J M – Concentração para manutenção da anestesia (CoMA) em sistema fechado de inalação.

Três grupos de pacientes foram submetidos a anestesia inalatória, em sistema fechado, pelo método quantitativo, com agente inalatório único (halotano — 11 pacientes, enflurano — 13, ou isoflurano — 16) com o objetivo de avaliar se as quantidades variáveis de anestésicos líquidos injetados no ramo expiratório do circuito, em intervalos de tempo crescentes, possibilitam estabilidade da pressão arterial sistólica; e de estudar a correlação entre a estabilidade tensional e o plano adequado de anestesia. Todos os 40 pacientes eram adultos, de ambos os sexos, com estado físico I ou II (ASA) programados para diferentes cirurgias. A medicação pré-anestésica para todos foi o Temazepam (0,2 a 0,3 mg.kg<sup>-1</sup>) por via oral. A indução da anestesia foi realizada com dose única de Etomidato (0,3 a 0,4 mg.kg<sup>-1</sup>), após prévia desnitrogenização. Aplicou-se succinilcolina venosa (1 a 1,5 mg.kg<sup>-1</sup>) para a intubação traqueal. O relaxamento muscular foi mantido com vecurônio após dose inicial de 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>. A ventilação foi controlada manualmente em todos os casos. Foram analisados continuamente a concentração anestésica ao final da expiração ( $P_{E'an}$ ), a fração inalada de oxigênio ( $F_{IO_2}$ ), a frequência cardíaca, o ECG e, intermitentemente, as pressões arteriais. A fração expirada de gás carbônico ( $F_{E'CO_2}$ ) foi medida antes da primeira injeção do anestésico líquido no sistema. Não houve diferença quanto aos dados antropométricos e duração da anestesia entre os três grupos. Obteve-se boa estabilidade cardiocirculatória após quatro minutos de anestesia. Entre uma injeção de anestésico e outra, a  $P_{E'an}$  apresentou rápida subida inicial seguida de queda lenta. O valor médio da concentração expirada do anestésico antes de cada nova injeção ( $P_{E'an,pi}$ ) desenhou uma curva ascensional brusca com descida lenta e progressiva, a partir dos quatro minutos, chegando a um platô aos 49 minutos de anestesia, tendo sido menor no grupo do halotano ( $0,71 \pm 0,26$  vol%), comparativamente ao enflurano ( $0,88 \pm 0,25$  vol%) e isoflurano ( $0,79 \pm 0,18$  vol%). Aventa-se a hipótese que este valor possa ser considerado como a Concentração para Manutenção da Anestesia (CoMA) a qual é definida como a concentração anestésica ao final da expiração capaz de manter uma variação máxima de 20% dos valores da pressão arterial sistólica normal, sem a interferência de drogas vasoativas, atingida após 49 minutos de anestesia inalatória quantitativa. Conclui-se que a anestesia quantitativa permite uma anestesia estável quando volumes variáveis de anestésico líquido são injetados no circuito visando

Couto da Silva J M – Concentración para manutenção de anestesia (COMA) en sistema cerrado de inhalación

Tres grupos de pacientes fueron sometidos a anestesia inhalatoria, en sistema cerrado, por el método cuantitativo, con agente inhalatório único (halotano — 11 pacientes, enflurano — 13,0 isoflurano — 16) con el objetivo de evaluar si las cantidades variables de anestésicos líquidos inyectados en el ramo expiratório del circuito, en intervalos de tiempo crecientes, posibilitan estabilidad de la presión arterial sistólica; y de estudiar la correlación entre la estabilidad tensional y el plano adecuado de anestesia. Todos los 40 pacientes eram adultos, de ambos sexos, con estado físico I o II (ASA) programados para diferentes cirugías. La medicación pré-anestésica para todos fué Temazepam (0,2 a 0,3 mg.kg<sup>-1</sup>) por via oral. La indución de la anestesia fué hecha con dosis finiu de etomidato (0,3 a 0,4 mg.kg<sup>-1</sup>), después de desnitrogenización previa se aplicó succinilcolina (1 a 1,5 mg.kg<sup>-1</sup>), venosa, para la entubación traqueal. El relajamiento muscular fué mantenido con vecuronio después de dosis inicial de 0,1 mg.kg<sup>-1</sup>. La ventilación fué controlado manualmente en todos los casos. Se analizaron continuamente la concentración anestésica al final de la expiración ( $P_{E'an}$ ), la fracción inhalada de oxígeno ( $F^{IO_2}$ ), la frecuencia cardíaca, el ECG y, intermitentemente, las presiones arteriales. La fracción expirada de gás carbónico ( $F_{E'CO_2}$ ) fué medida antes de la primera inyección del anestésico líquido, en el sistema. No hubo diferencia con respecto a los datos antropométricos y duración de la anestesia entre los tres grupos. Se obtuvo buena estabilidad cardiocirculatória después de 4 minutos de anestesia. Entre una inyección de anestésico y otra, la  $P_{E'an}$  presentó rápida subida inicial seguida de un descenso lento. El valor promedio de la concentración expirada del anestésico antes de cada nueva inyección ( $P_{E'an, pi}$ ) diseño una curva ascension I brusca con lento y progresivo descenso, a partir de los 4 minutos, llegando a un "plateau" a los 49 minutos de anestesia, habiendo sido menor en el grupo del halotano ( $0,71 \pm 0,26$  vol %), comparativamente al enflurano ( $0,88 \pm 0,25$  vol %) e isoflurano ( $0,79 \pm 0,18$  vol %). Se coloca la hipótesis que este valor pueda ser considerado como la concentración para mantenimiento de la anestesia (CoMA), la cual es definida como la concentración anestésica al final de la expiración capaz de mantener una variación máxima de 20% de los valores de la presión arterial sistólica normal, sin la interferencia de drogas vasoactivas, alcanzada después de 49 minutos de anestesia inalatória quantitativa. Se concluye que la anestesia cuantitativa permite una

manter os dados tensionais dentro de uma variação máxima de 20% do valor normal, e que é possível a utilização da pressão arterial sistólica como parâmetro clínico de controle da profundidade da anestesia.

anestesia estable quando volúmenes variables de anestésico líquido son inyectados en el circuito visando mantener los datos tensionales dentro de una variación máxima de 20% del valor normal, y que es posible la utilización de la presión arterial sistólica como parámetro clínico de control de la profundidad de la anestesia.

Unitermos: ANESTESIA: quantitativa; TÉCNICA ANESTÉSICA: inalatória; ANESTÉSICO, volátil: halotano, enflurano, isoflurano; POTÊNCIA, ANESTÉSICA: CAM.

AGRADECIMENTOS: Apresentamos nossos agradecimentos aos profs. W.W. Mapleson e M.D. Vickers, do Departamento of Anesthetics da University of Wales College of Medicine pela ajuda na montagem do projeto e análise dos dados. Ao Prof. Zairo E.G. Vieira da Universidade de Brasília pela ajuda na correção do texto.

Ao Mr. Christopher Juniper pelo auxílio na confecção dos gráficos e figuras.

#### REFERÊNCIAS

1. Plomley F – Operations upon the eye. Letter to the Editor. The Lancet 1847; 1:134-135.
2. Snow J -On the inhalation of the vapour of ether in surgical operation London, John Churchill, 1847.
3. Hewitt F W - Anesthetics and their administration, London, Charles Friffin and Co. Ltd.; 1893.
4. Guedel A E – Inhalation Anesthesia: A Fundamental Guide. New York, Macmillan, 1937.
5. Faulconer A Jr. – Correlation of concentrations of ether in arterial blood with electro-encephalographic patterns occurring during ether-oxygen and during nitrous oxide, oxygen and ether anesthesia of human surgical patients. Anesthesiology 1952; 13:361-369.
6. Merkel G and Eger EI II – A comparative study of halothane and halopropane anesthesia. Including method for determining equipotency. Anesthesiology 1963; 24: 346-357.
7. de Jong R H and Eger EI II – MAC expanded: AD<sub>50</sub> and AD<sub>95</sub> values of common inhalation anesthetics in man. Anesthesiology 1975; 42:384-389.
8. Lowe H J and Ernst E A - The Quantitative practice of anesthesia – Use of closed circuit. Baltimore, Williams and Wilkins, 1981.
9. Silva J M C, Naspolini Filho H, Vieira Z E G, Araujo J B C, Costa Filho A C, Bender P F M. Agentes inalatórios halogenados empregados pelo método quantitativo de anestesia. Rev. Bras Anest, 1985; 35:267-274.
10. Silva J M C and Cunha M A S. Indução da anestesia com enflurano pelo método quantitativo. Rev. Bras Anest, 1986;36: 101-106.
11. Couto da Silva J M, Carvalho S S S, Vieira Z E G and Saraiva R A. Influência da medicação pré-anestésica na DA<sub>95</sub> do Enflurano. Rev. Bras Anest, 1988; 38:83-92.
12. Couto da Silva J M, Murici M S, Freitas E L e Cunha M A S. Indução da anestesia pelo método quantitativo. Estudo comparativo com Enflurano, Halotano e Isoflurano. Rev. Bras. Anest, 1988; 38:83-92
13. Couto da Silva J M. A simple method of injecting liquid anesthetic. Letter to the Editor. The Circular, 1986; 4:35.
14. Saraiva R A. Estágios Clínicos da regressão da anestesia. Rev. Bras Anest, 1976; 26:37-43.
15. Brody S. Bioenergetic and growth. New York: Reinhold, 1945.
16. Geise J L and Stanley T H. Etomidate: e new intravenous anesthetic induction agent. Pharmacotherapy, 1983;3:251-258.
17. de Ruiter G; Popescu D T; de Boer AF; Smeekens J B and Breimer D D. Pharmacodyn, 1981; 249:180-188.
18. Miller R D and Savarese J J.: Pharmacology of muscle relaxants and their antagonists, in: Anesthesia, 2nd Edition, Editeb by Ronald D. Miller, New York, Edinburg, London, Melbourne, 1986. Chapter 27.
19. Couto da Silva J M. Outras vantagens do método quantitativo. Carta ao Editor. Rev. Bras Anest, 1988; 38: 225-226.
20. Oshima E, Urabe N, Shingu K and Mori K – Anticonvulsant actions of enflurane on epilepsy models in cats. Anesthesiology, 1985; 63: 29-40.
21. Gion H and Saidman L, The minimum alveolar concentration of Enflurane in man. Anesthesiology, 1971; 35: 361-364.
22. Quasha Al; Eger EI II and Tinker JH. Determination and Applications of MAC. Anesthesiology, 1980; 53:315-334.
23. Forbes A R; Gohen N H and Eger EI II. Pancuronium reduces halothane requirements in man. Anesth. Analg, 1979; 58:497-499.
24. Severinghaus J W and Cullen S G Depression of Myocardium and body oxygen consumption with Fluothane. Anesthesiology, 1957; 19: 165-177.
25. Stephen C R; Grosskreutz D C; Lawrence J H A; Fabian L W; Bourgeois-Gavardin M. and Coughlin J. Evaluation of fluothane for clinical anaesthesia. Can. Anaest. Soc. J, 1957; 4: 246-258.
26. Hudon F; Jacques A; Clavet M and Houde J. Clinical observations on Fluothane anesthesia. Can. Anaest. Soc. J, 1957; 4: 221-234.
27. Hickey R F and Eger EI II. Circulatory Pharmacology of inhaled anesthetics. In Anesthesia, 1<sup>st</sup> volume, 2<sup>nd</sup> Edition, Editeb by R.D. Miller, New York, Edinburg, London, Melbourne, 1986.

Siglas e símbolos

ANOVA	- Análise de variância
bpm	- Batimentos por minuto
CAM	- Concentração alveolar mínima
COMA	- Concentração para manutenção da anestesia
$c\text{Vo}_2$	- Consumo de oxigênio previsto por minuto
$F\text{I}\text{o}_2$	- Fração inspirada de oxigênio
$FE'\text{cO}_2$	- Fração expiratória final de dióxido de carbono
IOT	- Intubação orotraqueal
PAM	- Pressão arterial média
PAS	- Pressão arterial sistólica
$pE'\text{an}$	- Concentração de anestésico ao final da expiração
$pE'\text{an, pi}$	- Concentração de anestésico ao final da expiração pré-injeção
SD	- Desvio padrão
$V\text{o}_2$	- Consumo de oxigênio por minuto

Este trabalho foi realizado com o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Brasília - DF, Brasil, Processo nº 20.0277 /86.3