

**VARIAÇÕES DA  $F_{iO_2}$  EM ANESTESIA PEDIÁTRICA  
UTILIZANDO-SE O TUBO EM "T" DE AYRE (\*)**

1346

**DR. JOSÉ ROBERTO NOCITE, E.A. (\*\*)**  
**DR. BENEDICTO IGNACIO BARBOSA, E.A. (\*\*\*)**  
**DR. OTAVIO KENITI SATAKE (\*\*\*\*)**  
**DR. EZEQUIAS DA SILVA LIMA (\*\*\*\*)**

AP 1713

*Nesta série de pacientes pediátricos anestesiados com mistura halotano-oxigênio administrada através de tubo em "T" de Ayre, foram determinados os valores de  $F_{iO_2}$  nas seguintes situações: a) usando-se fluxo gasoso igual ao dobro do volume minuto respiratório, na presença e na ausência de ramo expiratório; b) usando-se fluxo gasoso igual ao volume minuto respiratório, na presença e na ausência de ramo expiratório.*

*Pela análise dos resultados, constatou-se que o emprego de fluxo gasoso adequado tem maior importância do que o uso do ramo expiratório quando se deseja evitar diluição dos gases administrados pelo ar atmosférico, traduzida por queda da  $F_{iO_2}$  e por superficialização da anestesia. O fluxo gasoso adequado não deve ser inferior ao dobro do volume minuto respiratório, independentemente da presença do ramo expiratório. O uso deste constitui uma garantia secundária contra a diluição aérea.*

O tubo em "T" foi introduzido por Ayre em 1937 <sup>(1)</sup> e desde então tem sido amplamente utilizada em anestesia pediátrica. Entre as vantagens do método, podemos citar a sua simplicidade, a baixa resistência à respiração e o baixo custo <sup>(4, 8, 11, 12)</sup>. Não obstante, ele possui algumas desvantagens que merecem ser consideradas <sup>(5)</sup>: a) favorece a poluição do ambiente pelos gases anestésicos; b) a diluição do gás

(\*) Trabalho realizado no Serviço de Anestesia da Santa Casa de Misericórdia de Ribeirão Preto (CET-SBA) e apresentado ao XXIV.º Congresso Brasileiro de Anestesiologia, Guarujá, Novembro de 1977.

(\*\*) Responsável pelo CET-SBA da Santa Casa de Misericórdia de Ribeirão Preto. Assistente do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Catanduva — SP.

(\*\*\*) Chefe do Serviço de Anestesia da Santa Casa de Ribeirão Preto.

(\*\*\*\*) Médico-Residente do CET em Anestesiologia da Santa Casa de Ribeirão Preto no ano de 1977.

inspirado pelo ar atmosférico torna impraticável o emprego de anestésicos pouco potentes como o óxido nitroso; c) produz nível de anestesia instável: qualquer aumento da ventilação faz diminuir a concentração inspirada do anestésico, e vice-versa; d) a respiração não pode ser assistida mas apenas controlada, o que se consegue por oclusão do ramo expiratório do tubo em "T". Em relação a este último tópico, deve-se lembrar que a oclusão prolongada do ramo expiratório pode originar hiperinsuflação pulmonar e conseqüente ruptura alveolar (<sup>2</sup>).

Dois pontos são de fundamental importância no uso do tubo em "T" de Ayre: o fluxo de gases que entram continuamente no sistema e o volume do reservatório acoplado ao ramo expiratório do "T" (conhecido como braço expiratório). Fluxos gasosos muito baixos levam a reinalação (com retenção de gás carbônico) e diluição dos gases administrados pelo ar atmosférico por ocasião da inspiração do paciente. Por outro lado, ramos expiratórios com grandes capacidades previnem a diluição dos gases administrados pelo ar atmosférico mas podem abrigar volume considerável de gases expirados, propiciando reinalação destes e retenção de gás carbônico.

Devem ser empregados, portanto, para o fluxo de admissão de gases e o volume do ramo expiratório, valores tais que evitem a diluição dos gases anestésicos pelo ar atmosférico e reduzam ao mínimo a reinalação. Harrison (<sup>3</sup>) recomenda que o fluxo de gases seja igual a 2-2,5 vezes o volume minuto respiratório e que o volume do ramo expiratório seja igual a pelo menos 1/3 do volume corrente da criança. Collins (<sup>4</sup>) recomenda que o fluxo de gases seja igual ao dobro do volume minuto respiratório e que o volume do ramo expiratório seja igual a 20% do volume corrente.

No presente trabalho, procuramos estudar a exata influência do ramo expiratório e do fluxo gasoso sobre a diluição dos gases administrados pelo ar atmosférico quando se emprega o tubo em "T" de Ayre em anestesia pediátrica, na vigência de respiração espontânea.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados dez pacientes pediátricos com idades variáveis entre 8 meses e 4 anos, média ponderal de 13,0 kg, submetidos a cirurgias eletivas (tabela I). Foi atribuído a todos o estado físico 1 (classificação da ASA).

As crianças com idade igual ou inferior a 3 anos não receberam medicação pré-anestésica. Nestes casos, foi adminis-

trado metohexital sódico a 5% por via muscular na dose de 10 mg/kg já na sala de cirurgia, sempre associado a atropina na dose de 0,125 mg (9). As crianças com idade superior a 3 anos receberam, como medicação pré-anestésica, a associação de pentobarbital sódico na dose de 7 mg/kg por via oral e atropina na dose de 0,25 mg por via muscular, quarenta e cinco minutos antes do início do procedimento (13). Nestas crianças (4 casos) foi administrado metohexital sódico a 1% por via venosa na dose de 2 a 3 mg/kg, na sala de cirurgia.

TABELA I

DISTRIBUIÇÃO DOS PACIENTES DE ACORDO COM IDADE, PESO E TIPO DE CIRURGIA

Caso n.º	Registro	Idade	Peso (kg)	Tipo de cirurgia
01	091961	3 anos	13	Herniorrafia inguinal
02	137278	1 a 4 m	9	Exérese linfangioma braço
03	137736	8 meses	9	Herniorrafia umbilical
04	138347	8 meses	10	Herniorrafia inguinal
05	138366	4 anos	15	Retirada corpo estranho de antebraço
06	138357	2 anos	10	Osteotomia de fêmur
07	125401	4 anos	20	Herniorrafia inguinal
08	139436	9 meses	10	Herniorrafia umbilical
09	138380	4 anos	18	Timpanoplastia
10	141065	4 anos	16	Plástica de hipospádia

Logo que as crianças adormeciam, era injetada succinilcolina por via venosa na dose de 1 mg/kg para possibilitar a entubação traqueal. Esta foi praticada em todos os casos com sonda sem balonete e lubrificada em sua extremidade proximal com xilocaína viscosa a 2%. Após entubação, a extremidade distal da sonda era conectada ao ramo inspiratório do tubo em "T". O diâmetro interno desta era de 10 mm. Ao ramo expiratório do tubo em "T" era acoplado um ramo expiratório com capacidade igual a 20% do volume corrente da criança. Dispomos em nosso Serviço de estojo com ramos expiratórios de várias capacidades, calculadas de acordo com as idades dos pacientes pediátricos, conforme tabela publicada por Zerbinatti e Reis (12). A seguir, era administrado pelo ramo perpendicular do "T", halotano vaporizado através de Vaporizador Universal de Takaoka (10) com fluxo de oxigênio igual ao dobro do volume minuto respiratório da criança. O volume minuto respiratório era calculado com base no peso do paciente, seguindo a mesma tabela referida acima.

Enquanto a criança não reassumia respiração espontânea, praticava-se respiração controlada ocluindo-se intermitentemente o ramo expiratório. Logo que ela voltava a respirar espontaneamente, regulava-se a intensidade de vaporização do halotano para se obter plano adequado de anestesia. Nesta ocasião, administrava-se dose suplementar de metohexital sódico por via venosa, variável entre 10 e 30 mg. Não se administrava mais relaxante e a criança mantinha-se com respiração espontânea até o final do procedimento.

Após o início do ato cirúrgico e a obtenção de plano anestésico razoavelmente estável, eram realizadas medidas de volume corrente ( $V_t$ ), frequência respiratória ( $f$ ) e volume minuto respiratório ( $\dot{V}_m$ ), com auxílio do ventilômetro de Wright acoplado ao ramo expiratório do "T". Nem sempre estas medidas coincidiam com os valores previstos inicialmente de acordo com a tabela. Nestes casos, eram corrigidos tanto o fluxo de gases (dobro do volume minuto respiratório) como a capacidade do ramo expiratório (20% do volume corrente) para os valores reais da criança.

A seguir, com o auxílio do monitor de oxigênio modelo M-710 da Monaghan, eram determinados os valores da concentração de oxigênio na mistura gasosa inspirada ( $F_{iO_2}$ ), em presença ou não do ramo expiratório. O monitor de oxigênio era intercalado entre o ramo inspiratório do tubo em "T" e a extremidade distal da sonda traqueal.

Nos quatro últimos pacientes (casos 07 a 10), após as determinações acima especificadas, reduziu-se o fluxo de oxigênio de entrada no sistema para a metade (igual ao volume minuto respiratório), medindo-se a seguir as novas  $F_{iO_2}$  em presença ou não do ramo expiratório.

Foi mantida infusão venosa gota a gota de solução glicosada a 5% à velocidade de 5 ml/kg/h durante todo o procedimento (3).

Em todos os casos foi efetuado o controle da frequência cardíaca (através de estetoscópio fixo no precórdio) e da pressão arterial (através de esfigmomanômetro). Este controle ao lado da observação contínua do ritmo respiratório e do diâmetro pupilar, constituem elementos importantes para a regulação da intensidade de vaporização do anestésico.

Determinou-se o consumo horário de halotano em todas as crianças.

## RESULTADOS

Na tabela II, estão expressos os valores de volume corrente, frequência respiratória e volume minuto respiratório

TABELA II

VALORES DE VOLUME CORRENTE, FREQUÊNCIA RESPIRATORIA E VOLUME MINUTO RESPIRATORIO OBTIDOS NOS PACIENTES ESTUDADOS

Caso n.º	Idade	Vt	f	Vm
01	3 anos	70	36	2500
02	1 ano e 4 meses	50	40	2000
03	8 meses	40	50	2000
04	8 meses	40	50	2000
05	4 anos	100	28	2800
06	2 anos	60	40	2400
07	4 anos	100	30	3000
08	9 meses	50	45	2200
09	4 anos	110	30	3300
10	4 anos	100	32	3200

Vt = Volume corrente (ml)

f = Frequência respiratória (mov/min)

Vm = Volume minuto respiratório (ml/min)

encontrados nas crianças sob anestesia pelo halotano, respirando espontaneamente através do tubo em "T" de Ayre.

Na tabela III podem ser observados os valores de  $F_{iO_2}$  obtidos quando o fluxo de oxigênio administrado através da

TABELA III

VALORES DE  $F_{iO_2}$  OBTIDOS COM FLUXO DE OXIGENIO IGUAL AO DOBRO DO Vm

Caso n.º	Fluxo de $O_2$ (l/min)	$F_{iO_2}$	
		Com braço expiratório	Sem braço expiratório
01	5,0	0,88	0,76
02	4,0	0,84	0,78
03	4,0	0,88	0,68
04	4,0	0,84	0,66
05	5,6	0,82	0,70
06	4,8	0,78	0,58
07	6,0	0,82	0,70
08	4,4	0,80	0,68
09	6,6	0,82	0,74
10	6,4	0,88	0,76
Médias	5,0	0,83	0,70

peça em "T" era igual ao dobro do volume minuto respiratório. Em presença do ramo expiratório acoplado ao "T", a  $F_{iO_2}$  média foi 0,83. Quando se retirou o ramo expiratório do sistema, a  $F_{iO_2}$  média caiu para 0,70, ocorrendo portanto um decréscimo da ordem de 16% em relação ao valor inicial.

Na tabela IV estão representados os valores de  $F_{iO_2}$  obtidos quando o fluxo de oxigênio administrado através do tubo em "T" era igual ao volume minuto respiratório. Com o ramo expiratório acoplado ao "T" a  $F_{iO_2}$  média foi 0,49 e usando-se o sistema sem braço expiratório a  $F_{iO_2}$  média foi 0,37. Como se pode observar, estes valores representam aproximadamente a metade dos valores encontrados para as mesmas situações quando o fluxo de entrada de oxigênio foi igual ao dobro do volume minuto respiratório.

TABELA IV

VALORES DE  $F_{iO_2}$  OBTIDOS COM FLUXO DE OXIGENIO IGUAL AO  $\dot{V}_m$ 

Caso n.º	Fluxo de $O_2$ (l/min)	$F_{iO_2}$	
		Com braço expiratório	Sem braço expiratório
07	3,0	0,44	0,36
08	2,2	0,48	0,38
09	3,3	0,46	0,38
10	3,2	0,44	0,36
Médias	2,9	0,45	0,37

Não se registraram anormalidades circulatórias durante os procedimentos com esta técnica. Deve-se registrar que nos quatro últimos casos da série, quando se reduziu o fluxo de oxigênio para a metade (para torná-lo igual ao volume minuto respiratório), ocorreu invariavelmente superficialização da anestesia, traduzida por taquipnéia, hiperpnéia, taquicardia e tentativa de expulsão do tubo traqueal. O problema foi contornado aumentando-se a intensidade de vaporização do halotano e administrando-se pequenas doses de metohexital sódico por via venosa. Somente após estabilização da anestesia é que se fizeram as novas medidas de  $F_{iO_2}$  nestes casos.

O consumo médio de halotano foi de 15 ml/h, variando de um mínimo de 13 ml/h a um máximo de 24 ml/h, conforme se pode observar na tabela V.

TABELA V

DURAÇÃO DAS CIRURGIAS E CONSUMO DE HALOTANO PELOS  
PACIENTES PEDIÁTRICOS

Caso n.º	Duração da cirurgia (min)	Consumo total de halotano (ml)	Consumo horário de halotano (ml)
01	60	15	15
02	80	25	18
03	40	10	15
04	80	20	15
05	20	3	24
06	80	20	15
07	45	12	16
08	70	15	13
09	40	10	15
10	120	30	15

## DISCUSSÃO

O método de anestesia pediátrica que utiliza o tubo em "T" de Ayre constitui um sistema sem reinalação, não possuindo válvulas e oferecendo mínima resistência à respiração (5, 6, 8).

Foram analisadas neste trabalho a importância do fluxo de gases que entram no sistema e a do ramo expiratório sobre a diluição da mistura gasosa administrada pelo ar atmosférico.

Observando os resultados obtidos, parece bastante claro que o fluxo de gases tem maior importância do que o ramo expiratório em relação a esta diluição. Nesta série de pacientes, o fluxo de gases foi representado sempre por fluxo de oxigênio a 100% transportando halotano. Assim, quando se passou propositadamente do fluxo de oxigênio recomendado (igual ao dobro do volume minuto respiratório) para um fluxo de oxigênio baixo (igual ao volume minuto respiratório), os valores de  $F_{iO_2}$  reduziram-se drasticamente, caindo praticamente pela metade.

Já quando se manteve constante o fluxo de oxigênio igual ao dobro do volume minuto respiratório da criança, a retirada pura e simples do ramo expiratório do sistema não provocou alteração tão importante da  $F_{iO_2}$ , que ficou reduzida em apenas cerca de 16%.

É verdade que o efeito protetor do ramo expiratório contra a queda da  $F_{iO_2}$  provocada pela diluição aérea, pode

assumir papel importante quando se usam baixos fluxos de admissão ao sistema. Isto fica patente quando se analisam os dados da tabela IV. Entretanto, não se deve esquecer que em condições de baixo fluxo gasoso de admissão ao sistema, passa a ocorrer reinalação. Esta, por sua vez, é facilitada pela presença do ramo expiratório. Assim, embora o braço expiratório ofereça proteção contra a queda da  $F_1O_2$  com baixos fluxos de admissão, ele facilita a reinalação, ocorrência altamente indesejável em anestesia pediátrica.

Acreditamos, corroborando a opinião de outros autores (8), que para a boa utilização do tubo em "T" de Ayre se deva em primeiro lugar estabelecer fluxo gasoso adequado, no mínimo igual ao dobro do volume minuto respiratório do paciente. O uso do ramo expiratório de capacidade adequada constitui uma garantia secundária para esta boa utilização.

A superficialização da anestesia observada nos casos onde diminuimos propositadamente o fluxo de oxigênio admitido ao sistema, deveu-se à diluição da mistura anestésica (oxigênio + halotano) pelo ar atmosférico, fato bem estudado por outros autores (5).

Chamamos a atenção para a possibilidade desta última ocorrência na rotina diária por queda da pressão de oxigênio na rede hospitalar. A vigilância constante da criança é fundamental para evitar as reações decorrentes da superficialização da anestesia nestes casos.

Finalmente, é nossa opinião que o tubo em "T" de Ayre, quando corretamente utilizada, constitui bom método de anestesia pediátrica, especialmente em locais que, por falta de condições econômicas, não disponham de aparelhos e técnicas modernas mais sofisticadas.

## SUMMARY

### CHANGES IN $F_1O_2$ DURING PEDIATRIC ANESTHESIA WITH AYRE'S "T" PIECE

Ayre's "T" piece was used in ten children anesthetized with halothane-oxygen, under spontaneous respiration.

$F_1O_2$  was measured: a) with an inflow of fresh gases equal to the respiratory minute volume, expiratory limb being used or not; b) with an inflow of fresh gases equal to the double of respiratory minute volume, expiratory limb being used or not.

Changes in  $F_1O_2$  showed that dilution of fresh gases by ambient air is prevented by the use of adequate gas inflow rather than by the placement of expiratory limb. Adequate inflow must be at least equal to the double of respiratory minute volume. Dilution of inspired gaseous mixture (halothane — oxygen) by ambient air lowered  $F_1O_2$  and lightened anesthesia.

## REFERÊNCIAS

1. Ayre P — Endotracheal anesthesia for babies with special reference to hair-lip and cleft palate operations. *Anesth & Analg Curr Res* 16:330, 1937.
2. Arens J F — A hazard in the use of an Ayre T-piece. *Anesth & Analg Curr Res* 50:943, 1971.
3. Berry Jr F A — Pediatric fluid and electrolyte therapy. Refresher Courses in Anesthesiology, Vol III, ASA Inc, Philadelphia, 1975.
4. Collins V J — Anestesiologia. Edit Interamericana S A, Mexico, 1968 p 231-233.
5. Eger II, E I — Anesthetic uptake and action. The Williams & Wilkins Co, Baltimore, Md 1974, p 206-208.
6. Gonçalves B — Uma metodização dos sistemas de anestesia inalatória. *Rev Bras Anest* 18:73, 1968.
7. Harrison G A — Ayre's T-piece: a review of its modifications. *Brit J Anaesth* 36:115, 1964.
8. Maia J C & Gonçalves B — O método de Ayre e suas variantes. *Rev Bras Anest* 21:219-234, 1971.
9. Nicoletti R L, Cunto J, Pereira M S C, Biagini J A, Angelini J & Mele R R — Metohexital sódico por via intramuscular como medicação pré-anestésica em pediatria. *Rev Bras Anest* 16:447-450, 1966.
10. Takaoka K — Vaporizador Universal de Takaoka. *Rev Bras Anest* 15:18, 1965.
11. Thornton J A & Levy C J — Techniques of anaesthesia. Chapman and Hall, London, 1974, p 20-21.
12. Zerbinatti P V & Reis G F F — Considerações sobre o braço expiratório do tubo em "T" de Ayre. *Rev Bras Anest* 21:249-254, 1971.
13. Wylie W D & Churchill-Davidson H C — Anestesiologia, 3.<sup>a</sup> ed, Guanabara Koogan S A, Rio de Janeiro, 1974, p 659.