

Uso de Anestésicos Halogenados na Circulação Extracorpórea

Caetano Nigro Neto, TSA¹, Maria Angela Tardelli, TSA², Paulo Henrique Dagola Paulista³

Resumo: Nigro Neto C, Tardelli MA, Paulista PHD – Uso de Anestésicos Halogenados na Circulação Extracorpórea.

Justificativa e objetivos: O uso dos anestésicos inalatórios em cirurgia cardíaca não é recente. Desde a introdução do halotano na prática clínica, vários centros de cirurgia cardíaca passaram a fazer uso rotineiro destes anestésicos.

Conteúdo: Nos últimos anos, um grande número de estudos vem demonstrando que os anestésicos inalatórios exercem um efeito protetor contra a disfunção isquêmica miocárdica. Evidências experimentais têm indicado que os halogenados apresentam efeitos cardioprotetores que não são explicados apenas por alterações de fluxo coronariano ou pelo balanço entre a oferta e o consumo de oxigênio pelo miocárdio. Aliado a este fato, o uso de anestésicos inalatórios durante a circulação extracorpórea (CEC) em cirurgia cardíaca tem um papel importante. O principal fato se deve às recentes pesquisas que confirmam as propriedades cardioprotetoras destes agentes, com melhores resultados quando se utiliza o anestésico inalatório durante todo o procedimento cirúrgico, inclusive durante a CEC. O uso destes agentes através de vaporizadores calibrados adaptados ao circuito da CEC por meio das membranas dos oxigenadores tem o seu uso cada vez mais frequente, fazendo com que os profissionais envolvidos, como anesthesiologistas e perfusionistas, necessitem adquirir certos conhecimentos para elucidar possíveis dúvidas que possam surgir.

Unitermos: ANESTÉSICOS, Volátil; CIRURGIA, Cardíaca; EQUIPAMENTOS, Oxigenador, circulação extracorpórea.

©2012 Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

INTRODUÇÃO

O uso dos anestésicos inalatórios em cirurgia cardíaca não é recente. Desde a introdução do halotano na prática clínica, vários centros de cirurgia cardíaca passaram a fazer uso rotineiro destes anestésicos¹. No entanto, por um período muito longo, os anestésicos inalatórios não foram utilizados quando estudos originaram controvérsias quanto a sua utilização^{2,3}. Também contribuiu para o declínio da utilização dos inalatórios o início do emprego da anestesia venosa total em cirurgia cardíaca com doses elevadas de opióides, com a justificativa de ser uma técnica anestésica segura e de grande estabilidade cardiovascular^{4,5}.

Nos últimos anos, um grande número de estudos vem demonstrando que os anestésicos inalatórios exercem um efeito protetor contra a disfunção isquêmica miocárdica. Evidências experimentais têm indicado que os halogenados apresentam efeitos cardioprotetores que não são explicados apenas por alterações de fluxo coronariano ou pelo balanço entre a oferta

e o consumo de oxigênio pelo miocárdio. Ao contrário disso, parece que os anestésicos inalatórios possuem propriedades cardioprotetoras diretas⁶⁻⁸. Sendo assim, o seu uso voltou a se tornar frequente em cirurgia cardíaca, principalmente com a introdução de agentes mais seguros do ponto de vista cardiovascular, como o isoflurano, o sevoflurano e o desflurano.

Alguns conceitos, como o pré- e pós-condicionamento isquêmico e anestésico são importantes para entender alguns destes efeitos protetores.

Pré- e pós-condicionamento isquêmico

A isquemia em um determinado órgão promove dano tecidual cuja gravidade depende da duração do evento isquêmico e das lesões decorrentes da reperfusão subsequente desta mesma área. A extensão do dano provocado neste órgão irá determinar as alterações sistêmicas subsequentes.

O termo pré-condicionamento de um órgão se refere ao efeito que pode provocar o pré-tratamento com estímulo nocivo, aumentando a tolerância celular a estímulos nocivos subsequentes. Quando este efeito nocivo é um evento isquêmico, dá-se então o nome de pré-condicionamento isquêmico. No miocárdio, esse pré-condicionamento isquêmico representaria uma resposta endógena adaptativa provocada por breves episódios de isquemia celular, que levaria a uma proteção maior e intrínseca da célula do miocárdio contra um episódio subsequente de isquemia mais prolongado⁹. O mecanismo celular que realmente explica o pré-condicionamento isquêmico do coração tem sido foco de intensas pesquisas nos

Recebido do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, Brasil.

1. Médico Associado da Clínica de Anestesia São Paulo
2. Professora Doutora, Anestesia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Chefe da Disciplina de Anestesiologia, Dor e Medicina Intensiva da UNIFESP
3. Médico; Cirurgião Cardíaco da Fundação Adib Jatene

Submetido em 6 de março de 2011.
Aprovado para publicação em 3 de agosto de 2011.

Correspondência para:
Dr. Caetano Nigro
Rua Peixoto Gomide, 502/173B
01409000 – São Paulo, SP, Brasil
E-mail: caenigro@uol.com.br

últimos anos^{10,11}. Os seus efeitos protetores são limitados na sua duração e se manifestam em duas fases: uma inicial, que ocorre imediatamente após o estímulo nócico e induz uma forte proteção por um tempo curto (entre 1 e 2 horas); e uma tardia, que ocorre cerca de 24 horas depois do estímulo inicial, mesmo na ausência de outro estímulo nócico, e induz uma proteção de menor intensidade, e com duração mais prolongada (cerca de três dias)^{8,12}.

A maioria dos achados experimentais indica que a preservação da função mitocondrial celular, a qual ocorre como consequência da ativação dos canais de potássio ATP dependentes, é de importância crucial para os efeitos cardioprotetores contra a isquemia. Ocorre redução na sobrecarga de cálcio intracelular, melhor preservação das reservas de energia e prevenção da ativação de efeitos promotores da apoptose e da necrose celular. A fase tardia do pré-condicionamento depende da formação de memória celular, que é atribuída à síntese ou ativação de proteínas que apresentam um efeito citoprotetor, como a indução de várias enzimas antioxidantes ou a síntese de proteínas envolvidas na estabilização celular¹³.

No pós-condicionamento isquêmico, os breves episódios de isquemia seriam aplicados na fase inicial da reperfusão, diminuindo assim a extensão das lesões celulares que geralmente acompanham este período.

Outros estudos experimentais têm demonstrado que o pré-condicionamento cardíaco isquêmico pode ser abolido ou limitado pelo uso de agentes farmacológicos que bloqueiam ou estimulam certos passos da cascata de eventos intracelulares¹³⁻¹⁶. Do ponto de vista clínico, o pré-condicionamento cardíaco com agentes farmacológicos é preferido ao isquêmico, devido ao risco da exposição de um miocárdio isquêmico a uma isquemia transitória.

Pré- e pós-condicionamento anestésico

Quando os agentes farmacológicos que apresentam os efeitos de pré- e pós-condicionamento são agentes anestésicos, denominam-se esses efeitos de pré e pós-condicionamento anestésico.

Dentre esses agentes, vários estudos indicam que os anestésicos halogenados são capazes de promover pré- e pós-condicionamento diretamente, ou indiretamente aumentar o pré- e o pós-condicionamento isquêmico contra as lesões de isquemia-reperfusão^{12,14,17}. Este mecanismo ainda não está completamente elucidado, mas parece mimetizar aquele do pré-condicionamento isquêmico.

No coração, inicialmente acreditava-se que a proteção exercida pelos agentes halogenados era por efeito indireto, decorrente da diminuição na contratilidade e no consumo de oxigênio. Atualmente, parece claro que o efeito é direto, envolvendo a ativação de diversos caminhos intracelulares que irão promover proteção para a disfunção e necrose miocárdica. Tanto o pré-condicionamento isquêmico quanto o anestésico no coração apresentam o mesmo mecanismo de ação celular, envolvendo a ativação dos canais de K_{ATP} dependentes da mitocôndria e do sarcolema, resultando em diminuição da sobrecarga de cálcio mitocondrial e mioplasmático^{7,17-19}. Além

disso, estudos têm indicado que os anestésicos halogenados promovem proteção contra as lesões de isquemia-reperfusão, através do pré-condicionamento dos vasos sanguíneos, proporcionando proteção contra a lesão vascular e impedindo a contribuição do endotélio nos eventos pró-inflamatórios e trombogênicos associados à lesão de isquemia-reperfusão²⁰. Neste caso, os anestésicos halogenados inibem a expressão das moléculas responsáveis pela ativação da adesão e transmigração dos leucócitos, além de melhorar a reatividade vascular, preservando a capacidade de vasodilatação por ativação dos canais de K_{ATP} , redução do cálcio intracelular no músculo liso vascular e liberação de óxido nítrico^{17,21,22}.

Anestésicos inalatórios e cirurgia cardíaca

O uso dos anestésicos halogenados na prática clínica, à luz das recentes descobertas acerca de suas propriedades cardioprotetoras, tem sido mais uma ferramenta na prevenção e no tratamento da disfunção isquêmica cardíaca intraoperatória. Considerando que a proteção contra a lesão de isquemia-reperfusão dos halogenados é resultante de efeito direto e da potencialização dos efeitos do pré-condicionamento isquêmico, a maioria dos estudos que envolvem anestésicos halogenados inclui pacientes com doença isquêmica do miocárdio, população esta que mais se beneficiaria dos efeitos de um regime anestésico cardioprotetor^{12,23-25}.

As implicações clínicas dos efeitos cardioprotetores dos anestésicos inalatórios durante a anestesia são: melhor preservação da função hemodinâmica e menor liberação de marcadores bioquímicos referentes ao dano miocárdio. Dois estudos avaliaram os efeitos dos anestésicos inalatórios administrados durante todo o período operatório de pacientes submetidos à revascularização do miocárdio, incluindo o período da circulação extracorpórea. Os pacientes que eram anestesiados com técnica inalatória, em comparação à técnica intravenosa total, tiveram resultados com melhor preservação da função cardíaca após circulação extracorpórea, com liberação sanguínea de menores quantidades de troponina cardíaca tipo I^{23,26}. Outros estudos foram realizados usando diferentes tipos de marcadores, como a creatinoquinase tipo MB, o fator de necrose tumoral alfa, o peptídeo natriurético total e cerebral. Os resultados também evidenciaram que os pacientes que receberam anestésico halogenado apresentaram menor aumento destes marcadores^{27,28}. Também foi observada melhor função renal, entretanto o protocolo do estudo não permite diferenciar se este efeito é por melhor débito cardíaco ou por ação direta protetora do halogenado sobre o rim²⁸.

O impacto de outras consequências deste efeito protetor, como alterações no tempo de internação nas unidades de terapia intensiva e hospitalar, assim como na morbidade e mortalidade pós-operatória têm sido motivo de inúmeras publicações atualmente. Alguns estudos demonstram que a melhor evolução pós-operatória de cirurgia cardíaca em pacientes que recebem anestesia com anestésicos voláteis fica evidenciada pelo menor tempo de internação na unidade de terapia intensiva e alta hospitalar mais precoce, quando comparados aos que recebem anestesia intravenosa total^{27,29,30}. Estudo

recente observou que a administração de sevoflurano, por 10 minutos no início da CEC antes do pinçamento da aorta, foi associada com menor incidência de complicações cardiovasculares no primeiro ano pós-operatório²². Os estudos têm demonstrado que o emprego dos anestésicos inalatórios em cirurgia cardíaca diminui a morbidade perioperatória e podem reduzir a mortalidade³¹.

Circulação extracorpórea e anestésicos inalatórios

O uso de anestésicos inalatórios durante a CEC em cirurgia cardíaca tem sido cada vez mais frequente. O principal fato se deve às recentes pesquisas que confirmam as propriedades cardioprotetoras destes agentes, com melhores resultados quando se utiliza o anestésico inalatório durante todo o procedimento cirúrgico, inclusive durante a CEC²⁴.

Vários estudos clínicos que avaliaram pacientes submetidos à cirurgia coronariana têm abordado as possíveis implicações clínicas destes efeitos cardioprotetores na função miocárdica pós-operatória. A maioria desses estudos envolveu um protocolo de pré-condicionamento no qual o anestésico volátil era administrado antes da isquemia miocárdica^{28,32,33}. Embora a maioria desses estudos tenha relatado alguns efeitos cardioprotetores, a magnitude e a extensão dessa proteção eram variáveis. Outro grupo de estudos avaliou os efeitos dos anestésicos voláteis administrados durante todo o procedimento²⁶. As discrepâncias observadas na importância da cardioproteção proporcionada por esses diversos protocolos poderiam ser relacionadas à duração e ao momento da administração dos anestésicos inalatórios como fatores que contribuem para a extensão da proteção miocárdica. Um dos autores que mais tem se engajado em tais pesquisas é De Hert e col.²⁴. Segundo Schlack e col.²⁰, atualmente não é possível responder às questões relacionadas à otimização da dose e do tempo de aplicação do anestésico volátil. No entanto, a administração durante todo o procedimento, inclusive durante a CEC através do oxigenador de membrana, parece ser a mais adequada³⁴.

Um fato importante para ser discutido com relação à utilização de anestésicos inalatórios durante a CEC é a segurança. O uso destes agentes através de vaporizadores calibrados adaptados ao circuito da CEC por meio das membranas dos oxigenadores, apesar de não ser uma técnica nova tem o seu uso cada vez mais frequente e faz com que os profissionais envolvidos, como anestesiológicos e perfusionistas necessitem adquirir certos conhecimentos para elucidar possíveis dúvidas que possam surgir.

A presença de vaporizadores anestésicos no circuito da CEC deve envolver novas estratégias para melhorar a segurança do paciente.

Algumas empresas responsáveis pela fabricação dos oxigenadores, cientes de tais modificações nas técnicas anestésicas durante a CEC, já apresentam seus oxigenadores com certificação de segurança para uso com agentes anestésicos inalatórios na prática clínica. Além disso, alguns circuitos da CEC já dispõem de vaporizadores calibrados para anestésicos inalatórios acoplados às máquinas da CEC (Figura 1).

O processo de vaporização do agente anestésico na CEC é feito através de um vaporizador calibrado acoplado ao cir-

cuito após o misturador responsável pela saída de gases frescos (oxigênio e ar comprimido) (Figura 2). O fluxo de gases frescos entra no vaporizador e à medida que se ajusta a concentração desejada, o anestésico inalatório é misturado ao fluxo de gás fresco sendo vaporizado no circuito até o oxigenador de membrana (Figuras 3 e 4).



Figura 1 – Vaporizadores Calibrados para Sevoflurano Acoplados pelo Fabricante ao Circuito de Circulação Extracorpórea.



Figura 2 – Misturador de Ar Comprimido e Oxigênio (*Blender*).

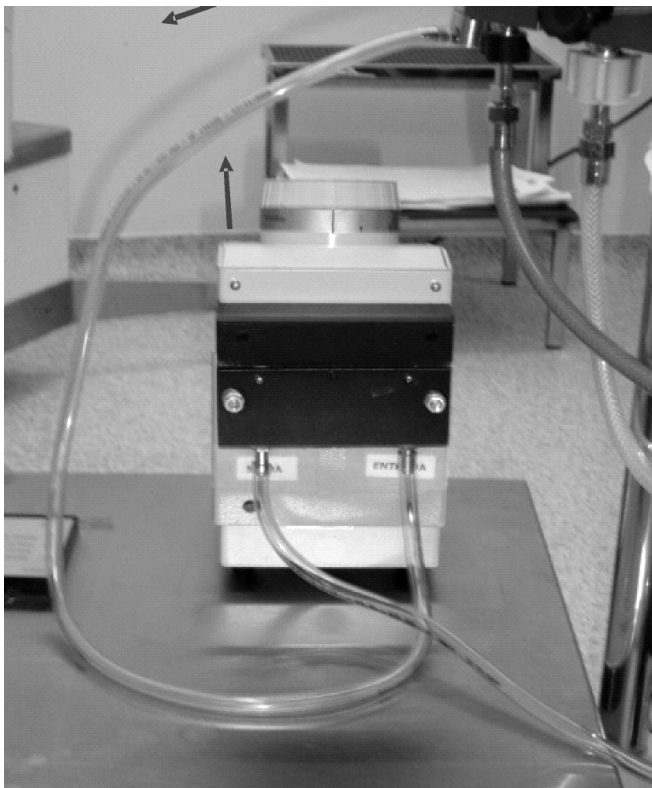


Figura 3 – Direção Percorrida pelos Gases Frescos Provenientes do Blender e Entrada no Vaporizador.

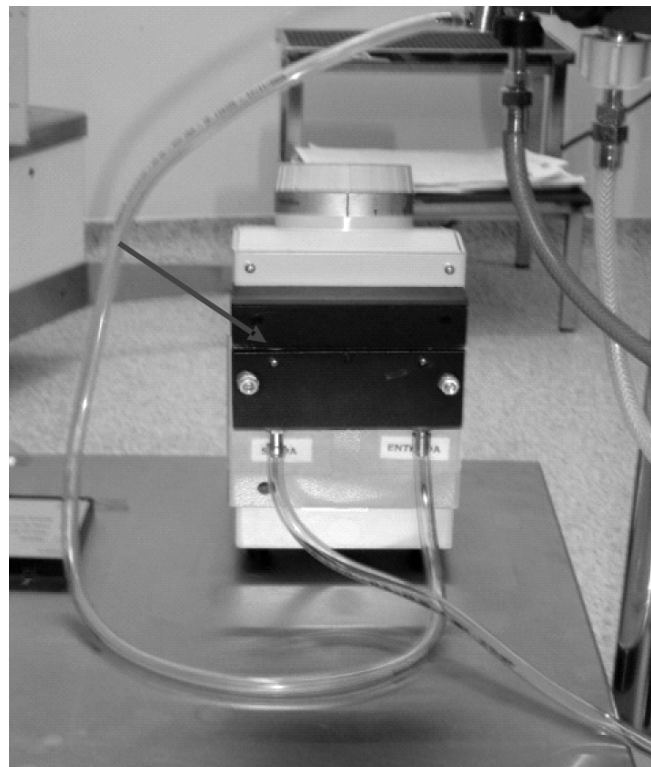


Figura 4 – Saída Percorrida pelos Gases Frescos junto com o Anestésico Inalatório Vaporizado em Direção ao Oxigenador de Membrana.

As membranas dos oxigenadores disponíveis no mercado brasileiro, usadas em cirurgias com CEC, têm o mesmo constituinte básico da matéria-prima na sua produção: o polipropileno. O que muda é o formato externo do oxigenador e a disposição interna da membrana, além dos constituintes do restante do aparato da CEC.

Outras membranas denominadas de difusão e constituídas por silicone são usadas em circuitos para assistência circulatória mecânica pós-cirúrgica, como ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*)^{35,36}. Apesar de estas membranas terem uma durabilidade maior com relação ao tempo de uso, não são compatíveis ao uso de agentes anestésicos inalatórios, como descrito por Matthias³⁴.

Experiência do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia

No serviço de origem do presente estudo, utilizou-se sevoflurano vaporizado no circuito da CEC em pacientes submetidos a diversos tipos de cirurgia cardíaca, como revascularização do miocárdio, troca valvar e correção de cardiopatias congênitas.

Como não há máquinas de CEC com os vaporizadores já acoplados ao sistema no referido serviço, tem-se utilizado um vaporizador calibrado para o sevoflurano adaptado ao circuito da CEC (Figuras 3, 4 e 5). É importante salientar que se deve, sempre que possível, monitorar os valores dos gases no oxigenador. Além disso, é necessário adaptar um sistema

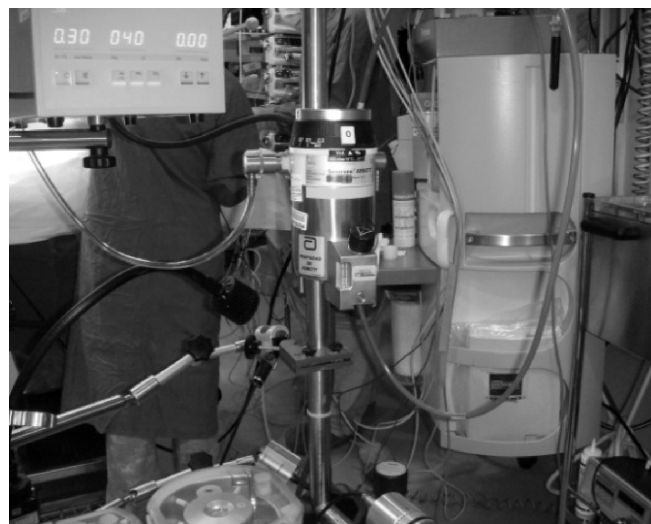


Figura 5 – Vaporizador Adaptado ao Circuito da CEC.

de despoluição para a sala operatória, pois os excessos de gases administrados nos oxigenadores são eliminados diretamente na sala de cirurgia.

A variação na concentração de sevoflurano em CEC é realizada considerando os valores da pressão arterial média e, principalmente, fluxo de sangue da perfusão e valores do índice bispectral (BIS). A concentração inspirada máxima de sevoflurano utilizada é de 3%. Com isso, têm-se obtido

bons resultados com fluxo de sangue adequado durante toda a perfusão com menor uso de agentes vasodilatadores (nitroprussiato de sódio), como também controle adequado dos valores do BIS, sem a necessidade do uso de doses adicionais de hipnóticos durante toda a CEC.

CONCLUSÃO

Considerando que a proteção miocárdica produzida pelos anestésicos halogenados em cirurgia cardíaca já é um fato comprovado e que seu benefício se torna maior quando administrado durante todo o período da cirurgia, inclusive na CEC, essa técnica vem ganhando espaço em todos os centros de cirurgia cardíaca. Quando o anestesiológico adquirir segurança no uso de vaporizadores acoplados ao sistema da CEC, será possível conferir uma técnica anestésica capaz de melhorar não somente a condução do paciente no intraoperatório, como também contribuir, a curto e longo prazos, para a redução de morbimortalidade pós-operatória.

REFERÊNCIAS/REFERENCES

- Pederson D, Secher O – Halothane anaesthesia in cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1958;2(4):169-179.
- Karliczek G, Hempelmann G, Piepenbrock S – A comparison of the cardiovascular effects of enflurane, halothane, methoxyflurane and fluroxene during open cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Belg*, 1975;26(2-3):81-93.
- Luk HN, Lin CI, Wei J, Chang CL – Depressant effects of isoflurane and halothane on isolated human atrial fibers. *Anesthesiology*, 1988;69(5):667-676.
- Lunn JK, Stanley TH, Eisele J, Webster L, Woodward A – High dose fentanyl anesthesia for coronary artery surgery: plasma fentanyl concentrations and influence of nitrous oxide on cardiovascular responses. *Anesth Analg*, 1979;58(5):390-395.
- Stanley TH, Webster LR – Anesthetic requirements and cardiovascular effects of fentanyl-oxygen and fentanyl-diazepam-oxygen anesthesia in man. *Anesth Analg*, 1978;57(4):411-416.
- Kersten JR, Lowe D, Hettrick DA, Pagel PS, Gross GJ, Wartier DC – Glyburide, a KATP channel antagonist, attenuates the cardioprotective effects of isoflurane in stunned myocardium. *Anesth Analg*, 1996;83(1):27-33.
- Preckel B, Schlack W, Comfere T, Obal D, Barthel H, Thamer V – Effects of enflurane, isoflurane, sevoflurane and desflurane on reperfusion injury after regional myocardial ischaemia in the rabbit heart in vivo. *Br J Anaesth*, 1998;81(6):905-912.
- Wartier DC, al-Wathiqui MH, Kampine JP, Schmeling WT – Recovery of contractile function of stunned myocardium in chronically instrumented dogs is enhanced by halothane or isoflurane. *Anesthesiology*, 1988;69(4):552-565.
- Murry CE, Jennings RB, Reimer KA – Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*, 1986;74(5):1124-1136.
- Auchampach JA, Grover GJ, Gross GJ – Blockade of ischaemic preconditioning in dogs by the novel ATP dependent potassium channel antagonist sodium 5-hydroxydecanoate. *Cardiovasc Res*, 1992;26(11):1054-1062.
- Yao Z, Gross GJ – A comparison of adenosine-induced cardioprotection and ischemic preconditioning in dogs. Efficacy, time course, and role of KATP channels. *Circulation*, 1994;89(3):1229-1236.
- De Hert SG – Cardioprotection with volatile anesthetics: clinical relevance. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2004;17(1):57-62.
- Das B, Sarkar C – Pharmacological preconditioning by levosimendan is mediated by inducible nitric oxide synthase and mitochondrial KATP channel activation in the in vivo anesthetized rabbit heart model. *Vascul Pharmacol*, 2007;47(4):248-256.
- Lai IR, Chang KJ, Tsai HW, Chen CF – Pharmacological preconditioning with simvastatin protects liver from ischemia-reperfusion injury by heme oxygenase-1 induction. *Transplantation*, 2008;85(5):732-738.
- Parratt JR – Protection of the heart by ischaemic preconditioning: mechanisms and possibilities for pharmacological exploitation. *Trends Pharmacol Sci*, 1994;15(1):19-25.
- Toombs CF, Moore TL, Shebuski RJ – Limitation of infarct size in the rabbit by ischaemic preconditioning is reversible with glibenclamide. *Cardiovasc Res*, 1993;27(4):617-622.
- Tanaka K, Ludwig LM, Krolikowski JG et al. – Isoflurane produces delayed preconditioning against myocardial ischemia and reperfusion injury: role of cyclooxygenase-2. *Anesthesiology*, 2004;100(3):525-531.
- Lim YJ, Zheng S, Zuo Z – Morphine preconditions Purkinje cells against cell death under in vitro simulated ischemia-reperfusion conditions. *Anesthesiology*, 2004;100(3):562-568.
- Zhang Y, Irwin MG, Wong TM – Remifentanyl preconditioning protects against ischemic injury in the intact rat heart. *Anesthesiology*, 2004;101(4):918-923.
- Schlack W, Preckel B, Stunneke D, Thamer V – Effects of halothane, enflurane, isoflurane, sevoflurane and desflurane on myocardial reperfusion injury in the isolated rat heart. *Br J Anaesth*, 1998;81(6):913-919.
- Collard CD, Gelman S – Pathophysiology, clinical manifestations, and prevention of ischemia-reperfusion injury. *Anesthesiology*, 2001;94(6):1133-1138.
- Garcia C, Julier K, Bestmann L et al. – Preconditioning with sevoflurane decreases PECAM-1 expression and improves one-year cardiovascular outcome in coronary artery bypass graft surgery. *Br J Anaesth*, 2005;94(2):159-165.
- De Hert SG, ten Broecke PW, Mertens E et al. – Sevoflurane but not propofol preserves myocardial function in coronary surgery patients. *Anesthesiology*, 2002;97(1):42-49.
- De Hert SG, Van der Linden PJ, Cromheecke S et al. – Cardioprotective properties of sevoflurane in patients undergoing coronary surgery with cardiopulmonary bypass are related to the modalities of its administration. *Anesthesiology*, 2004;101(2):299-310.
- Landoni G, Fochi O, Torri G – Cardiac protection by volatile anaesthetics: a review. *Curr Vasc Pharmacol*, 2008;6(2):108-111.
- De Hert SG, Cromheecke S, ten Broecke PW et al. – Effects of propofol, desflurane, and sevoflurane on recovery of myocardial function after coronary surgery in elderly high-risk patients. *Anesthesiology*, 2003;99(2):314-323.
- El A, Rosseel PM, De Lange JJ et al. – Effect of sevoflurane on the ex vivo secretion of TNF-alpha during and after coronary artery bypass surgery. *Eur J Anaesthesiol*, 2003;20(5):380-384.
- Julier K, da Silva R, Garcia C et al. – Preconditioning by sevoflurane decreases biochemical markers for myocardial and renal dysfunction in coronary artery bypass graft surgery: a double-blinded, placebo-controlled, multicenter study. *Anesthesiology*, 2003;98(6):1315-1327.
- De Hert SG, Van der Linden PJ, Cromheecke S et al. renal dysfunction in coronary artery bypass graft surgery: a double-blinded, placebo- Choice of primary anesthetic regimen can influence intensive care unit length of stay after coronary surgery with cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*, 2004;101(1):9-20.
- Guarracino F, Landoni G, Tritapepe L et al. renal dysfunction in coronary artery bypass graft surgery: a double-blinded, placebo- Myocardial damage prevented by volatile anesthetics: a multicenter randomized controlled study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2006;20(4):477-483.
- Landoni G, Biondi-Zoccai GG, Zangrillo A et al. – Desflurane and sevoflurane in cardiac surgery: a meta-analysis of randomized clinical trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2007;21(4):502-511.
- Haroun-Bizri S, Khoury SS, Chehab IR, Kassas CM, Baraka A – Does isoflurane optimize myocardial protection during cardiopulmonary bypass? *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2001;15(4):418-421.

33. Penta de PA, Polisca P, Tomai F et al. – Recovery of LV contractility in man is enhanced by preischemic administration of enflurane. *Ann Thorac Surg*, 1999;68(1):112-118.
34. Matthias A – Volatile Anästhetika an der Herz Lungen Maschine - Praktische Erfahrungen. *Kardiotechnik*. 2008;(1):14-17.
35. Walter EM, Meskishvili V, Huebler M et al. – Extracorporeal membrane oxygenation for intraoperative cardiac support in children with congenital heart disease. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010;10(5):753-758.
36. Scherer M, Sirat AS, Moritz A, Martens S – Extracorporeal membrane oxygenation as perioperative right ventricular support in patients with biventricular failure undergoing left ventricular assist device implantation. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010;39:939-944.

Resumen: Nigro Neto C, Tardelli MA, Paulista PHG – Uso de Anestésicos Halogenados en la Circulación Extracorpórea.

Justificativa y objetivos: El uso de los anestésicos inhalatorios en cirugía cardíaca no es algo reciente. Desde la introducción del halotano en la práctica clínica, varios centros de cirugía cardíaca han pasado a hacer uso de rutina de esos anestésicos.

Contenido: En los últimos años, un gran número de estudios ha venido demostrando que los anestésicos inhalatorios ejercen un efecto protector contra la disfunción isquémica miocárdica. Las evidencias experimentales han indicado que los halogenados presentan efectos cardioprotectores que no son explicados solamente por las alteraciones de flujo coronario o por el balance entre la oferta y el consumo de oxígeno por el miocardio. Junto con ese hecho, el uso de anestésicos inhalatorios durante la circulación extracorpórea (CEC) en cirugía cardíaca tiene un papel importante. El principal hecho se debe a las recientes investigaciones que confirman las propiedades cardioprotectoras de esos agentes, con mejores resultados cuando se utiliza el anestésico inhalatorio durante todo el procedimiento quirúrgico, inclusive durante la CEC. El uso de esos agentes a través de vaporizadores calibrados adaptados al circuito de la CEC por medio de las membranas de los oxigenadores, tiene un uso cada vez más frecuente, haciendo con que los profesionales involucrados, como los anestesiólogos y los perfusionistas, necesiten adquirir ciertos conocimientos para clarificar posibles dudas que puedan surgir.

Descriptor: ANESTÉSICOS, Volátil; CIRURÍA, Cardíaca; EQUIPOS, Oxigenador, circulación extracorpórea.