

Isoflurano Associado à Hipocapnia em Anestesia para Neurocirurgia

J. R. Nocite, TSA¹, C. A. Cagnolati, TSA², G. Ferreira Filho³ & Z. A. Santos³

Nocite J R, Cagnolati CA, Ferreira Filho G, Santos Z A – Isoflurane combined with hypocapnia in neurosurgical patients.

Isoflurane combined with hypocapnia was used for anesthesia in twenty neurosurgical patients with mean age of 51.8 ± 16.1 years and mean weight 67.4 ± 20.2 kg. Induction was obtained with thiopental-fentanyl-pancuronium. After orotracheal intubation, anesthesia was maintained with isoflurane in concentrations able to keep MAP values between 50 and 100 mmHg (6.66 and 13.33 kPa). We employed mechanical controlled ventilation; ventilatory parameters were regulated in order to provide hypocapnia, with mean paCO_2 30.22 ± 7.57 mmHg (4.02 ± 1.00 kPa). The average consumption of isoflurane was 7.69 ± 1.92 MAC-hours. Cardiovascular stability was remarkable throughout the operations. Patients regained consciousness 32.5 ± 8.12 min after discontinuing isoflurane. The results suggest the combination of isoflurane and hypocapnia as an acceptable choice for anesthesia in neurosurgical patients,

Key Words: ANESTHETICS: volatile, isoflurane; CARBON DIOXIDE: hypocapnia; SURGERY: neurologic, aneurysm, tumors; VENTILATION: controlled, mechanic

A escolha da técnica anestésica para cirurgias intracranianas deve visar a redução (ou o impedimento à elevação) da pressão intracraniana (PIC), o que se consegue: 1 – com hiperventilação pulmonar, levando à queda da PaCO_2 e, portanto, do fluxo sanguíneo cerebral (FSC); 2 – evitando anestésicos que promovam elevação acentuada do FSC; 3 – proporcionando boas condições para intubação traqueal; 4 – evitando o desenvolvimento de hipertensão arterial, especialmente em situações onde o mecanismo de auto-regulação do FSC está comprometido.

O isoflurano tem sido proposto como anestésico volátil adequado para emprego em neurocirurgia: estudos realizados em pacientes com lesões

expansivas cerebrais mostraram alterações mínimas da PIC quando ele foi adicionado à associação barbitúrico-narcótico para indução da anestesia, combinado à hiperventilação e hipocapnia¹. Observações experimentais têm demonstrado ausência de efeitos adversos sobre o metabolismo cerebral, secundários às alterações provocadas pelo isoflurano no consumo metabólico cerebral de oxigênio e no FSC². Resultados de estudos clínicos vêm de encontro a estas observações, mostrando que o isoflurano pode oferecer um certo grau de proteção cerebral em situações de isquemia cerebral incompleta e transitória³⁻⁵.

Estes fatos induziram-nos ao emprego do isoflurano, combinado à hipocapnia, em técnica de anestesia para pacientes neurocirúrgicos; no presente trabalho, comunicamos os resultados de nossas observações.

METODOLOGIA

Foram anestesiados 20 pacientes submetidos a craniotomias eletivas. As características gerais dos pacientes e os tipos de cirurgias estão na Tabela I.

Os portadores de tumores supratentoriais faziam uso pré-operatório de corticosteroide (dexametasona).

A medicação pré-anestésica constou de diaze-

Trabalho realizado no CET-SBA da Santa Casa da Misericórdia de Ribeirão Preto, SP

1 Chefe do Serviço e Responsável pelo CET-SBA

2 Membro do CET-SBA

3 Médico em Especialização no CET-SBA (1986-87)

Correspondência para José Roberto Nocite
Caixa Postal 707
14100 - Ribeirão Preto, SP

Recebido em 29 de dezembro de 1987

Aceito para publicação em 5 de abril de 1988

© 1988, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

pam 10 mg via muscular sessenta minutos antes da cirurgia em 12 pacientes, e nenhuma droga em 8.

Admitido o paciente à Sala cirúrgica, era obedecida a seqüência:

1. Cateterismo da veia subclávia direita, para administração de drogas, líquidos e medida da Pressão Venosa Central (PVC).

2. Cateterismo da artéria radial direita sob anestesia local, para leitura direta da Pressão Arterial Média (PAM) e colheita de amostras para gasometria de sangue arterial.

3. Instalação de eletrodos torácicos para captação elétrica e traçado eletrocardiográfico (ECG) na derivação D-II, bem como monitorização da frequência cardíaca (FC).

4. Instalação de esfigmomanômetro em membro superior, para medida da Pressão Arterial Sistólica (PAS) pelo método auscultatório e monitorização do Produto FC x PAS.

5. Indução anestésica.

A indução foi obtida com tiopental sódico por via venosa na dose de 4 mg.kg⁻¹, seguido um minuto após de brometo de pancurônio, 0,1 mg.kg⁻¹ e fentanil 3-4 µg.kg⁻¹. A intubação orotraqueal (IOT) foi praticada 3-4 min após a injeção de pancurônio e, durante este período, o paciente era ventilado com oxigênio a 100% sob máscara e balão, instalou-se ventilação controlada mecânica, sistema sem absorvedor de CO₂, mistura ar/oxigênio com FiO₂ = 0,5 em 15 casos; e ventilação controlada mecânica, sistema com absorvedor de CO₂, mistura óxido nitroso/oxigênio com FiO₂ = 0,5 em cinco casos. Em todos foram utilizados os seguintes parâmetros ventilatórios: Volume Corrente (VT) = 10 ml.kg⁻¹; Frequência Respiratória (f) = 10 a 12 cpm. Logo após a IOT iniciou-se a administração de isoflurano, através de vaporizador calibrado, em concentrações adequadas para manter a PAM entre o valor mínimo de 50 mmHg (6,66 kPa) e o máximo de 100 mmHg (13,33 kPa).

Foram monitorizados os seguintes parâmetros cardiovasculares: a) FC; b) PAM; c) PVC; d) Produto FC x PAS; e) ECG. Seus valores foram registrados em protocolo, nos seguintes momentos:

- I – Pré-indução (controle)
- II – Trinta segundos após a IOT
- III – Cinco minutos após o início do isoflurano
- IV – Uma hora após o início do isoflurano
- V – Final da operação
- VI – Ao final da primeira hora na Sala de Recuperação Pós-Anestésica (SR PA)

Além dos parâmetros cardiovasculares, foram monitorizados:

1. Gasometria de sangue arterial, em duas ocasiões: 30 min após instalação da ventilação controlada, e 60 min após a chegada à SRPA;

2. Volume urinário por cateterismo vesical.

Seis dos pacientes portadores de tumores supratentoriais receberam durante o ato anestésico-cirúrgico infusão de manitol na dose de 1 mg.kg⁻¹ à velocidade de 1g.min⁻¹, além de furosemida 20-40 mg também pela via venosa. Os demais pacientes receberam apenas furosemida nas doses acima.

Terminado o procedimento, o paciente foi transferido para a SRPA. Para aqueles que seguiram para a SRPA intubados e sob ventilação controlada, foi anotado o tempo decorrido entre o final da cirurgia e a extubação traqueal. Esta foi praticada sempre com base no nível de consciência e em condições respiratórias adequadas, avaliadas através de ventilometria e gasometria de sangue arterial.

Foi calculado para cada paciente o consumo (dose total) de isoflurano em Horas-CAM, através da somatória dos produtos das frações de tempo de exposição ao anestésico (em horas) pelas respectivas concentrações em frações da CAM⁶. Foram tornados para a CAM do isoflurano os valores 1,15% em oxigênio/ar atmosférico e 0,65% em oxigênio óxido nitroso a 50%⁷.

Os valores numéricos obtidos foram expressos em Tabelas e as médias receberam tratamento estatístico através do teste "t" de Student, p < 0,05.

RESULTADOS

A duração média do ato anestésico-cirúrgico foi 350 ± 73 min, com extremos de 240 e 705 min. A média de consumo de isoflurano foi 7,69 ± 1,92 Horas-CAM, com extremos de 3,85 e 20,90.

Os valores médios obtidos para a gasometria de

Tabela I – Características gerais dos pacientes e tipos de cirurgias

Parâmetros	
Média de idade em anos (extremos)	51,8 ± 16,1 (33-64)
Média de peso em kg (extremos)	67,4 ± 20,2 (49-80)
Sexo	
Masculino	9 (45%)
Feminino	11 (55%)
Tipos de cirurgias	
Craniotomias para tumores supratentoriais	12 (60%)
Microcirurgias de aneurismas intracranianos	8 (40%)

Tabela II – Valores médios trans e pós-operatórios para a gasometria de sangue arterial (n = 20)

Parâmetros		Médias ± DP (extremos)			
I					
pH		7,49 ± 1,85	(7,35 – 7,49)	7,40 ± 1,70	(7,36 – 7,46)
PaCO ₂	(mmHg)	30,22 ± 7,57	(27,00 – 37,00)	32,37 ± 8,09	(28,00 – 35,00)
	(kPa)	4,02 ± 1,00	(3,59 – 4,93)	4,31 ± 1,07	{3,73 – 4,66}
PaO ₂	(mmHg)	244,64 ± 58,71	(187,00 – 331,00)	168,12 ± 41,30	(117,00 – 257,00)
	(kPa)	32,61 ± 7,82	(24,93 – 44,12)	22,41 ± 5,50	(15,59 – 34,26)
HCO ₃	(mEq. l ⁻¹)	18,92 ± 3,97	(16,00 – 25,00)	20,25 ± 4,86	(16,00 – 24,00)

I – 30 min após instalação de ventilação controlada

II – 60 min após chegada à SRPA

Tabela III - Valores médios ± DP de pressão arterial média (PAM), pressão venosa central (PVC), frequência cardíaca (FC) e produto FC X PAS*

Momentos		PAM (mm Hg)	PAM (kPa)	PVC (cmH ₂ O)	PVC (kPa)	FC (bpm)	FC X PAS
I.	Pré-indução (controle)	87,2 ± 18,7	11,6 ± 2,4	5,3 ± 1,3	0,51 ± 0,12	83,2 ± 23,2	11157 ± 2343
II.	30 s após IOT	95,1 ± 21,2	12,6 ± 2,8	5,6 ± 1,5	0,54 ± 0,14	96,8 ± 24,2	12608 ± 2647
III.	5 min Isoflurano	83,5 ± 20,1	11,1 ± 2,6	4,9 ± 1,2	0,48 ± 0,11	93,8 ± 19,6	10988 ± 2307
IV.	60 min Isoflurano	83,7 ± 20,7	11,1 ± 2,7	4,5 ± 1,2	0,44 ± 0,11	94,7 ± 19,4	11212 ± 2354
V.	Final da Operação	83,8 ± 21,1	11,1 ± 2,8	4,7 ± 1,1	0,46 ± 0,10	91,0 ± 21,8	9989 ± 2097
VI.	60 min SRPA	93,6 ± 24,3	12,4 ± 3,2	5,2 ± 1,5	0,50 ± 0,14	95,2 ± 22,8	10676 ± 2242

*Análise estatística, teste “t” de Student, p < 0,05.

sangue arterial estão na Tabela II. O regime ventilatório proporcionou hipocapnia, com média de PaCO₂ igual a 30,22 ± 7,57 mmHg (4,02 ± 1,00 kPa) durante o procedimento. Nenhuma medida acusou acidose (PH < 7,35); quatro medidas acusaram alcalose (pH > 7,45), sendo três durante a cirurgia e uma no pós-operatório.

Na Tabela III podem ser observados os valores médios de PAM, PVC, FC e Produto FC x PAS. Não ocorreram variações significativas na evolução destes valores em relação ao controle, do ponto de vista estatístico (teste “t” de Student, p < 0,05). Os valores médios de PAM, FC, PVC e Produto FC x PAS sofreram pequenas elevações após a IOT em relação aos valores-controle, sem significação estatística. A análise dos valores individuais mostrou que a PAM elevou-se após a IOT em 10 pacientes (50% dos casos), diminuiu em 8 (40%) e não se alterou em 2 (10%), sendo que em nenhum paciente a variação excedeu 20% do valor-controle. Do mesmo modo, a FC elevou-se após a IOT em 15 pacientes (75% dos casos) e diminuiu em 5 (25%) mas em nenhum paciente a variação excedeu 15% do valor-controle. O Produto FC x PAS elevou-se após a IOT em 12 pacien-

tes (60% dos casos) e diminuiu em 8 (40%), sendo que em nenhum deles a variação excedeu 20% do valor-controle. A PVC foi o parâmetro que menos variou após a IOT, mantendo-se constante em 12 pacientes (60%), aumentando em 6 (30%) e diminuindo em 2 (10%), sendo a variação nunca superior a 15% do valor-controle.

Em um paciente ocorreu taquicardia sinusal após a IOT, que desapareceu com a administração de isoflurano. Não se registraram outras alterações eletrocardiográficas.

As condições operatórias foram consideradas satisfatórias pelo neurocirurgião. Em dois pacientes observou-se discreto edema cerebral, considerado pelo neurocirurgião como “esperado” em função da patologia cirúrgica (tumor).

Os pacientes recobram a consciência em média 32,5 ± 8,12 (extremos 5-90) min após a interrupção do isoflurano. Nos pacientes em que foi empregado o óxido nitroso, este foi interrompido dez minutos antes do isoflurano, ao término da cirurgia. Em oito pacientes (cinco portadores de aneurismas e três de tumores) procedeu-se a extubação traqueal na sala cirúrgica. Nos demais, o tempo médio decorrido entre o término da

operação e a extubação traqueal na SRPA foi 7,8 -1,6h.

DISCUSSÃO

A CAM do isoflurano no homem é 1,15%; a adição de óxido nitroso diminui este valor a razão de 1096 para cada 10% de óxido nitroso. Assim, a CAM do isoflurano em 50% de óxido nitroso é da ordem de 0,65%^{7,8}. A utilização do isoflurano em concentrações de 1,0 — 1,5 CAM tem sido proposta em Neurocirurgia, uma vez que esta prática permite controlar a pressão arterial, evitando episódios hipertensivos comuns com a neuroleptanalgesia, sem provocar grandes alterações do FSC⁹. Na realidade, o mecanismo de auto-regulação do FSC é mantido com o isoflurano, ao contrário do que ocorre com o halotano¹⁰.

A inclusão da hipocapnia na técnica anestésica em Neurocirurgia constitui importante método de controle da PIC uma vez que a PaCO₂ é, isoladamente, o principal fator regulador do FSC¹¹. A hipocapnia pode inclusive contrabalançar o efeito sobre o FSC de um potente vasodilatador cerebral como o halotano, desde que instalada antes da introdução do anestésico¹². Trata-se, em última análise, de competição fisiológica entre a vasoconstrição cerebral induzida pela hipocapnia e a vasodilatação proporcionada pelo halotano.

O isoflurano é um vasodilatador cerebral menos potente que o halotano. Daí a ausência de efeito indesejável sobre a PIC quando este anestésico é empregado em pacientes com lesões expansivas cerebrais, independentemente da instalação prévia de hiperventilação e hipocapnia¹.

Uma hipótese que tem sido aventada com o emprego do isoflurano em portadores de tumores intracranianos é a da ocorrência de distúrbios

regionais do FSC, levando a diferenças entre a área do tumor e o restante do hemisfério cerebral afetado, com possíveis repercussões sobre a PIC. Embora os resultados de, pelo menos, um estudo sejam condizentes com esta hipótese¹³, observações recentes¹⁴ não acusaram nenhuma variação do FSC regional seja no hemisfério afetado seja no oposto ao tumor, em portadores de tumores cerebrais anestesiados com tiopental — isoflurano — óxido nitroso/oxigênio.

Não há dúvida de que um dos pontos altamente positivos da inclusão do isoflurano na técnica anestésica para pacientes neurocirúrgicos é o da facilidade no controle da pressão arterial, evitando-se picos hipertensivos capazes de elevar bruscamente a PIC ou mesmo de romper um aneurisma. A notável estabilidade cardiovascular obtida e observada na Tabela III. Durante a administração de isoflurano manteve-se sempre a tendência da PAM para valores médios inferiores aos pré-indução, embora sem significação estatística. Parece-nos importante a administração de fentanil para bloquear as respostas circulatórias (hipertensão e taquicardia) a IOT, fato já apontado por outros¹⁵. Tendo em vista a duração das cirurgias, o hipnoanalgésico nas doses empregadas não parece ter repercussão sobre a recuperação pós-anestésica.

Embora sem condições técnicas para a medida da PIC durante o procedimento, consideramos importante o testemunho do neurocirurgião quanto as condições operatórias (ausência de edema e protrusão cerebral) com a técnica.

Considerando o controle adequado da pressão arterial, as condições operatórias cerebrais e a recuperação satisfatória proporcionada pela técnica, concluímos ser o isoflurano associado a hipocapnia uma opção válida para anestesia de pacientes submetidos a craniotomias por tumores ou aneurismas intracranianos.

Nocite J R, Cagnolati CA, Ferreira Filho G, Santos Z A — Isoflurano associado à hipocapnia em anestesia para neurocirurgia.

Foi utilizado o isoflurano, associado à hipocapnia, na anestesia em 20 pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos, com média etária de 51,8 ± 16,1 anos e média ponderal de 67,4 ± 20,2 kg. A anestesia foi induzida com tiopental-fentanil-pancurônio e, após intubação orotraqueal, foi mantida com isoflurano em concentrações adequadas para conservar a PAM entre 50 e 100 mmHg (6,66 e 13,33 kPa). Manteve-se ventilação controlada mecânica, sendo os parâmetros

Nocite J R, Cagnolati C A, Ferreira Filho G, Santos ZA - Isoflurano asociado a hipocapnia en anestesia para neurocirugía.

Se utilizó el isoflurarano, asociado a hipocapnia, en anestesia de 20 pacientes sometidos a procedimientos neurocirúrgicos, con una media etária de 51,8 ± 16,1 años y media ponderal 67,4 ± 20,2 kg. La anestesia fué inducida con tiopental-fentanil-pancuronio y, después intubación orotraqueal, fué mantenida con isoflurano en concentraciones adecuadas para conservar la PAM entre 50 y 100 mmHg (6,66 y 13,33 kPa). Se mantuvo la ventilación mecanica controlada, sien-

ventilatórios regulados para proporcionar hipocapnia, com média de PaCO_2 $30,22 \pm 7,57$ mmHg ($4,02 \pm 1,00$ kPa). A média de consumo de isoflurano foi $7,69 \pm 1,92$ horas-CAM. Não se observaram alterações significativas dos parâmetros cardiovasculares (PAM, PVC, FC e FC x PAS) durante o procedimento, em relação ao controle. Os pacientes recobram a consciência em média $32,5 \pm 8,12$ min após a interrupção do isoflurano. Os resultados obtidos sugerem ser a associação de isoflurano e hipocapnia uma opção válida para anestesia de pacientes operados por tumores ou aneurismas intracranianos.

Unitermos: ANESTÉSICOS: volátil, isoflurano; CIRURGIA: neurológica, tumores, aneurisma; DIÓXIDO DE CARBONO: hipocapnia; VENTILAÇÃO: controlado, mecânica

do regulados los parámetros ventilatórios para proporcionar hipocapnia, con media de PaCO_2 $30,22 \pm 7,57$ mmHg ($4,02 \pm 1,00$ kPa). La media de consumo de isoflurano fué de $7,69 \pm 1,92$ horas-CAM. No fueron observadas alteraciones significativas de los parámetros cardiovasculares (PAM, PVC, FC y FC x PAS) durante el procedimiento, en relación al control. Los pacientes recobraron la conciencia en media de $32,5 \pm 8,12$ min después de la interrupción del isoflurano. Los resultados obtenidos sugieren que sea la asociación de isoflurano e hipocapnia, una opción válida para anestesia de pacientes operados por tumores o aneurismas intracranianos.

REFERÊNCIAS

1. Adams R W, Cucchiara R F, Gronert G A, Messick J M, Michenfelder J D – Isoflurane and cerebrospinal fluid pressure in neurosurgical patients. *Anesthesiology*, 1981; 54: 97-99.
2. Artru A A – Cerebral metabolism and EEG during combination of hypocapnia and isoflurane — induced hypotension in dogs. *Anesthesiology*. 1986;65:602-608.
3. Madsen J B, Cold G E, Hansen E S, Bardrum B, Krusa-Larsen C - Cerebral blood flow and metabolism during isoflurane – induced hypotension in patients subjected to surgery for cerebral aneurysms. *Br J Anaesth*, 1987; 59: 1204-1207.
4. Messick J M, Casement B, Sharbrough F W, Milde L N, Michenfelder J A, Sundt T M – Correlation of regional cerebral blood flow (rCBF) with EEG changes during isoflurane anesthesia for carotid endarterectomy: critical rCBF. *Anesthesiology*, 1987; 66:344-349.
5. Michenfelder J D, Sundt T M, Fode N, Sharbrough F W – Isoflurane when compared to enflurane and halothane decreases the frequency of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology*, 1987; 67:336-340.
6. Mazze R 1, Cousins M J – Biotransformation of methoxyflurane. In *Biotransformation of General Anesthetics* (Ed G Dal Santo), Boston, Little Brown Co., *Inter Anesthesiol Clin* 1974; 12(2): 93-105.
7. Eger E I II – Isoflurane: a review. *Anesthesiology*, 1981; 55:559-576.
8. Stevens W C, Dolan W M, Gibbons R T, White A, Eger E I II, Miller R D, De Jong R H, Elashoff R M – Minimum alveolar concentration (MAC) of isoflurane with and without nitrous oxide in patients of various ages. *Anesthesiology*, 1975; 42:197-200.
9. Artru A A – A comparison of the effects of isoflurano, enflurane, halothane, and fentanyl on cerebral blood volume and ICP. *Anesthesiology*, 1982; 57 (Suppl, 3A): A 374.
10. Drummond J C, Todd M M, Shapiro H M – Cerebral blood flow auto-regulation in the cat during anesthesia with halothane and isoflurano. *Anesthesiology*, 1983; 59 (suppl. 3A): A 305.
11. Michenfelder J D - Anesthesia for intracranial surgery: physiologic considerations. *Refr Courses in Anesthesiology*, Philadelphia, The ASA Inc., 1975, 3:129-138.
12. Adams R W, Gronert G A, Sundt T M, Michenfelder J D – Halothane, hypocapnia, and cerebrospinal fluid pressure in neurosurgery. *Anesthesiology* 1972; 37:510-517.
13. Grosslight K, Roster R, Colohan A R, Bedford R F – Isoflurane for neuro-anesthesia: risk factors for increase in intracranial pressure. *Anesthesiology*, 1985; 63:533-536.
14. Schultz P, Jensen O V, Laursen J, Knudsen L, Jensen S – Regional cerebral blood flow during anaesthesia with isoflurano in neurosurgical patients VII European Congress of Anesthesiology Abstracts, Wien, Verlag Wilhelm Maudrich, 1986: I. 31.
15. Kay B, Healy T E J, Bolder P M – Blocking the circulatory responses to tracheal intubation: a comparison of fentanyl and nalbuphine. *Anaesthesia*, 1985; 40:9601-963.