



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



INFORMAÇÃO CLÍNICA

Ventilação a jato de alta frequência - uma nova abordagem no manejo da anestesia para ressonância magnética em cardiologia pediátrica: série de casos[☆]



João Tiago Rodrigues *, Carmen Oliveira e Ana Pinto Ferreira

Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia, Espinho, Portugal

Recebido em 15 de maio de 2019; aceito em 20 de agosto de 2019

Disponível na Internet em 30 de novembro de 2019

PALAVRAS-CHAVE

Pediatria;
Anestesiologia;
Exame de ressonância magnética;
Ventilação a jato de alta frequência

Resumo

Justificativa e objetivos: A ressonância magnética (RM) cardíaca é uma técnica usada na avaliação de crianças com cardiopatias congênitas. A anestesia geral garante imobilidade, especialmente em pacientes não cooperadores, porém os movimentos da parede torácica podem limitar a boa qualidade dos exames. A apneia prolongada pode ser necessária para diminuir os artefatos do movimento respiratório, potencialmente levando à hipoxemia e outros eventos adversos. O uso de ventilação a jato de alta frequência pode ser uma solução para evitar os movimentos da parede torácica.

Relato de caso: Relatamos quatro casos de pacientes pediátricos, ASA II, entre 4–15 anos, programados para ressonância magnética cardíaca. Uma anestesia geral foi proposta e assinaturas em termo de consentimento livre e esclarecido foram obtidas dos pais. Após a indução da anestesia geral, um tubo endotraqueal sem balonete foi inserido. Em seguida, um cateter de 7Fr × 40 cm foi inserido através do tubo endotraqueal. A saída proximal do cateter foi conectada, mediante um tubo conector, a um sistema de ventilação a jato de alta frequência (Monsoon III[®], Acutrionic Medical Systems). Imagens de ressonância magnética de boa qualidade foram obtidas. No fim dos procedimentos, observamos aumento tanto de salivagem quanto de CO₂ expirado (60–70 mmHg) em todos os pacientes. Os pacientes foram extubados após a obtenção de normocapnia e reversão do bloqueio neuromuscular. Após o tempo de recuperação apropriado, as quatro crianças receberam alta no mesmo dia.

Conclusões: Esta série de casos demonstra que o uso de um sistema de ventilação a jato de alta frequência para ressonância magnética cardíaca é viável e seguro, além de fornecer imagens cardíacas de boa qualidade e evitar a presença da equipe de anestesia dentro do ambiente de risco da sala de ressonância magnética. Estudos futuros são necessários para confirmar sua segurança e eficiência em pacientes pediátricos.

© 2019 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

[☆] Trabalho feito no Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho, Porto, Portugal.

* Autor para correspondência.

E-mail: jtiago.rod@gmail.com (J.T. Rodrigues).

KEYWORDS

Pediatrics;
Anesthesiology;
Magnetic resonance
imaging;
High-frequency jet
ventilation

High frequency jet ventilator - a new approach in the management of anesthesia for pediatric cardiac Magnetic Resonance Imaging: case series**Abstract**

Background and objectives: Cardiac Magnetic Resonance Imaging (MRI) is a technique used for evaluation of children with congenital heart diseases. General anesthesia ensures immobility, particularly in uncooperative patients. However, chest wall movements can limit good quality scans. Prolonged apnea may be necessary to decrease respiratory motion artefacts, potentially leading to hypoxemia and other adverse events. The use of a high frequency jet ventilator may be a solution avoiding chest wall movements.

Case report: We report four cases of pediatric patients, ASA II, aged between 4 and 15 years-old, scheduled for cardiac MRI. General anesthesia was proposed and parental informed consent was obtained. After general anesthesia was induced, an uncuffed endotracheal tube was inserted. Then, a 7Fr × 40 cm catheter was placed through the endotracheal tube. The proximal outlet of the catheter was attached through a connecting tube to a high frequency jet ventilator (Monsoon III®, Acutronic Medical Systems). Good quality MRI images were obtained. At the end of the procedures, we observed increased salivation and increased end-tidal CO₂ (60-70 mmHg), in all patients. The patients were extubated after normocapnia was achieved and neuromuscular blockade reversed. Following appropriate recovery time, the four children were discharged home the same day.

Conclusions: This case series demonstrates that the use of a high frequency jet ventilator for cardiac MRI was feasible, safe, providing good quality cardiac imaging and avoiding anesthesia personnel to be inside the hazardous environment of MRI room. Future studies are needed to confirm its safety and efficiency in pediatric patients.

© 2019 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é uma técnica avançada usada para obter imagens de alta qualidade do coração. A RM permite a visualização da anatomia cardíaca e da função ventricular, e é uma ferramenta inestimável para a avaliação de cardiomiopatias complexas. A obtenção de imagens de alta qualidade geralmente requer um período de exposição relativamente longo para cada varredura (vários minutos) e precisa da total colaboração do paciente com vistas ao máximo de imobilidade.

As crianças com cardiopatias congênitas representam uma população submetida com frequência à RM cardíaca, quer para fins diagnósticos ou prognósticos após cirurgias corretivas. Na maioria dos casos, essas crianças são submetidas à anestesia geral e conectadas a um ventilador com pressão positiva intermitente para garantir total imobilidade e cooperação. Além disso, períodos de apneia são induzidos durante exames, imprescindíveis para eliminar artefatos do movimento respiratório. Há comprovação de que a apneia prolongada leva à hipoxemia e outros eventos adversos durante a RM cardíaca.¹ Além disso, esses períodos de apneia são induzidos pelo anestesiológico, que precisa desconectar manualmente o paciente da ventilação por pressão positiva intermitente, o que aumenta a duração de todo o procedimento da RM.

Nos últimos anos, houve um aumento no uso da Ventilação a Jato de Alta Frequência (VJAF) em vários procedimentos que exigem imobilidade.² Já usamos a ventilação a jato manual (sistema Manujet III®, VBM Medical Inc®) em nossa

instituição para o manejo de crianças submetidas à RM, mas existem algumas desvantagens. Nesta série de casos, apresentamos quatro casos de pacientes pediátricos submetidos à RM cardíaca com segurança, sob anestesia geral e conectados a um ventilador a jato de alta frequência (Monsoon III®, Acutronic Medical Systems).

A condução e publicação desta série de casos foi reconhecida e aprovada pelo comitê de ética de nossa instituição.

Relato de caso

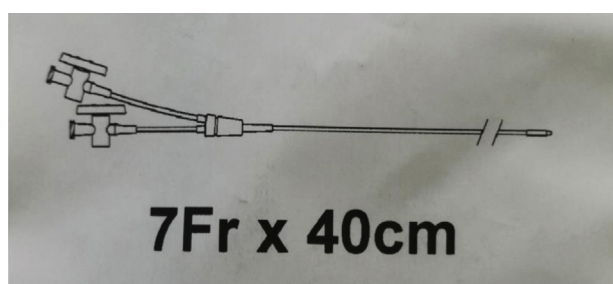
O uso de anestesia geral foi proposto e obtivemos as assinaturas em termos de consentimento livre e esclarecido dos pais dos quatro pacientes. A **tabela 1** descreve as características dos pacientes. Nenhum deles apresentava previsibilidade de via aérea difícil ou alergia conhecida. Também não tinham história de eventos adversos registrados anteriormente durante anestesia ou cirurgia. Dois anestesiológicos estavam presentes durante os procedimentos de RM cardíaca. Eles ficaram fora da sala de RM, mas com visão direta dos pacientes e do equipamento de monitoração através de uma janela. Todos os pacientes apresentavam boa função ventricular, previamente avaliada em ecocardiograma transtorácico.

Os pacientes foram monitorizados com oximetria de pulso, eletrocardiografia de 3-derivações e pressão arterial não invasiva. Um capnógrafo portátil foi usado de forma intermitente. Nenhum dispositivo de monitoração do bloqueio neuromuscular foi usado. A anestesia foi induzida na sala de RM com bolus intravenoso de propofol a

Tabela 1 Características dos pacientes

Paciente	Sexo, idade e peso	Classificação ASA	Histórico médico	Indicação para RM
Paciente 1	Masculino, 4 anos, 20 kg	II	Estenose de VP congênita corrigida – dilatação percutânea prévia	Avaliar dimensões das funções do VD e VP
Paciente 2	Masculino, 6 anos, 23 kg	II	Oligofrenia; CIV corrigida cirurgicamente	Avaliar CIV residual e presença de HP
Paciente 3	Masculino, 7 anos, 26 kg	II	EM e arco aórtico hipoplásico corrigidos cirurgicamente	Avaliar anatomia cardíaca e doença residual
Paciente 4	Masculino, 15 anos, 40 kg	II	Oligofrenia	Exclusão de CMH

CIV: comunicação interventricular; CMH: cardiomiopatia hipertrófica; EM: estenose mitral; HP: hipertensão pulmonar; VP: válvula pulmonar; VD: ventrículo direito.

**Figura 1** Cateter de 7Fr × 40cm.

1% (3 mg.kg⁻¹) seguido de rocurônio (0,6 mg.kg⁻¹). Após a laringoscopia com lâmina Macintosh, um tubo endotraqueal (TET) sem balão e de tamanho apropriado foi inserido, e sua localização correta na traqueia foi confirmada por ausculta pulmonar e capnografia/capnometria normal. A concentração inicial de CO₂ expirado (EtCO₂) foi medida e registrada. Em seguida, um cateter 7Fr × 40cm com balão inflável na ponta (fig. 1) foi inserido através do TET de forma que a ponta distal do cateter fosse posicionada exatamente na ponta distal do TET (isso foi obtido com medições e marcações prévias no cateter).

O balão na ponta do cateter nunca foi insuflado e a saída proximal para sua insuflação foi fechada. Através de um tubo de conexão, a outra saída proximal do cateter foi conectada

ao ventilador a jato de alta frequência (figs. 2 e 3). Com as devidas precauções e medidas de segurança, o ventilador foi colocado dentro da sala de RM 1,5 Tesla, além da linha de 0,5 mT (5 Gauss).

Um tubo nasogástrico foi colocado em todos os pacientes para evitar a insuflação estomacal. Os pacientes foram cobertos com cobertores confortáveis. Apoios de proteção para a cabeça e para os membros foram providenciados, bem como proteção ocular. A anestesia geral foi mantida com propofol a 1% (10 mg.kg⁻¹.h⁻¹) e bolus de rocurônio, caso necessário.

Os parâmetros da ventilação variaram da seguinte forma: frequência respiratória = 100–120 ciclos.min⁻¹; tempo inspiratório = 40%; pressão de distensão (PD) = 0,5–0,7 bar; FiO₂ = 1,0; climatização = 5–8. No paciente 1, a frequência respiratória foi de 100 ciclos.min⁻¹. Nos pacientes 2, 3 e 4, a frequência respiratória foi aumentada para 120 ciclos.min⁻¹ para diminuir o movimento torácico. Nos pacientes 1 e 2, a PD foi de 0,7 bar; A PD foi reduzida para 0,5 bar nos pacientes 3 e 4 para diminuir ainda mais o movimento torácico. Observamos aumento da salivação em todos os pacientes durante os procedimentos. A climatização (umidificação) estava no nível 8 (nível máximo) no paciente 1, mas foi reduzida para o nível 5 nos pacientes 2, 3 e 4, na tentativa de diminuir a salivação. Nesses pacientes, usamos aspiração oral contínua de baixa pressão para dre-

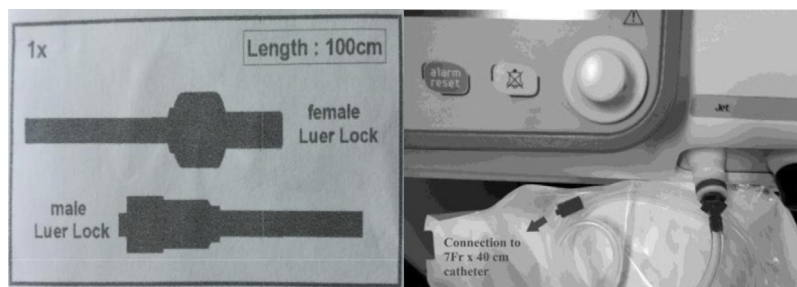
**Figura 2** Tubo de conexão.



Figura 3 Monsoon III®, Acutronic Medical Systems.

Tabela 2 Mensurações da fração expirada de CO₂

Paciente	EtCO ₂ no início do procedimento (mmHg)	EtCO ₂ no fim do procedimento (mmHg)
Paciente 1	37	70
Paciente 2	38	60
Paciente 3	40	62
Paciente 4	37	66

nar o excesso de saliva. Durante os procedimentos, nenhum mau funcionamento do dispositivo foi observado. A menor saturação periférica de O₂ registrada foi de 97%, e os pacientes permaneceram hemodinamicamente estáveis durante toda a anestesia geral.

Imagens de ressonância magnética de boa qualidade foram obtidas. O tempo máximo para a aquisição total das imagens foi de 35 minutos, sem interrupções. No fim dos procedimentos, observamos um aumento da EtCO₂ em todos os pacientes (tabela 2). Quando as aquisições de imagens terminaram, a ventilação de alta frequência foi desconectada e o cateter, removido. A ventilação foi fornecida por pressão positiva intermitente através do TET até a normocapnia. A sonda nasogástrica foi removida em aspiração contínua. Os pacientes foram extubados após reversão do bloqueio neuromuscular com sugamadex por via intravenosa (2 mg.kg⁻¹). Houve um episódio de pequeno volume de vômito no paciente 1 após a extubação, sem aspiração pulmonar. Após o tempo de recuperação apropriado, as quatro crianças receberam alta no mesmo dia.

Discussão

A VJAF consiste na entrega intermitente de um jato de ar, em alta frequência, através de uma cânula ou cateter de pequeno orifício posicionado nas vias aéreas, seguida de expiração passiva. A VJAF provou ser uma ferramenta valiosa para anestesia fora da sala de cirurgia, especialmente em procedimentos que requerem uma imobilidade quase completa das estruturas torácicas e abdominais durante o ciclo respiratório (exemplos incluem ablações por arritmias

cardíacas e procedimentos radiológicos).² A RM cardíaca é outro exemplo no qual a VJAF pode ser útil, pois até os pequenos movimentos respiratórios podem causar artefatos de imagem.

Apesar dessa vantagem, a VJAF tem algumas limitações que merecem ser mencionadas: não é possível medir a EtCO₂ continuamente; as altas taxas respiratórias limitam o tempo de expiração, o que pode levar ao acúmulo de PEEP intrínseca, hiperinsuflação dinâmica e barotraumas;³ e as altas pressões intratorácicas podem comprometer o retorno venoso, o que pode ser particularmente problemático em crianças com cardiopatias congênitas. Sabe-se que, na anestesia geral, essas crianças apresentam uma taxa mais alta de complicações que a população pediátrica em geral.⁴

Alguns efeitos colaterais que conseguimos minimizar incluem EtCO₂ elevada, distensão gástrica e salivação excessiva. As altas frequências respiratórias prejudicam a expiração adequada do ar e a eliminação de CO₂. Para superar esse efeito, estabelecemos o objetivo de medir a EtCO₂ e ventilar os pacientes com ventilação por pressão positiva intermitente aos 30 minutos para atingir a normocapnia. Como todos os procedimentos transcorreram em menos de 35 minutos, descartamos essa etapa. Para evitar a distensão gástrica, uma sonda nasogástrica foi colocada para permitir o esvaziamento gástrico passivo. Agimos para combater a alta salivação, diminuimos o nível de climatização (umidificação) e aplicamos aspiração oral contínua de baixa pressão.

Em nossa instituição, a ventilação a jato manual já é usada em crianças submetidas à RM cardíaca. No entanto, com a nossa experiência, esse método não fornece pressões quase constantes nas vias aéreas, exige que o pessoal de anestesia esteja dentro do ambiente perigoso da sala de RM e valores mais altos de EtCO₂ são obtidos no fim dos procedimentos. Um ventilador a jato de alta frequência nos permitiu fazer os procedimentos de RM em menos tempo, pois não houve interrupção para induzir a retenção de ar.

Nesta série de casos, usamos o Monsoon III® (Acutronic Medical Systems), apesar de não ser livre de ferromagnéticos para o ambiente de RM. Técnicos de ressonância magnética qualificados estabeleceram, antes dos casos, a posição mais segura do ventilador além da linha de 0,5 mT (5 Gauss), considerando os riscos de efeito projétil, mau funcionamento do dispositivo e artefatos nas imagens. Nenhum desses riscos foi verificado e imagens de RM de boa qualidade foram obtidas.

Algumas opções à VJAF podem ser usadas. O Oxigênio Nasal de Alto Fluxo (ONAF) é uma terapia que permite a entrega de gás aquecido e umidificado com uma FiO₂ de quase 100%. É administrado a 70 litros.min⁻¹ por 10 minutos, permite um tempo médio de apneia de 14 minutos.⁵ Apesar dessas vantagens, o ONAF precisa que o paciente esteja em ventilação espontânea para uma pré-oxigenação adequada, da cooperação do paciente para conectar o sistema de alto fluxo e da subsequente indução de apneia para remover os artefatos do movimento respiratório na RM. Também pode aumentar o risco de queimaduras e, em nossa instituição, não é possível aplicar um fluxo tão alto na configuração da RM. Outro modo opcional para induzir apneia sem precisar intubar os pacientes seria manter a sedação com ventilação espontânea e, em seguida, induzir farmacologicamente a apneia. Isso pode ser obtido, por exemplo, através da

administração de uma dose alta de opioide de ação curta como o alfentanil. Porém essa abordagem apresenta alguns riscos: a dessaturação arterial causada pela apneia sem oxigenação e os efeitos colaterais da administração de uma alta dose de opioide. A intubação também pode ser evitada com a inserção direta do cateter da VJAF na traqueia e conexão com o ventilador. Como medida de segurança adicional, optamos pela passagem do cateter através do TET para garantir o controle das vias aéreas a qualquer momento e evitar a necessidade de ventilação prolongada com balão e máscara no fim dos procedimentos (manobra para diminuir o acúmulo de CO₂), o que causaria insuflação estomacal adicional.

Encontramos apenas um relato na literatura em que um tipo diferente de ventilação de alta frequência foi usado para RM cardíaca: a Ventilação Oscilatória de Alta Frequência (VOAF). Nesse relato, a VOAF mostrou ser viável e bem tolerada, com qualidade de imagem equivalente à obtida na ventilação convencional com a técnica de prender a respiração.⁶ Contudo, faltam estudos bem projetados para avaliar sua eficácia.

Conclusões

Esta série de casos demonstra que o uso de um ventilador a jato de alta frequência para o manejo anestésico de crianças submetidas à RM cardíaca foi viável e seguro, proporcionando imagens cardíacas de boa qualidade em menos tempo. O pessoal de anestesia pode ficar fora do ambiente

perigoso da RM. Não foram observados efeitos colaterais importantes. Estudos futuros são necessários para confirmar sua segurança e eficácia em pacientes pediátricos submetidos à RM cardíaca.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Sreevastava DK, Setlur R. Anaesthesia for Paediatric Cardiac MRI. *Med J Armed Forces India*. 2008;64:204–7.
2. Galmén K, Harbut P, Freedman J, et al. High frequency jet ventilation for motion management during ablation procedures, a narrative review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2017;61:1066–74.
3. Galmén K, Harbut P, Freedman J, et al. The use of high-frequency ventilation during general anaesthesia: an update. *F1000Res*. 2017;6:756.
4. Stockton E, Hughes M, Broadhead M, et al. A prospective audit of safety issues associated with general anaesthesia for paediatric cardiac magnetic resonance imaging. *Paediatr Anaesth*. 2012;22:1087–93.
5. Renda T, Corrado A, Iskandar G, et al. High-flow nasal oxygen therapy in intensive care and anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2018;120:18–27.
6. Chaves AH, Cava JR, Simpson P, et al. Infant cardiac magnetic resonance imaging using oscillatory ventilation: safe and effective. *Pediatr Cardiol*. 2013;34:1201–5.